



# 6 Material rodante

*El año 2007 y primer semestre de 2008 ha sido realmente prolijo en lo que a la puesta en servicio de nuevo material se refiere. Desde la puesta en circulación de la serie 130 hasta la remodelación de los primeros Ave de Renfe, pasando por tranvías, tren-tram y unidades de vía estrecha, el parque de material en España sigue su modernización. Cabe resaltar además los desarrollos tecnológicos avanzados como la locomotora Bitrac o la plataforma Avi 2015 de trenes de alta velocidad españoles e interoperables. Destaca también en este año el récord mundial de velocidad -574,8 km/h- conseguido por un TGV en Francia y los nuevos diseños en alta velocidad -ave nocturno para China y el nuevo AGV de tracción distribuida.*

## El nuevo material de Renfe Operadora

### Serie 130 de Renfe

El 25 de octubre de 2007 circuló por primera vez en servicio comercial un tren de la serie 130 en la ruta Madrid-Gijón y viceversa. La serie 130 de Renfe (que corresponden al modelo denominado "Talgo 250" por su diseñador y fabricante) son trenes de ancho variable conocidos ya como los "Patiitos" por su semejanza estética con los trenes de alta velocidad Talgo 350 serie 102 de Renfe, apodados "Patos".

El parque total para la serie 130 quedó establecido en 90 cabezas motrices y 495 coches (45 composiciones), numerados S130.001 a S130.045.

Los coches que integran los trenes de la serie 130 son remolques Talgo de la serie 7 y (como todos los coches Talgo) son vehículos articulados, de caja de aluminio, con rodales de ruedas libres, y cuyas dimensiones exteriores son similares a las de las anteriores generaciones de trenes Talgo (13.140 mm de longitud -12.140 mm los extremos-, 2.942 mm de anchura exterior máxima y 3.365 mm de altura máxima sobre el carril). Son coches pendulares y con posibilidad de cambio de ancho de vía (1.435/1.668 mm).

Los coches de la serie 7 son semejantes a los coches Talgo pendulares de la 6ª generación adquiridos desde 1989 de los que derivan y con respecto a los que, sin embargo, presentan algunas importantes mejoras, entre ellas las siguientes:

La arquitectura del rodaje del tren es diferente: en los Talgo de las series III, 4, 5 y 6, el rodal adicional de cierre de composición está en un coche extremo (furgón o segunda cola), pero en la serie 7 el coche con dos rodales está en una posición intermedia de la composición (como en los trenes Talgo de alta velocidad), normalmente en el coche cafetería. (Al tratarse de trenes articulados, cada coche dispone de un único rodal, pero en el conjunto de la composición es preciso un rodal adicional para "cerrar" el tren).



Los servicios auxiliares del tren no son alimentados por grupos electrógenos con dos motores situados en un furgón, sino por energía eléctrica que reciben de la máquina o de la motriz y que convierten a la tensión y frecuencia necesaria (380 V, 50 Hz) en unos convertidores estáticos situados en los coches extremos (como en los IntercityNight alemanes).

La potencia de cada equipo convertidor estático es de 250 kVA. Ello, además de reducir ruidos en las estaciones y en el propio tren y aumentar la autonomía del tren al no tener que ser repostados, permite un mayor aprovechamiento de espacio útil, ya que el ocupado por los convertidores es muy inferior al requerido por los grupos electrógenos. Tiene el inconveniente de que en caso de que falle la alimentación de electricidad al tren, éste queda sin aire acondicionado ni servicios auxiliares.

Los equipos de aire acondicionado están situados debajo del piso del coche en lugar de estar en un armario de 120 x 120 cm situado dentro del coche frente al aseo. Ello permite disponer de más espacio útil para los viajeros.

La caja tiene doble pared estanca, resistente hasta una variación de presión de 6.000 Pascales. Otra novedad de estos coches es que existe un

tipo coche especialmente preparado para personas de movilidad reducida. En él hay un espacio para ubicar las sillas de ruedas y además el aseo tiene unas dimensiones mayores de las habituales.

Los coches cuentan además con sistema digital de audio video, con un sistema de posicionamiento GPS, que permite informar al viajero de la posición del tren, velocidad y tiempo a destino, además de visualizar la posición actual en un mapa con diversas escalas.

La capacidad de los diferentes tipos de coches es la siguiente: 14 plazas en los de clase Preferente extrema, 23 plazas en los coches de clase Preferente con aseo y plazas de PMR y 26 plazas en los de clase intermedio Preferente. Por lo que respecta a los coches de clase Turista, tienen de 36 plazas los intermedios y de 20 plazas los extremos.

El paso entre filas de asientos es de 1.030 mm, tanto en Preferente como en Turista, excepto en el coche Preferente PMR que es de 1.000 mm. La distancia entre respaldos de asientos enfrentados es de 1.450 mm.

La anchura de los asientos entre apoyabrazos es de 460 mm en clase Turista y de 500 mm en Preferente; la anchura de los pasillos de 636 mm

en los coches extremo e intermedio Preferentes, de 775 mm en el Preferente PMR, y de 520 mm en los coches Turista.

La altura del piso sobre el carril es de 760 mm y el piso es continuo en todo el tren, lo que permite el acceso a nivel desde los andenes de las nuevas líneas de alta velocidad (760 mm) y con un único peldaño desde los andenes de las líneas convencionales y la LAV de Madrid a Sevilla (550 mm). Dado su bajo piso, no cuenta con escalones, sino únicamente con un estribo abatible situado a 550 mm sobre el carril.

El paso entre coches es al mismo nivel que el resto del tren, con una anchura libre de 810 mm y mínima de 610 mm.

Los asientos son orientables en el sentido de la marcha, tanto en Clase Preferente como en Turista, con la excepción de los situados en los extremos de cada coche, lo que permite que vayan a favor de la marcha el 79% de las plazas en el coche Preferente extremo, el 83% en el Preferente PMR, el 92% en los Preferente intermedio, 89% en Turista y el 80% en Turista extremo. Ello representa que van a favor de la marcha el 87% de los asientos en el conjunto del tren de 11 coches.

Cada asiento cuenta con apoyapies, mesita, papelera, luz de cortesía, percha y equipo personalizado de recepción de sonido con mando de volumen y selector de cuatro canales digitales de audio y dos de vídeo. Los trenes de nueva fabricación (S130.028 a S130.045) disponen de enchufe en cada butaca para móviles y ordenadores y de mesita entre los asientos enfrentados, no así los coches de la serie 7 posteriormente modificados (S130.001 a S130.027)

Los coches tienen puertas de cierre automático. Estas puertas de acceso son encajables-deslizantes, bloqueadas por encima de 5 km/h. También tienen línea de tren y pueden circular a 250 km/h, y en las curvas al ser pendulares, están autorizados a circular a "tipo B", es decir, con una aceleración lateral sin compensar de 1,2 m/s<sup>2</sup>.

Los Talgo 7 disponen de freno electroneumático lo que permite la circulación a 200 km/h en Francia, y

están equipados de detectores de cajas calientes en cada rueda, con acción automática sobre el freno de emergencia en caso de sobrepasar de la temperatura máxima permitida.

Los coches son estancos y preparados para resistir los cambios de presión en los túneles y en los cruces con otros trenes en las líneas de alta velocidad. Las uniones entre coches son articuladas con sistemas anti-vuelco y atiacaballamiento.

Cada composición (formada por un número variable de coches encuadrados por dos coches extremos) dispone de dos equipos convertidores idénticos entre sí situados respectivamente en el coche extremo Preferente y extremo Turista, para alimentar los servicios auxiliares del tren. Estos equipos reciben la energía de las motrices por una conexión de 1.500 VV c.c. y la convierte en alterna a 380 V 50 Hz para alimentar los servicios auxiliares del tren. La potencia de cada equipo convertidor estático es de 250 kVA. Cada coche consume aproximadamente 30 kVA.

La rodadura se sitúa entre los coches, contando con ruedas independientes y sistema de cambio de ancho Talgo RD. Las ruedas de perfil GV 40 en las motrices y Talgo 102.317 en los coches, tienen un diámetro de 1.010 mm en las motrices y de 880 mm en los coches. Los ejes de rodadura son permanentemente guiados sobre la vía, manteniéndose

las ruedas paralelas al carril, tanto en recta como en curva.

La suspensión principal es pendular neumática, con inclinación natural de las cajas hacia el interior de las curvas y aceleración lateral máxima en curva de 1,2 m/s<sup>2</sup>, con posibilidad de circular hasta 1,5 m/s<sup>2</sup>.

El peso por eje en plena carga es del orden de 17 toneladas en los coches de un eje y de 16,25 toneladas en los de dos ejes. La masa en vacío por eje es de 14,4 t/eje (peso medio por eje en composición de coches).

Para la inclusión de los coches serie 7 en la formación de los trenes autopropulsados de la serie 130 es preciso realizar en ellos diversas modificaciones, entre las que destacan las siguientes:

- Dotación de nueva barra de enganche entre los coches con más resistencia a compresión y enganche semipermanente para acoplamiento con la cabeza motriz en los coches extremos.
- Dotación de línea de techo para el transporte de energía, al objeto de que la corriente captada por un único pantógrafo pueda alimentar las dos motrices, y adaptación de la interfase eléctrica para la conexión con la cabeza motriz.
- Carenado en el techo de los coches extremos para salvar la diferencia de altura con las motrices y así mejorar el aspecto y el comportamiento aerodinámico.



- Otras modificaciones son el redimensionamiento de línea a 3 kV, incorporación de dos escalones de frenado (190 km/h), incorporación de suspensión complementaria, nueva configuración dinámica mediante el retardo de los amortiguadores, adaptación del sistema de control y supervisión a TCN, incorporación de un nuevo sistema de supervisión de rodadura.

- Además, a medio plazo, a las 27 primeras composiciones se les realizará una adaptación para mejorar su resistencia al fuego y al humo (las otras 18 composiciones ya salen de fábrica con estas mejoras) así como la incorporación de mesitas de tertulia en los coches Preferentes.

**Las cabezas motrices.** Cada tren de la serie 130 lleva dos cabezas motrices idénticas entre sí e intercambiables. Cada una tiene dos bogies (tipo B´B´), tienen 20.749 mm de longitud, 2.960 mm de ancho y 4.030 mm de altura de caja. Disponen de una única cabina de conducción y posibilidad de paso al tren en el otro testero. Cada motriz tiene cuatro motores asíncronos (dos en cada bogie) y la potencia continua (y unihoraria) circulando con tensión de 25 kV es de 2.400 kW y con tensión de 3 kV c.c. es de 2.000 kW. La velocidad máxima en servicio es de 250 km/h en ancho estándar y de 220 km/h en ancho ibérico.

La masa de la motriz es de 72 toneladas, lo que significa un peso de 18 toneladas sobre cada uno de sus cuatro ejes motores. Las cabezas motrices cuentan con freno regenerativo y eléctrico además del freno neumático sobre dos discos por eje equipados con sistema ABS. La potencia del freno eléctrico es de 2.400 kW a 25 kV y de 2.000 kW a 3 kV.

Las cabezas motrices están dotadas de luces traseras puesto que pueden circular de forma aislada.

El esfuerzo tractor máximo del tren es de 220 kN, el esfuerzo tractor en régimen continuo es de 160 kN a velocidad máxima 120 km/h en corriente alterna y 80 km/h en corriente continua; El esfuerzo a velocidad máxima del tren es de 70 kN. El esfuerzo tractor máximo del freno eléctrico es de 160 kN.



En la figura se representa el diagrama esfuerzo/velocidad con las dos cabezas tractoras en servicio, con un grupo de potencia aislado y con una cabeza tractora fuera de servicio. Se indican también las curvas de resistencia al avance para diversas rampas y pendientes.

### Serie 112 de Renfe

En julio de 2008 estaba previsto que saliera del taller de Málaga Los Prados, de la división de fabricación y mantenimiento de Renfe, Integria, el primero de los trenes de los que constituirán la serie 112 de Renfe, evolución en lo que se refiere al número y la distribución de plazas de los 102.

Los cambios principales de la serie 112 respecto a la 102 en este segundo contrato –de los “patos”, Talgo-Bombardier recibió dos pedidos de 16 y 30 unidades en 2000- son los relativos al aumento de número de plazas y su distribución. El taller de Málaga Los Prados prevé entregar catorce unidades de la serie 112 entre julio de 2009 y diciembre de 2010, prácticamente a razón de un tren mensual.

En los trenes compuestos de doce coches y dos cabezas tractoras de la serie 112, el coche extremo Club tiene 24 plazas, el coche Club 21 y los dos coches de Preferente 29. A continuación, el coche Galley Preferente cuenta con 25 plazas y tras el

Cafetería, el Turista accesible con 24+2 plazas. Otros cuatro coches Turista de 40 plazas y un Turista extremo de 24 completan la composición entre las cabezas tractoras y ofrecen 348 plazas.

En la serie 102, con la misma composición, la capacidad total es de 316 viajeros. El coche Turista extremo dispone de 30 plazas, y a continuación se sitúan otros cuatro remolques de clase Turista, capaces para 36 viajeros cada uno y el Turista accesible con 19+2 plazas.

Tras los coches Turista, de cuatro asientos por fila, se sitúa el coche Cafetería, y a continuación uno de Preferente con Galley con 24 plazas y dos Preferente con 26 asientos, tres por fila, un coche Club también de tres asientos por fila, de 21 plazas, y el coche extremo Club con otras 24.

Al margen del aumento de capacidad, el cambio más significativo está en el coche accesible, en el que se amplían las zonas destinadas a los pasajeros con movilidad reducida tanto en el aseo como en la sala, modificación que satisface la nueva normativa aprobada al respecto. Además se elimina la zona de Galleys en el coche extremo Turista y se sustituye por plazas para viajeros.

Por lo demás el tren de la serie 112 mantiene las características del 102, con un peso máximo por eje de 17 toneladas, una longitud total de



200 metros con una longitud de los coches intermedios de 13,14 metros y una altura del piso sobre el carril de 756 milímetros.

La anchura de los coches es de 2.942 mm y la altura de 3.365. La cabeza tractora tiene una longitud de veinte metros, una anchura máxima de 2,96 y una altura de cuatro metros. El centro de gravedad de la composición es muy bajo lo que mejora su estabilidad de marcha.

Cuenta con veintiún ejes de los que ocho -los situados en las cabezas motrices- son tractores y el resto portadores. Los ejes de rodadura de los coches tienen ruedas independientes con suspensión primaria, situadas

entre los coches y guiadas sobre la vía y de muy baja agresividad sobre el carril. La suspensión principal es neumática, de tipo pendular con inclinación natural de las cajas hacia el interior de las curvas.

Cada cabeza motriz dispone de dos bogies tipo Bo´Bo´ con tracción independiente para cada eje, el empuje es de 2,65 metros y la potencia de cada una de las tractoras de 4.000 kW. Así la potencia del tren es de 8.000 kW y la potencia específica de 24,7 kW/t. La tensión de alimentación es de 25 kV 50 Hz, el esfuerzo tractor al arranque de 200 kN y la velocidad máxima que puede desarrollar el tren es de 350 kilómetros por hora, con

una aceleración lateral máxima en curva de 1,2 m/sg<sup>2</sup>.

El equipo de tracción es monotensión, con un convertidor por bogie dotado de tecnología IGBT y ocho motores -cuatro por cabeza, dos por bogie, uno por eje- trifásicos asíncronos de 1MW de potencia.

Las cabezas -con un frontal aerodinámico optimizado para soportar las ondas de presión y el viento lateral- cuentan con dos grupos de potencia idénticos e independientes y un equipo de freno neumático con tres discos por eje, dos de los cuales están situados en las ruedas. El equipo de freno eléctrico es de recuperación (4.200 kW) y reostático (3.200 kW).

### **Civia III: nueva subserie de sesenta unidades con cinco coches**

Renfe adjudicó en octubre 2007 el suministro de sesenta nuevas unidades de cercanías de cinco coches de la plataforma Civia, divididas en dos lotes de treinta coches que fabricarán Alstom y el consorcio CAF-Siemens, por 220,85 y 233,13 millones de euros, respectivamente. En ambos el precio incluye el mantenimiento por un período de catorce años.

Los dos lotes de este pedido que constituirán los "Civia III" tienen algunas características tecnológicas diferentes y se repartirán en los once núcleos de Cercanías existentes: Madrid, Barcelona, Valencia, Murcia-Alicante, Sevilla, Cádiz, Málaga, Bilbao, San Sebastián, Asturias y Santander, a los que se sumará en 2008 el nuevo núcleo de Cercanías de Zaragoza.

Los primeros treinta trenes de cinco coches se adjudicaron al consorcio CAF/Siemens por importe de 233,13 millones de euros, e incluye el mantenimiento durante un período de catorce años, y el segundo lote, también treinta trenes de cinco coches, se adjudicó a Alstom por importe de 220,85 millones de euros, con el mantenimiento integral de los mismos por el mismo período de tiempo.

Esta es la cuarta compra de trenes de la plataforma Civia ejecutada por Renfe desde que se adjudicase el primer pedido de catorce trenes en el





año 2000 a CAF, Alstom, Siemens y Bombardier. El primero de aquellos vehículos fue presentado en marzo de 2003 en un breve recorrido entre las estaciones de Chamartín y Atocha, en Madrid, por Hortaleza, O'Donnell y Vallecas.

Destinado a ser el tren de cercanías de las dos siguientes décadas, Renfe previó entonces la compra de 248 unidades entre aquellas primeras incorporaciones de 2003 y el año 2010. Posteriormente, en octubre 2003, Renfe adquirió por importe de 407,5 millones de euros, ochenta nuevas unidades, los Civia II, contratando cuarenta trenes con CAF/Siemens y otros cuarenta con Alstom.

En enero de 2004 comenzaron a prestar servicio comercial los primeros seis trenes de la primera adjudicación, una vez superados diez meses de pruebas de validación, y durante el primer semestre de 2004 se incorporaron los ocho restantes del primer pedido.

Posteriormente, en 2005, los dos lotes de cuarenta Civia II de los que Renfe en la actualidad ya ha recibido 31 trenes del primer lote y veintidós del segundo, se amplió con la adquisición de tres trenes más.

En 2006, de nuevo se adjudicó en dos lotes la compra de otros ochenta trenes, los Civia III, todos ellos todavía en fase de construcción. El pri-

mero de los lotes de cuarenta trenes de cinco coches cada uno se adjudicó al consorcio CAF-Siemens por un importe de 259,55 millones de euros.

El segundo lote cuyo montante total fue de 241,72 millones de euros, estaba compuesto por otros cuarenta trenes de los cuales once serán de cinco coches, veintiocho de cuatro coches y uno de tres coches. Así, el global de la adjudicación que incluía el mantenimiento durante seis años de las unidades, ascendió a 501,28 millones de euros.

De esta manera, Renfe cuenta en la actualidad con 67 trenes Civia en servicio y con 170 más en proceso de fabricación, o recién adjudicados.

Los trenes adquiridos bajo la denominación Civia (Series 462/3/4/5), en cualquiera de sus cuatro lotes, aunque sean de fabricantes distintos y utilicen tecnologías diferentes, son idénticos en su diseño, compatibles y adaptables entre sí, de tal forma que se pueden formar trenes de dos, tres, cuatro, cinco o seis coches para ajustar la oferta a la demanda de viajeros tanto en función de los núcleos a los que atienden o de los tramos horarios en los que circulan.

Con esta concepción, los Civia (Ver VIA LIBRE nº 463, 472, 489 y 494) pueden formar composiciones de dos, cuatro o cinco coches, con capacidades que van desde los 400 viajeros (178 sentados y 222 de pie) en los de dos, hasta los 609 (308 y 436) en el caso de los cuatro coches y de 757 (277 y 480) en las de cinco, de modo que se puede superar la oferta de 1.500 plazas en doble composición.

Las cajas se fabrican en aleación de aluminio, lo que unido a la reducción del número de bogies motores y a un mayor grado de informatización, hace que un Civia pese 35 toneladas menos que un tren de la serie 446. Además, las mejoras en el rendimiento de la cadena de tracción gracias a sistemas con microprocesadores que ofrecen mayores prestaciones con menos peso y en menos espacio, y en el sistema de recuperación de energía en el frenado, sitúan el consumo de energía en los 4,28 kilowatios hora, algo menos de la mitad de los 8,65 de lo que consume una unidad de la serie 446.



Diseñamos tecnología para su seguridad y confort.



Electrónica de potencia



Seguridad embarcada



Confort



Comunicaciones



Protección

para información adicional  
por favor contactar con

Francisco Coca  
+ 34 91 495 70 00  
fcoca@sepsa.es

Prácticamente todos los equipos de potencia y freno, conducción, climatización, y videoinformación, están controlados informáticamente con una red TCN (Train Control Network), con un bus redundante que los enlaza a lo largo del tren y permite el envío directo de información sobre el estado de cada vehículo a través de telefonía digital, a los puestos de mando e incluso a los talleres de mantenimiento.

De ese modo el tren examina todos sus equipos y detecta, identifica y aísla las averías lo que favorece la reparación rápida de los equipos dañados, reduciéndose los períodos de inmovilización del tren. Los Civia cuentan también con sistema de conducción de velocidad prefijada, adaptable a conducción automática y puede adaptarse a circular por ancho internacional.

En cuanto al confort de los viajeros, el tren dispone de amplios espacios y de pasillos diáfanos de intercircularción entre coches. Los asientos son ergonómicos, antivandálicos y sin apoyos directos sobre el piso para facilitar la limpieza de la unidad, y están distribuidos de forma que existe un mayor espacio libre que en otras y series y se favorece la salida y entrada de viajeros, a lo que contribuye la zona de piso rebajado que existe en uno de los coches, para el acceso de sillas de ruedas o cochecitos de bebé.

Los Civia tienen equipos de climatización, aislamiento acústico y ruedas insonorizadas lo que unido al menor número de bogies motores, redundando en una reducción del nivel de ruido. Además cuentan con sistemas de música ambiental, comunicación del viajero con la cabina de conducción o con el centro de control, y emisión de imágenes de vídeo. Asimismo, dispone de sistema de megafonía digital con regulación automática del volumen y sistema de vídeo para la vigilancia interior del tren.

### Automotores de la serie 594 de Renfe modernizados

Actualización técnica es la denominación que se ha dado al proceso de mejoras que va a sufrir toda la se-

rie 594 con los objetivos de elevar su fiabilidad y variar su aspecto general para los viajeros. Renfe tomó esta decisión en el año 2006, redactando un contrato de actuaciones y un protocolo que incluía la mejora del confort y un cambio de imagen exterior, de los cuales se hizo cargo la empresa responsable del mantenimiento de estos trenes, CAF, que además fue el fabricante (junto a ADtranz) que los entregó a Renfe a partir del año 1997.

Dado que las estadísticas de los automotores 594 en los últimos años reflejaba un evidente descenso de su fiabilidad, con una media de incidencias de la serie cada 25.000 kilómetros, se iniciaron unas actuaciones técnicas urgentes encaminadas a corregir algunos problemas detectados, mientras a la par se avanzaba en la redacción de las medidas a realizar en la posterior actualización. Entre esas operaciones previas se dio prioridad a las enfocadas a mejorar la producción de aire (déficit éste causante de muchos partes de incidencias en los vehículos de esta serie) y a minimizar el calentamiento de los motores de tracción.

La actualización técnica se inició con el tren 594-101, ya que como se encontraba a principios del año 2007 en CAF debido a un percance en el depósito de Salamanca se aprovechó su estadia en los talleres de Irún para que recibiera las primeras modificaciones de este proceso, pero no todas debido a problemas de suminis-

tro por que, por ejemplo, esta composición no porta el nuevo modelo de compresor que debe facilitar una mejor producción de aire ni incorpora la sustitución del sistema de basculación Moog por el de la firma ESW, que debe resultar mucho más fiable.

Por lo tanto, las principales modificaciones introducidas en la primera composición en pasar la actualización técnica fueron la instalación de unas nuevas baterías; la interconexión de las baterías para que, en caso de fallo, alimentara un coche desde la batería del otro; la sustitución de las tarjetas de los alternadores por otras de nuevo diseño; y, la instalación de un by-pass de puertas para su activación a voluntad del maquinista. Tras el tren 594-101 salió de CAF la unidad 594-010, que está prestando servicio con los nuevos compresores, los cuales tienen un 30 por ciento más de capacidad de generación de aire, además de que su ubicación en el bastidor ha variado y ahora se puede considerar que térmicamente es más desahogada.

Los primeros trenes en pasar estas operaciones (los dos anteriormente citados) volverán a CAF para recibir al completo la actualización técnica, y su nuevo paso por Irún será cuando finalice el proceso en toda la serie. Tras ello se habrá conseguido la normalización de los TRD en cuanto a cambios mecánicos, confort y cambio de imagen. Entre el paquete de actuaciones previas y el buen







resultado de estos primeros automotores tras pasar por el taller irundarra, la serie 594 ha elevado su índice medio de incidencias, situándolo en 70.000 kilómetros entre ellas.

La magnitud de estas actualizaciones técnicas queda reflejada en el tiempo de inmovilización de los automotores. Mientras que pasar en talleres la intervención más importante para un TRD, una IM5 ó R, significa una estadía de un mes, este nuevo proceso provoca que el vehículo esté parado el doble de tiempo, el cual, además, se prolonga aún más si el 594 en cuestión entra en CAF con algún tipo de incidencia previa que le llevó a ser apartado del servicio comercial, como ha ocurrido en otros casos además del ya citado 594-101, al cual siguieron los pasos viajando hasta Irún el 594-010, 594-108, 594-014 y 594-008.

Por regla general, las actualizaciones de los TRD no tienen por qué coincidir con el paso de una operación IM5 ó R, pero el mantenedor de estos vehículos tanto a primer nivel (todas las operaciones hasta la IM4 inclusive) como a nivel de la IM5 (incluyendo la IM5 de las piezas de parque como los motores de tracción, las turbotransmisiones, los bogies, etcétera), también es CAF.

Tras un periodo de pruebas en la base de Salamanca durante el verano y el otoño de 2007, el 594-101 fue destinado al depósito de Valencia, donde cubre servicios por la línea

Valencia-Zaragoza, a la que serán enviados los siguientes trenes en pasar esta modernización. La elección de la zona en la que operarán estos primeros automotores no fue realizada al azar, sino que estaba basada en varios puntos, como la exigencia a la que son sometidos los trenes diésel por el kilometraje de los servicios, el perfil de la línea y las temperaturas extremas que se dan durante varios meses al año.

Si el objetivo final de la Dirección de Trenes de la Dirección General de Cercanías y Media Distancia es dotar a los TRD de una fiabilidad similar a la que ofrecen los R-598, las reformas en su interiorismo también están encaminadas hacia ese fin, para que prácticamente el impacto visual del viajero sea idéntico cuando esté en la sala de un tren 594 ó de un R-598. Para romper con la idea que los pasajeros tienen formada del interior de los TRD se introducirán en las salas, aprovechando esta actualización, un repintado de los paneles, nuevos suelos, recubrimientos superiores y tapizados, y también una máquina de venta de bebidas y aperitivos, abriendo por lo tanto una zona vending similar a la de las composiciones R-598, lo que restará cuatro plazas a la capacidad de los TRD 594.

En esta tarea de mejorar el concepto que los viajeros tienen de los 594, el cual se ha formado a lo largo de su decena de años en servicio,

también ayudará la modificación que se planea introducir en los testeros. Las características gomas frontales que lucen esta familia de automotores propias del sistema Flexliner de ADtranz serán suprimidas y sustituidas por unos testeros de fibra que darán un aspecto más estético a las composiciones, sin alcanzar por motivos estructurales el grado aerodinámico que tienen los testeros de los automotores 598, con un buen coeficiente de resistencia al avance. Una vez incorporado el nuevo testero al primero de los TRD, probablemente el sexto que salga de la factoría de CAF se determinará en la fase de pruebas cuál es el nuevo coeficiente de resistencia al avance de la serie, que en cualquier caso no llegará al nivel de los R-598.

Las actuaciones técnicas están programadas para los 23 trenes de la serie 594, por lo que su actual división en tres grupos (los .0, .1 y .2) no será óbice para que todos terminen recibiendo las operaciones previstas para cumplirse durante este año y el próximo 2009. Además, se aprovechará esta intervención para sustituir en los TRD su tradicional sistema ASFA por el nuevo ASFA Digital, equipos que aún deberán recibir los primeros trenes intervenidos, el 594-101 y el 594-010, pero no así el siguiente que saldrá de Irún, el 594-108.

## Ave 100 remodelados

En febrero de 2007 se puso en servicio el primer Ave renovado de la serie 100, de los dieciocho que prestan servicio en la línea Madrid-Sevilla. Una renovación, quince años después de su puesta en servicio, en la que Renfe invertirá 41,3 millones de euros.

Esta renovación técnica y estética, prevista en los planes de mantenimiento iniciales de la serie, coincide con la mitad de su vida útil y está llevándola a cabo Alstom en los talleres que comparte con Renfe en la localidad toledana de La Sagra. La reforma de toda la serie en la que Renfe invertirá 41,3 millones euros, se inició el pasado mes de julio (ver VIA LIBRE nº 501) y se prolongará hasta noviembre de 2008.



Fue precisamente la composición 02, que en diciembre de 1991 fue presentada en Parla, la que tras su renovación ha sido de nuevo presentada en la estación de Santa Justa y ha comenzado a prestar servicio comercial.

La remodelación ha consistido fundamentalmente en la modificación de los espacios y del interiorismo del tren según un nuevo diseño, y ha supuesto la renovación integral del interior de los vehículos desde los aseos hasta los asientos, pasando por moquetas, revestimientos, paneles y puertas.

En el nuevo diseño del interior del tren se han tomado en cuenta las sugerencias de los viajeros recogidas a través de las encuestas de calidad que Renfe lleva a cabo, y se están utilizando nuevos materiales y tecnologías para aumentar las prestaciones de confort de los trenes.

Interiormente se ha conseguido una mayor luminosidad con una nueva iluminación longitudinal por encima de los marcos de las ventanillas que proporciona un bello efecto, y con el cambio de colores de la tapicería de los asientos. En Clase Preferente ofrecen un rojo anaranjado muy vistoso y en Turista, un amarillo albero que da sensación de mayor amplitud.

En los portaequipajes se observa mas profundidad y el borde de los mismos tiene una moldura en acero inoxidable para evitar la caída sobre

los asientos de ropa de abrigo y bolsos de mano. Además, los maleteros se han ampliado para resolver los problemas que se venían produciendo de acumulación de equipajes en los vestíbulos de los coches.

En los suelos de los coches se ha cambiado la moqueta por un pavimento que imita la madera y que facilita el mantenimiento, la limpieza y las operaciones de servicio a bordo y evita problemas de alergias por acumulación de polvo. También se ha mejorado el diseño de los aseos, con nuevos materiales e iluminación y se han incorporado plataformas cambia-bebés en cada uno de ellos.

Tras la renovación, todos los asientos cuentan con tomas de corriente a 220 voltios para facilitar la conexión de ordenadores y teléfonos móviles. Se han montado, asimismo, monitores con pantalla plana de TFT para video en todos los coches, y se han ampliado los espacios para equipajes.

En la clase Club, la que mayor transformación ha sufrido, se han eliminado las mamparas que compartimentaban el coche que ahora queda diáfano e incrementa en tres su número de plazas. Los nuevos asientos son de mayor confort y están tapizados en cuero negro como en las composiciones de las series 102 y 103

Así, desaparecen los departamentos de cuatro personas, que desde el principio no gozaron de las preferen-

cias de los clientes, y el coche presenta ahora una disposición de plazas 2 + 1 en salón corrido. Los reposacabezas se han convertido en adaptables y las mesas son ahora escamoteables.

En Preferente también se han instalado nuevos reposacabezas, las mesas se han hecho con alas plegables y se han incorporado papeleras a los laterales de los asientos, cuya tapicería es ahora en tejidos de colores claros.

En la clase Turista, también se han eliminado las mamparas, se han tapizado los asientos y entre ellos se han ubicado las papeleras. Además en uno de los coches de Turista se ha incorporado una nueva plaza para personas de movilidad reducida.

En la cafetería del tren se ha actuado sobre los revestimientos, cambiando los materiales por madera clara y metal e incorporando la fibra óptica a la iluminación del techo. También se ha modificado la forma de la barra, que se ha redondeado para hacerla más cómoda, y se han centrado y reducido las mesas para mejorar la movilidad de los viajeros y ganar en amplitud.

En el exterior se han incorporado los nuevos colores corporativos y se ha ampliado el tamaño del logotipo de Renfe y reducido el del Ave. Técnicamente se han revisado los equipos de suspensión y motorización, y se han sustituido aquellos elementos cuyo desgaste lo hacía aconsejable.

Esta gran operación se realiza después de quince años de circulación de las unidades -la línea se inauguró en abril de 1992- y con unos cinco millones de kilómetros recorridos por cada una de ellas -más de noventa millones para el total la flota- con una fiabilidad de 1,1 millones de kilómetros recorridos entre incidencias, por tren.

Los trenes que ahora llegan a la mitad teórica de su vida útil, han realizado más de 150.000 circulaciones con un índice acumulado de puntualidad del 99,7 por ciento. Sólo tres de cada mil trenes ha registrado un retraso superior a cinco minutos, obligando, por lo tanto, a Renfe a devolver el importe íntegro del billete según el compromiso de puntualidad fijado por la empresa en 1994 y

que es único en el mundo ferroviario.

El número de viajeros que ha utilizado estos trenes en esa relación desde su inicio es de 40,8 millones, una cifra a la que hay que sumar los más de quince millones de viajeros que se desplazaron entre Madrid-Ciudad Real y Puertollano en estos trenes que, desde octubre de 1992 y hasta finales de 2005 estuvieron realizando el servicio de lanzaderas.

El servicio entre Madrid y Sevilla se inició con seis trenes diarios por sentido, que se a triplicado con creces hasta llegar a los actuales veinte trenes diarios por sentido, con frecuencias de media hora en horas punta y con cuatro trenes más de refuerzo los fines de semana.

Mientras dure la renovación, y desde el próximo verano, varias unidades de la serie 102 –los “patos” de Talgo– cubrirán algunos servicios entre Madrid y Sevilla para compensar las bajas de las composiciones que se estén remodelando.

## Proyecto AVI 2015: trenes españoles de alta velocidad e interoperables

En marzo de 2006 el Consejo de Administración del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial,

(CDTI) ratificó la aprobación de los dieciséis proyectos incluidos dentro de la primera convocatoria del Programa Cénit, en los que se encontraba el “AVI 2015: Sistema Integrado de Alta Velocidad cien por cien español para Redes Ferroviarias Interoperables” liderado por CAF.

El proyecto AVI 2015 se inició, de hecho, en enero de 2006 y tiene una duración prevista de 48 meses. En él participan como socios, con el liderazgo de CAF, Donewtech, Eliop, Matlocaucho, Sispra y Verkol, y los centros de investigación CEIT, Ikerlan, Tekniker y las Universidades de Huelva, Politécnica de Madrid, de Sevilla y de Zaragoza.

El punto de partida del proyecto está en el conocimiento que sobre la tecnología y la explotación del ferrocarril tiene los socios, especialmente CAF y las oportunidades de innovación que ofrece el ferrocarril como modo de transporte más eficaz en los trayectos de media y larga distancia, entre los 500 y los 700 kilómetros, con sistemas de alta velocidad.

Además para este segmento –el más atractivo tecnológicamente– se prevé un importante crecimiento en los próximos años en todo el mundo, muy especialmente en Europa con la incorporación a la alta velocidad de los nuevos miembros de la UE 25 y de países como Rusia, China y Turquía, entre otros.

En 2015, parece probable, pues, que exista una malla densa de líneas de alta velocidad superpuesta en otra de líneas convencionales. El reto será favorecer el uso de esa doble red con trenes nuevos que superen las dificultades derivadas de los diferentes anchos, tensiones y sistemas de señalización existentes.

Además, al reto se suma la liberalización en curso del transporte por ferrocarril, la previsible aparición de nuevos operadores de bajo coste y la proliferación de servicios chárter y de una demanda de mayor capacidad en los trenes.

Se trata de desarrollar nuevos trenes que, además de superar las barreras existentes a la interoperabilidad, ofrezcan rapidez y comodidad en las vías convencionales –con curvas de menor radio y vía de menor calidad– sin reducción de la seguridad y con el máximo respeto al medio ambiente.

En última instancia el objetivo de AVI 2015 es la producción y puesta en explotación de trenes de alta velocidad totalmente interoperables y cien por cien españoles capaces de circular a lo largo de toda Europa sin limitaciones.

Para ello son obstáculos los tres anchos de vía (1668, 14535 y 1520 mm.), las cuatro electrificaciones diferentes (25 kV 50 Hz AC, 15kV 27-Hz AC, 3kv Dc y 1,5 kV DC) y los





múltiples sistemas de señalización (LZB, Ebicab 700 y 900, AWS Asfa, Indusi, ATSS, ATBL, TVM, KVB, BRS, Signum, Zub 121, EVM, KHP, LVZ, LST.....) existentes en Europa.

En este punto las tecnologías clave para superar esos objetivos se sitúan en el terreno de la dinámica ferroviaria de modo que se puedan aumentar, en paralelo, el confort y la velocidad, con sistemas de basculación, suspensiones laterales activas y sistemas de guiado, y en el de la electrónica embarcada con sistemas de control y monitorización, y comunicaciones y ERTMS.

Asimismo, son clave los sistemas de cambio de ancho, para los que las soluciones actuales ofrecen velocidades máximas de 250 kilómetros hora y prestaciones en general inferiores a las de los trenes de alta velocidad para un solo ancho, y la utilización de materiales ligeros como composites.

Otro punto crucial en el que incide el proyecto AVI es el de la aerodinámica, con estudios en lo que se refiere a la resistencia al avance, los vientos cruzados y las ondas de presión en túneles, sistemas para el carenado de bogies y soluciones para el fenómeno del vuelo de balasto.

El AVI 2015 que prevé desarrollar un prototipo de tren a partir de 2009 para poder en 2015 contar con trenes

en circulación, es el primer proyecto de investigación que contempla globalmente esas tecnologías y sus interacciones. El avance en todas esas áreas supondrá un salto tecnológico que permitiría satisfacer mejor las necesidades actuales y futuras del mercado ferroviario.

Tras una primera fase de definición de requisitos, el proyecto de investigación se estructura en siete áreas, Nuevas formas aerodinámicas (en la que participan CAF y La Universidad Politécnica de Madrid), Señalización y comunicaciones (Eliop, CAF Donetewtech, Politécnica de Madrid y CEIT), Dinámica ferroviaria (CAF, Metalocauchos y CEIT) Sistemas eficientes de tracción (CAF e Ikerlan), Nuevas grasas y fluidos lubricantes (Verkol, CAF, Universidad e Huelva y Tekniker), Nuevas tecnologías en materiales (Sispra, CAF y Universidades de Sevilla y Zaragoza) y Nuevas tecnologías en homologación y ensayos ferroviarios (CAF y CEIT).

**Desarrollos.** Así se trabaja sobre el sistema de ancho variable como factor clave para la interoperabilidad y con el objetivo de aumentar la velocidad a la que pueden circular los trenes con ese sistema. El punto de partida es el bogie Brava de CAF, en

servicio en los trenes Alvia sobre el que se trabaja en nuevos cálculos del eje y nuevos modelos que permitan reducir peso, y con nuevas generaciones de lubricantes que permitan reducir la fricción, aumentar la temperatura de funcionamiento y alargar los intervalos de mantenimiento.

En el terreno de la dinámica ferroviaria se trabaja en el desarrollo de herramientas de simulación que permitan conocer donde están situados actualmente los límites. Así se están mejorando los algoritmos de simulación incrementando su precisión, con nuevas formulaciones de contacto rueda carril y coeficientes de fricción.

Además, se investiga en el terreno de las suspensiones activas ligeras, sobre la base del sistema SIBI de CAF, para hacerlas compatibles con el sistema de cambio de ancho y con el objetivo de reducir el desgaste de rueda, en el de los amortiguadores variables y en el innovador campo de los componentes magnetoreológicos,

También en el ámbito de los materiales se busca una reducción de peso de entre el 40 y el 60 por ciento que podrían llegar hasta el 70 en suelos de coches, la viabilidad de las aplicaciones distintos materiales y las técnicas y metodologías de fabricación de esos nuevos materiales.

En cuanto a la aerodinámica, el objetivo es reducir un 10 por ciento la resistencia al avance, obtener carenados de bogie que contribuyan a ello sin menoscabar la refrigeración de los equipos y eliminando la proyección de balasto y resolver problemas en el terreno de los vientos cruzados, los cruzamientos y el paso por túneles, En este último ámbito se trabaja en simulaciones del cruzamiento de trenes en túneles.

Además de todo ello, CAF cuenta también con un conocimiento propio previo en lo que se refiere a sistemas de mando y monitorización con su sistema Cosmos, del que existen 1.200 equipos en funcionamiento, y con los equipos de tracción, con un tren Civia de dos coches que equipa un motor propio de 3.000 voltios y 1.200 kilovatios y ya realiza sus pruebas en vía, tras superarlas en banco de manera satisfactoria. ■

## Metros y Tranvías

### Metro ligero de Madrid, Parla y Murcia

En la primavera de 2007 comenzaron a circular en la línea ML 1 los primeros de los setenta vehículos destinados a las nuevas líneas de metro ligero de la Comunidad de Madrid, Sanchinarro-Las Tablas, Boadilla-Pozuelo y Parla, destinos a los que hay que añadir Murcia para cuyo tramo de pruebas la Comunidad de Madrid ha cedido temporalmente dos vehículos.

El parque de material rodante de las líneas de metro ligero estará compuesto por setenta trenes de cinco módulos que han supuesto una inversión de 189 millones de euros, que forman parte de los 1.378,5 millones de euros que se invierten en la compra de todo el material móvil para el Plan de Ampliación de Metro de Madrid.

Los vehículos, contratados con Alstom en agosto de 2004, son los Citadis con determinadas características específicas, como su anchura de 2.400 milímetros en lugar de los 2.650 normales en sus vehículos homólogos Citadis 302, para poder circular por las líneas de gálibo estrecho de Metro de Madrid.

Asimismo, y por primera vez, catorce de los setenta vehículos -los destinados a la línea de Sanchinarro y Las Tablas, los nuevos barrios del norte- estarán dotados con sistemas de protección automática (ATP) que les protegerán contra choques, alcances o superación de la velocidad permitida en los tramos en túnel. Estos de Madrid serán los primeros Citadis que circulen en túnel.

Además los metros ligeros de Madrid cuentan con todas las medidas de accesibilidad para discapacitados, ya sea de movilidad, audición o visión, gracias la intervención en el diseño de una comisión de accesibilidad que ha trabajado con las asociaciones de discapacitados para integrar en los vehículos elementos para facilitar el acceso y el uso.

Cada vehículo cuenta con dos zonas reservadas para sillas de ruedas, señaladas por pictogramas, con cin-



turones de seguridad y apoyos isquiáticos para los acompañantes. Las puertas de acceso a estas plazas tienen estribos móviles que permiten superar la separación entre andén vehículo y en el interior los colores de cada elemento mantienen un alto grado de contraste lo que facilita su identificación. Además las puertas llevan avisadores ópticos y acústicos y los pulsadores se identifican, también, con letreros en braille.

Tras el primer vehículo presentado a finales de mayo de 2006, llegaron antes de fin de año veintisiete unidades para las líneas de Boadilla y Pozuelo y ocho de los dotados con ATP y, a partir de enero, los nueve

destinados a Parla -pintados de verde-, los seis restantes para Sanchinarro y Las Tablas, sin ATP pero con la preinstalación para recibirlo, y los restantes de Boadilla y Pozuelo hasta completar los setenta que estarán en funcionamiento en breve.

Los metros ligeros tienen capacidad para 188 viajeros, de los que 54 dispondrán de asientos, dos serán para sillas de ruedas, y otros 132 usuarios irán de pie a razón de 3,5 pasajeros por metro cuadrado. Los vehículos de cinco módulos y 32,3 metros de largo pueden ampliarse con dos módulos más hasta los cuarenta metros, lo que está previsto contractualmente.





Para el diseño exterior, se han elegido el color azul dominante en los laterales, con franjas blancas y rojas en los extremos, y los testeros en rojo. En el interior se han cuidado especialmente los recubrimientos laterales y la tapicería, y se ha conseguido una gran superficie acristalada para facilitar la visión del trayecto por parte de los pasajeros.

En cuanto a la composición los vehículos tienen cinco módulos. Los dos extremos con cabina y una puerta sencilla y sobre un bogie motor cada uno de ellos y a continuación de ambos, los dos módulos suspendidos, con dos puertas dobles cada uno y en el centro un módulo sin puerta sobre un bogie portador y con el pantógrafo.

Así, tienen un 66 por ciento de sus ejes motorizados con cuatro motores trifásicos asíncronos de 120 kW alimentados a 750 voltios en corriente continua. Los motores son transversales y están refrigerados por agua y controlados por un microprocesador y un ondulador directo IGBT de ventilación forzada. La velocidad máxima que pueden desarrollar es de 70 kilómetros por hora y la aceleración de 1,2 m/sg<sup>2</sup>. La deceleración de emergencia es de 3 m/sg<sup>2</sup>.

El paso libre de puertas es de 800 milímetros para las sencillas y de 1.300 para las dobles. De estas últimas hay cuatro por costado de las que dos están dotadas de estribos

móviles para facilitar el acceso, y de las sencillas, dos por costado junto a las cabinas de conducción. El peso total de la unidad es de 39,1 toneladas y la carga máxima por eje es de 11,1. Las unidades cuentan con equipos de aire acondicionado, ayuda a la explotación por vídeo y sistemas de cancelación de billetes a bordo.

Los bastidores y las estructuras de las cajas sobre bogies están contruidos en acero al carbono y los de las suspendidas en aluminio. El resto, techos, paredes, etcétera son también de aluminio. Los testeros están fabricados en poliéster y fibra de vidrio reforzados con acero, las paredes interiores en materiales compuestos y los suelos en madera y goma antideslizante.

### Tranvía de Tenerife

En junio de 2007 comenzó el servicio del tranvía de Tenerife con un parque de veinte unidades suministrado por Alstom que fue adjudicado por Metropolitano de Tenerife en marzo de 2004 por un importe de 49,8 millones de euros a Alstom con opciones para el mantenimiento de las unidades, para la compra de hasta trece tranvías adicionales y para la ampliación con nuevos módulos de la longitud de las unidades hasta los 40 metros.

Los vehículos, de piso bajo en el cien por cien de su superficie, y con cinco módulos y tres bogies motores para superar las fuertes pendientes de hasta 8,5 milésimas del recorrido, tienen una longitud de 32,15 metros, una altura de 3,27 y una anchura de 2,40 y una capacidad de doscientas personas de las cuales 56 disponen de asientos.

La altura de acceso es de 320 milímetros y la del piso en el interior de la unidad de 350 mientras que el ancho de puertas es de 800 milímetros en las simples situadas en los dos módulos con cabina a ambos extremos de la unidad, y de 1.300 milímetros en las dobles con las que cuentan los módulos contiguos a los de cabina. El total de puertas de la unidad es de seis por costado de las cuales cuatro son dobles y dos sencillas

Cada vehículo estará dotado de un dispositivo de absorción de im-



pactos y dispositivo apartaobjetos, climatización en compartimento de viajero y cabina de conducción y sistemas de videovigilancia, ayuda a la conducción, canceladoras instaladas en las plataformas de acceso, megafonía y vídeo. Asimismo cuentan con dispositivos para el transporte de bicicletas y espacios reservados para pasajeros con movilidad reducida.

Alstom está construyendo los tranvías en su centro industrial de Santa Perpetua de Mogoda, Barcelona, los bogies de fabrican en la factoría francesa de Le Creusot, y el sistema de tracción Onyx en la fábrica de Ridderkerk, en Holanda.

Estos vehículos de la gama Citadis, son similares a, los que se encuentran en funcionamiento en Barcelona, Lyon, Burdeos, Orleáns y Dublín, e incorporan a su diseño elementos diferenciadores como son sus colores vivos y distintos para cada uno de los cinco módulos del vehículo.

Las unidades son bidireccionales, con dos cabinas y pueden alcanzar una velocidad máxima de 70 kilómetros por hora gracias a sus tres bogies con un total de seis motores de tracción de 120 kW de potencia. La aceleración media de 0 a 40 kilómetros por hora es de 1,1 m/sg<sup>2</sup> y la deceleración media de 1,3 m/sg<sup>2</sup>. El frenado se realiza a través de un sistema eléctrico de recuperación

## Tren-tram para Alicante

En abril de 2003, Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) adjudicó a Alstom, la construcción de nueve unidades de tranvía para prestar servicio en la nueva línea del

“Tram” de Alicante. Tras el cambio de titularidad de la factoría de Albuixech, Vossloh su nuevo propietario, suministra los vehículos que son los primeros en España aptos para ser explotados en modo tranviario y ferroviario.

La primera unidad fue entregada la primavera de 2007 y las pruebas se desarrollaron hasta el mes de noviembre fecha a partir de la cual han ido entrando progresivamente en funcionamiento y sustituyendo en la línea a los cinco tranvías de la serie 3800 de Valencia que prestaron hasta ahora el servicio.

Las unidades tienen capacidad para desarrollar una velocidad máxima, en modo ferroviario, de 100 km/h, son bidireccionales y tienen 37 metros de longitud. Su capacidad total es de 307 pasajeros, de ellos 98 sentados –92 en asientos y seis en transportines- y 209 de pie a razón de seis viajeros por metro cuadrado. Además cuentan con dos plazas para cochecitos y sillas de ruedas.

Los vehículos que constituyen la serie 4100 en FGV cuentan con tres coches articulados contruidos en acero inoxidable y pueden circular en doble composición. Tienen una altura de 3,48 metros, una anchura de 2,55 y una altura de acceso sobre el carril de 360 milímetros. El porcentaje de piso bajo en los coches extremos, 375 mm., es del 60 por ciento y la altura del piso en el intermedio de 900 milímetros.

Cada unidad cuenta con dos puertas dobles de accionamiento eléctrico por coche extremo y costado. Cada puerta tiene una altura de dos metro y una anchura libre de 1.240 milímetros. El ancho de vía es de un metro, el radio mínimo de curva horizontal de 30 metros y el de curva vertical de 1.200.

El peso de la unidad en vacío es de 55,5 toneladas, el peso en servicio con cuatro viajeros por metro cuadrado de 69 toneladas y el peso



máximo por eje con hasta ocho pasajeros por metro cuadrado de diez. La carga a compresión es de 600kN.

Las cajas están sustentadas por cuatro bogies, dos de ellos situados en el coche intermedio y uno en cada uno de los extremos, de los cuales tres son motores y uno portante. La unidad cuenta con suspensión primaria de caucho metal y secundaria neumática. Las ruedas nuevas tienen un diámetro de 720 milímetros y de 660 mm gastadas.

La tensión de alimentación es de 750 voltios y cuenta con sistema de recuperación de energía, mientras que la tensión de baja es de 24 Vdc. La unidad cuenta con seis motores asíncronos trifásicos refrigerados por aire, de 140 kW de potencia de tal modo que la potencia total de tracción de la unidad es de 840 kW.

Así la unidad cuenta con una aceleración de 1,2 m/sg<sup>2</sup> y una deceleración máxima de servicio de 1,2 m/sg<sup>2</sup> y una deceleración de emergencia de 2,6 m/sg<sup>2</sup>. la pendiente máxima que pueden superar es de sesenta milésimas. El freno de servicio es eléctrico y el de emergencia electrohidráulico.

Las unidades cuentan también con ocho areneros, dispositivo de engrase de pestaña, sistema antipatinaje y antibloqueo, retrovisores con cámara y videovigilancia y sistema de climatización en la cabinas de conducción y en el compartimiento de viajeros.

## Nueva serie 4200 de FGV

A mediados del mes de abril 2007 comenzaron a prestar servicio las primeras unidades de los nuevos tranvías de Valencia para hacer el recorrido entre el extremo de la línea 5, la nueva estación Marítimo-Serrería, y el Puerto. En breve entrarán en servicio las unidades de Alicante que sólo difieren de las valencianas en su aspecto exterior.

A principios de 2007 comenzaron a incorporarse al parque de FGV, los treinta tranvías que en enero de 2005 fueron adjudicados - con una opción para diez unidades más- a Bombardier, por un importe de 81 millones de euros y que constituyen la serie 4200 de FGV, destinada a las redes de Valencia y Alicante. Las últimas entregas están previstas para después del verano.

Los tranvías pertenecen a la familia Flexity Outlook de Bombardier que compatibiliza ejes de ruedas, bogies y suspensiones convencionales, con la plataforma baja en el total de su superficie, eliminando los escalones interiores. La diferencia de cota en la zona de bogies y el resto de la superficie del vehículo destinada al pasaje se salva mediante rampas de pequeño desnivel, permitiendo al mismo tiempo entradas al nivel de la plataforma.



Adicionalmente, un escalón deslizante eléctrico se desplaza hasta el borde del andén para facilitar la entrada y salida del vehículo salvando huecos horizontales de hasta 250 milímetros entre el andén y la puerta de acceso.

Los 4200 son vehículos de cinco módulos de 32,5 metros de longitud con un peso de 39 toneladas y una anchura exterior de 2,4 metros. La capacidad es de 264 pasajeros de los cuales 210 de pie, a razón de seis por metro cuadrado, y el resto en los 54 asientos con los que cuenta cada unidad. En la construcción de las cajas se emplean diferentes materiales y sistemas de unión para optimizar el peso del vehículo.

Los cinco módulos que componen la unidad disponen de seis puer-

tas, cuatro dobles y dos sencillas por costado y están equipados con aire acondicionado y disponen de áreas específicas para sillas de ruedas y zonas multiuso. Las unidades montan equipos de expedición y cancelación automática de títulos de transporte, así como sistemas de videovigilancia y retrovisión mediante cámaras de televisión.

Los tranvías, que pueden ser operados en tracción doble, alcanzan una velocidad máxima de 70 km/h y su potencia es de 420 kw, con una tensión de alimentación de 750 voltios en corriente continua. El grupo de regulación y control es el C&C Mitrac de Bombardier y las unidades disponen de una red TCN de comunicaciones y equipos de monitorización y diagnóstico.

Los 4200 cuentan tanto con sistemas tranviarios de regulación y control de operación como con sistemas de ayuda a la explotación, sistemas cambio de agujas, preferencia semafórica, y con sistemas de seguridad ferroviarios para circular en Alicante concretamente ATP y frenado automático puntual (ZSI-127).

Las unidades van destinadas tanto a las líneas de Valencia, línea 4 y sus ampliaciones y a la futura Línea T-2, puramente tranviarias, como a la línea de Alicante en la que se someterán a una explotación tipo Tren-tram, y a las futuras líneas internas de tranvía de la ciudad. Asimismo, estarán preparadas para poder ser usadas con ruedas tranviarias en las líneas de tranvía de Valencia, o con ruedas tipo UIC para la línea de Alicante.

En el caso de Alicante, cuentan con dos máquinas expendedoras automáticas y seis canceladoras automáticas, una por plataforma, preparadas para tarjetas sin contacto.

Incorporan un sistema de videovigilancia dotado de seis cámaras interiores con capacidad de grabación de doce imágenes por segundo.

Los treinta vehículos que se han adquirido se distribuirán entre Alicante (once), para explotar desde el centro de Alicante (atravesando este en subterráneo) y Altea así como los nuevos ramales de Cabo Huertas y San Vicente del Raspeig, y Valencia donde los otros diecinueve vehículos se explotarán en la línea 4, zona exterior de la Línea Aeropuerto-Puerto y en la futura Línea T-2.

## Serie 4300 de Metro de Valencia

Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) puso en servicio la primera unidad 4300 para la red de Metro de Valencia. Las nuevas unidades son el comienzo de una extensa serie que finalmente estará formada por veinte unidades de cinco coches y entre 39 y 42 de tres coches.

La construcción de las diez unidades que conformaban inicialmente la serie y que fabrica Vossloh en Albuixec fue adjudicada al anterior propietario de la factoría, Alstom por importe de sesenta millones de eu-





ros. Aquellas diez unidades de cuatro coches del primer pedido se ampliaron a veinte y después FGV encargó, primero veinte unidades más de tres coches y posteriormente veinte coches motores más que permitirán convertir la primeras veinte en unidades de cinco coches.

Por último un nuevo pedido se ha firmado con Vossloh para el suministro de diecinueve unidades de tres coches con opción a tres más. Así pues, finalmente, la serie 4300 estará compuesta por veinte unidades de cinco coches (M-R-M-R-M) y 39 de tres (M-R-M), con posibilidad de que este último número ascienda a 42 si finalmente se ejecuta la opción prevista.

Los primeros trenes que se han incorporado a las líneas 1, 3 y 5 del Metro de Valencia se basan en la serie 3900 compuesta de dieciocho unidades, que inicialmente tenían una composición M-R-M y pasaron con la incorporación de un remolque a M-R-R-M (Ver VIA LIBRE nº 483).

Las nuevas 4300 mejoran las 3900 de cuatro coches de las que derivan incorporando un diseño de tracción y potencia que permite recuperar las prestaciones originales de la serie 3900 de tres coches.

Los nuevos motores, más potentes, permiten aumentar las prestaciones de la composición actual y a ello se suma un nuevo equipo de control "Agate", de Alstom, de 32 bits. Las unidades dispondrán pues de una mayor potencia y mejoran su aceleración hasta 1,1 m/sg<sup>2</sup> (con una aceleración residual de 0,3), cuando las unidades 3900 consiguen como máximo 0,85 m/sg<sup>2</sup>.

Asimismo, en la nueva serie se dispone de mando por red informática, en lugar de PWM de la 3900 y de un nuevo equipo de tracción con semiconductores IGBT con ventilación forzada y self integrado, que mejora el equipo de tracción por GTO's de ventilación natural y self independiente de sus predecesoras.

La monitorización por RS 232 de las 3900 se ha sustituido por otra red FIP de doble monitorización redundante para el control del vehículo y de la conducción. Además la 4300 cuenta con monitorización del equipo de freno neumático, con compe-

sores rotativos en lugar de los alternativos de la 3900.

El equipo de climatización lleva caja de acero inoxidable en lugar de acero al carbono, y la cabina de control sin pupitre mejor la visibilidad, respecto a la de pupitre clásico. Los controles y pulsadores son todos redundantes en las nuevas 4300 y el nuevo ATP que sustituye al estándar de las 3900 es redundante y está preparado con la preinstalación para incluir ATO y distancia objetivo.

Desde el punto de vista estético la imagen es más moderna y de perfiles más redondeados con un testero que mejora la superficie acristalada lo que dota a las 4300 de personalidad propia.

Otras de las novedades son el nuevo equipo de videovigilancia con ocho cámaras repartidas por el departamento de viajeros para aumentar la seguridad de los viajeros y reducir el vandalismo, la preinstalación para un equipo de detección de incendios y las mejoras en el aislamiento acústico de los coches.

Las 4300 cuentan también con sistema de información integrado, acoplamiento automático, equipos de aire acondicionado independientes en cabina y compartimento de viajeros, posibilidad de tracción múltiple, caja negra y equipo de radio tren-tierra.

Cada unidad tiene una longitud de sesenta metros y veinticinco centímetros, una anchura de 2.550 milímetros y una altura de 4.050. El inte-

rior la altura de vehículo es de 2.150 mm y la altura de la plataforma de 1.150 mm.

Estas unidades de cuatro coches tienen capacidad para 588 viajeros (seis por metro cuadrados), frente a los 426 de las de tres coches y a los 749 de los futuros trenes de cinco coches. Todo ello ofrecerá una gran flexibilidad en el servicio ya que sobre la base de la unidad de cuatro coches se puede insertar un coche motor o eliminar un remolque.

El peso máximo por eje de las 4300 es de once toneladas, la velocidad máxima de 80 kilómetros por hora y las deceleraciones de 1,2 m/sg<sup>2</sup> a 40 km/h, 1,6 la de urgencia y 2,0 la de emergencia. Los esfuerzos máximos de tracción y de freno eléctricos son ambos de 20 kN por motor.

La unidad cuenta con diez puertas dobles por costas, a razón de dos por cada coche motor y tres por cada remolque. Su curva mínima es de ochenta metros y el esfuerzo de compresión de 130 T. La tensión de alimentación es de 1.500 voltios y la potencia de 1.485 kW. Cuenta con dos convertidores principales de 120kVA y otros dos auxiliares de seis kVA y con dos compresores de un caudal de 950 litros por minuto.

## Serie 6000 de Metro de Barcelona

El pasado once de junio, Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB) presentó en los talleres de metro de La Sagrera la primera unidad



de sus nuevos trenes de la serie 6000 para su inmediata incorporación al servicio en la línea 1 de la red de metro de la Ciudad Condal. La serie que contará con un total de diez unidades, es una variante de la serie 5000.

Tras completar con éxito su período de pruebas, el primer tren de la nueva serie 6000 de Metro de Barcelona fue presentado en los talleres de TMB en la Sagrera previamente a sus entrada en servicio en la línea 1 de la red. Se trata de la primera unidad de las diez contratadas por la Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM) a CAF.

De los diez trenes contratados, CAF ya ha entregado los dos primeros, el segundo de los cuales está en fase de pruebas e iniciará el servicio con pasajeros próximamente. Las restantes ocho unidades irán siendo entregadas y se pondrán en servicio de manera progresiva a lo largo de 2007.

Así, la flota de la línea se incrementará en un 41 por ciento, al pasar de veinticuatro a 34 unidades lo que permitirá aumentar las frecuencias de esta línea, fundamental en la red de metro barcelonesa con sus 20,7 kilómetros de longitud y una media de cerca de 375.000 viajeros los días laborables.

Desde la puesta en servicio, a finales del pasado mes de junio, del primero de los trenes 6000, Metro de Barcelona ha podido incrementar el número de trenes que circulan simultáneamente en la hora punta de la mañana de los días laborables -inicialmente sólo de veintitrés a veinticuatro- lo que ha supuesto también una reducción del intervalo teórico de paso de trenes en esa franja, de tres minutos 44 segundos a tres minutos 35 segundos.

Las previsiones apuntan ahora a que en función del desarrollo de los trabajos de mejora en la infraestructura de la línea actualmente en curso, se irán produciendo nuevas mejoras de las frecuencias de paso.

La incorporación de estos diez nuevos trenes forma parte de un programa de renovación y ampliación del parque de material móvil del metro de Barcelona que ha supuesto la adjudicación del suministro de 99 trenes y está permitiendo la sustitución de las unidades más anti-



guas y la ampliación del parque, desde las 118 unidades existentes a mediados de 2005.

Los 99 trenes contratados por Autoridad del Transporte Metropolitano de Barcelona (ATM) por valor de más de 575 millones de euros se distribuyen en 39 trenes de la serie 5000 para CAF, por un importe de 214 millones de euros, los diez de la serie 6000, por un importe de 65 millones y cincuenta trenes de la serie 9000, fabricados por Alstom, por un importe de 296,6 millones de euros.

De estos 99 trenes contratados, ya han entrado en servicio los 39 de la serie 5000 y los primeros 19 de la serie 9000. El resto de los 9000 se irán incorporando progresivamente hasta otoño de 2008.

Concretamente para los diez trenes 6000, cuyo contrato se firmó en mayo de 2005 entre la ATM, CAF y la arrendadora AIE, se ha establecido un régimen de alquiler por dieciocho años con opción de compra al final del período.

Las unidades de la serie 6000 son una variante de los 5000, también fabricados por CAF y que ya circulan por diversas líneas del metro barcelonés. Las 6000 van destinadas a la línea 1 cuyas características singulares, como el ancho de vía ibérico, han determinado diferencias como su caja más amplia y la alimentación eléctrica a 1.500 voltios de tensión, entre otras modificaciones.

Los 6000 son, como los 5000, de paso continuo, con pasillo de inter-

comunicación entre coches, para facilitar la distribución de los viajeros en su interior y favorecer la explotación. Están construidos en aluminio, lo que ha supuesto una reducción de peso de cuatro toneladas frente a los actuales trenes de la línea, y un aumento de la eficiencia energética y de su resistencia a la corrosión.

**Características.** Las unidades están siendo construidas en la factoría de CAF en Zaragoza, salvo los bogies que se fabrican en la factoría de Basain. Cada composición que tiene un alto nivel de confort y accesibilidad, está formada por cuatro coches motores y un remolque.

Los bogies cuentan con suspensión neumática y ruedas insonorizadas para reducir el impacto vibratorio del tren sobre la vía y en el caso de los coches motores, con un motor por cada eje.

Los frenos son eléctricos con índice elevado de recuperación de energía y la cadena de tracción, electrónica de alto rendimiento para evitar las pérdidas por producción de calor. Están equipados con ATP/ATO y preparados para en un futuro ser operados con conducción automática.

El tren tiene una longitud de 86,17 metros y un peso de 169.160 kilos. Ofrecen una aceleración máxima de un metro por segundo al cuadrado, una deceleración de servicio de 1,2 y una deceleración de emergencia de 1,3 m/s<sup>2</sup>. La potencia

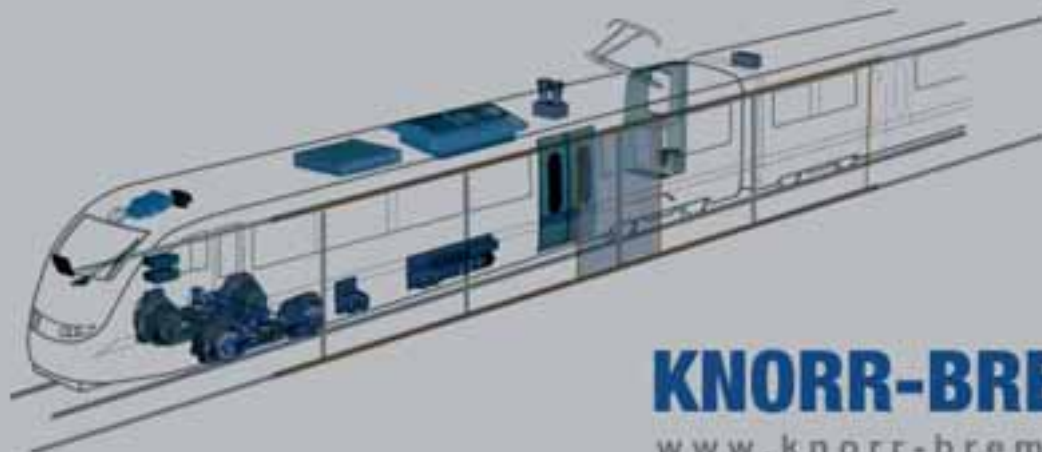
# Nuevo Centro Tecnológico y de Producción en Getafe



El nuevo complejo del Grupo Knorr-Bremse en Getafe (Madrid) concentra el desarrollo y producción de sistemas de frenado, puertas (de tren y andén) y sistemas de climatización para vehículos ferroviarios.



Un centro de alta tecnología orientado a la seguridad y confort de los pasajeros, avalado por 100 años de experiencia de un grupo internacional líder en su sector.



**KNORR-BREMSE**  
www.knorr-bremse.com



total de la unidad es de: 2.000 kW es decir de 125 kW por cada uno de los cuatro motores con cuenta cada uno de los cuatro coches motores.

Lo asientos están situados longitudinalmente y los espacios reservados para sillas de

ruedas duplican los mínimos exigidos legalmente. La capacidad máxima de cada tren es de

1.117 pasajeros con cuatro plazas para discapacitados. Cuentan con aire acondicionado y máxima insonorización interior

Además los trenes equipan sistemas de detección de incendios y de videovigilancia y cuatro puertas deslizantes accionadas eléctricamente, por coche y costado, además de una puerta frontal para evacuación en caso de emergencia en túnel de vía única. Asimismo, equipan sistemas de información al viajero –megafonía y sistemas de información visual por pantallas LCD- y dispositivo de comunicación de emergencia.

La entrada en servicio de los trenes 6000 va a permitir a Metro de Barcelona poner en marcha un programa de remodelación de los trenes actualmente en servicio en la línea 1. Se trata de los veinticuatro trenes de la serie 4000, fabricados entre 1987 y 1989, que, en la frontera de los veinte años de antigüedad, superan ya la mitad de la su vida útil.

Así, se les someterá a una completa reforma interior que les permitirá mejorar sus condiciones de seguridad, capacidad y confort. Paulatinamente, los trenes 4000 serán retirados del servicio para reparar las cajas, pintarlas tanto interior como exteriormente, sustituir suelos y cristales y adaptar un espacio reservado a personas con movilidad reducida.

Además se cambiarán los mecanismos de apertura y cierre de puertas, se instalarán sistemas de videovigilancia en el interior de los coches, se cambiarán los asientos, actualmente colocados en “compartimentos” de cuatro enfrentados dos a dos, para alinearlos longitudinalmente y se construirán pasillos de intercomunicación dentro de los trenes, en dos semicomposiciones de tres coches y dos coches.

### Unidades Metro de Palma de Mallorca

Después de un año y medio de obras, el pasado 11 de abril entró en servicio el Metro de Palma, una línea con nueve estaciones en la que circulan seis unidades de dos coches, fabricadas por CAF, y capaces para 302 viajeros, 68 de ellos sentados a los que hay que añadir dos plazas para sillas de ruedas.

La línea cuyas obras se han ejecutado en tres tramos -dos de vía en placa y una tercera con ese sistema en su tramo subterráneo y sobre balasto en su tramo en superficie- incluye las estaciones de Son Fuster, Vell, Son Castelló, Gran Vía, Asima, Camí del Reis, Son Sardina y Universidad de las Islas Baleares, además de la intermodal de la Plaza de España.

El servicio se presta desde las 6,15 horas hasta las 22,30, con una frecuencia de paso de trece minutos, lo que supone 152 viajes al día. El primer año se prevé que utilicen el metro unos tres millones de personas, sobre todo universitarios, por el acceso directo que ofrece el metropolitano al campus balear.

Metro de Mallorca ha sido gratuito desde su entrada en funcionamiento hasta el presente mes de septiembre cuando ha comenzado a funcionar con un sistema tarifario común con Serveis Ferroviaris de Mallorca (SFM).

El parque de material móvil que presta servicio en Metro de Palma se

compone de seis unidades de dos coches motores con cabina de conducción y de idéntica disposición interior, construidos por CAF. La inversión en material rodante ha alcanzado los 14,5 millones de euros.

Cada coche va apoyado en dos bogies bimotores, es decir con dos ejes motores cada uno. La tensión de alimentación es de 1.500 voltios, y el ancho de vía de un metro. Las unidades van dotadas en sus extremos de enganches automáticos Schafenberg que permiten realizar el acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático para circular en composición múltiple, pero sin posibilidad de paso entre unidades acopladas. Entre los dos coches de una unidad hay un acoplamiento semipermanente mecánico, eléctrico y neumático.

Los motores que están enteramente suspendidos del bastidor mediante un sistema elástico de caucho, se sitúan longitudinalmente y están rígidamente unidos entre sí por un costado. Cada motor acciona mediante un acoplamiento a un reductor montado en el eje y provisto de engranajes de tipo hipoide.

Las cajas de grasa están formadas por un cuerpo circular que aloja en su interior los rodamientos, del que salen dos brazos laterales y en el que se apoyan también los resortes de tipo campana caucho-acero de la suspensión primaria.

La suspensión secundaria es neumática y está formada por dos resortes, uno por cada costado del bogie que descansan sobre los largueros y





sobre los que apoya la traviesa bailadora, elemento encargado de transmitir la bastidor del bogie las fuerzas de la caja.

La unión caja bogie es por corona de orientación a bolas, con uno de su anillos atornillado al bastidor de la caja y el otro fijado a la traviesa bailadora.

Cada eje equipa un disco de freno autoventilado y calado sobre el cuerpo del eje. Además cada bogie dispone de dos cilindros, uno por eje, dotados de muelle acumulador para el freno de estacionamiento. El freno es eléctrico y en caso de fallo es sustituido por el neumático automáticamente con el mismo esfuerzo de frenado. El freno neumático es analógico, de esfuerzo progresivo, según demanda.

Cada tren dispone de ocho motores de tracción, uno por eje, dos por bogie, de 125 kilovatios de potencia. Su par motor es de 627 Nm, las revo-

luciones, 1.902 por minuto y la relación de transmisión de 7,92. Los motores, de inducción trifásica, asíncronos y de seis polos, son del tipo cerrado con rotor en jaula de ardilla.

Cada unidad tiene, pues, una potencia nominal de 1.000 kw que le permite desarrollar una velocidad máxima de 100 kilómetros por hora con aceleraciones de 1,10 metros por segundo al cuadrado en el arranque, máxima de 1,12 y media de entre 0,92 y 1,02. la deceleraciones de freno de servicio y de emergencia son de 1,2 m/sg<sup>2</sup>

**Coches.** Las cajas están construidas en una estructura autoportante de acero soldado al bastidor y resistente a la intemperie, y el resto en acero inoxidable ferrítico. Los dos coches tienen cabina de conducción con una luna frontal antiimpacto que ofrece al maquinista un alto nivel de visibilidad.

El paso entre los dos coches de cada unidad es diáfano, sin puerta. El departamento de pasajeros de cada coche tiene capacidad para 34 personas sentadas y 116 de pie a razón de seis por metro cuadrado, lo que sumado a una plaza para silla de ruedas, da un total de 151 plazas por coche y de 302 por unidad.

En el interior los coches cuentan con teleindicadores que informan del destino acústica y visualmente. Además los coches llevan microcámaras que permiten vigilar los compartimentos de viajeros desde las cabinas de conducción con monitores en color.

Cada coche tiene tres puertas por costado, una para el acceso a la cabina de conducción y dos para el acceso al departamento de viajeros. Éstas son de doble hoja, conjugadas, encajables-deslizantes y de accionamiento eléctrico El paso libre es de 1.900 milímetros de altura por 1.300 de anchura.

Los revestimientos interiores son de piezas de gran tamaño de resina de poliéster moldeada y reforzada con fibra de vidrio. El pavimento es laminado y de material antideslizante. El alumbrado es fluorescente y está situado longitudinalmente en el techo y su control se realiza desde el pupitre de conducción.

En la cabina, además del pupitre central con todos los registros, mandos y controles, hay un armario del equipo eléctrico de control y auxiliares y otro del equipo neumático. Bajo el bastidor se localizan todos los cofres eléctricos y neumáticos, así como el equipo de producción de aire con su equipo de secado, y la batería.

**Equipos.** En el techo está situado el equipo compacto de aire acondicionado, el pantógrafo, las resistencias de freno, el pararrayos, el altavoz exterior y la antena de radio. Las unidades equipan un disyuntor de alta velocidad tipo UR-6 /Control 110 Vcc y diversos sistemas de protecciones eléctricas.

Así, cuentan con protección dinámica contra sobretensión en el filtro de entrada, protección contra sobrecorriente de línea y fase, contra patinaje y deslizamiento y protección diferencial y contra sobrevoloci-



dad. Además dispone de sistemas de protección contra sobretensión de semiconductores y refrigerante, contra sobretensiones inversas de IGBT's, contra mínima tensión de línea y contra falta de alimentación de electrónica de control.

El convertidor estático es de tipo HV BS 25 y genera una tensión trifásica (400 VAC) transformando a partir de la entrada de la catenaria a 1.500 Vcc a 110 Vcc para el cargador de batería. La batería de ochenta elementos, tiene una capacidad nominal de 70 Ah.

El ondulator es de conexión directa de la catenaria a la base electrónica de potencia IGBT's. Para el control de motor de tracción se aplica control de tensión y frecuencia variable trifásico (VVVF). La modulación utilizada es del tipo PWM.

Cada coche dispone de un equipo de climatización (calefacción/refrigeración) para los compartimentos de viajeros y de otro independiente para las cabinas de conducción. La potencia frigorífica es de 30.000 kilocalorías a la hora por coche.

Los equipos tiene dos circuitos frigoríficos independientes que permiten mantener un 50 por ciento de la refrigeración en el coche en caso de fallo de uno de ellos. Asimismo, en caso de fallo en la refrigeración, el equipo puede funcionar en modo ventilación, asegurando 0,7 renovaciones totales de aire por minuto lo que supone un caudal de 4.060 metros cúbicos por hora.

Cada unidad de tren tiene dos grupos motocompresores que proporcionan aire comprimido a 10 kg/cm<sup>2</sup>. Se trata de un compresor alternativo, accionado por un motor trifásico que garantiza un caudal de 1.450 litros por minuto. El circuito dispone de una unidad de secado. Su situación está combinada con el funcionamiento del compresor.

Las unidades tienen también radiotelefonía tren-tierra, equipo de registro de incidencias y averías, hombre muerto, sistema de FAP (frenado automático puntual), además de ATP (automatic train protection), sistema anticabalgamiento, ruedas insonorizadas, areneros, sistema de engrase de pestaña y quitapiedras. ■

## NuevomaterialparaFeve



El parque de material de tracción diésel de Feve está compuesto por 39 unidades, de las cuales doce pertenecen a la serie 2600 y circulan sólo para servicios de cercanías. Estas unidades proceden de la serie anterior 2300, y se sometieron a tres grandes reparaciones integrales y a una última y significativa transformación de caja y confort, pero manteniendo los equipos de motorización y la caja de cambios hidráulica.

Para mejorar las prestaciones del servicio, Feve adquirirá doce nuevos trenes en sustitución de estas unidades y cuya fabricación responderá a requerimientos muy exigentes en cuanto a prestaciones y versatilidad para que puedan circular tanto en trayectos regionales como en cercanías.

Constituirán la serie 2700, para la que se han definido unas unidades de dos coches, Motor-Motor, con cabina de conducción, en ambos extremos. Su capacidad será para 90 viajeros sentados, con caja terminada en aluminio o en acero inoxidable. Desarrollarán una velocidad máxima de 100 km/h, aunque todos los elementos estarán dimensionados para soportar velocidades máximas de hasta 120 kilómetros por hora sin que por ello sufran ningún deterioro o envejecimiento prematuro.

Una de las novedades más destacadas del pliego de condiciones publicado son los requerimientos de potencia para conseguir las presta-

ciones que se indican más adelante, de manera que el motor diésel y la caja de transmisión tienen que estar dimensionadas para trabajar un 20 por ciento por encima de las condiciones máximas que se le puedan exigir en la explotación.

Tradicionalmente los trenes se diseñaban para que alcanzaran la máxima velocidad al máximo de revoluciones del motor diésel, precisamente cuando el rendimiento del motor baja considerablemente. Estos trenes, sin embargo, están definidos para alcanzar la máxima velocidad al 80 por ciento de las revoluciones, de manera que en la práctica las velocidades medias habituales se realizarán en el régimen de par máximo del motor, o lo que es lo mismo, cuando el motor diésel proporciona su máximo rendimiento.

El equipo de refrigeración se estudiará para montarlo sobre el techo de manera que ventile de forma natural y tome el aire limpio, evitando aspirar la suciedad que se encuentra a nivel de la vía, y con inversión de giro de los motores de los ventiladores para mantener los radiadores siempre limpios.

Feve exige también en su pliego de condiciones que todos los equipos principales presenten niveles de redundancia elevados para poder continuar la marcha en caso de avería con unas prestaciones y un nivel de confort para los viajeros similares a los que tendría la unidad si estuviera

operativa al cien por cien. La redundancia de equipos llega incluso dentro de cada coche y entre los coches de cada composición, con doble sistema de carga. Llegan a ser redundantes hasta los equipos de atención al viajero, con varios monitores con pantallas TFT/LCD, indicadores de destinos, mensajes multimedia, etcétera.

Las exigencias de la compañía de vía estrecha son también muy altas en cuanto a garantías, fiabilidad y disponibilidad, siendo el mantenimiento por cuenta del adjudicatario durante el periodo de garantía, que será de tres años.

Uno de los coches llevará instaladas rampas en las puertas para facilitar el acceso de sillas de ruedas y carritos de niños desde el andén. El funcionamiento de estas rampas será totalmente automático y se adaptará a las diferentes alturas de los andenes.

En cuanto al resto de los equipos, se han definido para que se apliquen la últimas tecnologías, probadas y contrastadas, en aspectos como el control, prestaciones y fiabilidad, con sistema de diagnosis capaz de detectar y registrar incidencias, alarmas y averías, y todo ello comunicado mediante GPRS con el centro de recepción de incidencias para tener conocimiento de las mismas en tiempo real.

Un último detalle a destacar en el nuevo material requiere que el frontal sea aerodinámico, con objeto de

reducir los ruidos y la resistencia al avance, y el fabricante tendrá que desarrollar un sistema de evacuación por dicho frontal, totalmente integrado en ese diseño aerodinámico, del cual se construirá una maqueta a tamaño real para realizar ensayos con el fin de que Feve pueda aprobarlo antes de implantarlo en los vehículos.

Los niveles de confort, disponibilidad, fiabilidad y tiempos de viaje también se sufrirán mejoras con respecto al actual parque de material, de la misma manera que se logrará un menor coste de explotación.

El presupuesto para esta partida de material es de 44.544.000 euros y el plazo para la entrega de la primera unidad es de 18 meses a partir de la adjudicación y firma del contrato, previsto para el mes de septiembre. El resto de los trenes se entregarán a razón de dos por mes, con lo que antes de 2010 se habrá completado la entrega de las doce unidades.

Por otra parte, Feve tiene la serie 3500 formada por 21 unidades adquiridas en los años ochenta, de las que doce sufrirán ahora una profunda transformación. Entre los años 2000 y 2003 se le añadieron al material de origen nuevos equipos de control y aire acondicionado; también se renovó por completo el interiorismo y se mejoró sustancialmente el confort.

Pero la reforma no afectó al equipo de tracción y el original, de corriente continua, se conservó. Esta

tecnología requiere un mantenimiento muy exigente y conlleva elevados costes de reparación debido a la escasez de repuestos, por lo que esta nueva remodelación consistirá en la sustitución de la actual tracción de las doce unidades por equipos de corriente alterna, modernos y actuales, lo que elevará su disponibilidad y fiabilidad y reducirá los costes de mantenimiento y reparación.

Esta actuación en doce de las 21 unidades que forman la serie 3500, provocará que en las transformadas el resultado final sea similar al de unos trenes prácticamente nuevos y que las nueve unidades sin transformar dispongan hasta el final de su vida útil de un amplio surtido de repuestos, obtenidos del desmontaje.

En concreto, las principales actuaciones previstas son:

- Montaje de un equipo de tracción trifásico y redundante, compuesto por motores de tracción y convertidores de tracción, con capacidad para recuperación de corriente, a la catenaria, durante el frenado con freno eléctrico.
- Transformación del coche remolque cabina en coche motor para formar unidades del tipo Mc-Mc. Actualmente estas unidades forman composiciones del tipo Mc-Ri-Rc.
- Revisión general de los bogies con sustitución sistemática de todos los muelles, amortiguadores y rodamientos y un porcentaje alto de ruedas, discos de freno y cilindros de freno. Los bogies serán adaptados al nuevo equipo de tracción, aunque también se admite la posibilidad del suministro de bogies totalmente nuevos.
- Suministro de nuevos convertidores para servicios auxiliares con objeto de asegurar la redundancia.
- Suministro de pantógrafos, disyuntores y resistencias de freno.
- Suministro de un nuevo equipo de control de tracción y freno que cumpla con las normativas IEC 61375, EN 50155 y EN50121 totalmente redundantes, con sistema de diagnosis capaz de detectar y registrar incidencias, alarmas y averías, y todo ello comunicado mediante GPRS con el centro de recepción de incidencias para tener conocimiento de las mismas en tiempo real.



## Material rodante

# 6

La velocidad máxima de estas unidades estará limitada a 80km/h y la velocidad de diseño del equipo de tracción será de 100 km/h.

La aceleración será de 0.8 m/s<sup>2</sup> de 0 a 50 km/h con una potencia de diseño un 20 por ciento por encima

de la necesaria para las aceleraciones indicadas en carga máxima, de manera que en caso de entrar en redundancia, automáticamente esta potencia será suministrada por el equipo en servicio con objeto de compensar la pérdida de las prestaciones.

El presupuesto para esta renovación del material asciende a 11.136.000 euros y su plazo de ejecución es de 10 meses para la entrega de la primera unidad a partir de la firma del contrato con la empresa adjudicataria. El resto de las entregas será a razón de dos unidades por mes. ■

## Locomotoras Bitrac de CAF

CAF ha desarrollado una plataforma, llamada Britac, de locomotoras capaces de circular con tracción eléctrica y diésel-eléctrica en dos versiones Co'Co' y Bo'Bo' con potencias de 3.600 kW y velocidades entre 120 y 180 kilómetros por hora. Las primeras nueve unidades CC 3600 han sido contratadas por Ferrocarriles Suroccidentales, Fesur.

Las nuevas locomotoras de línea, las primeras de CAF, se basan en un concepto de tracción híbrida que les permitirá circular tanto por líneas sin electrificación, con tracción diésel-eléctrica como electrificadas, con tracción eléctrica. Además, en las Bitrac, existe redundancia en todos los equipos principales los que las dota de un alto nivel de fiabilidad.

La planta de potencia es doble, con dos motores diésel de 1.800 kW que accionan, cada uno, un alternador. Cada alternador-rectificador alimenta los inversores de tracción a base de IGBT's que, a su vez, alimentan a su correspondiente motor de tracción asíncrono trifásico y a un convertidor auxiliar también de tecnología IGBT.

El equipo de tracción está, por lo tanto, dividido en dos cadenas totalmente independientes con equipos de refrigeración también independientes. Los motores, montados transversalmente, son asíncronos con un rotor de jaula de ardilla por eje y de refrigeración forzada. El aislamiento es de clase 200 IEC 60349.

Con esta configuración, la locomotora ofrece la posibilidad de instalar el equipamiento necesario para operar como locomotora eléctrica de 3 kV, añadiendo la correspondiente cadena pantógrafo-disyuntor-seccionador-resistencias de frenado.



Las locomotoras pueden tener una disposición de ejes Bo'Bo' o Co'Co', para ancho Renfe y ancho UIC, con una carga máxima por eje de 22,5 toneladas en las Bo'Bo' y de 21,6 en las Co'Co' y una velocidad máxima de 120 kilómetros por hora. En el caso de las Bo'Bo' cada alternador alimenta dos inversores y en el caso de las Co'Co', a tres.

El equipo de refrigeración de cada motor, de accionamiento hidrostático y montado en el techo refrigera el agua del motor y el aire de carga y es apto para un amplio rango de condiciones climatológicas. Los depósitos de combustible -dos en las Co'Co' y uno en las Bo'Bo- tienen una capacidad de 4.000 lo que ofrece una gran autonomía en funcionamiento diésel-eléctrico.

La locomotora cuenta con control independiente en cada eje mediante IGBT's, lo que optimiza el sistema antipatinaje y compensa la transferencia de carga, mejorando la adherencia, además de aumentar el rendimiento y reducir el mantenimiento

de los motores asíncronos. El diseño es, pues, de cuatro inversores de tracción en la Bo'Bo' y de seis en la Co'Co'. Todos ellos son trifásicos de tensión y frecuencia variables

**Bogies.** El sistema de rodadura de las Bitrac está basado en bogies de dos o tres ejes, fabricados en chapas de acero laminado de buena soldabilidad. Las ruedas son enterizas en acero R8T ó R9T, forjadas y mecanizadas y el sistema de unión caja-bogie es mediante pivote de arrastre, balancín compensador y bielas

Llevar cuatro o seis suspensiones primarias de bogie independientes, basadas en muelles de guiado y helicoidales que unen elásticamente el bastidor de bogie con cada una de las cajas de grasa que incorporan los ejes.

Cada suspensión incorpora además un amortiguador vertical y los elementos de conexión mangueta guía-bastidor del bogie. Los conjuntos de suspensión secundaria están constituidos por muelles helicoida-



les, amortiguadores verticales, transversales y antilazos y topes limitadores de desplazamiento transversal.

El freno equipa también freno neumático con discos y bloques de freno. La locomotora dispone también de freno eléctrico y de la combinación y control de ambos se derivan los distintos modos de frenado, de retención, de parada de urgencia y de estacionamiento.

La estructura de las cajas es de acero autoportante soldada y diseñada para colapsar de forma controlada en situaciones de choque y con unos altos índices de absorción de energía. Los techos de los compartimentos son atornillados y desmontables para facilitar el acceso y el mantenimiento de la máquina.

Las Bitrac están preparadas para montar los equipos de seguridad AS-

FA Digital, ERTMS, Tren Tierra, etcétera, en función de la red a la que vayan destinadas, y disponen de un sistema de control y diagnóstico constituido por microprocesadores interconectados por buses tipo MVB y con interface hombre/máquina mediante pantalla LCD en el pupitre de conducción. Las dos cabinas de conducción de cada máquina disponen de equipos de climatización. ■

## Trenes de auscultación de Adif

En la primavera de 2000 el GIF adjudicó a Talgo el suministro de dos composiciones de Talgo XXI (ver VIA LIBRE nº 432) para realizar los trabajos de auscultación y análisis dinámico de las nuevas vías de alta velocidad entre Madrid, Barcelona y la frontera francesa, por un importe de 1.303 millones de pesetas, en los que se incluía el precio de su mantenimiento por cinco años.

Los dos trenes, a los que su nueva decoración exterior les ha procurado el apodo de "aspirina" fueron entregados en 2002 y son capaces de circular por vías de ancho ibérico e internacional, merced a su sistema de cambio de ancho basado en el sistema Talgo en los ejes, y en el Bogie Talgo de su cabeza tractora del que derivan las siglas de su nombre.

Cada tren está constituido por una cabeza motriz diesel tipo BT, un

coche extremo de un eje con cabina de conducción y dos coches intermedios, laboratorio con aseo y

laboratorio de dos ejes. El tren puede funcionar en régimen de "push-pull" a su velocidad máxima.

El acoplamiento de los trenes de auscultación en segregable es posible por cualquiera de sus extremos, caso en el que la conducción puede realizarse desde la cabina de la cabeza con sistema de mando múltiple. Asimismo, el tren puede ser remolcado por una locomotora convencional, mediante enganche auxiliar Schafenberg/UIC a la velocidad máxima. Los trenes auscultadores son aptos para circular a la velocidad de 200 kilómetros por hora en ambos sentidos y en vías de ancho estándar e ibérico.

Ambos trenes tienen el mismo equipamiento y las mismas funcio-

nes si bien el 2 es el que habitualmente realiza la mayor parte de los trabajos en vía y el 1 se emplea en las visitas institucionales a las líneas en construcción. Es pues un tren "corporativo" para viajes oficiales, presentaciones tecnológicas, visitas a obras o inauguraciones de tramos.

Ambos pues están equipados para probar los sistemas de señalización, telecomunicaciones, y para realizar la primera auscultación de catenaria y la auscultación geométrica de vía durante la puesta en servicio de la línea. Además, durante la explotación de la línea asumen las labores de auscultación de catenaria y las de auscultación geométrica de vía, tren de intervención y socorro y tren explorador.

**Estructura.** Los bastidores y paredes de los coches están formados por un conjunto de perfiles y chapas de acero soldado (Ver VIA LIBRE nº 431), mientras que los paneles de techo están realizados con chapas y perfiles de aluminio y son desmontables para permitir el montaje y desmontaje de los equipos de tracción y auxiliares. Los paneles-rejilla de refrigeración de laterales son también de aluminio.

Las estructuras de la cabeza tractora y el coche con cabina de conducción están preparadas para recibir el enganche automático Schafenberg, no llevan topes de final de composición y si incorporan el apartarreses. La cabina de conducción es estancia y el techo de la estructura de la cabeza tractora está preparado para instalación de las antenas de radio del sistema GSM-R.



El bastidor de la estructura está preparado para incorporar las dos antenas y los dos radares de velocidad del sistema de control ERTMS y la antena del equipo del ASFA. El diseño del frontal proporciona a la cabeza un coeficiente de penetración bajo y un excelente aspecto técnico.

Tanto la cabeza tractora como la cabina de conducción del coche extremo cuenta con parabrisas antivaho, ventanas laterales practicables de doble cristal que pueden ser utilizadas como salida de emergencia y ventanas laterales fijas de doble cristal, enfrentadas con las cámaras retrovisoras. Disponen también las dos cabinas de cada tren de estores para protección de la radiación solar.

Los trenes tienen una baja resistencia aerodinámica e incorporan carenas entre los coches y en la parte baja de los mismos que reducen el rozamiento del tren contra el aire. Las estructuras de las cajas están formadas por extrusiones longitudinales continuas en aleaciones de aluminio unidas entre sí por soldadura MIG que dan forma tubular al conjunto que a su vez se rigidiza transversalmente cerrando los extremos mediante testeros.

El bastidor, formado por perfiles huecos de 50 mm con nervios de refuerzo y con perfil de gran resistencia en el centro que sirve de viga de transmisión directa de carga entre enganches. El bastidor está elevado para trasladar a la zona inferior gran parte de carga como depósitos, instalaciones, equipo de aire acondicionado. Todo ello va carenado para mejorar el comportamiento aerodinámico, mejorar el aislamiento térmico y acústico y lograr mayor protección de las instalaciones.

**Coches.** El acceso al coche laboratorio con aseo se puede realizar por ambos testeros o por las puertas automáticas exteriores de uno de los extremos que dan paso a un vestíbulo de entrada en el que está el compartimento de aseo. Las puertas pueden abrirse manualmente a cualquier velocidad.

El acceso desde el vestíbulo hacia el salón de viajeros se realiza mediante una puerta automática de intercurrencia. El salón tiene cuatro



parejas de butacas en un lado y cinco en otro, y un total de diez ventanas, cinco por costado una de las cuales es la de emergencia. La iluminación de la zona de butacas es por dieciocho halógenos distribuidos en grupos de dos, situados sobre las ventanas. Cada una de estas parejas de halógenos se encuentra situada sobre un fluorescente. Además, en el centro del techo hay halógenos y fluorescentes adicionales ( Fig.12).

Todas las butacas son giratorias y de asiento y respaldo deslizantes, y sobre las situadas a la entrada del coche va situado un portaequipajes. En la parte posterior incorporan una mesa, una papelería y una redcilla. Tras la zona de butacas se encuentra un área de trabajo con mesa de reuniones con sus butacas, monitor de TV y rack de comunicaciones, que está iluminada mediante cuatro halógenos y cuatro fluorescentes que se encuentran sobre las ventanas, además de la iluminación que proviene del techo del coche.

Al coche laboratorio de dos ejes se accede por sus extremos desde el coche laboratorio con aseo o el coche con cabina de conducción, mediante una puerta de intercomunicación. A ambos lados de la puerta y en ambos testeros van situados los armarios para servicios eléctricos y servicios de freno. En el armario eléctrico va montado el equipo de control del ve-

hículo. En el panel neumático van instalados los equipos de freno.

En el coche hay una zona de trabajo con mesas y butacas, un sofá y un armario que termina en un pequeño "office" con pila, nevera y estabilizadora de agua situada en la parte inferior de la pila, debajo del armario de servicios eléctricos. Las ventanas, similares a las del coche laboratorio con aseo incluyendo también una ventana de seguridad.

**Cabeza tractora.** La cabeza tractora cuenta con un motor diésel de tracción y un motor diésel auxiliar accionables también desde el coche con cabina. Las dos cabinas de conducción permiten la conducción del tren o de los trenes acoplados, mediante sistema de mando múltiple.

En el techo del coche extremo con cabina, cerca del eje extremo, va instalado un pantógrafo pasivo cuya función es la obtención de registros de medidas sobre la catenaria. El pantógrafo montado es el Schunk WBL 85, apto para velocidades de hasta 300 km/h, aunque la instalación neumática y amarres está preparada para poder montar el pantógrafo Dornier DSA 380 E.

La Cabeza tractora Talgo BT está motorizada por Krauss-Maffei y cuenta con tres ejes en disposición B'1 (1 bogie + 1 eje Talgo), pesa a 2/3 de su carga unos 44.000 kilos y tiene una longitud de 14.960 mm, una anchura de 2.927 y una altura de 3.600. Su radio de curva mínimo es de cien metros y su potencia de arranque de 120 kN.

El motor diésel de tracción, fabricado por MTU, pesa en vacío 6.330 kilos. Es de cuatro tiempos y de inyección directa common rail, cuenta con doce y 48,75 litros de cilindrada. Su potencia es de 1500 kW y dispone de dispositivo de precalentamiento y transmisión y reductor en el eje de Voith Turbo, baterías de 24 y 110 voltios de Saft Nife y cargador de Siemens.

Dispone de frenos de aire comprimido de Knorr capaces de detener totalmente el tren desde 200 kilómetros por hora en 1.500 metros y freno hidrodinámico de Voith Turbo. El aire acondicionado es de Stone Ibérica. ■