MAN

Por encima de 200 km/h con tracción eléctrica

Como se anunció en el número anterior de «TRENES HOY», el día 6 de mayo de 1987 se alcanzó la mayor velocidad con tracción eléctrica en España: 206 km/h, en el curso de unos ensayos que se realizaron con el «Electrotrén Basculante» para analizar el comportamiento de la catenaria «tipo Renfe» y de diversos tipos de pantógrafos a estas velocidades. Para completar de alguna forma aquella información, se incluyen en este número varios trabajos de colaboradores habituales de «TRENES HOY» sobre aspectos relacionados con el acontecimiento. Angel Maestro escribe la crónica del record; Iñaki Barrón cuenta cómo fue el ensayo de la catenaria; e Ignacio Ribera informa sobre el Electrotrén Basculante.

El día 6 de mayo a las 12,26 horas y entre los kilómetros 220 y 221 de la línea Madrid-Alicante se batió el récord de velocidad en tracción eléctrica de los ferrocarriles españoles.

El electrotrén basculante 443-001, fue el que obtuvo dicha velocidad. Desde antes del paso por el antíguo apeadero de Matas Verdes ya se habían alcanzado los 200 km/h, velocidad que se mantuvo perfectamente durante unos 10 kilómetros. Una curva con radio de 2.000 m fue franqueada en buenas condiciones a 190 km/h.

El equipo de conducción que obtuvo el record estaba formado por los maquinistas Manuel Muñoz Canchado y Luis López Garrido, acompañados del Jefe de maquinistas Francisco Sánchez Rodriguez. El Jefe de la prueba era Fernando Sanchez Sarachaga. También viajaban Victor Varela del Laboratorio Central; Manuel Olea, Jefe de Electrificación; y Jesús Lastra, Jefe de Investigación de Electrificación.

Un numeroso grupo de técnicos pertenecientes a distintos departamentos se encontraban desde primeras horas de la mañana en la estación de Socuéllamos, también técnicos franceses representantes de la casa que había instalado en el vulgarmente conocido como «Platanito» los nuevos pantógrafos de un tipo similar al de las locomotoras de alta velocidad de la SNCF.

El aspecto que presentaba el electro-

El interior del Electrotrén Basculante fue convertido en un laboratorio provisional.

MAN

trén basculante era curioso: cámaras de televisión situadas en el techo para observar el contacto y el comportamiento del pantógrafo y la catenaria. El electrotrén lleno de cables y aparatos registradores que los técnicos del Laboratorio habían instalado.

Los días anteriores se habían registrado varias pruebas en las que habían alcanzado o superado por muy poco los 200 km/h. Una avería de un convertidor estuvo a punto de dar al traste con la prueba, pero el buen hacer del jefe de maquinistas, Francisco Sánchez, consiguió el día antes localizar la avería.

Mucha gente en la cabina, debido a las múltiples funciones correspondientes, y afortunadamente el redactor de estas líneas también estuvo presente, así como el fotógrafo MAN, quien tan oportunamente captaría en el «teloc» la velocidad registrada.

Se alcanzan los 150-160 entre Socuellamos y Villarrobledo, pasando por esta última a 140 km/h debido a la limitación de los cambios, pero ya el trén iba con «carrerilla». Serie y shuntados, y posteriormente paralelo con una magnífica tensión y empiezan a subir la velocidad: 170-180-190, entran los shuntados en paralelo. Cuidado en la conducción pendiente de la intensidad y vemos el tacómetro en la poco habitual cifra en España de 200. La velocidad sigue en aumento. Todos los pasos a nivel, fuese cual fuese su importancia, se encontraban guardados por agentes. Dos torres situadas a lo largo de la vía con cámaras para filmar las diferentes secuencias técnicas, y así seguimos a 200 km/h varios kilómetros y por fín a las 12,26 horas, pasado Matas Verdes entre los kilómetros 220 y 221 el «teloc» marca los 206 km/h. Una cámara portátil de radar señala también en la cabina la velocidad para su comprobación más exacta.

Satisfacción para todos y manteniendo la velocidad el tren llega hasta su destino en la estación de Minaya.

Las condiciones de marcha en el trayecto que efectuamos fueron muy satisfactorias. A 206 km/h el tren iba con la misma estabilidad que a 170.

Frente a algunos escépticos, que dudaban del decidido impulso a la velocidad, y que miraban con escepticismo incluso el 160, los hechos —que no las palabras— han demostrado que la voluntad del equipo directivo de Renfe es firme en este sentido. No ha pasado ni siquiera un año entre la puesta en servicio comercial los trenes a 160, el 6 de mayo de 1987 en que se consiguió el record en tracción eléctrica.

Angel Maestro.

La catenaria responde

Aunque no es la primera vez que se circula a 200 km/h con catenaria tipo RENFE (anteriormente ya se había alcanzado esa velocidad en el tramo Palencia-León), se ha de destacar que en esta ocasión las pruebas cuentan entre sus objetivos con el del estudio de la catenaria con vistas a la explotación comercial. También es de destacar que por primera vez las pruebas que se han realizado con los diversos tipos de pantógrafo han sido desarrolladas conjuntamente por las Direcciones de Material e Ingeniería y Equipamiento de Instalaciones Fijas, como partes implicadas en el estudio del elemento que une las partes fijas y móvil de la explotación.

En el tramo que se utilizó para la prueba (vía para entre Villarrobledo y Minaya), la catenaria fue instalada en 1979 por SEMI, y es del tipo RENFE con regulación automática de la tensión mecánica (compensada). En ambos extremos del tramo existeen sendas subestaciones de alimentación, dotadas de rectificadores de silicio y con una potencia de 3.000 cada uno.

Durante las 4 semanas anteriores a las pruebas se hicieron algunos retoques a la instalación, consistentes principalmente en garantizar la regularidad de los descentramientos, alturas y pendientes de los hilos de contacto. También se revisaron las rótulas que permiten el giro de las ménsulas de suspensión (a fín de garantizar el perfecto funcionamiento de la compensación), los aisladores y la distribución y estado de las péndolas. Todos estos trabajos (que no fueron muy cuantiosos puesto que la línea se encontraba en bastante buen estado después de la revisión de 1986 para el aumento de velocidad) fueron realizados por la empresa «Vimac», que tiene a su cargo el mantenimiento de catenaria en la línea.

En esas condiciones se contaba con una catenaria perfecta para circular a 160 km/h, y se trataba de comprobar si es factible el aumento comercial de velocidad hasta 200 km/h (para mayores velocidades se emplea corriente alterna a mucha mayor tensión, por lo que la catenaria es totalmente distinta). Para ello se hicieron dos tipos de mediciones: una en tierra y otras en el propio tren.

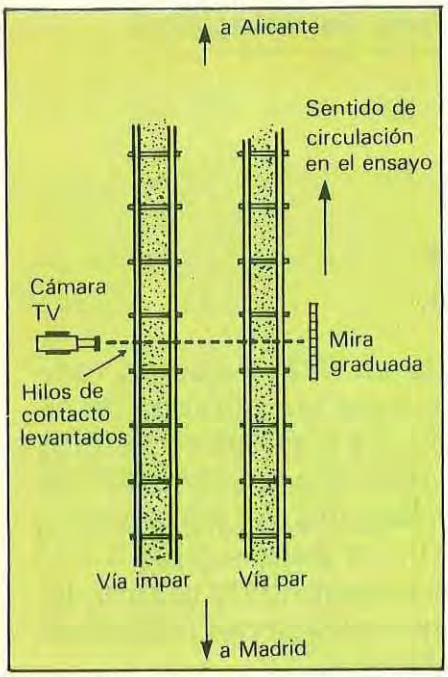
Las primeras consistieron en la filmación en vídeo mediante dos cámaras, de los hilos de contacto, contrastados con una mira graduada de fondo. Para no dificultar las tomas, necesariamente horizontales, los hilos de la vía impar se soltaron de sus brazos de atirantado y se elevaron con pértigas. Las cámaras se situaron hacia el pk 220, en un tramo recto, una en el vano contiguo a un punto fijo y otra a unos 300 m (como se sabe, la catenaria en vía general está dividida mecánicamente en secciones de aproximadamente 1.200 m, en cuyos extremos se cuelgan contrapesos para su compensación, mientras que su punto medio se ancla al suelo a través del poste contiguo para independizar el funcionamiento de cada tramo compensado).

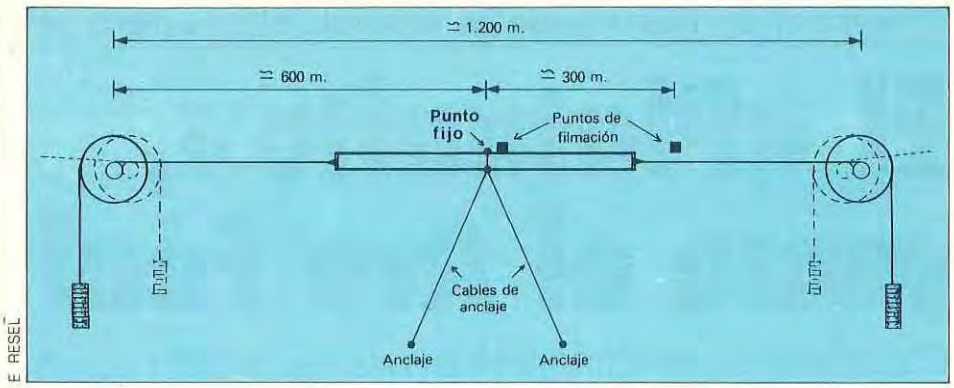
Cuando el pantógrafo (para la circulación a gran velocidad el pantógrafo ha

El Electrotrén realizó sucesivas pasadas a velocidades crecientes entre 160 y 200 km/h.

MAN

Por encima de 200 km/h con tracción eléctrica





E. RESEL

Esquema de la compensación de catenaria y situación de los puntos de filmación.

de ser único, o si son dos, deben ir separados al menos 150 m) estaba próximo a entrar en el tramo de compensación se empezaba a filmar, señalándose el paso por el inicio del mismo y por el punto de filmación con sendas señales acústicas (el pantógrafo no se llega a ver en la filmación a su paso a 200 km/h).

De este modo se mide y registra la elevación de los hilos de contacto en función de la posición del pantógrafo dentro del tramo. Como se sabe, con la velocidad y su presión hacia arriba, el pantógrafo provoca una onda que se va desplazando delante de él y rebota en el punto fijo.

Mientras tanto, en el interior del vehículo se registraban diversos parámetros: por una parte la velocidad y la tensión eléctrica en pantógrafo, y por otra, la situación exacta de los postes y del lugar donde se producían los arcos eléctricos. También se debería haber medido en cada momento la intensidad captada, pero al ser el único tren en circulación en ese momento, se puede conocer por los registros de las subestaciones.

Por otra parte, y mediante un aparato especial, se contaba el número de arcos eléctricos («chispazos») que se producían, diferenciándolos por su duración: entre 10 y 100 milisegundos, entre 100 y 200, y de más de 200 msg. Estos recuentos son importantes para determinar posibles irregularidades geométricas de la catenaria (o tal vez de la vía o del material), ya que son prodecidos por un pequeño despegue del pantógrafo respecto a los hilos de contacto y ocasionan el deterioro de las pletinas de captación de aquel, pero sobre todo una disminución en la sección de éstos (téngase en cuenta que en catenarias con circulación a gran velocidad no deben producirse empalmes en los hilos de contacto, por lo que el deterioro de éstos a causa de un defecto de geometría, de catenaria o vía, puede ocasionar el cambio de los 2 x 1.200 m de hilo de un tramo).

El día de la marca se ensayaba un pantógrafo Faiveley.

MAN

Los hilos de contacto de la vía impar se levantaron para facilitar la grabación.

MAN

Para completar las mediciones con más elementos de referencia de las pruebas, se midieron alturas de pantógrafo respecto al techo de vehículo (mediante un hilo tenso unido a un potenciómetro), y diversos valores estadísticos de las aceleraciones laterales de los bogies (donde al parecer también se registró algún que otro «récord» y de la cabina. Los movimientos del pantógrafo iban siendo registrados en cada momento por una cámara de televisión instalada en el techo del coche.

Con todos estos datos, después de numerosas pruebas a distintas velocidades, y tras un minucioso análisis a posteriori, se podrá conocer si la catenaria tipo RENFE compensada y en buen estado de conservación es capaz de permitir la captación de la energía que se necesita para impulsar un trén a 200 km/h, o por el contrario necesita algunas modificaciones.

Por el momento sólo se puede constatar que (aparte de que un año después de elevar la velocidad de 140 a 160 km/h en explotación comercial no ha habido ningún «enganchón» ni ningún otro inconveniente grave a esta velocidad) en las diversas pruebas, de hasta 206 km/h, que se han realizado en los meses de abril y mayo pasados en la línea de Madrid a Alicante, el comportamiento de la catenaria ha sido bastante satisfactorio, lo cual permite ver con optimismo el futuro de la electrificación en España en los próximos años.

Iñaki Barrón

Por encima de 200 km/h con tracción eléctrica

El Electrotrén Basculante se emplea ahora para pruebas de velocidad

El «Platanito», como el Ave Fénix

El prototipo de «Electrotrén Basculante» 443-001 construído en 1976 y que ha tenido una escasa utilización comercial, está siendo empleado para las pruebas de alta velocidad con tracción eléctrica. Vehículo algo misterioso, de trayectoria no muy conocida, y servicios esporádicos; ofrece (para los especialistas) el contraste de ser uno de los de tecnología más sofisticada que existen en España. Ahora, como el Ave Fénix, resurge de sus cenizas, deja los servicios turísticos para «volar» a 206 km/h, sin apenas haberse preparado. Vehículo con casta, ha respondido al reto. **Ignacio Ribera**, ingeniero de TIFSA y uno de los mejores conocedores del prototipo, ha hecho para TRENES HOY una detallada descripción técnica.

El 28 de Septiembre de 1972 se estableció un Convenio General entre RENFE y FIAT para experimentación y adaptación conjunta de trenes de caja inclinable (Basculantes) en vía de ancho RENFE. En virtud de este acuerdo se iniciaron recorridos de medida con un electrotrén de la serie 532 dotado de una silla basculante, en el remolque con cabina, para comprobar el comportamiento del equipo de basculación en vías RENFE. A su vez se firmó el contrato para la construcción del prototipo entre RENFE y FIAT-CAF realizándose el montaje del semitrén de 2.ª en la factoria de Beasain y el de 1.ª en la de Zaragoza. La salida a vías RENFE del semitrén de 2.ª fue el 22 de febrero de 1976 y el de 1.ª el 7 de junio del mismo año en Beasain y Zaragoza respectivamente.

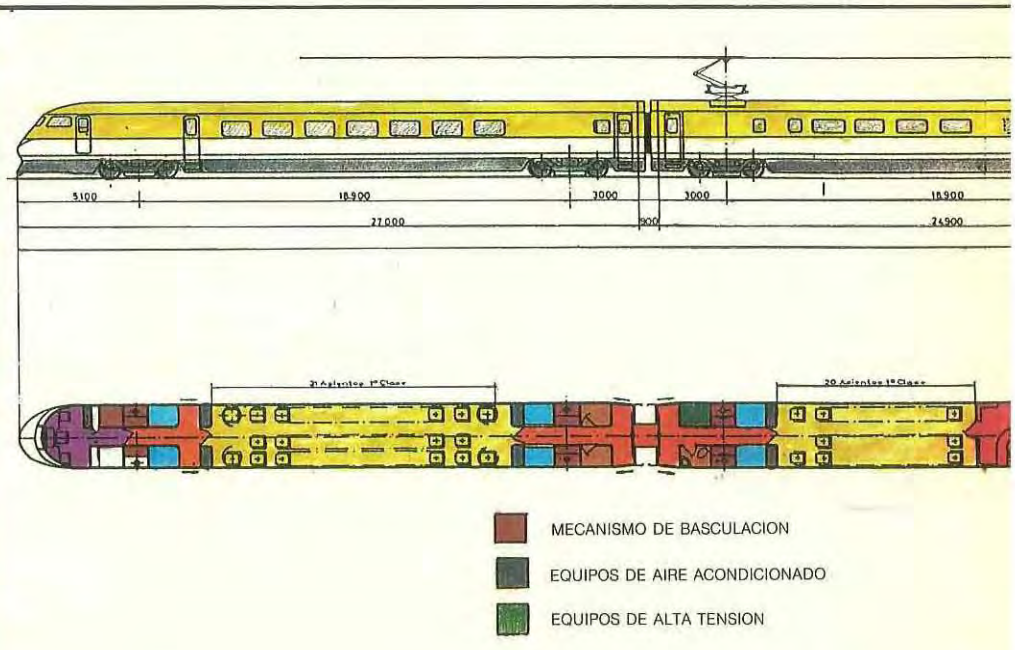
El electrotrén está constituído por dos semitrenes idénticos técnicamente que pueden circular aislados. Tiene 51 plazas de 1.ª clase, 116 de 2.ª y bar-cafetería.

El prototipo de RENFE deriva del prototipo de la FS ETR 401 «Pendolino» que a su vez tuvo su antecesor en el prototipo experimental y 0160, vehículo eléctrico de una sola caja. Tanto el «Pendolino» como el «Basculante» son electrotrenes de cuatro coches todos ellos motores y alimentados de catenaria a 3 kV. c.c., pero existen varias diferencias importantes, aparte de otras de menor entidad. Estas diferencias son:

ETR 401:

Ancho de vía 1.435 mm, velocidad máxima 250 km/h, inclinación máxima

CARACTERISTICAS	
Compos. del electrotrén	Mc-M-M-Mc
Disposición de ejes	1A' A1'-1A' A1'/ 1A' A1'-1A' A1'
Masa del electrotren	198 t.
Plazas	167 (51 1.ª + 116 2.ª)
Potencia continua	1780 kW
Potencia unihoraria	1000A a tensión línea
Motores de tracción	8
Potencia continua	220 kW.
Velocidad Máxima	180 km/h.
Tensión de alimentación	3000 V
Sistemas de freno	Reostático, aire comp
Longuitud del trén	107.170 mm.
Distancia entre bogies	18.900 mm.
Empate del bogie	2.450 mm.
Anchura	2.850 mm.
Altura	3.271 mm.
Auxiliares	
Convertidores estáticos (dos)	130kVA 380 V. 50 Hz.
Carga batería (dos)	14 kW a 72 V.
Baterias (dos)	72 V 210 Ah.
Compresores	Dos



de las cajas 10°, cajas de Aluminio, masa total en vacio 161 t, grupos rotativos para servicios auxiliares de 80 kva. 171 plazas sólo de 1.ª clase.

Electrotrén Serie 443:

Ancho de vía 1.668 mm., velocidad máxima 180 km/h (únicamente por cambio de relacción de engranajes y parámetros en la electrónica, y no por diseño distinto), inclinación máxima de las cajas 8.°, Cajas de Acero, masa total en vacio 198 t., convertidores estáticos para servicios auxiliares de 130 kVA, 167 plazas repartidas en 51 en 1.ª y 116 en 2.ª.

Por último, en esta introducción, decir que el ETR 401 ha dado origen a la serie ETR 450 de los FS, actualmente en construcción, que constará de 10 trenes de 11 coches y 4 de 5 coches; el primer trén saldrá a la vía en el verano de 1987. En estos trenes, muy similares al prototipo, todos los coches son motores menos el central (restaurante) que será remolque.

La suma de dos semitrenes

Como ya se ha dicho el tren costa de cuatro coches denominados BA1 (1.ª con cabina), BC (1.ª cafetería, BB (2.ª intermedio), y BA2 (2.ª cabina y furgón), que forman cada dos un semitrén. Cada semitrén es autónomo por lo que puede circular independientemente (con las limitaciones de una sola cabina) y, excepto desde el punto de vista de acabado interior, son practicamente idénticos.

La principal inovación de este tren radica en el sistema de inclinación asistida de las cajas de los coches. Este siste-

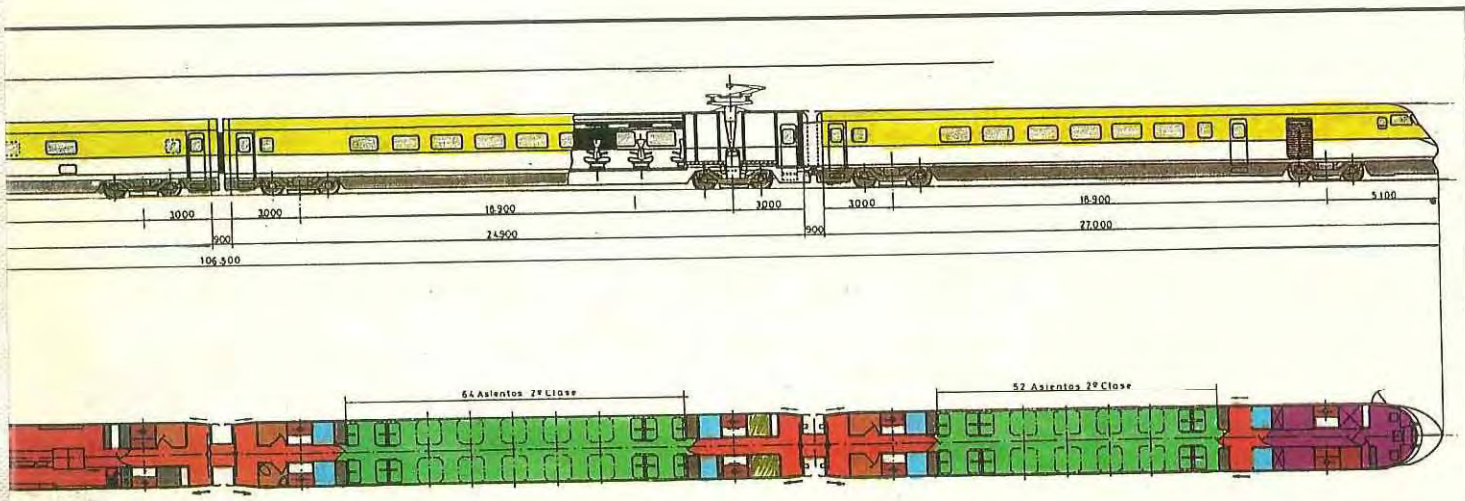
Una vida aplatanada

La agitada vida del Electrotrén Basculante podría resumirse así:

- 12 de octubre de 1979: Terminan las pruebas con un recorrido total de 129.318 km.
- 15 de octubre de 1979: Comienza el servicio comercial 5 días a la semana en la relación Albacete-Madrid (mañanas), y Madrid Albacete (tardes).
- 21 de mayo de 1980: Termina el servicio comercial Madrid-Albacete, habiendo recorrido en él 107.047 km. Es sustituído por un 444, siendo éste su primer servicio.
- 1 de junio de 1979: Comienza el servicio Jaén-Madrid (mañanas) y Madrid-Jaén (tardes).
- 2 de febrero de 1981: Termina el servicio a Jaén en la primera etapa. Pasa a R1 en el mes de marzo habiendo recorrido unos 90.000 km en el servicio a Jaén.
- Julio de 1982: Vuelve ha hacer durante algunos meses servicio a Jaén.
- Noviembre de 1982: Es apartado de Fuencarral, pasando después a un cocherón en Príncipe Pio.
- Septiembre de 1984: Pasa a la factoría de CAF en Zaragoza, donde es sometido a una reparación de los interiores.
- Enero de 1985: inicia una serie de viajes de prueba para comprobar el comportamiento frente a las sobretensiones, después de habérsele realizado modificaciones en los convertidores. Llega en estos viajes a Valencia, Barcelona, Vigo y Gijón el resultado es satisfactorio. Vuelve a ser apartado en Madrid.
- Junio de 1976: Tras ser asignado al Depósito de Fuencarral (en lugar de al de Cerro Negro como estaba desde su origen y comienza a realizar el servicio del Tren turístico «Murallas de Avila» y del «Doncel de Sigüenza» en el que continúa hasta septiembre.
- Mayo de 1987: Comienza una nueva temporada del tren «Murallas de Avila, que alterna con las pruebas de pantógrafos para alta velocidad.

En sus 10 años de existencia el Basculante ha recorrido algo más de 400.000 km.

MAN



1.ª CLASE
2.ª CLASE
CAFETERIA
ZONAS DE PASO PARA VIAJEROS
WC
ARMARIOS GUARDA-EQUIPAJES
CABINAS DE CONDUCCION Y FURGON

ma consiste en inclinar la caja del vehículo al paso por las curvas para que el viajero note una aceleración centrífuga como si la curva tuviera un peralte mayor. Este aumento de velocidad se puede hacer sin disminuir la seguridad de circulación en curva ya que el límite de confort del viajero es muy inferior a los otros límites de circulación en curva y en este caso concreto más, ya que la carga por eje más elevada es de unas 13 t y en los ejes extremos alrededor de 12.5 t.

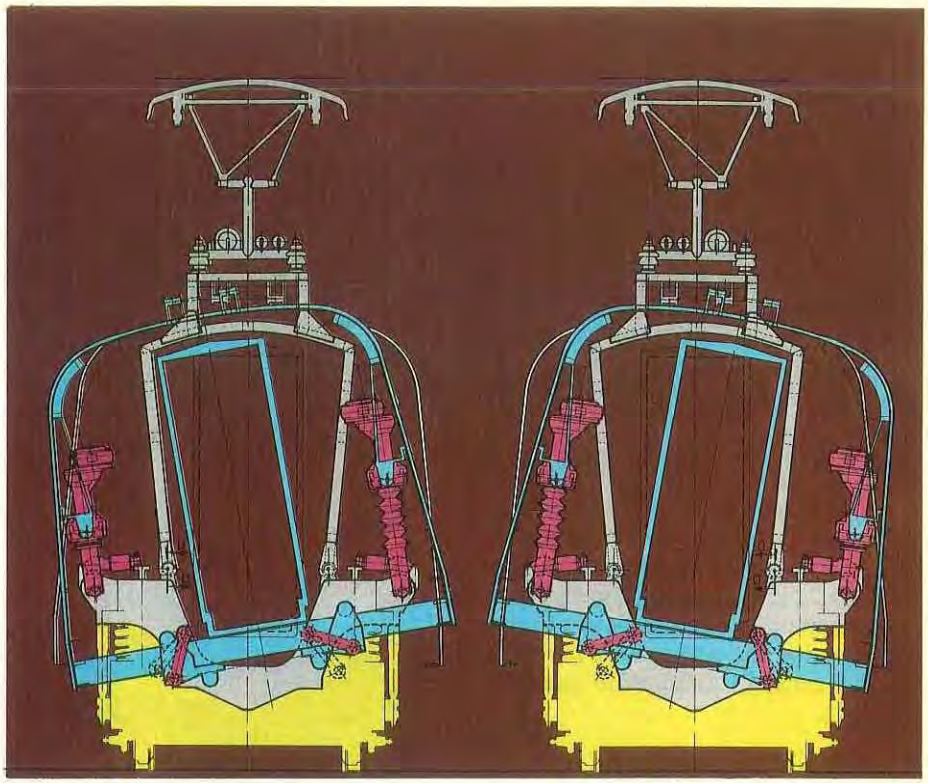
A grandes rasgos la basculación consiste en un equipo electrónico de detección de curvas y elaboración de ordenes, y un equipo hidráulico que efectua el giro de la caja. La detección del inicio de la curva se realiza mediante un giróscopo situado en el extremo delantero del bogie de cabeza, la curva (es decir aceleración no compensada) mediante un acelerómetro en cada bogie y la señal de velocidad del tren. Esta señal se elabora y se manda como señol eléctrica al equipo hidráulico atraves de una servoválvula que manda el giro de la caja en cada bogie. La velocidad del proceso total es lo suficientemente rápida como para que no se pueda apreciar un retraso entre el inicio de la transición de la curva y el inicio del giro de la caja del coche para que viajero no note una discontinuidad.

A la basculación se debe la forma característica de la caja de este trén y su galibo reducido en comparación con otros vehículos, para permitirle en las condiciones más desfavorables (contraperalte por avería seria del equipo) inscribirse en el mismo gálibo que el resto de los vehículos.

Un bogie versátil

La unión de la caja al bogie (traviesa bailadora) es tal que los actuadores hidráulicos no soportan el peso de la caja sino que unicamente fijan su posición, por este motivo una falta de basculación no afecta a la seguridad (la caja no se cae) sino únicamente al confort del viajero, naturalmente sólo en curva.

El bogie dispone de traviesa bailadora unida a la caja del vehículo pero que permite un giro, en sentido transversal al eje de la vía, de por lo menos + 10°' La unión entre traviesa y bastidor de bogie (suspensión secundaria) se realiza mediante muelles, amortiguadores transversales situados en la parte alta de la traviesa, y una suspensión lateral activa con cilindros neumáticos mandados también por el equipo de basculación. La misión de estos últimos, aparte de aumentar el confort transversal, es desplazar la caja en sentido transversal para que a la vez que esta se inclina, el centro de travedad de la caja se mantenga en el eje de la vía y no se desplace con la caja hacia el lado que esta se inclina.



El sistema de rotación caja bogie del basculante permite la mayor comodidad en las curvas.

Deriva de un prototipo italiano que va a ser origen de una serie que comenzará a circular en 1987.

Por último respecto al bogie decir que es abierto con bastidor partido, la unión entre los largueros se realiza mediante dos traviesas unidas al larguero opuesto mediante uniones no rígidas (silentblocks bicónicos). El motor de tracción, un solo eje es motor, está suspendido en la caja y unido al eje motor mediante transmisión cardán y engranaje «cónicos». Por estos motivos este bogie es muy poco agresivo a la vía, masas no suspendidas, semisuspendidas y radio de giro muy bajos. El resto del bogie es el equipo de freno de discos en todos los ejes, zapatas limpiadoras y patines electromagnéticos.

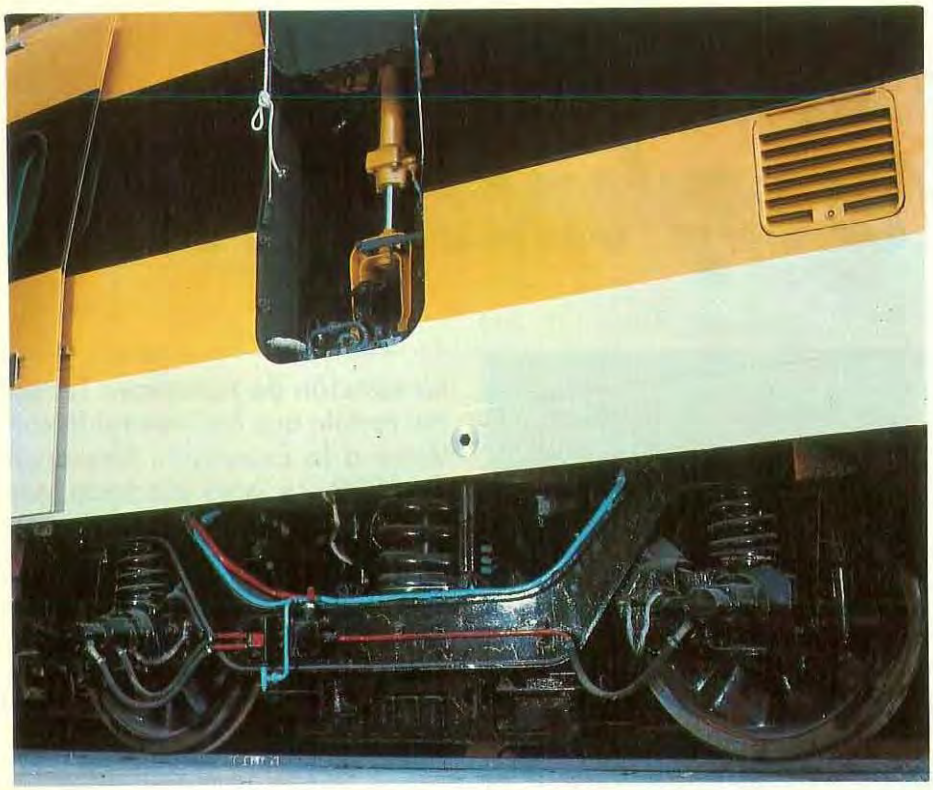
Equipo clásico

El equipo de tracción es clásico reostático motores serie de contínua y arbol de levas para eliminación de resistencias. Unicamente es diferente en los shuntados y el freno eléctrico. Dispone en serie con los campos de los motores un dispositivo de inyección de tensión que sólo se activa cuando el contactor de shuntado se cierra. Variando la tensión en este dispositivo, puente de diodos, se puede variar la relacción de las corrientes por los campos de los motores y por la bobina de shuntado. Con esto se varía de forma contínua el shuntado de los motores de forma contínua entre el 29% (máximo shuntado) y más allá del 100% en algunos casos.

En freno eléctrico es lo mismo pero la configuración del circuito de potencia es de motores con excitación inde-

Pupitre de conducción con los mandos de tracción-freno y los dispositivos auxiliares para el manejo del tren.

Por encima de 200 km/h con tracción eléctrica



Bogie

Mandos del equipo eléctrico

Detalle de la sala de un coche de primera, en el que se puede apreciar una mesa en posición de uso.

MAN

pendiente. Todos estos dispositivos están controlados por la electrónica que se denomina dispositivos de regulación de campos y velocidad prefijada. La conducción de este trén se puede efectuar fijando el maquinista el grado de shuntado o bien de forma más automática fijando una velocidad siendo el trén el que se encarga de traccionar o frenar para mantener dicha velocidad.

En cuanto a equipos auxiliares dispone de dos convertidores estáticos que alimentan cada uno una red trifásica de 380 V 50 Hz independientemente de un semitren a otro pero que se puede interconectar en caso de avería de un convertidor. Principalmente suministran energía a los equipos de aire acondicionado, dispositivos de regulación de campos, ventiladores del reóstato, compresor y cargador de baterias. El equipo de freno es casi idéntico a las U/T 440 y electrotrenes pero no dispone de segundo freno. También dispone de los equipos normales de otros vehículos como: Antipatinaje-antibloqueo, ASFA engrase de pestaña, etc.

El bogie es muy poco agresivo para la vía. El «Pendolino» italiano (básicamente idéntico) circula a 250 km/h.

La disposición interior es salón con cuatro asientos, fijos enfrentados, por fila en segunda y tres por fila en primera con posibilidad de orientarlos según el sentido de marcha. En el coche piloto de segunda hay un departamento de equipajes y en el intermedio de primera una cafeteria con una pequeña cocina.

Como se ha dicho dispone de aire acondicionado, similar a otros vehículos pero con la particularidad que los motores de impulsión de aire en la sala son de continua a tensión de bateria y permiten seguir renovando el aire aunque no haya tensión de catenaria o falle la alimentación de los convertidores.

Las puertas de acceso son automáticas de apertura consentida por el maquinista con mando en la propia puerta y cierre unicamente por el maquinista o por velocidad. El estribo inferior es móvil y es accionado por la propia puerta.

Por último el pupitre de conducción es central de diseño anatómico y con un frontal de cabina diseñado para que ofrezca una buena protección pasiva a la vez que el diseño es aerodinámico.

Ignacio Ribera