

DE TRACCION DISTRIBUIDA Y BOGIE COMPARTIDO

Alstom presenta su nuevo tren de alta velocidad, AGV a 360 km/h

El AGV, diseñado para alcanzar una velocidad de 360 km/h es el primer tren en el mundo con bogie compartido entre los coches y motorización distribuida a lo largo de la unidad.

La combinación de estos dos conceptos refuerza la seguridad, permite aumentar el número de plazas disponibles por la eliminación de las cabezas motrices, facilita a los operadores una gran flexibilidad, al ofrecer la posibilidad de disponer de composiciones de siete a catorce coches y reduce los costes de mantenimiento al ser menos agresivo sobre la vía.

El AGV consume un 15 por ciento menos de energía que los trenes equiparables en su segmento e incorpora los últimos avances probados en el tren que batió el récord mundial de velocidad ferroviaria el 3 de abril de 2007 llegando a los 574,8 km/h (Ver VÍA LIBRE nº 508).

Este récord de velocidad, permitió probar, medir y validar los aspectos aerodinámicos, acústicos y vibratorios, así como los elementos claves del tren (bogies, motores y sistema de tracción) a una velocidad superior a los 500 km/h.

Alstom cuenta ya cuando sólo existe el prototipo del tren, con un primer pedido de veinticinco unidades con opción de diez más, para el nuevo operador privado ferroviario italiano NTV que, recientemente obtuvo del Ministerio de Transportes Italiano la licencia como compañía ferroviaria y la autorización para desarrollar servicios de transporte de pasajeros, que podrían iniciarse a principios de 2011.

Los trenes para NTV -creada en diciembre 2006 por un grupo de empresarios italianos- estarán compuestos por once coches y ofrecerán alrededor de quinientas plazas. El contrato prevé también el manteni-



El pasado 5 de febrero, en un acto al que asistió el presidente de la República Francesa, Nicolás Sarkozy, Alstom presentó el prototipo de su nuevo tren de alta velocidad de nueva generación, la Automotriz Gran Velocidad (AGV), que combina la arquitectura de los trenes articulados con bogie compartido, con la motorización distribuida.

miento de las unidades durante treinta años. Está previsto que las entregas se inicien a partir de 2010.

Historia. El desarrollo del AGV (Ver VÍA LIBRE nº 453), llevado a cabo con fondos propios de Alstom, se inició en 1998 cuando se realizaron los primeros estudios de diseño de la cuarta generación de trenes de alta velocidad de Alstom sobre la base de la miniaturización y la distribución de los equipos de tracción.

En 2001 nace el primer prototipo con tracción distribuida, denominado "Elisa" que abrió la puerta a la validación técnica del comportamiento dinámico del tren. Sobre el "Elisa" se analizó el comportamiento dinámico de los trenes articulados, los fenómenos aerodinámicos, la re-

frigeración de los componentes a muy altas velocidades y la acústica del interior y en el exterior.

Dos años después, se definieron las principales características técnicas del AGV y se intensificó el proceso de investigación, en el que en 2004 ya participaban 160 ingenieros y expertos de los distintos centros de excelencia de la compañía.

Así, la planta de La Rochelle diseñó y fabricó los trenes hasta su validación para la fase de producción en serie, la cadena de tracción del prototipo se fabricó en Tarbes, los bogies en Le Creusot, la electrónica de control en Villeurbanne, los motores de tracción en Orans, el sistema de protección contra choques en Reichshoffen y la carrocería y su montaje se realizaron en La Roche-

lle. La factoría de Bolonia, en Italia, fabricó los sistemas de señalización.

Durante la fase de diseño del prototipo, un equipo de proyecto en La Rochelle, compuesto por treinta personas, aportaba soluciones en tiempo real para el desarrollo del tren, y varios ingenieros trabajaban para optimizar el diseño del tren para su futuro mantenimiento.

En enero de 2005, se eligió uno de los cuatro diseños del tren propuestos y antes de finalizar el año se presentó la primera maqueta en el Eurailspeed de Milán. En octubre de 2006 comenzó la producción de las primeras partes del tren y el montaje de los primeros subconjuntos en La Rochelle y en febrero de 2007 se produjo la estructura del primer coche.

El 3 de abril de 2007, el récord mundial de velocidad, obtenido en colaboración con el SNCF y la Red Ferroviaria de Francia (RFF), permitió comprobar el funcionamiento de determinadas soluciones técnicas, y los resultados obtenidos se utilizaron para el desarrollo del AGV, presentado el pasado mes de febrero.

Esta unidad que se dio a conocer en La Rochelle, viajará ahora a una línea de pruebas situada en la República Checa para culminar los últimos ensayos dinámicos. Mientras, previsiblemente a mediados de este año, comenzará la fabricación de las unidades del primer pedido en los centros de Alstom en La Rochelle, Ornans, Tarbes, Le Creusot, Villeurbanne, Reichshoffen, en Francia, y de Bolonia y Savigliano, en Italia.

Durante el desarrollo del AGV, Alstom ha trabajado especialmente en lo que se refiere al ahorro de energía ya la protección del medio ambiente, reduciendo el peso mediante el uso de materiales compuestos, mejorando la eficiencia de los sistemas de tracción y desarrollando la arquitectura articulada introducida por Alstom.

El AGV contiene un 38 por cien-



to de materiales reciclables o reutilizables, como aluminio, acero, cobre y cristal. La electricidad que consume supone emisiones de gases de efecto invernadero de 2,2 gramos de CO2 por pasajero y kilómetro, trece veces menos que un autobús (treinta gramos), cincuenta menos que un coche (115 gramos) y setenta menos que un avión (153 gramos).

Así, una flota de cien trenes ahorraría aproximadamente 22.000 toneladas anuales de emisiones de CO2 respecto a los trenes de su segmento. El sistema de frenado combina el freno reostático y el freno de recuperación de energía que puede devolver a la red hasta 8 MW.

Arquitectura. Creado con las herramientas de diseño digital más avanzadas, el AGV es el primer tren del mundo que combina una arquitectura articulada con un sistema de motorización repartida basada en motores de imanes permanentes. El AGV está construido a partir de materiales reciclables y se ha diseñado específicamente para tener el menor peso posible.

La arquitectura del AGV se basa en sus bogies situados entre los coches del tren, lo que elimina la mayor parte de las vibraciones y el ruido producido en el interior de los coches por la marcha del tren sobre las

vías, amortigua cualquier movimiento entre ellos, y ofrece un plus de seguridad por el hecho de que al estar los coches fuertemente engranados entre sí hace que el tren sea más rígido en su conjunto y menos deformable en caso de descarrilamiento.

Con esa situación de los bogies, el ruido y las vibraciones quedan confinados en el área entre coches, y se reduce el movimiento entre ellos, con lo que es posible envolverlos en una carcasa resistente que puede limitar los efectos de la presión del aire en los oídos durante el tránsito por los túneles.

La arquitectura articulada, al usar un 25 por ciento menos de bogies que un tren no articulado (un AGV de once coches tiene doce bogies frente a dieciséis), reduce el coste de mantenimiento sustancialmente ya que el correspondiente al de los bogies supone un 35 por ciento del coste total de mantenimiento de un tren de alta velocidad. La reducción del número de bogies mejora también la resistencia aerodinámica al eliminar turbulencias que frenan el tren.

La combinación de la articulación con el sistema de motorización repartida, con los equipos de tracción bajo el suelo de los coches proporciona un 20 por ciento más de capacidad que los trenes tradicionales a igual longitud.

La tracción distribuida del AGV se basa en el principio del "triplete", por el que los coches se disponen en grupos de tres, de los que dos van con un bloque motor en el bogie, y entre ellos se coloca el tercer coche con un transformador sobre un bogie portador.

Para formar un tren, los "tripletes" se agrupan y se añade un coche con equipos auxiliares entre cada uno de los conjuntos. Este nuevo diseño ofrece un consumo energético un 30 por ciento menos de energía que un TGV convencional.

Motores. Además, los motores del AGV -síncronos de imanes permanentes para proporcionar una tracción y un frenado electrodinámicos- ofrecen una alta potencia. En su configuración de once coches el AGV estaría dotado de seis bogies motores generarían una potencia de



22,6 kW por tonelada, es decir un 23 por ciento más que un tren equiparable.

Los motores de imanes permanentes además de ser más compactos y ofrecer una relación potencia/peso de más de 1 kW/kg frente a 0,8 kW/kg de los de anteriores generaciones de motores, tienen circuitos de ventilación más simples que dan mejor mantenibilidad y mayor fiabilidad y un consumo de energía más bajo, gracias a un grado de eficiencia mayor que el de los motores eléctricos asíncronos y a un conjunto de engranajes de conducción muy simplificado.

En cuanto a su aspecto exterior, el AGV parte de los diseños del campo aeroespacial para llegar a un aspecto futurista más próximo al estilo japonés que a las generaciones precedentes de trenes TGV.

Alstom utilizó procesos de diseño tomados de industrias con ciclos de producción cortos, como la automovilística y el AGV se diseñó casi por completo con herramientas digitales, que permitieron a Alstom reducir los costes de la creación de maquetas reales.

El diseño final es de líneas limpias y formas fluidas con un frontal que aparenta ser de una sola pieza y, con amplios laterales cóncavos y delimi-

tados por los deflectores de aire en los bogies.

La carrocería de los coches permite una fácil actualización del diseño y la configuración de su interior a lo largo de su ciclo de vida. Los módulos antichocho de los frontales pue-

den absorber más de 4,5 MJ sin que se produzca deformación alguna en la cabina del conductor.

Gracias a todo ello, al uso de materiales aislantes del ruido, al sistema de articulación y a las mejoras de la aeroacústica el nivel de ruido en el interior del AGV a 360 km/h es el mismo que el de otros trenes a 300 o 320 km/h. En el interior del tren sus ventanas en los coches son un 15 por ciento más grandes que las de trenes equiparables, lo que maximiza la utilización de luz natural.

Modularidad. El AGV está concebido para cumplir con los estándares de la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ITS) y permitirá una explotación transfronteriza europea completa. Está equipado con la tecnología Atlas, desarrollada por Alstom como parte del desarrollo del Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo (ERTMS).

La cabina del conductor cumple con las recomendaciones del proyecto del europeo EUDD (Cabina de Conducción Europea) y su electrónica de potencia permite que el AGV funcione con 1.500, 3.000, 15.000 y 25.000 V de tensión de alimentación.

La alta modularidad del tren pre-

Motor de imanes permanentes

El AGV es el primer tren en incorporar los nuevos motores de imanes permanentes, un avance de la electrónica que unido a las innovaciones en la electrónica de potencia (alternadores IGBT) ha permitido incrementar el resultado de la última generación de motores eléctricos. Además, la reducción del coste de los materiales utilizados en estas tecnologías (cobalto-samarium, tierras raras...) ha hecho posible su utilización en la industria y en particular en el sector ferroviario.

Un motor de imanes permanentes funciona con el mismo principio que una dinamo. Los imanes crean el campo magnético necesario para el funcionamiento del motor y permiten suprimir las pérdidas de energía que se ocasionan en los motores eléctricos clásicos.

Así ofrecen una relación peso-potencia que supera un kilowatio por kilo, muy favorable, comparado con los 0,8 de las generaciones anteriores de motores. Además tienen un diseño compacto –ocupan un tercio del espacio de un motor asíncrono– una eficiencia del 97 por ciento y su integración es más simple.

Se alimentan de convertidores electrónicos a través de los alternadores de alta tensión de tipo IGBT más compactos que los alternadores de tipo GTO y gracias a estos elementos de tracción más potentes, el número de bogies motores puede reducirse, en beneficio de la seguridad, de la capacidad de asientos, del peso del tren y del coste del mantenimiento. □

Alta velocidad, un mercado en expansión

Europa Occidental, con 3.000 kilómetros de líneas de alta velocidad, alrededor de 970 trenes en circulación y más de cien millones de pasajeros al año es, con diferencia, el principal mercado del transporte ferroviario de muy alta velocidad con un 70 por ciento de cuota, según el análisis de Alstom. Ese liderazgo europeo se mantendrá con la construcción de otros 6.000 kilómetros de líneas de alta velocidad en el continente hasta 2020, lo que supondría triplicar la red europea en apenas doce años, creando una amplia red de conexiones entre las principales ciudades europeas, París-Francfort, Marsella-Barcelona, Burdeos-Madrid o Lyon-Turín.

En paralelo, la extensión de la red provocaría la aparición de "centros de distribución" basados en el modelo de transporte aéreo, lo que según Alstom exige el desarrollo del concepto de flotas de trenes de muy alta velocidad, con una capacidad flexible y complementaria, al modo de las flotas de las líneas aéreas.

Fuera de Europa, Asia está ya instalada en el transporte ferroviario de muy alta velocidad. Además de Japón, Corea ha adoptado esta tecnología de transporte y China construirá, al menos, otros 3.000 kilómetros de líneas de alta velocidad en un plazo de quince años.

En América, Argentina acaba de lanzar la construcción de la primera línea de ferrocarril de muy alta velocidad en Iberoamérica. Un total de 710 kilómetros entre Bue-

nos Aires y Córdoba a los que se unirán los 400 kilómetros del Buenos Aires-Mar del Plata y, a más largo plazo, los 1.200 kilómetros del Buenos Aires-Mendoza. Brasil también está considerando la construcción de una línea ferroviaria de alta velocidad de 400 kilómetros entre Río de Janeiro y Sao Paulo.

Asimismo, varios países de África del Norte y de Oriente Medio presentan importantes programas ferroviarios para los próximos diez años. Marruecos firmó en 2007 un acuerdo con Francia para la construcción de una línea ferroviaria de alta velocidad con una longitud de 300 kilómetros entre Tánger y Casablanca. El plan es extenderla finalmente hasta Marrakech y será la primera fase de un proyecto de 1.500 kilómetros de vías para conectar las principales ciudades del país. (Ver página 23 de este mismo número).

Arabia Saudí proyecta una línea ferroviaria de alta velocidad entre las ciudades de La Meca y Medina, vía Jeddah, y Argelia y los Emiratos Árabes Unidos también están considerando la posibilidad de construir enlaces ferroviarios de alta velocidad.

Por último, Estados Unidos ha empezado a mostrar un renovado interés en la construcción de líneas ferroviarias rápidas y, en ese sentido, en 2007 se aventuró el proyecto de una línea de San Diego a San Francisco, vía Los Ángeles, en California. □

mite grandes posibilidades de gestión de flotas basada en la demanda, bajo adaptándose a los requisitos los operadores ferroviarios y a las peculiaridades de las líneas. Al tratarse de trenes articulados y de tracción distribuida, los operadores pueden modificar la longitud de los AGV sin alterar sus características técnicas.

Un AGV puede configurarse en trenes de siete, ocho, once o catorce coches y ofrecer una capacidad de 250 a 650 pasajeros. El principio de modularidad se extiende a la distribución interior de los coches que pueden configurarse en distintas clases y espacios, o con criterios de tipo de servicio -fin de semana, vacaciones, viajes de negocios, etcétera.

En cuanto a los costes de operación -adquisición, funcionamiento y mantenimiento- a lo largo de su vida útil, cifrada en cuarenta años, se han reducido considerablemente. A ello contribuyen la carrocería del tren, aligerada de partes metálicas, para que tuviera una superficie exterior de tan sólo 2,5 mm de grosor e incorporando materiales compuestos en las partes transversales que enlazan los bogies con las cajas de los coches.



El AGV pesa setenta toneladas, un 17 por ciento menos que los trenes equiparables y consume alrededor un 15 por ciento menos, lo que para una flota de cien trenes supone un ahorro neto anual de casi cinco millones de euros.

En cuanto a confort, accesibilidad y movilidad a bordo del tren, el AGV ofrece una anchura interna de coche de 2,75 metros y 3

metros de anchura exterior, gran número de puertas de acceso, piso bajo y cierre de los huecos entre el andén y el tren, y una altura de doscientos milímetros para los dos escalones de subida a bordo del AGV. Los pasillos de los coches y los de interconexión entre coches permiten el paso simultáneo dos personas. **Ángel Rodríguez** □