

LEVITACION MAGNÉTICA Y NUEVOS DESARROLLOS DE LA ALTA VELOCIDAD CLÁSICA

El ferrocarril del siglo XXI circulará a 550 km/h

Los desarrollos ferroviarios actuales permitirán que los trenes circulen a 550 km/h en los primeros años del siglo XXI. Los vehículos de levitación magnética Maglev y Transrapid serán los pioneros de la nueva velocidad. A la vez, los trenes clásicos de alta velocidad se preparan para rodar a 360 y 400 km/h. En Europa se construye el TGV-NG y el ICE de la tercera generación, mientras que en Japón se desarrollan los modelos 300X, WIN 350 y Star 21.

José Luis Ordóñez

Las investigaciones ferroviarias de Japón y Europa han coincidido en desarrollar como tren de futuro el tren magnético. Es un tren que se sostiene en el aire por medio de la levitación magnética y que se mueve propulsado por motores lineales de inducción magnética. En Japón el nuevo tren se denomina Maglev mientras que en Alemania ha tomado el nombre de Transrapid. Estos trenes circularán a velocidades comerciales de 500 km/h, aunque pueden alcanzar velocidades máximas de 550 km/h.

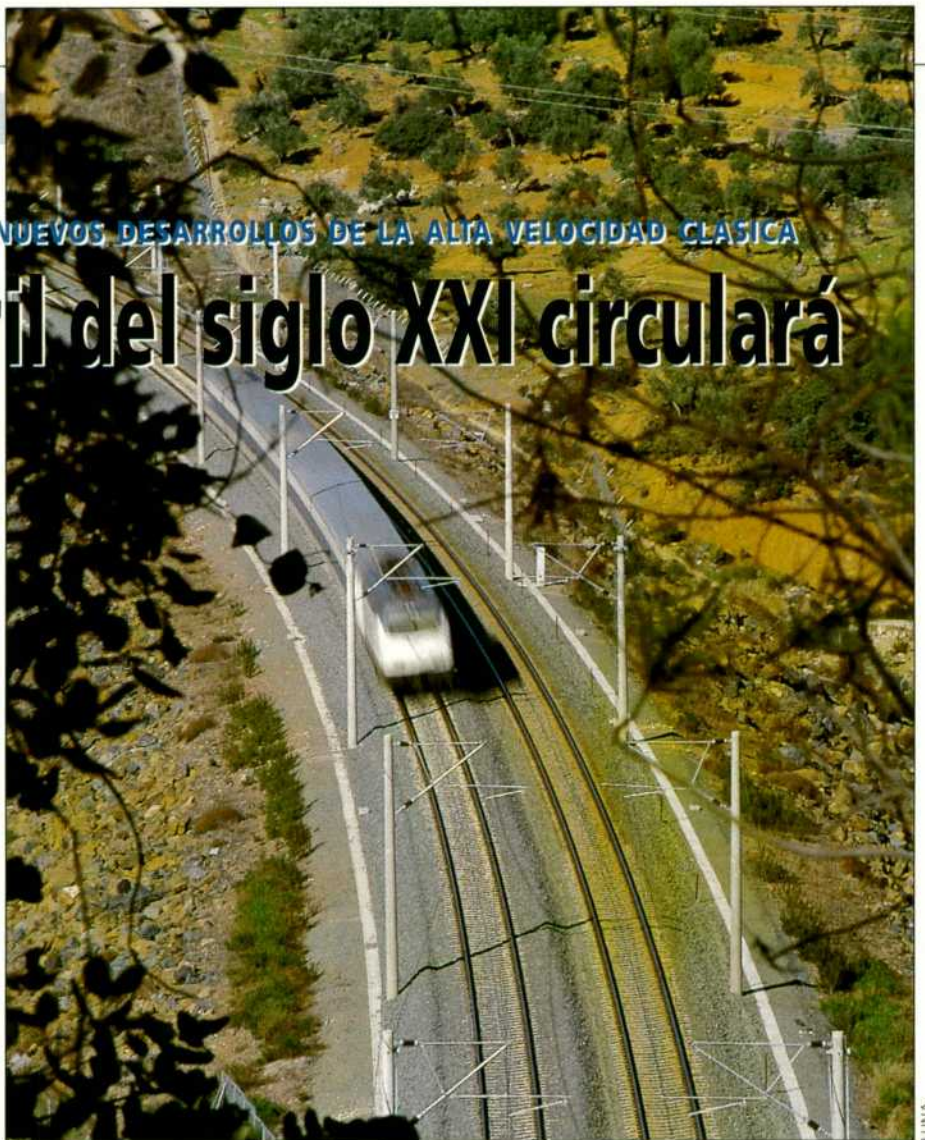
Por otra parte, los trenes de alta velocidad que circulan sobre carriles también conocen nuevos desarrollos tecnológicos. En Europa, el TGV-Nueva Generación se prepara para circular a velocidades comerciales de 360 km/h en 1997 y el tren ICE evoluciona hacia una tercera generación con nueva distribución de los motores a lo largo del vehí-

culo. En Japón se han construido prototipos de tren de alta velocidad, denominados 300X, WIN 350 y Star 21, para circular a 350 km/h con coches de menor peso y logrando reducir el ruido y las vibraciones.

Los trenes de levitación magnética permiten alcanzar velocidades de 550 km/h con los conocimientos tecnológicos actuales. Estos vehículos permiten reducir considerablemente el ruido y las vibraciones en relación a los trenes tradicionales

donde la adherencia entre la rueda y el carril es esencial para lograr la tracción de los coches. El corazón de los trenes magnéticos está constituido por los electroimanes superconductores que permiten sustentar en el aire los vehículos, a la vez que propulsarlos.

Los electroimanes del sistema japonés Maglev, formados por bobinas de superconductores, permitirán circular por la nueva línea Chuo Shinkansen, entre Tokyo y Osaka, a



La alta velocidad clásica se prepara para los 360 y 400 Km/h.

LUNA



Prototipo de modelo japonés WIN 350.

El tren magnético Transrapid

500 km/h de velocidad comercial. Los imanes de superconductores son instalados de forma que se alternen los polos Norte y Sur, tanto en los vehículos como en las paredes laterales de la plataforma de la vía. La levitación y la propulsión se logran por la captación, en los imanes del tren, de la corriente inducida por las bobinas de superconductores instaladas en la vía. En las paredes laterales de la plataforma de la vía existen dos capas de electroimanes de inducción, una destinada a provocar la levitación y otra especializada en la propulsión.

El motor lineal síncrono instalado en los trenes propulsa los vehículos cuando la alimentación de la corriente eléctrica llevada a los electroimanes de la vía se realiza de forma adecuada. La atracción entre los polos de distinto signo y la repulsión entre los polos de igual naturaleza magnética logran tanto la propulsión del vehículo como la levitación. Las variaciones de frecuencia en la corriente eléctrica de alimentación provocan la aceleración de la propulsión.

Cryostat. Los superconductores japoneses "Cryostat" aprovechan la propiedad que tienen ciertos metales de no ofrecer resistencia al paso de la corriente eléctrica cuando se encuentran a muy bajas temperaturas. Los cuatro imanes superconductores, instalados en cada bogie del tren Maglev, están sumergidos en helio líquido, para mantener una temperatura de 269 grados centígrados bajo cero. Los electroimanes superconductores de los vehículos se refrigeran por medio de la evaporación del helio. Las investigaciones actuales de la compañía ferroviaria

El parlamento alemán se ha pronunciado en 1994 a favor de la construcción de una línea de tren magnético entre Hamburgo y Berlín. Tras varios años de investigación y desarrollo, la tecnología de la levitación y propulsión magnética parece haber alcanzado el nivel necesario para ser puesta en práctica. El tren Transrapid alemán con una longitud de 100 metros recorrerá en menos de una hora los 284 kms. que separan las dos ciudades alemanas. La construcción de la infraestructura necesaria para penetrar en las ciudades no es simple, pero es realizable. La financiación del proyecto ha sido asegurada por el Estado en colaboración con las empresas industriales alemanas.

El elemento esencial del Transrapid está constituido por el dispositivo que integra la levitación con la propulsión magnética. Los vehículos del tren magnético envuelven la vía monoviga de acero por los dos lados. Los electroimanes instalados en el vehículo reciben las corrientes de inducción de los imanes superconductores instalados en la vía. En sentido horizontal, y debajo de las alas de la T formada por la monoviga, están colocadas las bobinas inductoras de la sustentación y propulsión. En sentido vertical y en los extremos de las alas de la T están situados los electroimanes inductores destinados al guiado de los trenes.

La denominación Transrapid se debe a la firma Krauss-Maffei, y los ensayos de los diferentes prototipos de tren han sido realizados en el tramo de pruebas, de 31,5 km, denominado Transrapid Emsland. Esta infraestructura es explotada por la Sociedad de Ensayos y Planificación del Tren Magnético, conocida por las siglas MVP. En 1976, Thyssen-Henschel presentó el prototipo de tren denominado HBM-2, primer vehículo con motor lineal síncrono cuyos equipos de sustentación y levitación estaban integrados en un sólo dispositivo. Más tarde se ha desarrollado un tren cuya levitación magnética se logra con la técnica inventada por Hermann Kemper en 1934 y la propulsión se hace con la tecnología desarrollada por Herbert Weh en 1976. Ahora Thyssen, como cabeza del grupo, se ha reunido con Siemens y AEG en el proyecto de tren de levitación magnética, Transrapid. □

JR-Central pretenden mejorar la superconductividad de los materiales constituyentes de las bobinas de los electroimanes, además de desarrollar nuevos refrigerantes.

La acción de suspensión y guiado de los trenes es realizada desde los laterales de la plataforma de la vía por medio de la inducción electromagnética ejercida por las bobinas instaladas en las paredes laterales de la vía sobre los imanes superconductores instalados en el

vehículo. Esta acción es posible porque la polaridad de la parte baja de los electroimanes colocados en el tren es la misma que la correspondiente a los imanes instalados en las paredes laterales de la plataforma. Este efecto simultáneo de atracción en la parte superior y repulsión en la parte inferior logra la levitación del vehículo. El tren posee ruedas neumáticas verticales que soportan el vehículo y ruedas neumáticas horizontales que lo guían, cuan-



Los japoneses realizan pruebas a 350 Km/h

Las compañías ferroviarias japonesas JR-Central, JR-Este y JR-Oeste están en pleno desarrollo de nuevas generaciones de trenes de alta velocidad. JR-Central desarrolla el tren denominado 300X. El prototipo será probado en los primeros meses de 1995. Es un tren diseñado para circular a 350 km/h y representará un avance importante respecto a su predecesor el tren Nozomi, que se encuentra en servicio en la línea Tokaido Shinkansen de JR-Central (Tokyo-Osaka), y en la línea Sanyo Shinkansen de JR-Oeste (Osaka-Hakata). El nuevo tren 300X mejora el diseño aerodinámico, reduce el ruido e incorpora mejoras en los bogies, frenos y sistemas de seguridad para poder circular en las condiciones de explotación más desfavorables.

La compañía JR-Oeste está desarrollando para la línea Sanyo Shinkansen el tren experimental WIN 350, que se encuentra en pruebas desde junio de 1992. En agosto de 1992 el tren alcanzó la velocidad de 350,4 km/h. Los trabajos actuales están destinados a reducir el nivel de ruido provocado por el tren cuando supera los 300 km/h, y a eliminar los efectos aerodinámicos generados por el cruce de trenes en el interior de los túneles. Otras líneas de investigación se centran en alcanzar un mejor sistema para la suspensión de los vehículos, reducir el peso de los trenes, mejorar la tracción y el diseño de los carretones o bogies.

La compañía JR-Este tiene líneas de alta velocidad que se denominan Mini-Shinkansen, porque han mantenido el ancho de vía tradicional en Japón, correspondiente a 1.067 milímetros, en vez de construir las nuevas líneas en ancho internacional de 1.435 mm. Esta diferencia de ancho no permite la conexión directa entre las líneas Sanyo Shinkansen y Tokaido Shinkansen, de JR-Oeste y JR-Central, respectivamente, con las líneas Tohoku Shinkansen y Joetsu Shinkansen, ambas explotadas por JR-Este. JR-Este ha desarrollado el nuevo tren de alta velocidad Star 21, que alcanzó en diciembre de 1993 la velocidad de 425 km/h. □

do se desplaza a baja velocidad o está parado.

Frenado. El frenado de los trenes japoneses de levitación magnética se alcanza por medio de la combinación de varios sistemas. El frenado de servicio es regenerativo



Tren 300X del proyecto Shinkansen.



Segundo modelo del tren japonés 300X.



La nueva generación de TGV entrará en servicio en 1997.

y se logra por el cambio de polaridad en los motores lineales. Al invertir la polaridad, los motores lineales se transforman en generadores de electricidad. La energía eléctrica provocada por el frenado se envía a las subestaciones eléctricas donde se convierte en calor en las resisten-

cias reostáticas o es reutilizada para alimentar otras secciones de los electroimanes de las instalaciones fijas. Otro tipo de freno utilizable es el correspondiente al freno aerodinámico constituido por paneles que se pueden extender desde la superficie de los coches. Estos paneles

Los futuros trenes de alta velocidad en Europa

Francia espera circular a 360 km/h antes de finalizar el siglo XX. El TGV-Nueva Generación es un proyecto puesto en marcha por GEC-Alsthom Transporte con ayuda de la administración pública francesa. La nueva generación de trenes TGV podrá entrar en servicio en 1997. Se trata de un tren de alta velocidad que permitirá unir en menos de tres horas todas las grandes ciudades francesas y la mayoría de las capitales de los Estados europeos. Este tren, a pesar de incrementar la velocidad desde los 300 a los 360 km/h, no aumenta el consumo de energía y, sin embargo, sí disminuye los impactos ambientales. El TGV-NG circulará a 360 km/h y será compatible con todas las electrificaciones existentes en las redes ferroviarias europeas.

Para no superar las 17 toneladas por eje, la cadena de tracción del TGV-NG es más potente pero más ligera. GEC-Alsthom y los 45 equipos universitarios que están trabajando en el TGV-NG han analizado en profundidad todos los fenómenos electrotécnicos, electrónicos o térmicos, logrando rebajar en un 30 por 100 el peso de los motores. También se han desarrollado nuevos bogies y una cadena de transmisión mecánica ubicada entre los ejes y las ruedas.

El TGV-NG estará dotado de una capacidad de frenado superior. El nuevo tren combina varias tecnologías de frenado eléctrico, discos de freno con mejores prestaciones y frenos basados en las corrientes de Foucault. Estos nuevos sistemas de frenado permitirán recuperar parte de la energía cinética de los trenes, transformada en energía eléctrica, de forma que podrá ser llevada hasta la catenaria. Esta solución disminuye el consumo de energía de los nuevos trenes respecto a los TGV actuales.

En Alemania, la red ferroviaria cubierta por los trenes ICE tiene en la actualidad 2.300 km. Para el año 2000 estarán en servicio 1.000 km de líneas de alta velocidad aptas para circular a 300 km/h, y 2.100 km de líneas donde sea posible rodar a 160-230 km/h con los nuevos trenes IC-NEI-TECH. En el año 2000 estarán en servicio 204 trenes ICE y, probablemente, 80 IC-NEI-TECH. Ese mismo año los trenes de alta velocidad transportarán en Alemania unos 22.500 millones de viajeros/kilómetro, que representarán el 50 por 100 del total de pasajeros que viajen en trenes de largo recorrido. □

generan una fuerte resistencia al desplazamiento del tren por incremento del rozamiento de los coches con el aire. A velocidades bajas, cuando las ruedas de guiado y de sustentación han entrado en acción, también se puede emplear el freno neumático con discos acoplados a las ruedas. Estos discos de freno se alientan hasta alcanzar el rojo-blanco y necesitan una refrigeración especial.

En 1962 comenzaron las investigaciones sobre el motor lineal y la levitación magnética. En diciembre de 1979 el vehículo experimental ML-500 en la plataforma de ensayos Miyazaki, alcanzó la velocidad de 517 km/h, sin embargo como el tramo de ensayos tenía sólo siete kilómetros de largo, no pudieron realizarse los desarrollos industriales pertinentes. En 1987, un tren formado por dos coches, el MLU 001 al-

canzó los 400,8 km/h. En 1989 el MLU 002 alcanzó los 394 km/h. Este año de 1994, el MLU 002N ha alcanzado la velocidad de 431 km/h.

Yamanashi. En la actualidad, la compañía ferroviaria JR-Central construye la línea experimental Yamanashi de 42,8 km al oeste de Tokyo. Es una línea destinada a velocidades comerciales de 500 km/h, con curvas mínimas de 8.000 metros y máxima pendiente del 4 por 100. Los trece túneles que es necesario ejecutar sumarán una longitud de 35 km. Se construirán dos subestaciones eléctricas de alimentación, un centro de control y un depósito de trenes. Este tramo experimental se realiza en el trazado previsto para la futura línea Tokyo-Osaka que se denomina Chuo Shinkansen.

En el tramo de ensayos Yamanashi está previsto realizar diversas pruebas. Entre los ensayos más bá-

sicos se encuentran las correspondientes a la tracción de los vehículos, levitación de los trenes, aceleración y máxima velocidad alcanzable. Además, existen pruebas previstas sobre los sistemas de control y regulación del tráfico, telemando de las subestaciones, atención de las posibles incidencias, capacidad de transporte de la línea,



En el 2.000 estarán en servicio 204 ICE.

respuesta fisiológica de los pasajeros, verificación del comportamiento ofrecido por los equipos instalados en la plataforma de la vía, impacto ambiental, viabilidad económica y mantenimiento de los niveles de calidad que se han previsto.

La nueva línea de transporte ferroviario entre Tokyo y Osaka pretende resolver la saturación de la línea Tokaido Shinkansen y distribuir riesgos ante la eventualidad de un terremoto. Respecto al equilibrio territorial la línea Chuo Shinkansen pretende evitar la excesiva concentración de habitantes en el área metropolitana de Tokyo, objetivo promovido por el cuarto programa japonés de desarrollo integral. Este programa pretende, entre otras cosas, distribuir la población y las actividades productivas a lo largo del territorio. □