



CAMBIO AUTOMÁTICO DE ANCHO DE VÍA DE LOS TRENES EN ESPAÑA

Alberto García Álvarez





Cambio automático de ancho de vía de los trenes en España

Alberto García Álvarez

COLECCIÓN MONOGRAFÍAS VÍA LIBRE • nº 2

Cambio automático de ancho de vía de los trenes España

Alberto García Álvarez

Monografía basada en los artículos: “*Cambiadores de ancho, trenes de ancho variable y tercer carril: Nuevas soluciones a un viejo problema*”, en la Revista Anales de Mecánica y Electricidad, enero-febrero de 2007; “*Los de Roda y Antequera incorporan todas las novedades: Los cambiadores de ancho, nueva solución a un viejo problema*”, en Vía Libre, enero de 2007; y “*Cambiadores de la línea de Madrid a Valladolid*”, en Vía Libre, diciembre de 2007. Estos textos han sido refundidos, ampliados y actualizados por el autor en 2009.

Palabras clave: Ferrocarril, interoperabilidad, cambio de ancho, alta velocidad

© Autor: Alberto García Álvarez

© De esta edición: Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Mapas e ilustraciones: Miguel Jimenez Vega y Luis Eduardo Mesa Santos

4º edición, septiembre de 2010

ISBN:978-84-89649-55-2

Dto. Legal: M-26703-2009

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
El problema y las soluciones de la diferente anchura de vía.....	5
Definición del ancho de vía	14
Anchuras de vía en el mundo	16
Anchuras de vía en España	18
Origen del ancho de vía estándar	19
La peculiaridad del ancho de vía español	21
SISTEMAS E INSTALACIONES DE CAMBIO DE ANCHO	27
Evolución histórica de los cambiadores automáticos de ancho de vía.....	28
Los cambiadores de frontera: primera generación	36
Los cambiadores de la LAV Madrid- Sevilla: segunda generación.....	42
LAV Madrid-Barcelona. Llega la tercera generación	47
CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMBIADORES DE LA TERCERA GENERACIÓN.....	55
Perfil de vía “en bañera”	56
Modularidad y portabilidad	57
Paso de catenaria.....	59
Subsistema de descongelación de rodales.....	62
Automatización y telemando	63
Cambiadores dobles	65
Tecnología y equipos de los cambiadores de la tercera generación	66
CAMBIADORES DE ANCHO AUTOMÁTICOS EN ESPAÑA	71
Relación de cambiadores instalados en España.....	72
Operaciones cambio de ancho realizadas en los cambiadores	75
TRENES Y SERVICIOS DE ANCHO VARIABLE.....	79
Remolques Talgo de ancho variable	80
El tren Talgo XXI	87
Los TRD con bogie “Brava” de CAF	88
La locomotora Talgo-Team.....	89
Ejes para vagones de mercancías Talgo para el cambio de ancho	90
El tren de alta velocidad CAF serie 120 y sus derivados	91
El tren de alta velocidad Talgo 250 (serie 130).....	93
Servicios de viajeros con trenes de ancho variable	94

I+D+I DEL CAMBIO DE ANCHO. OPORTUNIDADES, PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS	97
Cambiadores de tercera generación duales para dos tecnologías TCRS 1, TCRS 2 y TCRS 3	99
Cambiador para hasta cuatro tecnologías en el mismo tren (TCRS 4)	103
Una nueva generación de cambiadores de ancho	106
BIBLIOGRAFÍA.....	110
AGRADECIMIENTOS	111
ANEJOS	112

INTRODUCCIÓN

El problema y las soluciones de la diferente anchura de vía

El problema de la diferencia del ancho de vía

El ancho de vía característico de la red ferroviaria española (1.668 milímetros entre caras internas de carriles) es diferente del ancho de vía normal o estándar de la mayor parte de la red ferroviaria europea y mundial (que es de 1.435 milímetros).

Los trenes, en principio, no pueden pasar desde una línea con un ancho de vía a otra con un ancho diferente, por lo que la existencia de “fronteras” entre las redes de diferente ancho de vía¹ ha sido un problema para la explotación y para los clientes, que tradicionalmente ha hecho necesario el trasbordo o cambio de tren con las consiguientes molestias y pérdidas de tiempo.

En el caso español, los puntos de coexistencia de diferentes anchos de vía están situados en las fronteras con Francia, pero también hay “fronteras” en estaciones españolas, ya que aunque predomina el ancho de vía 1.668 milímetros, también existen en España líneas con ancho de vía inferior (1.000 milímetros y otros) dando lugar a otras “fronteras interiores”.

Además, la decisión adoptada en 1988 de construir las nuevas líneas españolas de alta velocidad con ancho de vía estándar, hace que hayan aparecido nuevas “fronteras” entre los dos anchos (y los problemas asociados) en numerosos puntos de la red ferroviaria.

El Gobierno español viene estudiando desde hace tiempo la posibilidad de extender al ancho de vía estándar a otras líneas “convencionales”, al objeto de mejorar las comunicaciones y los tráficos de mercancías con el resto de Europa. Una eventual decisión en este sentido iría trasladando las fronteras actuales con Francia y con las líneas de alta velocidad hacia nuevos lugares. Además, probablemente aumentaría el número de puntos de transición de forma provisional o definitiva, según cual fuera el escenario final adoptado.

¹ En lo sucesivo, denominaremos “fronteras de ancho” (en inglés, “gauge border”) a aquellos puntos de la red ferroviaria en los que coexisten líneas ferroviarias de dos anchos de vía diferentes.

Tipos de soluciones

Para solventar ese problema, se han ensayado y aplicado en diversas épocas y en lugares algunas acciones puntuales que pueden agrupar en tres tipos de soluciones:

1. Facilitar y hacer más económico y sencillo el trasbordo de los viajeros y de las mercancías y el cambio de vehículo.



Durante años, el trasbordo de viajeros o mercancías ha sido la solución más empleada

2. Emplear vías de tres o de cuatro carriles para que los trenes de cualquiera de los dos anchos de vía puedan pasar de una red a otra y circular por ambas. Esta solución suele emplearse en corredores en los que es difícil ampliar el número de vías instalando en paralelo dos líneas de vía única o doble y de diferentes anchuras.



Vía de tres carriles que permite la circulación de trenes de dos anchos de vía (en este caso, de ancho ibérico 1.668 mm y de ancho estándar, 1.435 mm)

3. Aplicar sistemas que permiten a los trenes, o algunos de sus vehículos, cambiar el ancho de vía. Entre estos sistemas hay tres variantes:

3.a. Intercambio de ejes de los vagones o coches que suele aplicarse a vagones de mercancías. En España hay instalaciones de este tipo en Irún y en Portbou, y ha habido instalaciones provisionales en las bases de construcción de las líneas de alta velocidad para permitir la entrada a éstas de trenes carrileros y de trabajos.



Instalación para el intercambio de ejes en los vagones de mercancías

3.b. Intercambio de los bogies completos de los coches de viajeros en una instalación especial. Este sistema suele emplearse para trenes de viajeros.

Intercambio de bogies de un coche de viajeros



3.c. Cambio automático de ancho de vía de un vehículo o de un grupo de vehículos sin que cambien sus ejes o bogies, variando únicamente la distancia entre las ruedas. Este sistema se aplica en España desde 1969.



Cambio automático de ancho de vía sin cambio de ejes ni de bogies

Los sistemas de cambio automático

En este libro se trata de las soluciones implantadas en España de cambio de ancho automático, sin trasbordo ni cambio de ruedas. Estos sistemas se vienen aplicando sin problemas desde 1969, y permiten cada vez más prestaciones y mejores condiciones de explotación.

Los sistemas automáticos de cambio de ancho de vía requieren la existencia de instalaciones fijas por las que pasan los trenes (que denominaremos en lo sucesivo “cambiadores de ancho” o simplemente “cambiadores”) y que en las que los trenes varían la distancia entre las ruedas.

En concreto, los sistemas españoles de cambio automático de ancho de vía permiten a los trenes pasar de una línea con un ancho de vía ibérico a otra con ancho de vía internacional -o viceversa- sin cambiar ejes ni bogies, de forma automática y mientras pasa el tren por la instalación. Nada impide que estos sistemas puedan adaptarse a otras parejas de anchos de vía, como por ejemplo el ancho estándar internacional (1.435 mm) y el “ancho ruso”(1.520 mm)

Estos sistemas españoles se basan en que, al paso por el “cambiador de ancho”, las ruedas del tren se descargan de su peso, pasando el vehículo a estar apoyado sobre unos carriles laterales elevados. Una vez que las ruedas ya no soportan peso, se liberan los cerrojos que impiden durante la circulación normal el desplazamiento lateral de las ruedas. Tras ello, las ruedas encuentran unas guías de desplazamiento convergente o divergente que las llevan a su nueva posición, y finalmente se vuelven a encerrojar y a apoyar los vehículos sobre sus ruedas. Todas estas operaciones se realizan de forma automática mediante guías fijas que encuentra el tren al avanzar linealmente por la instalación.

El paso por el cambiador de ancho se realiza a una velocidad reducida (hasta 15 km/h) sin necesidad de detener el tren, salvo en el caso de que deba cambiarse también la locomotora. En este caso, al cambio del ancho de vía del tren, hay que añadir las operaciones necesarias para el cambio de locomotora.

Dentro de los sistemas automáticos de cambio de ancho de vía existentes en el mundo, se pueden distinguir varias tecnologías:

- **Tecnología Talgo de Rodadura Desplazable** que es la que cuenta con más experiencia en todo el mundo, pues viene funcionando ininterrumpidamente y sin problemas desde 1969. Primero se aplicó a los coches Talgo para los trenes de viajeros, y desde 1999 está disponible para locomotoras y vehículos motores. También existen ejes de ancho variable que pueden instalarse en vagones de mercancías, en sus bogies o en coches de viajeros.
- **Tecnología CAF “Brava”** que se aplica desde el año 2000 en trenes autopropulsados diesel y eléctricos, incluso de alta velocidad, y que también podría ser aplicado a otros trenes de viajeros o de mercancías.

- **Tecnología polaca SUW2000**, se ha utilizado en la frontera entre Polonia y Lituania, y puede aplicarse a coches de viajeros o de mercancías.
- **Tecnología alemana DBAG/Rafia “Typ V”**. Esta tecnología alemana no tiene actualmente ninguna aplicación comercial concreta y de ella se vienen realizando desde hace años ensayos y pruebas.
- **Tecnología japonesa** que viene siendo probada desde mediados de los años 90.



Tren Talgo de la serie 130 (izquierda) y tren CAF de la serie 120 (a la derecha) iniciando el cambio automático de ancho de vía

La cuestión de las diferencias entre los cambiadores

Todas estas tecnologías son semejantes conceptualmente, pero presentan algunas diferencias de enfoque en cuanto a la sustentación del tren mientras cambia de ancho y a la forma de liberar el mecanismo de cambio de ancho y su aseguramiento en la nueva posición de las ruedas.

Ello hace que los cambiadores de cada tecnología sean diferentes e incompatibles entre si, lo que crea dos problemas de explotación:

1. Los trenes de cada tecnología deben emplear un cambiador diferente, por lo que en las *fronteras de ancho* deberían instalarse tantos cambiadores diferentes como tipos de trenes vayan a pasar. Ello presenta un problema de operación y de costes, y presenta una alta complejidad operativa.
2. Un tren (de viajeros o de mercancías) que haya de pasar por la frontera de ancho, no se puede formar con coches o vagones de diferentes tecnologías, ya que ello obligaría a los vehículos de un hipotético tren de estas características a ser “clasificados” por tecnologías antes de cambiar de ancho

Características de los principales sistemas de cambio de ancho automático de ancho de vía

Sistema	Talgo	CAF	SUW2000	Rafil	Japón
País	España	España	Polonia	Alemania	Japón
Año primera aplicación comercial	1969	2003	2000	---	(2007)
Coche viajeros	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Vagones carga	Sí	No	Sí	Si	No
Vehículos motores	Sí	Sí	No	No	Sí
Cambio con carga en rueda	No	No	Sí	Sí	No
Encerrojamiento	Cerrojo ascendente	Rodadura ascendente	Encerroj. lateral	Encerroj. lateral	Rodad. Ascend.

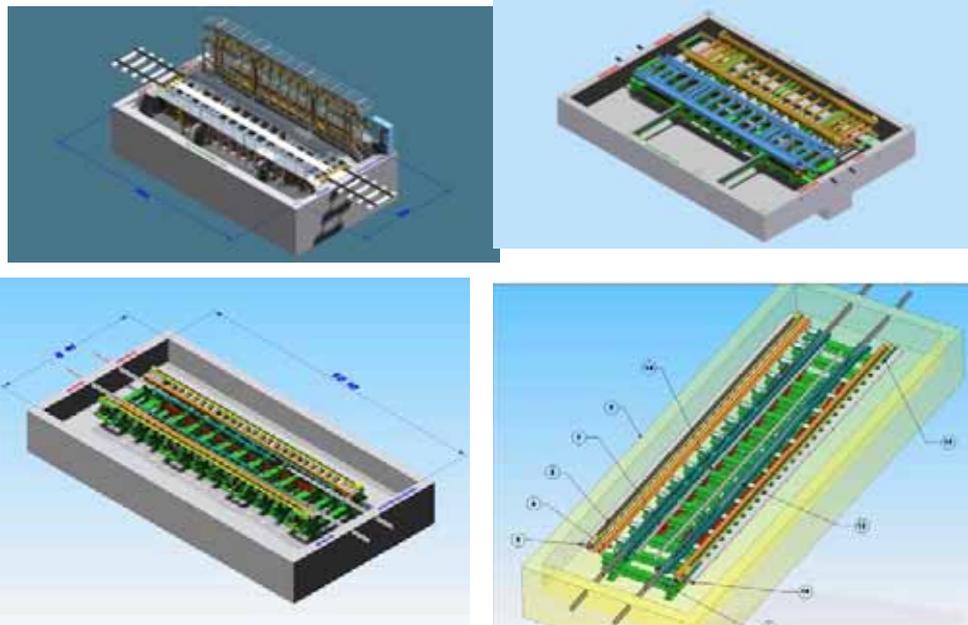
Cambiadores polivalentes

Para resolver los problemas derivados de las diferencias entre los cambiadores de diferentes tecnologías se han desarrollado cambiadores “duales” o “polivalentes”, que permiten su uso por trenes de dos o de más tecnologías.

Así, existe un cambiador único “dual” para las tecnologías polaca y alemana, muy semejantes entre si. En España, donde las tecnologías Talgo y CAF coexisten hace años, se ha desarrollado un proceso de investigación y desarrollo que ha conducido a una unificación de cambiadores:

- Primero se diseñó, patentó y construyó un “cambiador dual” que, por abatimiento de las plataformas, permite el paso de los dos trenes (pruebas en Río Adaja -Valladolid- desde 2000 y en servicio en Plasencia de Jalón -Zaragoza- desde 2003). Este cambiador se denomina TCRS1.
- Seguidamente se mejoró el sistema, haciendo que el cambio de las plataformas fuera por desplazamiento horizontal de éstas, lo que supone movimiento más sencillo y fiable y una instalación más económica. Las primeras aplicaciones de este cambiador, patentado por Adif, fueron en Valdestillas -Valladolid- y Madrid-Chamartín (diciembre de 2007).
- El siguiente paso ha sido desarrollar el proyecto de un cambiador que, sin desplazamiento de plataformas, únicamente con el movimiento de algunas piezas, permite en paso de los dos tipos de trenes y además incorpora otras mejoras (TCRS3 Patentado por Adif en febrero de 2008). El prototipo de este cambiador ha sido instalado para pruebas en Roda de Bará (Tarragona) en 2010.
- La necesidad de avanzar en la polivalencia de los cambiadores, y en previsión de que los trenes internacionales de mercancías pudieran traer (en el mismo tren) vagones de diferentes tecnologías, se ha patentado por Adif (2008) un “cambiador universal”, apto para las tecnologías Talgo, Caf, Rafia y SUW 2000, que además de hacer posible el paso de los vehículos con todos los sistemas, permite que en un mismo tren puedan circular vagones de tecnologías diversas.

El detalle de las características de cada uno de estos cambiadores se presenta en el capítulo dedicado a la I+D+i en materia de cambiadores automáticos de ancho de vía.



Esquemas de diversos cambiadores polivalentes: Arriba izquierda TCRS1 dual Talgo-CAF abatible; arriba derecha TCRS2 dual Talgo CAF horizontal; abajo izquierda TCRS3 dual Talgo CAF plataforma única; abajo derecha TCRS4 universal

Definición del ancho de vía

Se denomina “ancho de vía”, a la distancia nominal entre las caras internas de los carriles, medida en milímetros. En concreto, es la distancia entre las dos caras activas de las cabezas de los carriles, medida a una altura de 14,5 mm ($\pm 0,5$ mm) por debajo del plano de rodadura.



En el mundo existen y han existido muy numerosas anchuras de vía

En España el ancho de vía más extendido es el de 1.668 milímetros, establecido en el siglo XIX (entonces eran seis pies castellanos, que equivalen a 1.674 milímetros, que luego fueron reducidos a los 1.668 milímetros hoy vigentes).

Este ancho es semejante al existente en Portugal (1.674 mm) con el que es compatible, razón por la cual este ancho de vía se denomina frecuentemente “ancho ibérico”, denominación que emplearemos preferentemente en este libro.

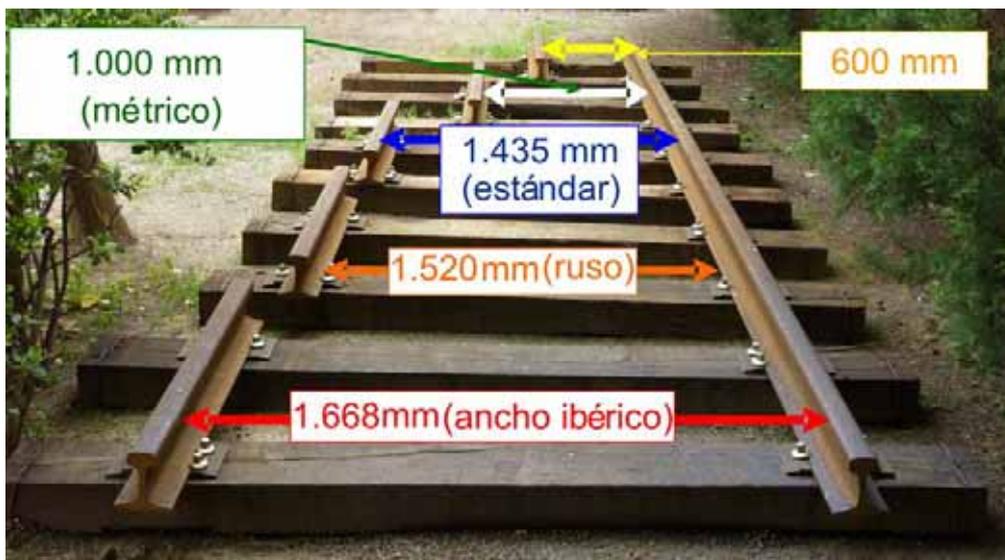
El ancho de vía más extendido por el mundo es el de 1.435 milímetros que se denomina “ancho estándar” o “ancho internacional” (a veces también “ancho UIC”, denominación errónea, pues la Unión Internacional de Ferrocarriles -

UIC- agrupa a ferrocarriles con todos los anchos de vía). Las nuevas líneas españolas de alta velocidad, al igual que las de todo el mundo, se construyen en ancho de vía estándar, lo que las diferencia del resto de las líneas españolas.

El “ancho estándar” de 1.435 milímetros establece la separación entre dos bloques de ferrocarriles:

- Los de “vía ancha”, que son los de más de 1.435 milímetros, entre los que se encuentran los españoles, portugueses, rusos, finlandeses indios y de numerosos países de América latina;
- Los de “vía estrecha”, entendiéndose por tales los que tienen un ancho de vía igual o inferior a 1 metro, que existen como red complementaria (o incluso principal) en buena parte del mundo. Entre las anchuras de “vía estrecha”, la más extendida es el “ancho métrico” (1.000 milímetros y otras anchuras parecidas como 1.067 o 1.070 milímetros) que se encuentra en numerosas líneas en España, y en todo el mundo; pero también hay otras anchuras como las de 750 milímetros, 600 mm y algunas que se expresan en pulgadas.

El ancho de vía se ha empleado tradicionalmente como un elemento de clasificación de líneas, pues en cierta medida condiciona sus prestaciones. Pero sobre todo la segmentación se ha debido a que el diferente ancho de vía establece una frontera técnica entre redes que impedía tradicionalmente el paso de trenes de dotados de un ancho a otra red. Sobre la problemática derivada de la asociación entre ancho de vía y asignación de la gestión de las líneas, concretada en el caso de la creación de Renfe en 1941, véanse García Álvarez, 2004a y Olaizola, 2006.



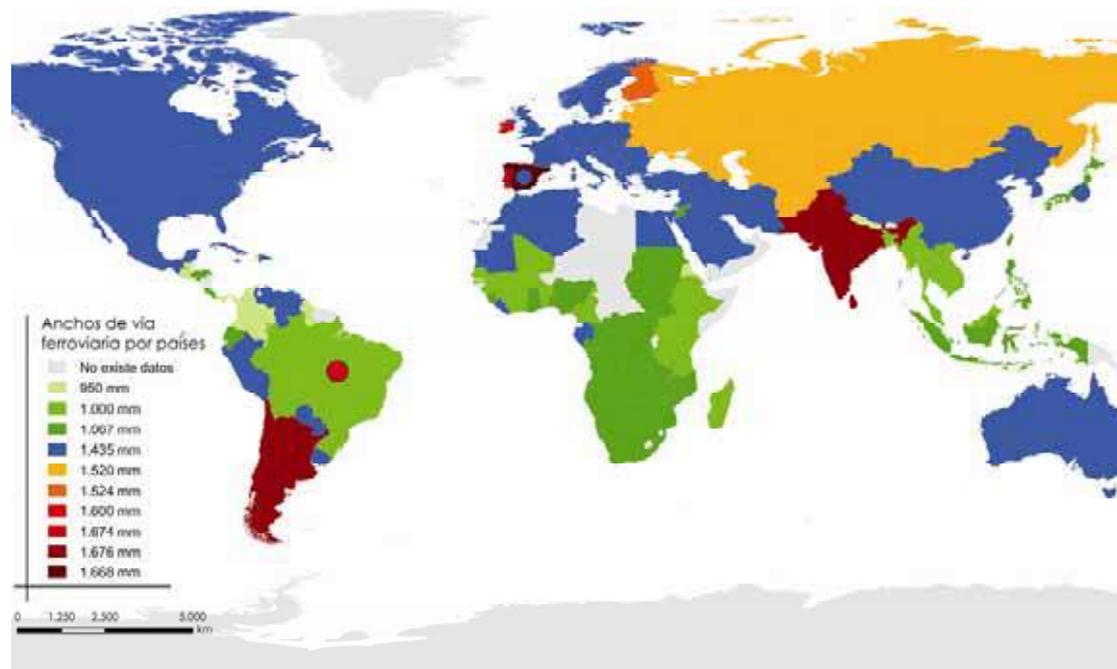
En el Museo del Ferrocarril de Vilanova i la Geltrú se muestra un montaje con diferentes anchuras de vía, desde el ibérico (1.668mm) hasta el de 600 mm

Anchuras de vía en el mundo

El ancho de vía más extendido en el mundo, como hemos expuesto, es el llamado “ancho de vía estándar” de 1.435 milímetros, que es el dominante en la mayor parte de los países y que equipa cerca del 50 por ciento de la red ferroviaria mundial.

El ancho estándar es el predominante en la mayor parte de Europa (Francia, Alemania, Italia, Grecia, Inglaterra, Polonia, Suiza, Austria, Dinamarca, Suecia, Noruega, etc.) Además, es el más extendido en Estados Unidos, Canadá, Méjico y Norte de África.

Principales anchos de vía ferroviarios en el mundo



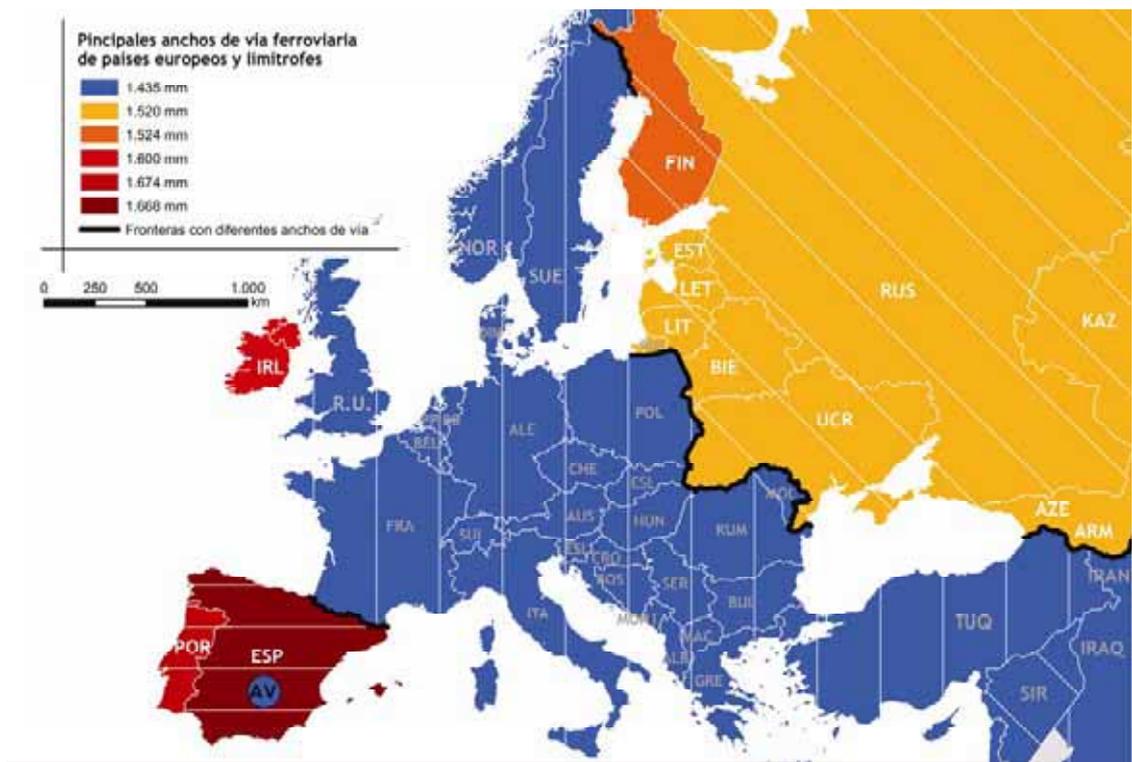
Anchos de vía mayores existen en Estonia, Letonia, Lituania, Rusia, y diversos países de la antigua órbita soviética (1.520 mm); en Finlandia (1.524 mm); en Irlanda, Brasil y Australia (1.600 mm); en España y Portugal (1.668 mm, 1.674 mm); en Argentina, Chile, Bangladesh y Pakistán (1.678 mm).

Anchos de vía menores que el ancho estándar existen en numerosos países del mundo, pero generalmente coexistiendo con el ancho normal del país. Una relevante excepción es Japón, donde (si se exceptúan las líneas de alta velocidad en ancho estándar) la red ferroviaria convencional nacional es de ancho de vía de 1.067 milímetros.

En el caso del espacio continental europeo, puede observarse que se presentan tres grandes fronteras de ancho: Una en los Pirineos, entre el ancho

estándar y el ibérico; otra frontera, entre Suecia y Finlandia; y la tercera entre centro Europa (Polonia, Rumania, etc.) y antiguos países de la órbita soviética con ancho ruso (Lituania, Bielorrusia, Ucrania, etc.) Además, en España (y en el futuro en Portugal) existen fronteras integradas entre la red de alta velocidad y la convencional.

Principales anchos de vía ferroviarios en Europa



Anchuras de vía en España

En España, en la actualidad, hay tres grandes grupos de líneas con diferentes anchuras de vía:

1. Líneas de ancho de vía ibérico (1.668 mm), que equipan la red básica española explotada por Adif; algunas líneas particulares (como las de Arcelor en Asturias, ramales a las centrales térmicas en Andorra o Meirama, acceso a Puertos y a numerosas derivaciones particulares.) También equipan la línea de Lleida a La Pobra de Segur, de la Generalitat de Catalunya. Este ancho es muy similar al existente en Portugal y en la línea 1 de Metro de Barcelona, por lo que en las fronteras con estas redes no se produce solución de continuidad del ancho.
2. Líneas con ancho de vía estándar (1.435 mm) que equipan las nuevas líneas de alta velocidad, una línea de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya y metropolitanos y tranvías. En el Metro de Madrid el ancho de vía es muy similar (1.445 mm.)
3. Líneas con ancho de vía métrico (1.000 mm), que es el característico de las líneas de vía estrecha en toda la red del Norte de España, línea de Cartagena a Los Nietos (gestionadas por FEVE), así como en el resto de las líneas de los FGC y los Ferrocarriles Vascos.

Anchos de vía en España y fronteras



También existen en España en explotación regular algunos tramos de ancho de vía mixto, tanto en estaciones fronterizas (Irún, Portbou, Martorell...) como

en tramos de mayor longitud (Olmedo a Medina del Campo, Tardienta a Huesca, Puerto de Barcelona a Papiol y Mollet y Girona a Vilamalla-Figueres).

Origen del ancho de vía estándar

La cuestión del ancho de vía, quizás por su importancia en la explotación, es uno de los temas más debatidos en el ámbito ferroviario. Las conjeturas históricas se refieren con frecuencia a dos preguntas clave: ¿Por qué se escogió el ancho de vía de 1.435 mm como ancho estándar?, y ¿por qué el ancho de español es diferente del existente en otros países?

Ambas cuestiones, como otras muchas relacionadas como el ancho de vía y los orígenes del sistema ferroviario, encuentran detallada y autorizada respuesta en la obra clave publicada en España sobre la materia, que es el trabajo de Jesús Moreno “Prehistoria del Ferrocarril”, publicado como separata en “Vía Libre” (1986) y posteriormente editado como libro.

A la primera de las cuestiones (¿de dónde viene la cifra “mágica” de los 1.435 mm del ancho estándar internacional?) con frecuencia se ha dado respuesta empleando “leyendas urbanas” que hacen alusión a la anchura de las partes traseras de los caballos en la época romana. Al respecto, Jesús Moreno aporta el dato de que casi todos los caminos de la antigüedad con rodadura fija previos al ferrocarril, tenían anchura semejante entre sí, y además en el entono de 1,44 metros.

Así, señala que en la isla de Malta la anchura de las rodadas (ya en el año 2.000 a. de C.) estaba comprendida entre 1,35 y 1,45 metros, si bien en los caminos trazados posteriormente al ancho es más uniforme, variando entre 1,42 y 1,44 metros. En las calzadas romanas la distancia entre los ejes de las rodadas es precisamente de 1,44 metros, lo que hace suponer al citado autor que los carros estaban normalizados en cuanto a este parámetro.

Ya en concreto sobre el origen del ancho ferroviario, el mismo autor señala que se remonta a los carros de madera de la “escuela ferroviaria de Tyne”. Cuando en 1814 George Stephenson comenzó la construcción de la primera locomotora de vapor, en las vías de la mina de Killingworth, el ancho de la vía preferroviaria allí existente era de 1,422 metros (4 pies y 8 pulgadas); y como era hombre eminentemente práctico, Stephenson no pone en cuestión el ancho de vía, asumiendo esta magnitud como un parámetro más entre los muchos que habría de tomar en consideración. Cuando más tarde continúa su carrera en el ferrocarril de Stockton a Darlington, sigue ya con el mismo ancho. Cuando es nombrado ingeniero del ferrocarril de Liverpool a Manchester incrementa media pulgada respecto a líneas precedentes, al objeto de aumentar el juego de la vía, ya que la distancia entre las ruedas de los vehículos seguía siendo la misma que en líneas anteriores.

Jesús Moreno reconoce a los Stephenson (padre e hijo), un mérito indudable como fundadores e impulsores de la expansión ferroviaria iniciada en 1830, pero ello no puede impedir que lamente dos legados que califica de

“desdichados”: uno de ellos el ancho de vía “normal”, fruto de la rutina y un mal entendido pragmatismo, más que un estudio serio y meditado; el otro es “la reducida entrevía que impide dar al gálibo la anchura necesaria para subvenir a las necesidades del transporte actual”. Añade que “las discusiones mantenidas en el siglo XIX *ad nauseam* sobre el ancho de vía carecen hoy de relevancia, pero la anchura del gálibo y su altura en ciertos casos constituyen hoy todavía una barrera infranqueable”.



El ancho de vía tiene su origen remoto en los primeros vehículos que circulaban por la vía remolcados por caballos

La peculiaridad del ancho de vía español

Sobre el ancho de vía español (seis pies castellanos), se ha especulado que se adoptó por razones militares para evitar una invasión francesa. Sin embargo, a partir del trabajo de Jesús Moreno parece probado fue fruto de una cuestión técnica equivocada a la que el autor pone nombre y apellidos: José Subercasse. En efecto, el ancho de vía vigente se creó una comisión para informar las propuestas de concesiones para la construcción de nuevas líneas. Esta comisión envió el 17 de octubre de 1844 un *pliego de condiciones* que sugería al gobierno que, no habiendo ley al respecto, podría servir de base para lo que el futuro se hiciese. Y así, el gobierno lo adopta en la Real Orden de 31 de diciembre de 1844. Muchas de las prescripciones eran idénticas a las de los pliegos franceses, a diferencia de ellos se fija el ancho de vía en 6 pies (1,674 metros) y la entrevía en 6,5 pies (1,81 metros.)

La cuestión del ancho de la vía se justificaba así: *"En el artículo 6º se determina la anchura que deberá darse a todos los caminos de hierro que se concedan, así como la distribución de esta anchura total entre las vías y entrevías, señalando seis pies (1,67 metros) para las primeras entre los bordes interiores de las barras. Desde luego se ve la conveniencia de que todos los caminos de hierro tengan la misma anchura, y particularmente las vías, porque de lo contrario, cuando dos caminos lleguen a ponerse en comunicación, como ha sucedido con frecuencia, es imposible que los locomotores y trenes del uno continúen su viaje por el otro, siendo necesario para el efecto transbordar las mercaderías y personas a otro tren del nuevo camino, lo que ocasiona dilaciones, gastos y otros inconvenientes de consideración, a no ser que una de las empresas prefiera reformar su camino dándole las anchuras de aquel con quien entronca".*

"Demostrada ya la conveniencia de que haya uniformidad en las dimensiones transversales de todas las grandes líneas de caminos de hierro, es claro que deben adoptarse las que los principios teóricos, confirmados por el buen éxito de su aplicación a los caminos más recientes, designan como más ventajosas. En ancho de vía generalmente empleado hasta pocos años hace, y que se emplea en muchas partes, es de 5 pies 17 centésimas (1,44 m), pero en un país virgen, donde se empieza a establecer un sistema de caminos de hierro, debe adoptarse una anchura que permita caminar por ellos con toda la rapidez y seguridad que pueden obtenerse con las últimas perfecciones que han recibido las locomotoras".

"Para este efecto, conviene aumentar el ancho de las vías, y esta es la tendencia que generalmente se observa en el día. Así vemos en el camino de Londres a Yarmouth una vía de 5,45 pies (1,52 metros), en el de Dundee a Arbroath y de Arbroath a Forfar de 6,03 pies (1,68 m), en el de Great Western de 7,64 pies (2,13 m) y en el de Petersburgo a Tzárskoye Selo de 6,57 (1,83 m). La Comisión del Parlamento inglés, encargada de informar sobre un sistema general de caminos de hierro en Irlanda, proponía 6,75 pies (1,88 m)".

“Nosotros hemos adoptado 6 pies (1,67 m), porque sin aumentar considerablemente los gastos de establecimiento del camino, permite locomotoras de dimensiones suficientes para producir en un tiempo dado la cantidad de vapor bastante para obtener, con la misma carga, una velocidad mayor que la que podría conseguirse con las vías de 4,25 pies (1,18 m), propuestas por una de las empresas que ha hecho proposiciones al Gobierno, y mayor también de la que podría emplearse con las de 5,17 pies (1,44 m) que más frecuentemente se han usado hasta ahora, consiguiéndose, además, que sin disminuir la estabilidad se puede hacer mayor el diámetro de las ruedas, lo que también conduce a aumentar la velocidad”.

El paso en España del ancho de vía 1.674 al de 1.668 milímetros

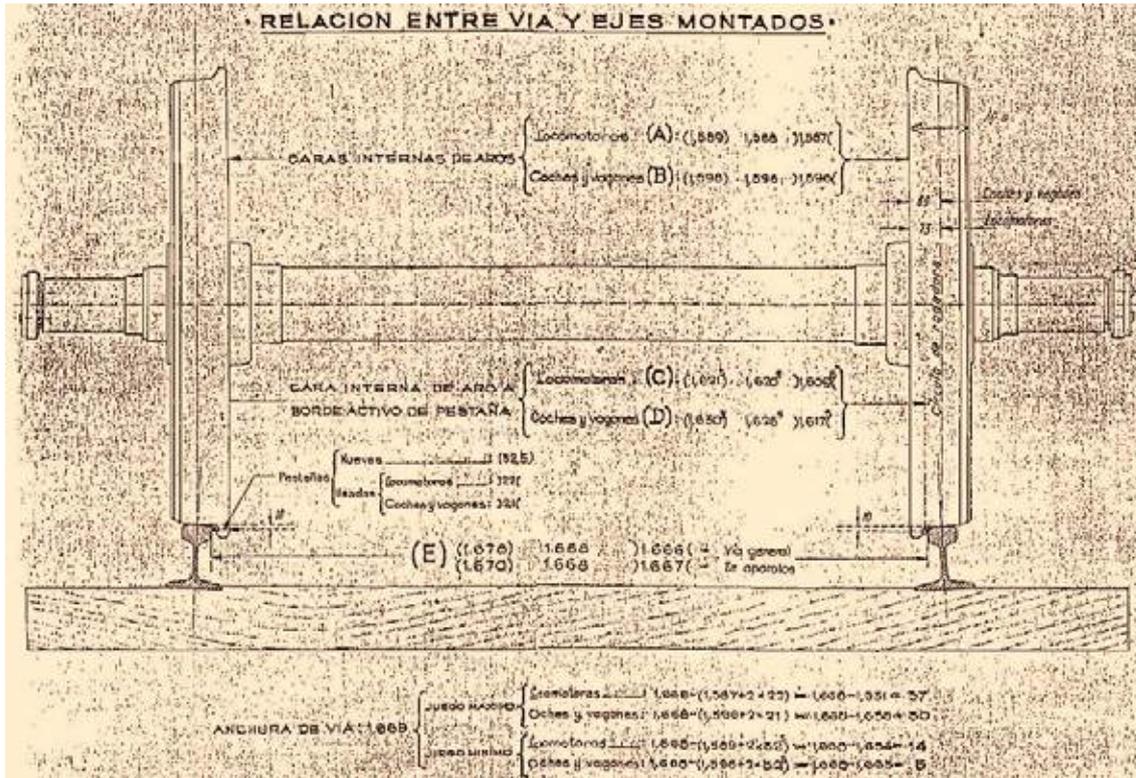
El ancho ibérico de seis pies castellanos, fijado en 1844, corresponde a 1.674 milímetros. Sin embargo, en la actualidad el ancho de vía nominal oficial en España es el de 1.668 milímetros.

Desde luego, ambos anchos de vía son compatibles, como lo prueba el hecho de que, aún en la actualidad (2008), hay líneas en España con ancho de vía de 1.674 milímetros por las que circulan los trenes de ancho ibérico sin ningún problema. A la vista de esta modificación cabe preguntarse: ¿Por qué y cuándo se cambió oficialmente el ancho de vía?

La razón hay que encontrarla en el informe *“Reducción del juego de vía”*, recogido en un documento interno del Departamento de Estudios y Reconstrucción de Renfe, de marzo de 1955, y que explica la necesidad de reducir el “juego de vía”, es decir, la holgura existente entre las pestañas de las ruedas y los carriles.

Señala el citado documento que, al comprobarse que la reducción del “juego de la vía” hasta un cierto límite mejoraba las condiciones de rodamiento, se abandonaron las vías de anchos de 1.440 y 1.445 milímetros que algunas administraciones (extranjeras) empleaban y se adoptó el de 1.435 milímetros (*“Unite Technique”*, redacción de 1903 y 1938.) Con esta anchura de vía, el juego teórico (con pestañas nuevas) sin sobrecarga ni sobreestrecho era de 9 milímetros (1.435 - 1.360 - 2x33.) Apunta que los ferrocarriles franceses, para la renovación con traviesas de hormigón, habían decidido aplicar un “juego de vía” de 6 milímetros.

Se indica en el informe que, hacia 1926, la “Oficina de Unificación de material ferroviario” había decidido calar las ruedas de coches y automotores a 1.596 milímetros, y que posteriormente la Dirección de Material de Renfe fijó en 1.588 milímetros distancia entre arcos de las locomotoras. De ello resultaba un juego de 13 milímetros para coches y de 21 mm para locomotoras; y además, como existían locomotoras caladas a 1.580 mm y vagones a 1.584 mm, los juegos llegaban a ser de 29 y 25 milímetros.



Relación entre ancho de vía y distancia entre ruedas. (Fuente: "Reducción del juego de vía" Departamento de Estudios y Reconstrucción de Renfe, de marzo de 1995)

El redactor del informe considera excesivos estos juegos, y además inútil la diferencia entre el material remolcado y las locomotoras, por lo que propone unificarlo a 7 milímetros para todos los vehículos, resultando un juego de vía superior en 1 milímetro al aprobado por la SNCF para la renovación de vías con traviesas de hormigón.

Se formulan en el documento diversas consideraciones técnicas del mayor interés sobre el efecto que tendrían diversas cuantías de reducción del juego en las puntas de los corazones, en las traviesas, y en la protección de las "patas de liebre".

Tras ello, se llega a la conclusión de que "la reducción del juego de vía actual de Renfe a límites análogos a los hoy existentes en los ferrocarriles extranjeros puede lograrse disminuyendo en 6 milímetros la anchura de la vía, para que la separación entre bordes activos de carriles en alineación recta sea de 1.668 m. El mantenimiento de esta cota en las traviesas exigirá la reducción de su entrecalle a 41 milímetros y la modificación de la distancia de calaje en las locomotoras de vapor caladas a distancias inferiores a 1.588 mm". Señala también que sería preciso unificar las cotas de anclaje del material motor y móvil, lo que llevará consigo el adelgazamiento de las pestañas de las ruedas centrales acopladas de las locomotoras de gran base rígida. La transformación del ancho de vía podría irse ejecutando al efectuar las renovaciones, y para ello será necesario reducir a 40 mm la entrecalle de los contracarriles que protegen las puntas de los corazones, fundiendo nuevos tipos de tacos y proyectar nuevas traviesas con entrecalles de 41 mm. Añade que, adoptando 1.668 milímetros como anchura de vía, únicamente existiría

una diferencia de 3 milímetros con la vía portuguesa (1.665 mm) y esta medida disminuirá el juego de la vía a 7 milímetros.

Efectivamente, como resultado del informe citado, se adoptó el ancho de vía oficial en España de 1.668 milímetros, que es el que se aplica en todas las renovaciones de vía desde que se aplican traviesas de hormigón bloque y luego monobloque. Sin embargo, en las líneas en las que no se ha renovado la vía desde 1955 sigue implantado vigente el ancho de vía anterior de los seis pies castellanos

Iniciativas para el cambio del ancho de vía en España

Como se ha expuesto, ya desde el momento de implantación del ancho de vía ibérico, se discutía la conveniencia de reducirlo hasta el ancho estándar (entonces llamado “normal”). Sin embargo, al avanzar el siglo XIX la cuestión perdió fuerza debido a la extensión de la red (y por consiguiente, al aumento de los costes e inconvenientes que se derivarían de un eventual cambio); así en 1904 el ferrocarril alcanzó las últimas capitales de provincia peninsulares, quedando la parte fundamental de la red completada con el ancho de vía diferente al de Francia.



En la vía de tres carriles se puede apreciar la diferencia entre el ancho estándar (1.435mm) y el ibérico (1.668mm). La foto está tomada en Pozal de Gallinas, en el tramo de ensayos de Olmedo a Medina del Campo

Este problema fronterizo se “resolvía” con solapamiento de vía de ambos anchos entre estaciones fronterizas (Irún-Hendaya y Port Bou-Cerbere), trasbordándose los pocos viajeros y las mercancías en tránsito internacional.

Análoga solución se implantó (1922) en la frontera de Puigcerdá la Tour de Carol. Luego, en Canfranc (1928) la vía única francesa llegaba hasta la

estación española donde se producía el trasbordo de los viajeros y de las mercancías.

Anchos de vía en España en 1984



Antes del cierre de líneas del 1 de enero de 1985 y de la implantación de la alta velocidad, el ancho ibérico era, con mucho, el más extendido de España

Sin embargo, en principios de siglo XX resurgió la idea de implantar en España el ancho de vía estándar, al preverse la construcción de una línea entre Algeciras e Irún en ancho estándar y se escribió mucho en los años siguientes sobre la posibilidad de transformar a dicho ancho de vía la línea desde Puigcerdá a Moncada, Barcelona y el Puerto de Barcelona.

No fue, sin embargo, hasta 1988 cuando se produjo un cambio importante al decidirse por el Consejo de Ministros (en diciembre de dicho año) que la nueva línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla (cuyas obras iban a comenzar de inmediato) se construyera en ancho de vía estándar, y que así se haría en el resto de las futuras líneas de alta velocidad. En coherencia con ello, se construyeron más adelante con este ancho de vía las líneas de alta velocidad de Madrid a Barcelona y a Valladolid, de Córdoba a Málaga, de La Sagra a Toledo y de Madrid a Levante.

En 2006 se ha comenzado un proceso de estudio para la transformación de toda o de una parte importante de la red española al ancho de vía estándar. Este estudio responde a dos necesidades:

- Por una parte, a la conveniencia de integrar la red ferroviaria de mercancías con la francesa (y el resto de Europa), lo que produciría una reducción importante de los costes de transporte; y por ello un aumento de la competitividad; por ejemplo, de los puertos y factorías españolas.
- Por otra, la extensión de la red de alta velocidad (con ancho de vía estándar) produce que en ciertos corredores los trenes convencionales vean reducida la capacidad de vía a la que pueden acceder, o bien por no poderse aumentar el número de vías (zonas orográficamente complejas); o bien porque el tráfico no justifica el aumento del número de vías, aunque este tráfico se presenta repartido entre dos anchos de vía diferentes.

SISTEMAS E INSTALACIONES DE CAMBIO DE ANCHO

Los sistemas de cambio de ancho de vía engloban instalaciones fijas denominadas “cambiadores” y equipos de rodadura especiales en los vehículos que permiten a los trenes pasar de una vía con un ancho a otra con ancho de vía diferente.

Los cambiadores de ancho han ido evolucionando para facilitar el paso más rápido de los trenes por ellos, y para reducir los costes de explotación asociados al paso por el cambiador. Desde un tiempo de paso de alrededor de media hora, se ha evolucionado de forma que en la actualidad los trenes no se detienen para pasar por el cambiador, sino que reducen su velocidad al paso por él, por lo que a los efectos de la explotación y del tiempo empleado, el paso por un cambiador equivale a una corta limitación de velocidad.

El paso de trenes de viajeros por los cambiadores de ancho comenzó el 1 de junio de 1969 (con un tren al día por sentido). En agosto 2010, son unos 36 trenes por sentido al día los que en España, con viajeros, utilizan estas instalaciones.



Vista general del cambiador de Valdestillas, Valladolid. (Foto: Sara Izquierdo)

Evolución histórica de los cambiadores automáticos de ancho de vía

El concurso de 1966

A medida que España fue apreciando en la década de 1960 la necesidad de terminar con su aislamiento internacional y abrirse hacia el exterior se sintió que el diferente ancho de vía del ferrocarril (que entonces era aún el modo de transporte dominante) suponía un obstáculo para la movilidad de los viajeros y para el intercambio de las mercancías.

Por ello, en julio de 1966 la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (Renfe), convocó bajo los auspicios de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC), un concurso internacional para “Proyectos de bogies con ejes de ancho variable con destino a coches de viajeros, capaces de pasar directamente de la vía española (1.668 mm) a la vía internacional (1.435 mm) y viceversa al paso por una instalación fija apropiada”.

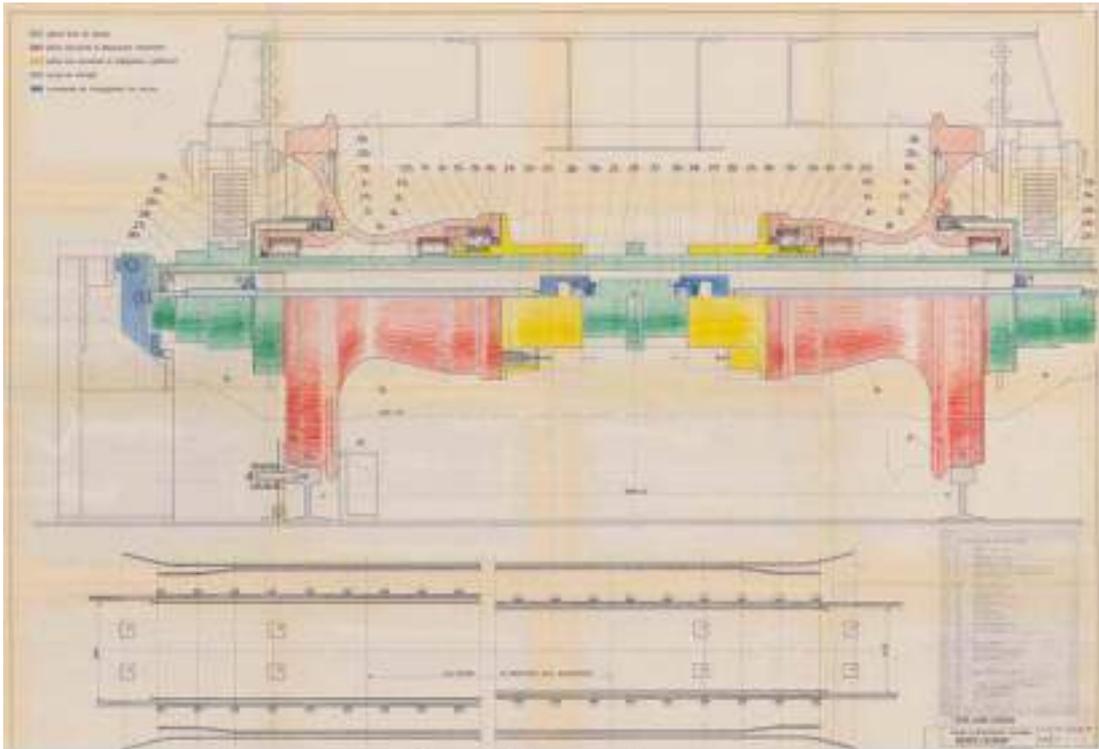
Los proyectos debían ser remitidos antes del 1 de abril de 1967 a la secretaria general de la UIC. El jurado internacional constituido al efecto, fue presidido por Louis Armand (Secretario General de la UIC) e integrado por Koster (Presidente de la ORE “Office de Recherches et Essais de la UIC”), Martín (Presidente de la comisión de material y tracción de la UIC), y el Sr. García Lomas (vicepresidente de Renfe), actuando el Sr. Inza (Director Adjunto de Renfe) y Lafarge (Consejero Técnico de la UIC) como secretarios técnicos.

Al jurado se incorporó un Comité de expertos, presidido por Saliger (holandés, Director de la ORE), un ingeniero francés, un ingeniero noruego y dos ingenieros españoles. Este Comité fue encargado de realizar los estudios de detalle de las 43 soluciones presentadas para deducir sus posibilidades técnicas y económicas de aplicación en base a las normas del concurso.

En su sesión de mayo del 11 marzo de 1968 resuelve el concurso adjudicando los dos primeros premios dejando desierto el tercero, además de otorgar cuatro menciones honoríficas. El 23 abril se hace público el fallo del concurso:

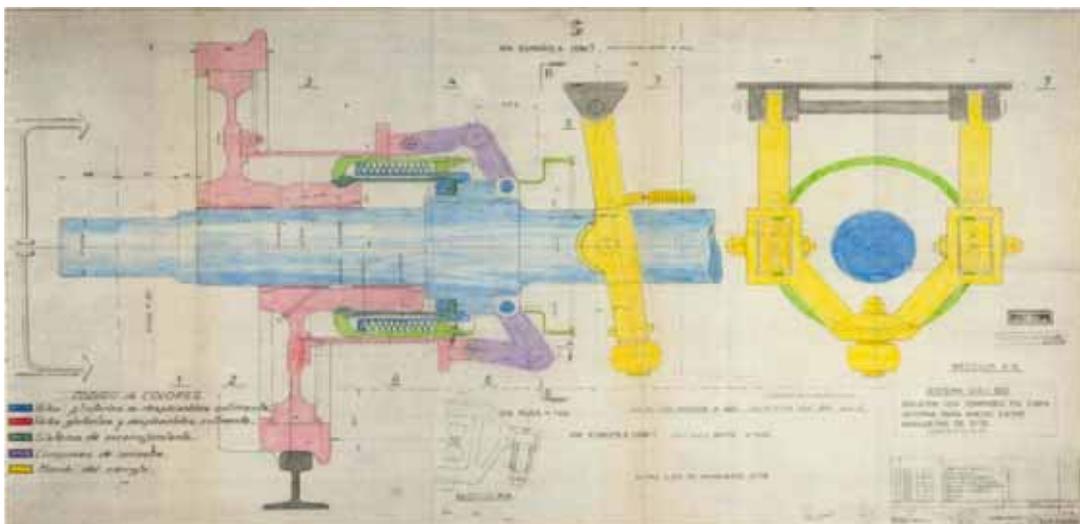
El primer premio correspondió a “Ateliers de Constructions Mecaniques de Vevey S.A., Vevey” (Suiza); el segundo premio a la “Oficina General de Ingeniería, O.G.I., Sevilla (España). Las menciones honoríficas fueron para la Societé pour l’exploitation des brevets RAV S.A., Ginebra (Suiza); para Transportmaschinen export-import (DR IV), Deutcher Innen-Und Aussenhandel, Berlín (DDR); para Schindler Wagons S.A., Pratteln (Suiza); y para Patentes Talgo S.A., Madrid (España) por el Sistema RD (presentado fuera de concurso ya que el concurso había sido convocado para ejes montados y el sistema Talgo carecía de eje.

El sistema Vevey ganador del concurso no consigue superar la pruebas de ensayo como había ocurrido ya con otros sistemas anteriores al concurso.



Plano del sistema Vevey

El sistema O.G.I consigue superar una primera fase de ensayos pero fue abandonado posteriormente por motivos económicos y seguramente por la rapidísima implantación del sistema Talgo que probó enseguida su eficacia.



Plano del sistema O.G.I

Talgo, que continúa de manera privada el desarrollo de su proyecto, consiguiendo en noviembre de 1968 que su sistema RD tenga su aplicación en el paso de los Pirineos y que desde

Último análisis comparativos de los sistemas (1992-1994)

En el proceso de elaboración del Plan Director de Infraestructuras (PDI) la Dirección General de Planificación inter-regional de Grandes Infraestructuras del Ministerio de Obras Públicas procedió en 1992 a la creación de una Comisión para efectuar un análisis técnico de los sistemas de ejes ferroviarios de ancho variable, así como para enjuiciar su situación actual y opinar sobre su desarrollo posterior.

Independientemente de la decisión que, sobre la modificación o no del ancho de la red ferroviaria española adoptara la Administración, se consideró conveniente conocer y, eventualmente, colaborar en su desarrollo, otros sistemas de modificación automática del ancho de la distancia entre ruedas, aptos para material ferroviario convencional. Por otra parte, se consideró necesario avanzar en el conocimiento de la compatibilidad técnica entre las redes ferroviarias y desarrollar el concepto de interoperabilidad del sistema ferroviario superando el planteamiento de la interoperabilidad de la red ferroviaria europea.

Según se explicita en los documentos de constitución de la Comisión Técnica, estaba constituida por expertos en diferentes temas relacionados con las técnicas y sistemas a analizar y era presidida por el representante designado por la Dirección General de Planificación Interregional de Grandes Infraestructuras.

La Comisión estuvo integrada por las siguientes personas: José Luis Sánchez González, (TIFSA); José Germán Giménez, (Jefe del Departamento de Investigación de Construcciones y Auxiliar del Ferrocarril, S.A. C.A.F.); Manuel Lage Marco, Doctor Ingeniero Industrial, (Director de Marketing de IVECO-Pegaso, S.A); Francisco Esteban Casas, (Jefe de Ingeniería de Producto de Material Remolcado, Renfe); Carlos Vera Alvarez, (Catedrático de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de Madrid). La coordinación de la Comisión estuvo a cargo de Fernando Nebot Beltrán, y de Juan Carlos Cádiz Deleito.

A lo largo de dos años el Ministerio solicitó y recabó información de los diferentes sistemas y técnicas de los que tenía noticias (OGI,RAV, TALGO, SANZ, BDZ, ...). En algunos casos no se proporcionó a la Dirección General ningún tipo de información (SANZ), en otros la información recabada correspondió a informes que no se estimaron suficientemente completos (caso de BDZ). En el caso de los tres restantes la Dirección estimó que se contaba con suficiente información para proceder a su estudio.

La Comisión analizó los sistemas O.G.I., R.A.V./Muñiz y Talgo, a partir de la documentación proporcionada por los promotores de las diferentes técnicas. A todos los efectos el informe de la Comisión debe considerarse cerrado a fecha de finales de febrero de 1994, a partir de la información de que se disponía. Esta concreción es especialmente importante dado que con motivo de las reuniones de la propia Comisión y de las recomendaciones efectuadas verbalmente a los promotores, se introdujeron modificaciones en algunos sistemas. Asimismo, la convocatoria por la Compañía ferroviaria de Alemania

de un concurso internacional con relación a estos sistemas supuso un revulsivo para perfeccionarlos y modificarlos, proceso que todavía se encuentra en marcha. A lo largo de la duración del trabajo se realizaron reuniones monográficas con los representantes de estos sistemas, en concreto con: Rafael Rubio Elola, Director de O.G.I.; José María Muñiz Aza, de R.A.V.; José Luis López Gómez, Director Técnico de Patentes Talgo,S.A.; y Luis Archilla Aldeanueva, Subdirector de Invatesa.

A continuación se exponen las principales opiniones y conclusiones que la Comisión estableció y, en algunas ocasiones, recomendaciones que se consideran de interés.

La conclusión final fue que desde, un punto de vista meramente funcional, las tres soluciones analizadas pueden considerarse válidas para la realización del cambio de ancho de vía.

Sin embargo, si se consideran otros aspectos como la homologación internacional, la explotación en vías correspondientes a diferentes administraciones, mínimos costos y necesidades de revisión y mantenimiento, seguridad frente al fallo, etc., existen diferencias entre las tres opciones, que afectan también al plazo en que las distintas opciones pueden ser operativas.

La solución OGI era la que, por estar más avanzada en su proceso de homologación, podría ser operativa en un menor plazo de tiempo.

La solución Talgo, por presentar mínimas diferencias respecto de la solución ya utilizada en material de viajeros, requería un proceso de homologación centrado, sobre todo, en aquellos aspectos novedosos. Este proceso podría tener una duración reducida, salvo que se presentaran incidencias no previstas.

La solución RAV requería un proceso completo de homologación y posiblemente necesite un mayor plazo de tiempo para ser operativa.

Desde el punto de vista de la solución técnica adoptada, la propuesta OGI era la que utilizaba elementos más sofisticados y de fabricación más compleja. Al igual que el eje RAV, presentaba elementos ligados a la rodadura sometidos a deslizamiento.

La solución Talgo, a diferencia de las soluciones OGI y RAV, requería la utilización de un ligero bastidor adicional. Sin embargo, los elementos utilizados en su fabricación son habituales, no necesitando precauciones especiales para la misma.

En síntesis, a juicio de la Comisión las tres soluciones eran en principio aceptables, si bien por su grado de desarrollo y experimentación presentaban diferencias acusadas que podrían influir notoriamente si hubiera que tomarse una decisión en un determinado plazo de tiempo.

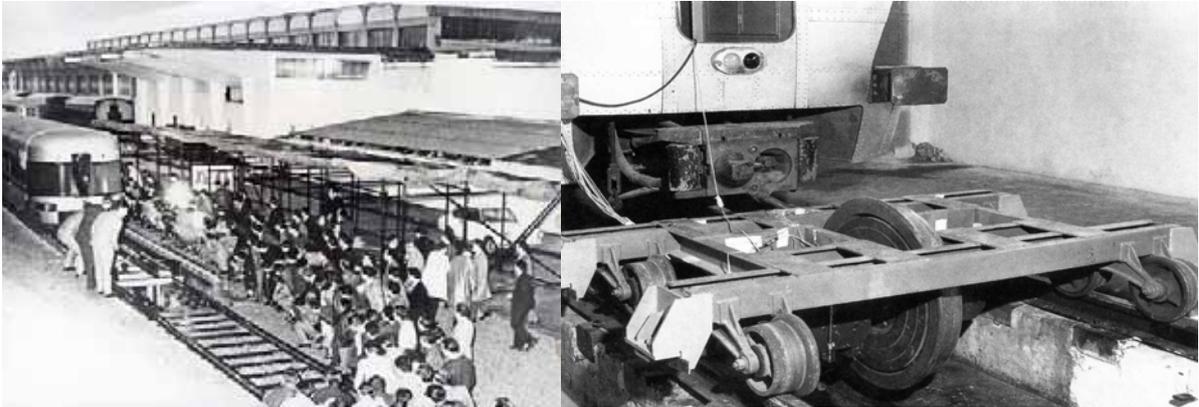
Comparación de los sistemas de cambio de ancho para mercancías (1994)

	TALGO	OGI	RAV
Compatibilidad con bogies del ancho de vía del país	SI(Y-21)	SI(Y-21)	SI(Y-21)
Reutilización de ejes del parque convencional	NO	NO	NO
Reutilización de las ruedas del parque convencional	SI (con mecanización)	NO	SI (con mecanización)
Cambio de ancho en carga	NO	SI	NO
Rodadura auxiliar durante el cambio	No (desliza)	NO	SI
Fijación de las ruedas para la absorción de esfuerzos de frenado y tracción	CALADA	COMPASES	BULONES
Diseño mecánico	SENCILLO	MENOS SENCILLO	SENCILLO
Sobrepeso (kg/eje)	315/325	500/600	300/350
Mecanización	SIMPLE	FINA	MEDIA
Tipo de frenado	ZAPATA	ZAPATA	ZAPATA
Posibilidad de montaje de freno de disco	POSIBLE	POSIBLE	POSIBLE
Protecciones exteriores	BUENA	MEDIA	MEDIA
Mantenimiento	BAJO/CONOCIDO	BAJO	ALTO
Estado de desarrollo actual	ALTO	MUY ALTO	BAJO
Estado de experimentación	MEDIO/ALTO	ALTO	BAJO

Cuadro resumen del estudio de 1992-94. Este cuadro (según se indica en el informe) no debe ser interpretado al margen de los comentarios y análisis que se efectúan en las páginas del propio este Informe final. Su consideración por separado desvirtuaría muchos de los resultados y conclusiones. (Fuente: Informe de la comisión técnica para el estudio de los ejes ferroviarios de ancho variable. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.)

El sistema Talgo RD

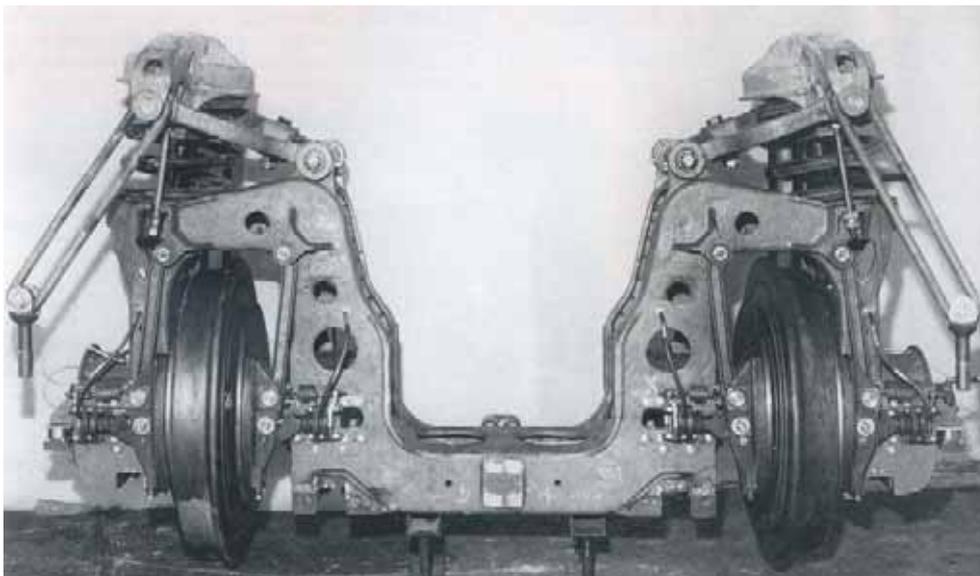
El sistema de cambio automático de ancho que se desarrolló por Talgo desde 1966, respondía a un intento de que los trenes españoles español pudieran entrar en Francia. El sistema se desarrolló por la oficina técnica de Talgo al frente de la cual se encontraba Ángel Torán, en una que Boris Herrera y Francisco Uriz tuvieron un papel relevante, hasta el punto de que se ha señalado que sin ellos no se hubiera podido disponer del sistema. Se denominó “Sistema de Ruedas Desplazables” (RD), y tras los estudios y diseños correspondientes, fue patentado el día 19 de octubre de 1966, es decir, después de convocarse el concurso de Renfe y la UIC, pero antes de ser resuelto.



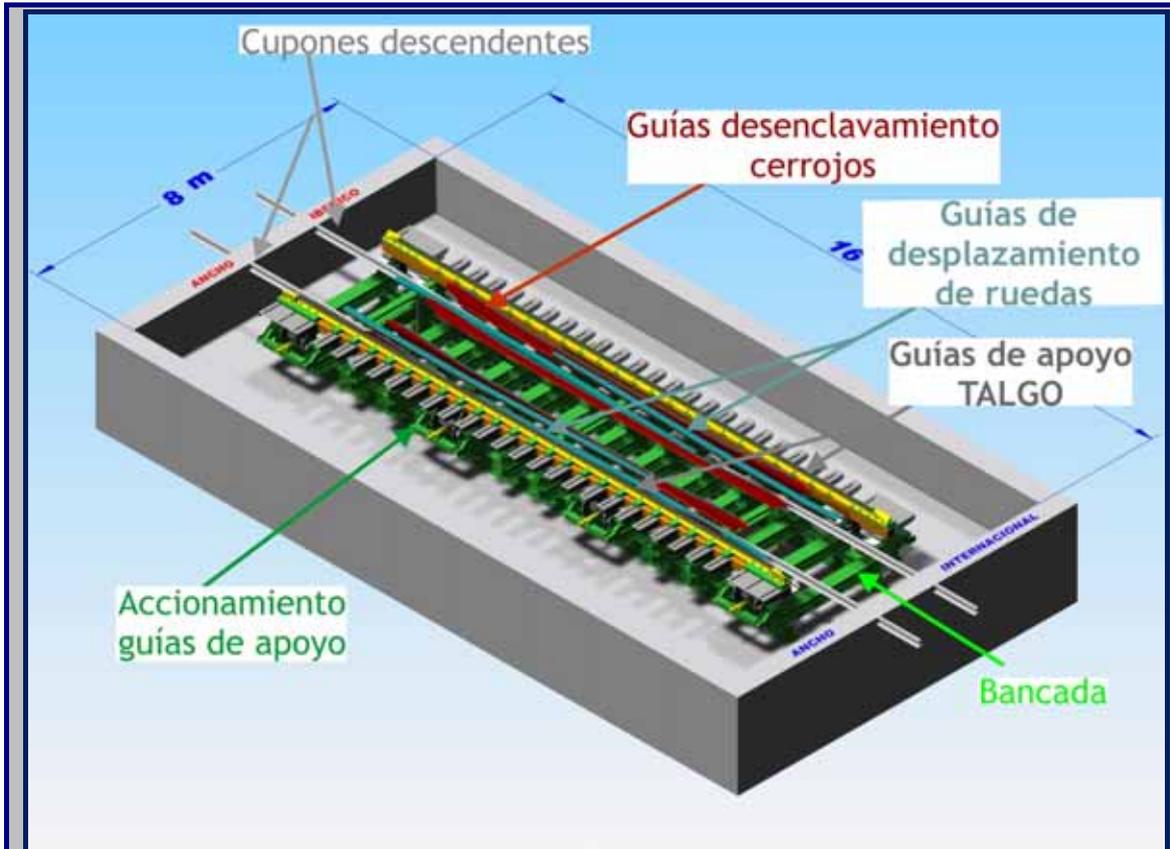
Primeras pruebas en Aravaca del sistema Talgo de rodadura desplazable en 1967 (RD). (Fotos Talgo)

En 1967 se hicieron ensayos en laboratorio con prototipos de tamaño real y, superadas estas pruebas, que duraron un año (como recuerdan Miguel Cano y Manuel Galán, 2005), se instalaron los rodales RD en cuatro coches de gálibo internacional que habían sido construidos por CASA por encargo de Talgo para formar el tren experimental, dando comienzo las pruebas dinámicas.

El primer cambiador (llamado entonces “foso de cambio”) se instaló en la factoría Talgo de Aravaca. En él se realizaron los ensayos del tren experimental de Rodadura Desplazable (Talgo RD), culminando con el primer paso “oficial” de un tren por una instalación de este tipo el día 24 de octubre de 1967, como parte de una serie de pruebas y demostraciones que alcanzaron su punto culminante con el viaje de Madrid a París realizado por el Talgo RD experimental el 12 de noviembre de 1968. Para este primer viaje (y otras pruebas realizadas en los meses inmediatos) se instaló un cambiador en Irún que fue desmontado posteriormente.



Rodal de ancho variable del Talgo III RD (1968). (Foto: Talgo)



ELEMENTOS DE UN CAMBIADOR AUTOMÁTICO

En el gráfico se puede observar los elementos principales que componen un cambiador y su denominación.

- Cupones descendentes: son carriles de entrada y salida del tren en el cambiador.
- Bancada: Estructura sobre la que se soporta los distintos elementos de un cambiador.
- Guías de apoyo: Carriles laterales sobre los cuales queda descargado el peso de los trenes a su paso por el cambiador.
- Accionamiento de guías de apoyo: Sistema de cambio de las diferentes guías existentes.
- Guías desenclavamiento de cerrojos: Sistemas que accionan los cerrojos a su paso por el cambiador.
- Guías de desplazamiento de ruedas: Accionan el desplazamiento de las ruedas.

Los cambiadores de frontera: primera generación

A la vista del éxito de esta -entonces- revolucionaria experiencia, se fabricaron en 1968 por Patentes Talgo los primeros trenes comerciales con cambio de ancho (correspondientes al modelo llamado “Talgo RD”, muy similar al Talgo III pero con rodadura desplazable y gálibo “europeo”) y se construyó, ya con vistas a su explotación regular, un cambiador en Port Bou (Girona). Por este cambiador entró en Francia por primera vez en pruebas el nuevo tren el día 19 de mayo de 1969.

En Portbou se construyó además un improvisado taller de locomotoras, ya que las máquinas diésel españolas de la serie 353, con bogies de ancho estándar remolcaba el Talgo a Francia entre Portbou y Ginebra, mientras que otra máquina de la misma serie de ancho ibérico lo hacía entre Barcelona y Portbou.



Construcción de del cambiador de Portbou en 1969 (Foto: Francisco Uriz)

Los trenes Talgo RD internacionales

Trenes diurnos

El día 1 de junio de 1969 comienza a circular regularmente el Tren Talgo III RD, con la denominación comercial “Catalán Talgo” que une directamente Barcelona-Término con Ginebra en ambos sentidos sin trasbordo, y que formaba parte del prestigioso club de trenes europeo “TEE”.

Durante 25 años este tren circuló regularmente sin más novedades que algunos cambios de itinerario en Francia y que, al desaparecer el “club TEE” incorporó coches de segunda clase. El día 25 de septiembre 1994 se limitó el recorrido del “Catalán Talgo” hasta Montpellier debido a la extensión de la red TGV (se creó un enlace con un TGV desde Montpellier a Ginebra). Poco después, el 18 de mayo de 1996, se estableció un segundo servicio diurno (denominado “Talgo Mediterráneo”) de Valencia a Montpellier, que circuló con material Talgo III RD hasta septiembre de 1998, cuando fue sustituido por la prolongación del Talgo “Mare Nostrum”, que pasó a realizar (como sigue en la actualidad) el servicio Cartagena-Montpellier con material Talgo de la 6ª generación.



Máquinas del Catalán Talgo en Port Bou 1969 (Foto: Francisco Uriz)

El “Catalán Talgo”, con su veterana composición original de Talgo III RD, ha cumplido el día 1 de junio de 2009 los 40 años en servicio activo y continúa uniendo diariamente en ambos sentidos Barcelona Estación de França (actual nombre de la estación de Término) con Montpellier.

Trenes nocturnos

Desde mayo de 1974 circula por el cambiador de Portbou el tren “Barcelona Talgo”, y que era en sus orígenes un tren Talgo III RD de camas que unía

diariamente Barcelona con París. En junio de 1991 se sustituyó el material por un nuevo Talgo Pendular RD pendular de la serie 6. Este tren continúa circulando diariamente explotado por la agrupación hispano francesa “Elypsos”, con el nombre comercial de “Joan Miró”.



El 25 de mayo de 1981 se puso en servicio otro cambiador en Irún, para permitir el paso del tren Talgo RD (en este caso era un Talgo Pendular de la nueva serie 5) que unía Madrid con París en 13 horas. Este tren sigue circulando en actualidad (también servido desde 1990 con material Talgo de la serie 6) y es explotado igualmente por “Elypsos” con el nombre de “Francisco de Goya”.

En 1989 se estableció un nuevo tren Talgo nocturno con origen en Barcelona y destinos en Milán y en Berna (luego prologado a Zurich). Este tren comenzó siendo diario, pero en la actualidad sólo es diario en épocas de alto tráfico, circulado trisemalmente en la temporada invernal.

Servicios internacionales en 2009

En 2009 emplean la instalación fronteriza de Portbou dos trenes diurnos (Talgo III RD de Barcelona a Montpellier y Talgo “Mare Nostrum”, serie 6 de Cartagena a Montpellier), además de los Talgos nocturnos de Barcelona a París (diario) y de Barcelona a Milán y Zurich (trisemanal en invierno y diario en verano).

La instalación de Irún es empleada, como desde 1981, por el TrenHotel (Talgo serie 6) “Francisco de Goya” de Madrid-Chamartín a París que actualmente circula por Valladolid aunque durante muchos años lo hizo por Aranda de Duero.

Explotación de los cambiadores de frontera

Los primeros cambiadores de ancho de vía se instalaron, como se ha expuesto, en las fronteras de España con Francia para el paso de los trenes Talgo de

Rodadura Desplazable (RD). Estos trenes tienen la posibilidad de cambiar el ancho de vía de los remolques de tecnología Talgo equipados con tal sistema (pero no de las máquinas). Los remolques Talgo en los que se puede cambiar el ancho de vía son los de la serie III RD y los de las series pendulares 5,6 y 7.

Los cambiadores de Portbou y de Irún siguen cumpliendo con la función de permitir el paso de trenes internacionales. Por el primero de ellos se estima que hasta el 31 de agosto de 2010 han pasado 88.541 trenes sin ninguna incidencia notable.

A la vez que estos cambiadores de frontera para trenes comerciales, se instalaron otros cambiadores en las bases de mantenimiento Talgo para comprobar el funcionamiento del sistema. En concreto, uno de ellos en Barcelona-Pueblo Nuevo (luego trasladado al cambiarse el Taller Talgo a San Andrés Condal, donde continúa); y otro en Las Matas, cuando se construyó esta base (1980). Además, en Aravaca desde 1967 y hasta que se cerró la base en abril de 2001, se mantuvo el primer cambiador para el tren experimental y para todos los ensayos.

Estos cambiadores de “primera generación” tienen en común que únicamente sirven para trenes Talgo, y que solo se utilizan para el paso de su composición remolcada. Las locomotoras del tren no pasan por el cambiador, por lo que los trenes que los emplean deben cambiar de locomotora al pasar de una red a otra.

Tren: **00407 TRENHOTEL FRANCISCO GOYA** Origen: **MADRID-CHAMARTIN** Destino: **HENDAYA**

N.Comercial: Observac:

Locomotora	Desde Estación	Hasta Estación	Peso	Tipo
LOC 252	MADRID-CHAMARTIN	HENDAYA	350	160B

C	Tipo de	Sit	Vel	Dependencia	A	Para	P	Horas	Para	Tiempo	C.
A	Moques	Klm	max	Precaución	S	Com	Sal-Pas	Ter	Conc	Rad	
T					F						
		622.5	115	SAN SEBASTIAN-DO.....	A		1:19.3			2.0	
		623.1	080	GROG (APD).....	A		1:21			1.3	
		624.3	100	ATEGOCHEIETA (APD).....	A		1:23			2.0	
		626.2	135	HERRERA (APD).....	A		1:24.3			1.3	
	BAD	627.9	115	PASAIA.....	A		1:26			1.3	
		629.0	100	LEZO-RENTERIA.....	A		1:28			2.0	
		637.7		VENTAS DE IRUN (APD).....	A		1:33			5.0	
		639.4	115	IRUN.....	A		1:37	01		4.0	
		640.9		CANBIADOR IRUN.....	A		1:42	15		4.0	

Hoja de ruta del tren hotel Madrid-París a su paso por el cambiador. Puede observarse que el tiempo de cambio de ancho es de 15 minutos

Los cambiadores de frontera los utilizan trenes de recorridos muy largos (con tiempos de viaje del orden de 12 horas o más) por lo que el tiempo de paso por el cambiador no resulta muy relevante en el conjunto del recorrido total. Además, el número de pasos al día es bajo (un tren por sentido y día en el caso de Irún y tres o cuatro por sentido y día en Portbou), lo que sugiere dedicar pocos recursos al cambiador.

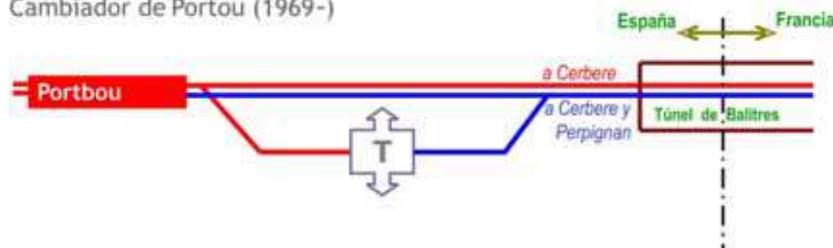


Exterior e interior del cambiador de Irún

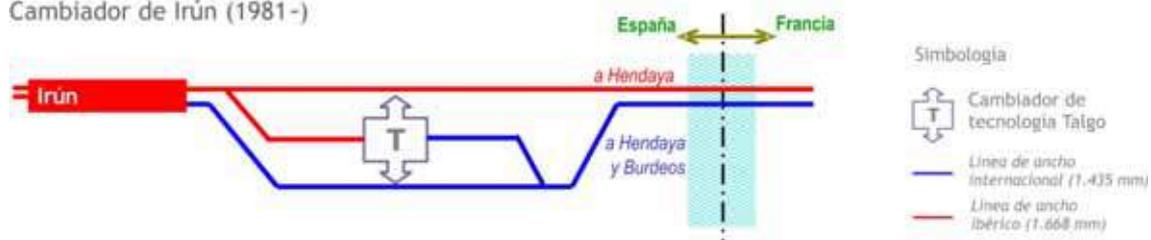
El paso se produce entre dos redes con reglamentación diferente (Adif y RFF), lo que complica los procedimientos para la expedición de los trenes, acoplamiento y desacoplamiento, pruebas de freno, etc. Por todo ello, el tiempo empleado en el paso y operaciones asociadas estuvo durante muchos años cerca de la media hora.

Cambiadores de primera generación

Cambiador de Portbou (1969-)



Cambiador de Irún (1981-)



Esquema de los cambiadores de primera generación

Desde 1999 se han simplificado los procedimientos al permitirse (por influencia de la explotación de los cambiadores de la línea de Madrid a Sevilla) que los trenes pasen con el freno del tren y sustituir la “prueba completa” de freno por la “verificación de acoplamiento”. Este procedimiento simplificado evita la parada del tren al salir del cambiador, y se aplica desde 1999 en Portbou en ambos sentidos (lo que ha permitido reducir el tiempo de paso a 15 minutos); y desde 2003 en Irún, aunque únicamente en el sentido Norte-Sur.



Cambiador de Portbou con máquina diésel 3000 al fondo (Foto: Francisco Uriz)

Los cambiadores de la LAV Madrid- Sevilla: segunda generación

La segunda generación de cambiadores de ancho surge ligada a una nueva necesidad derivada de la construcción de las líneas españolas de alta velocidad con ancho de vía estándar (1.435 mm). Ello hace que aparezcan nuevas “fronteras de ancho” dentro de la red nacional en los puntos en los que las líneas de la nueva red de alta velocidad coinciden con las líneas de la red convencional de ancho ibérico.



Cambiador segunda generación en Córdoba (1994).

Con motivo de la construcción de la línea de Alta Velocidad (LAV) de Madrid a Sevilla, en 1992, se construyen nuevos cambiadores en Córdoba para permitir a los trenes “Talgo 200” hacer el recorrido Madrid a Málaga y a Algeciras; en Majarabique (Sevilla) para ir de Madrid a Cádiz y Huelva; y en Madrid-Puerta de Atocha para los trenes Barcelona a Sevilla y para los trenes vacíos que van hacia su base de mantenimiento en Las Matas.

La utilización parcial de la LAV de Madrid a Sevilla permitió reducir el tiempo de viaje notablemente. Así el Talgo Pendular de Madrid-Atocha a Málaga (nº 140/141) tardaba a comienzos de 1992 un total de 6 horas 43 minutos por la línea convencional y pasó a emplear 4 horas y 54 minutos con el “Talgo 200” de rodadura desplazable desde que el 31 de mayo de 1992 comenzó a circular

por la línea de alta velocidad encaminándose por ella hasta el cambiador de Córdoba.

El 21 de junio de 1992 se implantó una segunda frecuencia y el 18 de abril de 1994 se puso en servicio la tercera frecuencia ya con tiempo de viaje de 4 horas y 35 minutos. Estos trenes llegaron a ofrecer hasta seis frecuencias y con tiempos de viaje desde 4 horas, que quedaron reducidas a poco más de tres y media cuando en 2006 se puso en servicio el nuevo tramo de alta velocidad desde Córdoba hasta Antequera. A finales de 2007 dejaron paso a los trenes AVE al concluirse la línea hasta Málaga.



En los cambiadores de segunda generación es preciso el cambio de locomotora. En la foto, locomotoras eléctrica 252 y diésel 319 en el cambiador de Córdoba (1994).

El día 31 de mayo de 1992 se implantó un nuevo servicio: el Talgo “Triana” de Barcelona a Sevilla, entrado en la LAV por el nuevo cambiador de Madrid con un tiempo de viaje de 11 horas y 9 minutos frente a las 14 horas que se empleaban anteriormente. Este tren, que circuló hasta que en 2008 la línea de alta velocidad llegó a Barcelona (siendo sustituido entonces por un AVE), fue durante casi toda su existencia, el tren de largo recorrido de Renfe que más ingresos consiguió y que más beneficio económico obtuvo.

El 26 de julio de 1993 se terminó de construir el cambiador de Majarabique a la entrada de Sevilla, que permitió encaminar desde esa fecha el Talgo de Madrid At. a Cádiz que tardaba 7 horas y 26 minutos y que pasó a tener un tiempo de viaje de unas 5 horas; y desde el 1 de agosto del mismo año, el cambiador fue también utilizado por el Talgo de Madrid a Huelva que redujo el tiempo, que también era de 7 horas y 26 minutos a 4 horas y 30 minutos. Además, el Talgo “Triana” de Barcelona a Sevilla se pudo prologar hasta Cádiz.

La reducción del tiempo y coste del cambio de ancho

El paso por estos cambiadores asociados a las líneas de alta velocidad tiene mayores exigencias en cuanto al tiempo del paso, ya que se trata de trenes diurnos, con tiempos de viaje del orden de 4 o 5 horas, por lo que es importante reducir el tiempo empleado en paso por el cambiador. Además, al

ser servicios de una frecuencia alta, resulta importante reducir los recursos necesarios para su operación. Por ello, estos cambiadores se diferencian de los anteriores por su forma de operación, que se agilizó notablemente con las actuaciones de reingeniería de procesos realizadas en los años 1994-97 para reducir los tiempos de paso y los costes.

Estas actuaciones se desarrollaron dos frentes:

- Por una parte, se redefinieron las operaciones, comprobándose que era posible hacer el paso sin utilizar el “macho Auxín” (que tiene por objeto impedir que los coches frenen mientras el tren pasa por el cambiador, aunque sí puede frenar la máquina). Esta exigencia francesa en la operativa de frontera había pasado a la práctica de la línea de Madrid a Sevilla, aunque se comprobó enseguida que se podía sustituir por la pericia del maquinista.
- Además, la prueba de freno se simplificó (como se ha expuesto al describir la operativa de los cambiadores de frontera), sustituyéndose la “prueba completa” (importada también de las fronteras francesas) por la “verificación de acoplamiento”.
- Esto, junto a la dotación de radioteléfonos al personal de la maniobra, la expedición del tren cuando los coches de cola están aún en el cambiador (evitando así una innecesaria parada al salir el último coche), y una exhaustiva formación y la colaboración de personal de maniobras, permitió reducir el tiempo de paso por el cambiador y el cambio de máquina desde los 20 minutos iniciales hasta 9 minutos, que es el tiempo conseguido regularmente en el cambiador de Córdoba, aunque en numerosas ocasiones se ha realizado esta maniobra en Córdoba en 6 minutos y medio.

Por otra parte, se redujeron los elevados costes que suponía la dedicación de una máquina o tractor en cada uno de los lados del cambiador para empujar el tren (una vez desenganchada la máquina titular). Para ello, se procedió a la realización de maniobras con la ayuda de la gravedad en los cambiadores en los que el perfil de vía lo permitía.

Esta novedosa forma de operar requirió la instalación de cabezales de freno de aire comprimido regulables en el primer coche del tren Talgo. Una vez separada la máquina, con este cabezal son aflojados los frenos por un maquinista que sube al tren, y luego regula la marcha hasta que el primer coche de detiene en un punto prefijado en función de la longitud del tren, desde donde se vuelve a aflojar el freno para que el primer coche pase por el cambiador a la velocidad adecuada (unos 10 km/h) y se acopla a la máquina de salida que espera al otro lado.

La maniobra por gravedad era posible, en esta línea, en Madrid-Puerta de Atocha y en Córdoba en sentido Norte-Sur, y en Majarabique en sentido Sur-Norte.

Sin embargo, una vez construido el cambiador no es posible cambiar de forma significa el perfil de vía, y por ello en los cambiadores en los que no se puede

alcanzar la pendiente mínima que permite el paso del tren por gravedad (que es de 4 a 6 milésimas), se ha dispuesto el movimiento del tren por unos “carros de arrastre” que ruedan sobre el patín del carril y que se elevan, atrapando una rueda del tren y arrastrando el mismo hasta que pasa por el cambiador. Este sistema, que comenzó a aplicarse en los talleres Talgo, se instaló en el cambiador de Majarabique en el lado Norte y luego en el de Lleida en su lado Sur. Debe mencionarse que el empleo de estos carros de arrastre reduce los costes, al hacer innecesario el empuje por máquina auxiliar, pero aumenta ligeramente el tiempo (2-3 minutos) al tener que acoplarse los carros y empujar éstos a muy poca velocidad.

Tren: 09140 TALGO 200

Origen: PTA. DE ATOCHA Destino: MARIA ZAMBRANO

N.Comercial: Observac:

Locomotora	Desde Estación	Hasta Estación	Peso	Tipo
LOC 252	PTA. DE ATOCHA	CABDOR ANTEQUERA	191	200
LOC 260	CABDOR ANTEQUERA	MARIA ZAMBRANO	191	160B

C	Tipo de bloqueo	Sit Km	Vel max	Dependencia Precaución	A S F	Para Com	P c r	Horas Sal-Pas	Para Tec	Tiempo Conc	C. Rad
		358.0		BIF. MALAGA-A.V.	C			22:18.3		4.0	
		000.8		KM. 0,804	A			22:19		3	
		002.1		KM. 2,144	A			22:19.3		3	
		007.7	200	LA MAROTA	A			22:22		2.3	
		034.6		SANTAELLA	A			22:30.3		8.3	
		061.4		FUENTE GENIL-HER.	A			22:39		8.3	
		096.8		ANTEQUER-STA ANA.	A			22:50.3		11.3	
	BCA	000.4		CABDOR ANTEQUERA.	A			22:52	09	1.3	
		050.4	050	A-S ANA-ROJ 50,4	A			23:03.3		2.3	
		123.1		BOBADILLA	A			23:06.3		3.0	
		131.7	155	COBRANTES	A			23:12		5.3	

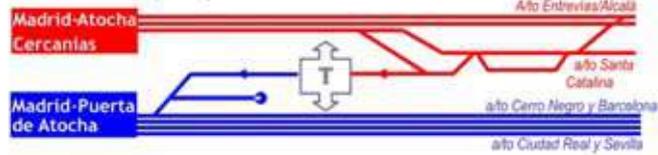
En el cambiador de Antequera el tiempo de cambio es de 9 minutos

Sin embargo, la experiencia muestra que los carros de arrastre tienen una fiabilidad limitada, y que la interacción rueda de carro-patín de carril acelera excesivamente el desgaste de ambos. Por otro lado, este tipo de instalación es susceptible de fallo en condiciones meteorológicas extremas (en verano por calentamiento y en invierno por congelación de la cadena articulada que alberga el cableado de mando y alimentación). Todo ello requiere que donde se instalan se haga una cuidadosa vigilancia de su funcionamiento previendo las medidas alternativas en caso de fallo.

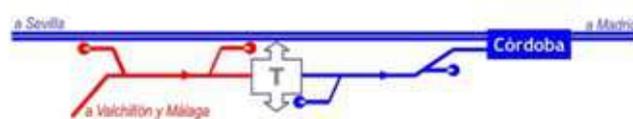
En Córdoba y en Madrid en el sentido de circulación de Sur a Norte el exceso de rampa impide el empleo de carros de arrastre, por lo que en el primer caso se utilizaba un tractor diesel y en el segundo la propia máquina titular del tren, lo que era posible por la peculiar configuración del cambiador.

Segunda generación

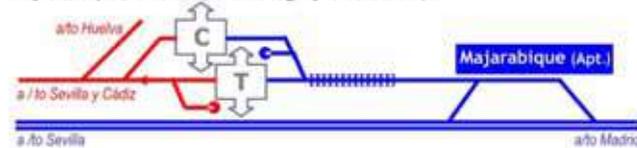
Madrid-Atocha (1992)



Córdoba (1992-2006)



Majarabique, Sevilla (1993-Talgo y 1999-CAF)



Lleida (2003 - 2006)



Simbología:



— Línea de ancho internacional (1.435 mm)

— Línea de ancho ibérico (1.668 mm)

— Línea de ancho mixto (1.668/1.445 mm)

▬ Carras de arrastre

→ Señala el sentido de subida en rampa de más de 3 mm/m

● Mango

Estación Apartadero

Esquema de los cambiadores de segunda generación

LAV Madrid-Barcelona. Llega la tercera generación

La tercera generación de cambiadores nace ligada a la nueva línea de alta velocidad de Madrid a Barcelona, y sus características inspiran los cambiadores que posteriormente se instalan en el resto de las nuevas líneas alta velocidad. En este caso, se superan, ya desde el diseño, los inconvenientes y limitaciones apreciados en las generaciones anteriores; y además se tienen en consideración otros dos hechos nuevos:

- La aparición de una nueva tecnología de trenes capaces de cambiar de ancho, desarrollada por CAF (sistema denominado “Brava”).
- La posibilidad que ahora ofrecen, tanto el sistema de Talgo como el de CAF, de que los vehículos motores (locomotoras o trenes autopropulsados) puedan pasar por el cambiador, reduciendo el tiempo de paso y eliminando la necesidad de máquina de empuje o carros de arrastre.

En efecto, los cambiadores de tercera generación se diseñaron desde 1999, momento en que se conocía que Talgo acababa de fabricar dos máquinas diesel con cambio de ancho (lo que autorizaba a pensar que en un cierto plazo se podría contar con trenes que cambiaran el ancho de vía también en los vehículos motores); y además CAF había desarrollado un bogie capaz de cambiar de ancho y había instalado un cambiador de prueba en Majarabique.

También ofrecía una nueva posibilidad el hecho de que Talgo había construido un “cambiador portátil” que permitía el paso del ancho de vía internacional (1.435 mm) al ancho ruso (1.520 mm), y que había sido empleado para demostraciones en Finlandia y Rusia. Este “cambiador portátil”, que se colocaba sobre las vías existentes a las que acoplaba por una rampa, quedó abandonado en Aravaca, pero sirvió de inspiración al Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), que entonces diseñaba las nuevas líneas de alta velocidad y sus instalaciones, para el concepto de “portabilidad”: el cambiador dejaba de estar fijado permanentemente al foso, y podía trasladarse y cambiar de emplazamiento; incluso podía compatibilizarse con cambiadores de otra tecnología.

En paralelo, ya se había adquirido hacia el año 1999 una notable experiencia y perfeccionamiento operativo en la explotación de los cambiadores de la línea de Madrid a Sevilla, todo lo cual sugería abrir un proceso de rediseño y experimentación.

El cambiador experimental de Río Adaja

A la vista de estas necesidades y posibilidades, se diseñó por el GIF y se construyó en 2001 un nuevo cambiador experimental de ancho en la estación denominada “Río Adaja”, dentro del *Tramo de ensayos de Olmedo a Medina*

del Campo (Valladolid). En él se prueban las innovaciones más importantes como son:

- Equipos de cambio de ancho situados en una “plataforma” portátil
- Coexistencia de sendas plataformas para las tecnologías Talgo y CAF
- Sistema de recogida y reutilización del agua de lubricación
- Perfil de vía “en bañera” en las zonas próximas al cambiador
- Relación de la posición del cambiador de ancho con el enclavamiento.



Arriba izquierda: plataforma TALGO; abajo izquierda: bancada de apoyo; arriba derecha: Plataforma CAF; abajo derecha: Colocación plataforma Talgo

La experiencia recogida en las pruebas del cambiador de Río Adaja, en la explotación de los cambiadores anteriores y el análisis de las nuevas necesidades, permitió definir los criterios de diseño de los cambiadores de la tercera generación ligada a las nuevas líneas de alta velocidad.

Estos requerimientos están recogidos en el amplio documento titulado “Definición funcional de las instalaciones de cambio de ancho para trenes de viajeros en las nuevas líneas de Alta Velocidad” editado por Dirección de Explotación del GIF en diciembre de 2002 y que es considerado como la guía que dio lugar al desarrollo funcional de los nuevos cambiadores españoles.

Cambiadores en la línea de Madrid a Barcelona

Con estos nuevos criterios se diseñan los cambiadores que han de permitir la utilización parcial de la línea de alta velocidad de Madrid a Barcelona para continuar por líneas convencionales. Así, el de Plasencia de Jalón (para los

trenes de Madrid a Pamplona, Irún y Logroño); el de Zaragoza- Delicias (para trenes transversales del Norte complementándose con otro previsto en Miraflores que no llegó a construirse); el de Huesca (para trenes Zaragoza-Jaca); el de Puigverd de Lleida (trenes Alvia de Madrid a Barcelona).

También se construyen cambiadores para esta línea en Madrid-Santa Catalina (complemento al taller de trenes de ancho variable) y dos más en Roda de Bará que fueron ampliamente empleados durante la época en que la línea de alta velocidad llegó hasta allí y mientras se finalizaban las obras de entrada en Barcelona (en concreto, desde diciembre de 2006 a febrero de 2008).

El cambiador provisional de Lleida, aunque estaba en la línea de Madrid a Barcelona, puede considerarse de la “segunda generación”, puesto que fue proyectado y construido con los mismos criterios que los cambiadores de la línea de Madrid a Sevilla.



Plataforma de los cambiadores de Talgo (izquierda) y CAF (derecha). A la izquierda, plataforma abatiéndose verticalmente. A la derecha, casetas que ayudan a la portabilidad a los cambiadores de tercera generación

Cambiadores en la línea de alta velocidad de Madrid a Málaga

Desde 1992 funcionaba un cambiador a unos dos kilómetros al sur de Córdoba, en la salida de la línea de Córdoba a Málaga (cerca del antiguo apartadero de “Electromecánica”), por el que pasaban los trenes “Talgo 200” de Madrid a Málaga (que llegaban a la capital cordobesa por la línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla). Este cambiador posteriormente fue empleado por la rama malacitana del Talgo camas de Andalucía a Barcelona, y más adelante (desde 1999) también por el Talgo diurno de Madrid a Algeciras.

El cambiador de Córdoba (de segunda generación) había sido el empleado como piloto para la evolución de los sistemas operativos ya descrita; pero dejó de usarse al entrar en servicio en diciembre de 2006 el tramo de desde la Bifurcación Almodóvar a Antequera-Santa Ana de la LAV, ya que todos los trenes que lo empleaban pasaron a circular por la línea de alta velocidad hasta Antequera-Santa Ana, donde se instalaron dos cambiadores duales de la tercera generación. Estos trenes permitían circular a los trenes “Talgo 200” de Madrid a Málaga, así como a los trenes de Madrid a Algeciras (en ese momento se pasó de una a dos frecuencias) y a los nuevos servicios de Madrid a Granada (que dejaron de circular por la línea convencional de Despeñaperros para pasar a hacerlo por la de alta velocidad hasta estos cambiadores de Antequera-Santa Ana).

Un año después de la puesta en servicio de estos cambiadores, en diciembre de 2007, la línea de alta velocidad quedó concluida hasta Málaga. En ese momento, con lo que por estos cambiadores de Antequera dejaron de circular los trenes “Talgo 200 de Madrid” a Málaga que fueron sustituidos por nuevos trenes de alta velocidad AVE (material series 102, 100 y 103) de Madrid a Málaga, aunque los cambiadores de Antequera se siguen empleado (2009) para los trenes Talgo a Madrid a Algeciras y Granada.



En Antequera-Santa Ana existen dos cambiadores duales (CAF y Talgo) que se utilizan para los trenes de Madrid, Algeciras y Granada

Cambiadores en la línea de Madrid a Valladolid

La nueva línea de alta velocidad de Madrid a Valladolid y a Medina del Campo está concebida (a diferencia, por ejemplo, de las de Madrid a Barcelona y a Sevilla) como un tramo troncal del que se irán bifurcado ramales para llegar a diferentes destinos (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco). El tramo de Madrid a Valladolid y a Medina tiene ancho de vía estándar (1.435 mm); electrificado a 25 kV c.a. y es apto para muy alta velocidad, pero los trenes (excepto los que terminen sus recorridos en Segovia, Medina o Valladolid) deberán continuar sus recorridos por las líneas convencionales de ancho ibérico (1.668 mm) y electrificadas a 3 kV en corriente continua. En el futuro se irá extendiendo la red de alta velocidad hacia el Norte, o bien por continuidad de la línea actual (por ejemplo, de Valladolid a Palencia y León) o bien por tramos que se construyen más adelante (“Y vasca”, Orense-Santiago, túneles de Pajares). Por ello, durante muchos años, una parte importante de los trenes que recorran la nueva línea deberán ser de ancho variable, para poder emplear el tramo troncal de ancho estándar y más adelante las líneas convencionales. Y ello, tanto en servicios de larga distancia (Madrid a Valladolid y Gijón, Madrid a Medina-Galicia); como de media distancia (Madrid a León o Madrid a Burgos y Vitoria).

En esta línea los cambiadores de ancho tienen un papel fundamental, ya que no son soluciones temporales hasta que la LAV llegue a destino (como lo son en las líneas de Barcelona o de Málaga), sino que formarán parte durante mucho tiempo de la estrategia de explotación de la línea.

Es por ello que la línea cuenta desde el primer momento de su explotación (diciembre de 2007) con tres cambiadores comerciales: en Madrid Chamartín, Valdestillas y Valladolid, y dos más en Fuencarral de carácter técnico, a los que se sumó en los primeros meses de 2008 otro cambiador en Medina Campo. En configuraciones posteriores de extensión de la línea quizá serán necesarios otros cambiadores, por ejemplo a la salida de Medina hacia Salamanca y en Zamora.

Además, puede mencionarse que en las proximidades de Matapozuelos existió el proyecto de instalar un cambiador CAF, habiéndose construido la infraestructura, pero la idea fue posteriormente desechada, y para cumplir esa función se construyó el cambiador de Valdestillas.

La funcionalidad de los cambiadores es obvia: el de Madrid-Chamartín tiene dos misiones: permitir la circulación por Madrid de los trenes pasantes de Gijón y de Santander a Alicante (servicios que ya existían y que se mantuvieron al entrar en servicio la LAV con notable ganancia de tiempo) y permitir el paso de los trenes de ancho variable salir de la línea hacia el taller de Santa Catalina.

El cambiador de Valdesillas hace posible un mejor aprovechamiento del tramo de Río Duero a Valladolid, en el que provisionalmente hay dos vías únicas (una de cada ancho), lo que produce la necesidad de que algunos trenes que se dirigen hacia el Norte cambien de ancho en Valdestillas en lugar de hacerlo en

Valladolid y circulen entre Valdestillas y Valladolid por la vía de ancho ibérico si son incompatibles con otro tren de ancho internacional.

El cambiador de Valladolid-Campo Grande, situado en el lado Cabezón (Norte) de la estación, permite a los trenes con destinos mas allá de Valladolid (trenes Talgo serie 130 en una primera fase) cambiar el ancho y continuar hacia sus destinos finales.

El cambiador de Medina de Campo (situado en la entrada de la estación desde la antigua línea de Segovia) permite a los trenes procedentes de Madrid y Olmedo por la LAV continuar hacia Galicia o hacia Salamanca; y, dada la topología de la estación, estos trenes deben cambiar el sentido de marcha.

En cuanto a la tipología de cambiadores de esta línea, todos ellos corresponden a la que se ha denominado “tercera generación”; es decir, son aptos para el paso de trenes autopropulsados (ya que tienen catenaria); permiten, en general, la maniobra por gravedad; y pueden pasar por ellos tanto trenes Talgo como trenes CAF, con la excepción de los cambiadores de Madrid-Fuencarral que no son duales, sino que uno de ellos es de tecnología Talgo y otro CAF.

Cambio de las plataformas por movimiento horizontal

Los cambiadores de la línea de alta velocidad de Madrid a Valladolid tienen peculiaridades novedosas. Quizá en este sentido los de Valdestillas, Madrid-Chamartín y Medina son los más relevantes ya que, siendo cambiadores duales aptos para los trenes Talgo y CAF, el cambio de las plataformas no se realiza como en otros cambiadores (Río Adaja, Plasencia, Roda, Antequera...) por abatimiento vertical de una plancha, sino por movimiento horizontal. El nuevo sistema (que podría llamarse “dual- horizontal” y es designado como TCRS-2) está patentado por Adif (como lo está el anterior cambiador “dual abatible”). En él, las dos plataformas (Talgo y CAF) están a nivel de suelo y una de ellas alineada con las vías generales. Cuando va pasar un tren de la otra tecnología, se empuja lateralmente el conjunto de las dos plataformas, de forma que la otra queda en la posición requerida. Este sistema necesita más espacio en planta (razón por la cual no ha podido ser aplicado en Valladolid), pero a cambio resulta más económico, sencillo y fiable.

Las peculiaridades de cada uno de los cambiadores de la línea son las siguientes:

- Madrid-Chamartín: Dual horizontal; perfil de vía en bañera (pendiente por ambos lados); con descongeladores y sin mangos.
- Valdestillas: Dual horizontal; perfil en bañera; con descongelador y con mangos.
- Valladolid: Dual abatible; perfil con pendiente en ambos lados hacia Valladolid; con descongeladores y con mangos.

- Medina del Campo: Dual horizontal; perfil con pendiente hacia Medina; con mango lago Segovia; con baipás de ancho de vía ibérico para trenes de trabajos.
- Fuencarral I y II. No son cambiadores duales (uno es de tecnología Talgo y el otro de Caf). Sólo son para movimientos al taller.



Arriba a la izquierda cambiador de Valdestillas; arriba a la derecha cambiador Madrid Chamartín en construcción; abajo a la izquierda Valdestillas y abajo a la derecha cambiador de Valladolid (Fotos: Sergio López Lara)

Cambiadores en la línea de Madrid a Levante

La primera parte de la línea de alta velocidad de Madrid a Levante entra en servicio en 2010 entre Madrid y Valencia y el ramal a Albacete. En este tramo se incluyen dos cambiadores de ancho para trenes comerciales.

- Cambiador de ancho de Valencia AV: Situado en el lado Sur de las vías de ancho ibérico de la estación de Valencia Alta Velocidad. Cambiador dual abatible que permite la circulación de trenes de Madrid a Castellón y Gandía que empleen hasta Valencia la línea de alta velocidad. Este cambiador es en fondo de saco, ya que todos los trenes que llegan y salen a esta estación lo hacen por el lado Sur, con independencia de su ancho de vía.
- Cambiador de ancho de Albacete: Es un cambiador dual horizontal que permite aprovechar el tramo de la línea de alta velocidad entre Madrid y Albacete para continuar por la línea convencional hasta Alicante, por ejemplo.

- Además de estos dos cambiadores para trenes comerciales, se instaló un cambiador provisional en la base de Gabaldón, cerca de Albacete, para la entrada a la línea de trenes de pruebas de reconocimiento. Este cambiador es de tecnología Talgo (se reaprovechó el que estuvo ubicado en Lleida) y por su provisionalidad no dispone ni de equipo de lubricación por agua.



Cambiador dual abatible de Valencia (Foto: Sergio López Lara)



Cambiador dual horizontal de Albacete (Foto: Sergio López Lara)

CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMBIADORES DE LA TERCERA GENERACIÓN

Los cambiadores automáticos de ancho de vía de tercera generación presentan, como ya se ha indicado, diversas novedades técnicas o de explotación que se analizarán seguidamente. Por ser más completos que los de generaciones anteriores, su descripción resulta de mayor interés.



Cambiadores de Roda de Bará, representativos de la tercera generación (Foto: Sergio López Lara)

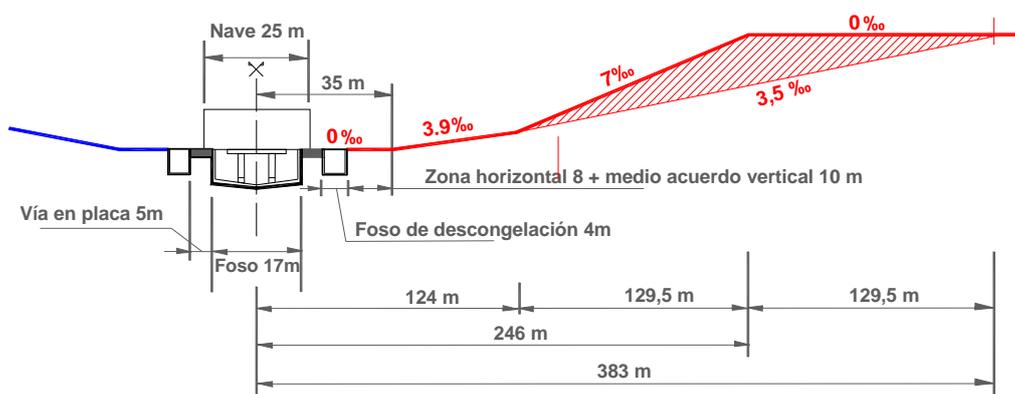
Perfil de vía “en bañera”

En los cambiadores de primera y de segunda generación era frecuente el caso de los cambiadores situados en rasante horizontal (Portbou, Hendaya) en los que el tren no puede pasar por gravedad en ninguno de los dos sentidos; o el caso de los que tienen inclinación en los dos lados hacia el mismo sentido (Córdoba, Madrid-Atocha) y en ellos los trenes sólo pueden pasar por gravedad en un sentido, debiendo ser empujados o arrastrados en el otro.

En los cambiadores de tercera generación se salva la limitación que supone que este perfil de vía. Para hacer posible el paso de los trenes por gravedad en ambos sentidos, los nuevos cambiadores están situados en un perfil de vía “en bañera”: el cambiador está en una zona más baja, por lo que las dos vías de acceso tienen pendiente (descenso) hacia el lado del cambiador. Así, los trenes pueden pasar por gravedad en los dos sentidos.

En los cambiadores con perfil “en bañera” la zona central (en la que está la plataforma del cambiador) debe estar en horizontal; y las zonas en pendiente ésta debe tener una inclinación mínima (3-4 milésimas) para que puedan pasar por gravedad los coches de los trenes no autopropulsados considerando la resistencia mecánica adicional del cambiador. También está limitada la pendiente por un valor máximo para que, al salir un tren autopropulsado del cambiador pueda remontar la rampa correspondiente (este valor máximo es alrededor de 12 milésimas).

Perfil de vía en bañera cambiadores tercera generación



Cotas en metros. Pendientes en milímetros por metro

Fuente: Criterios técnicos y normas de explotación. Definición funcional de las instalaciones de cambio de ancho para trenes de viajeros en las nuevas líneas de Alta Velocidad, Dirección de Explotación GIF, diciembre de 2002.

Este perfil “en bañera” fue aplicado en primer lugar en el cambiador de Río Adaja (aunque con valores de 3 a 4 milésimas, pues únicamente se diseñó

para trenes autopropulsados) y de aquí pasó a los Plasencia, Zaragoza, Puigverd, Roda de Bará, Santa Catalina, Antequera y Almodóvar, con pendiente de inclinación diferente según los casos.

Modularidad y portabilidad

Al empezar a diseñar funcionalmente los cambiadores de la tercera generación se observó que en cada emplazamiento se presentaban necesidades diferentes. Así, un cambiador puede ser para trenes Talgo, para trenes CAF o para los dos; puede ser para trenes autopropulsados y para trenes convencionales (remolcados por locomotora), o solamente para una clase de ellos; pueden tener o no necesidad de descongelación de rodales en uno o en los dos lados; puede haber o no haber en la ubicación seleccionada acometida de energía eléctrica y de agua, etc.



Junto a los cambiadores de tercera generación se construyen módulos trasladables en los que se ubican los equipos auxiliares

La principal característica de los cambiadores de la tercera generación es su “modularidad”, para dar respuesta a las necesidades funcionales de cada caso concreto, pero empleando soluciones generales y que se puedan fabricar en serie.

Por ello, al diseñar cada cambiador se definen sus necesidades concretas, y en virtud de ellas, se añaden los módulos necesarios, siempre sobre la idea de poder cambiar la configuración si cambian las necesidades, ya que todos los subsistemas son intercambiables.

Además, la progresiva expansión en España de la red de ancho de vía estándar internacional sugiere que en muchos casos los cambiadores van a tener un periodo de utilización limitado, desapareciendo su necesidad y a su vez apareciendo la necesidad en otro emplazamiento. Por ello, a la propiedad de la “modularidad”, se ha añadido la “portabilidad”, de forma el propio cambiador y los equipos auxiliares pueden trasladarse hacia una nueva ubicación, y puede aprovecharse, según los casos, hasta un 80 por ciento de la inversión realizada en un cambiador si sus elementos se trasladan o se reaprovechan para otros emplazamientos.

Polivalencia

Otra de las características diferenciales de estos cambiadores es que los equipos que realizan directamente el cambio de ancho (guías de apoyo, carriles divergentes y convergentes, mecanismos de encerrojamiento, etc.) no están fijos o “embebidos” en un foso y soldados al carril (como ocurre con los cambiadores de primera y de segunda generación, incluido de Lleida), sino que estos equipos están solidarios a una “plataforma” que se puede montar, desmontar y transportar. De hecho, en los cambiadores de tercera generación las “plataformas” para el paso de los trenes Talgo las fabrican Patentes Talgo y CAF, cada una las de sus trenes, y ambas se pueden montar sobre el mismo foso.



Los cambiadores de tercera generación son polivalentes y las plataformas están superpuestas a una bancada, en lugar de empotradas en un foso. En la foto, se puede ver una plataforma Talgo a la izquierda y una plataforma CAF a la derecha.

Y como el mismo foso (por ello las vías de acceso por ambos lados) sirve para la plataforma de Talgo, de CAF o para las dos, nacen los “cambiadores duales” que tienen las dos planchas, que pueden situarse alternativamente en continuidad con la vía una u otra según el tren que vaya a pasar por ella en cada momento.

El sistema de cambio de las planchas inicialmente es por abatimiento vertical (la plancha gira 90° sobre un eje paralelo a la vía). La primera aplicación fue en Río Adaja (tramo de ensayos Olmedo-Medina) y luego se ha empleado en Plasencia de Jalón, Zaragoza, Roda de Bará, Antequera y Valladolid.

Se aplicó después en Madrid-Chamartín, Valdestillas, Medina del Campo (LAV de Madrid a Valladolid) y Alcolea de Córdoba un nuevo sistema (patentado por Adif) para que el cambio se realice por desplazamiento horizontal de las plataformas. Este sistema, más sencillo y fiable, sólo puede ser empleado en ubicaciones que dispongan de suficiente espacio en anchura, pues requiere 12 metros libres frente a los 8 metros requeridos por los abatibles.

La modularidad implica también que aún cuando en un cambiador sólo se instale una plancha (por ejemplo, la de CAF) porque se prevea que solo va a circular este tipo de trenes, el dimensionamiento del foso (16 m de longitud por 8 metros de ancho y 1,8 metros de alto) y su resistencia permite en cualquier momento sustituir esta plancha por otra, o añadir un equipo para la dualización del cambiador. La transformación de un cambiador de CAF a uno de Talgo o al revés, sería por tanto cuestión de pocas horas. Se ha tenido en cuenta que las planchas de los equipos de Talgo son más largas y pesadas que

las de CAF, por lo que las dimensiones del foso de los cambiadores de la tercera generación están adaptadas en cuanto a longitud, a la plancha Talgo.

Paso de catenaria

Otra novedad muy visible de los cambiadores de tercera generación es que la catenaria pasa a través de ellos, ya que se debe garantizar la continuidad del hilo de contacto, porque los pantógrafos pueden estar en todo momento en contacto él. Esta necesidad no se producía en los cambiadores clásicos, ya que al cambiar la máquina (aunque ésta fuera eléctrica en ambos lados), ésta no pasaba por el cambiador, por lo que no era necesario mantener la continuidad del hilo de contacto.

Si los trenes tienen vehículos motores con cambio de ancho y que, por lo tanto, pasan por el cambiador, sí que es preciso asegurar que pantógrafo no se despegue; si bien como es lógico, mientras está pasando por el cambiador no toma energía (y normalmente estará bajado). Por ello, la catenaria tiene un aislador a cada lado del cambiador.



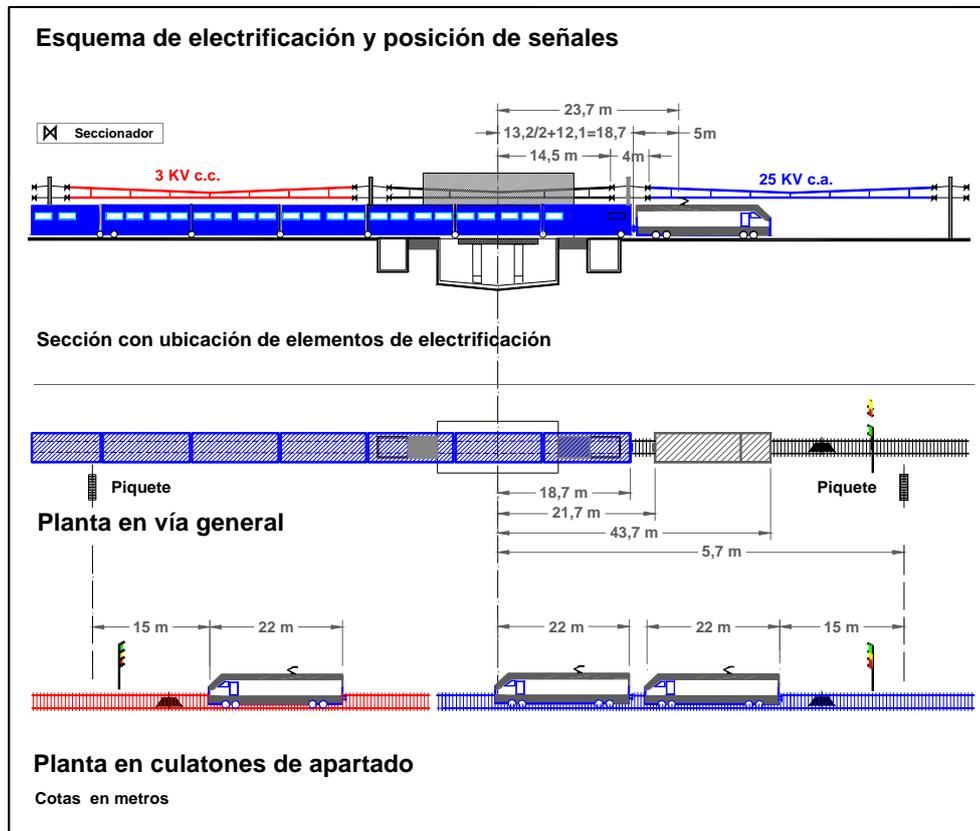
A la izquierda, seccionadores aéreos a la entrada del cambiador. A la derecha, la señal muestra que cambia la tensión de electrificación

Debe tenerse en cuenta que (al menos hasta la actualidad) existe una relación biunívoca entre el ancho de la vía y la tensión de electrificación. Es decir, para el ancho de 1.435 mm la tensión en catenaria es de 25 kV en corriente alterna, y para el ancho de vía de 1.668 mm la tensión es de 3 kV en corriente continua. Ello obliga a que al pasar por el cambiador el tren cambie el pantógrafo, bajando el de corriente alterna y subiendo el de corriente continua o viceversa.

A diferencia de los cambiadores clásicos (en los que era innecesario que la catenaria pasara por el cambiador), el hilo de contacto debe tener continuidad mecánica para permitir el deslizamiento sin obstáculos de una mesilla de pantógrafo, como medida preventiva excepcional para el caso de que al paso de un tren autopropulsado por la instalación de cambio de ancho no estén (como debieran) todos los pantógrafos bajados.

El cable sustentador puede ir anclado a unos pórticos metálicos a la entrada y a la salida del edificio y también puede el sustentador, convenientemente aislado, atravesar la nave del cambiador.

La longitud de la nave del cambiador es de unos 25 metros, y se debe establecer una zona neutra (sin tensión) como mínimo de unos 2 metros a cada lado. En total, la zona neutra sin tensión es de unos 27 metros.



Fuente: Criterios técnicos y normas de explotación. Definición funcional de las instalaciones de cambio de ancho para trenes de viajeros en las nuevas líneas de Alta Velocidad, Dirección de Explotación GIF, diciembre de 2002.

El aislamiento eléctrico se consigue, en cada lado, mediante dos parejas de aisladores (uno en el hilo de contacto y otro en el sustentador) separadas unos 4 metros cada uno. De esa manera evita que la catenaria en la zona de cambiador quede en tensión aunque el tren llegue con dos pantógrafos (conectados eléctricamente entre sí) levantados por error:

- En un tren con un único pantógrafo, dejará de entrar corriente por éste cuando el pantógrafo pase por la primera pareja de aisladores.
- En un tren con dos pantógrafos, el primer pantógrafo queda sin paso de corriente al llegar al primer aislador. Sin embargo, el segundo pantógrafo (si ambos están conectados eléctricamente entre sí, lo que no es frecuente) puede estar transmitiendo corriente a través del tren al primero, y éste al hilo de contacto ya situado en una zona neutra. Esta corriente se detectaría por medio del aparato situado en esta zona entre aisladores, y entonces el sistema desconecta (en el tiempo de disparo de la subestación). La función de la segunda pareja de aisladores es la protección en este caso. Por ello, la distancia mínima entre dos parejas de aisladores ha de ser tal que el tren (que aquí circulará como máximo a 30 km/h) pase entre ellos en un tiempo

mayor que el tiempo de disparo de la subestación. Un valor típico puede ser de 4 metros.



En los cambiadores de tercera generación, la catenaria pasa por el cambiador

Los trenes autopropulsados que puedan pasar por el cambiador deberán poseer un sistema de control de pantógrafos e interruptores principales que impidan averías por recibir una tensión distinta de la nominal. Por otro lado, deben poder garantizar la circulación por dicho cambiador sin riesgo de quedarse el tren sin alimentación de catenaria; es decir, deben de disponer de dos pantógrafos separados entre sí al menos la longitud de la zona sin tensión, que será típicamente de 42 metros.

Subsistema de descongelación de rodales

Algunos cambiadores de la nueva generación incluyen equipos de descongelación de los rodales de los trenes. Cuando hay nieve en la vía, se puede introducir agua y congelarse en los intersticios de los rodales de los trenes Talgo, impidiendo, por ello, el paso por el cambiador.

En los casos en que los rodales de los trenes llegan al cambiador congelados, en los cambiadores de primera y de segunda generación se emplean unas lanzas (“Karcher”) con las que se proyecta manualmente de agua caliente a presión, pero el tiempo empleado en descongelar la totalidad del tren puede ser de hasta cinco horas.

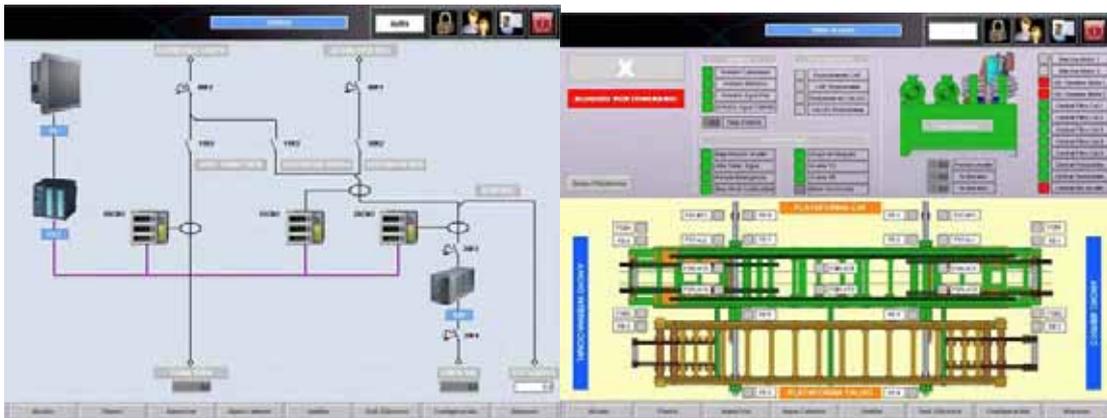


A la derecha puede verse el agua caliente expulsada por los rociadores

Para descongelar más rápidamente, se han instalado fosos con equipos automáticos de descongelación que proyectan agua caliente a presión más concentradamente en las zonas en que es preciso, en los lados de los cambiadores en los que se prevé dicha necesidad. La capacidad de descongelación a instalar (y por ello el tiempo empleado en el proceso) depende tanto del tráfico de trenes previsto, como de la probabilidad que los trenes lleguen al cambiador con este problema. En el cambiador de Plasencia de Jalón se instalaron descongeladores por primera vez en los dos lados.

Automatización y telemando

Es de esperar que en el futuro una gran parte de los trenes que empleen los cambiadores sean autopropulsados. Estos trenes no precisan pararse para pasar por el cambiador, y por ello puede reducirse el personal que atiende los cambiadores, e incluso pueden llegar a operarse sin personal. Por ello, en los nuevos cambiadores que incluyen numerosos equipos tienden hacia la automatización, pudiendo telemandarse los equipos básicos, como el cambio de las plataformas, el arranque del agua de lubricación Talgo, etc. Incluso se relacionan con el enclavamiento para incluir en los cambiadores duales como una condición de apertura de la señal que esté la plataforma en la debida posición y encerrojada (desde este punto de vista, la plataforma se comporta como un desvío que debe estar en una determinada posición y además comprobándose en esta posición). La relación con el enclavamiento se ensayó ya en el de Río Adaja y se aplica en los de Roda de Bará, Antequera, Valladolid y Valdestillas.



Pantallas de monitorización de los sistemas del cambiador

Los cambiadores han pasado de ser una instalación pasiva, operada con personal que vigila el paso del tren, a ser una instalación en la que se realizan diversos procesos, y que atienden a numerosos trenes, lo que requiere una elevada fiabilidad de las instalaciones. Para ello, se ha cuidado especialmente la redundancia: los sistemas de cambio de plancha son de accionamiento hidráulico que mueven con motores eléctricos accionados desde una acometida eléctrica de compañía y redundante con un generador. En caso de avería del sistema hidráulico, puede accionarse con aire comprimido del propio tren y también manualmente en caso de emergencia total. Todos los equipos vitales están duplicados y existen conexiones de emergencia entre los subsistemas.

En el caso de los trenes Talgo, la lubricación de los carriles sobre los que se apoyan las cajas del tren mientras las ruedas están descargadas para el cambio de ancho es por agua. Ello significa que debe caer una pequeña cantidad de agua mientras está pasando el tren. Si una señal autoriza al tren a entrar en el cambiador, cuando ésta se encuentre abierta, la lubricación debe estar funcionando y para evitar retrasos la señal debe estar abierta

desde un cierto tiempo antes, lo que hace que se gaste mucho agua. En los nuevos cambiadores, el agua de la lubricación se aprovecha totalmente, para lo que se prevé la recogida, decantación, filtrado y nueva impulsión, evitándose así el gasto de agua y el vertido de aguas sucias.



Tren Talgo entrando en cambiador de ancho

Por otra parte, algunos cambiadores también incorporan un equipo medidor de parámetros que permite comprobar la distancia entre las caras internas de las ruedas después de pasar por el cambiador.

Cambiadores dobles

Otra peculiaridad de los cambiadores de Roda y de Antequera es que son dobles, es decir, hay dos cambiadores duales en cada ubicación (en Antequera comparten la misma nave y en Roda están en dos naves diferentes). Esta duplicidad es consecuencia de la experiencia adquirida en la explotación en el cambiador de Córdoba. En él se comprobó que cuando por un cambiador pasan numerosos trenes al día, y hay un tramo de vía única a uno de los dos lados del cambiador, pueden producirse problemas de congestión del tráfico.

Ello se debe a que, aunque el cantón en el que encuentra el cambiador sea corto en longitud (por ejemplo, 7 kilómetros de Córdoba a Valchillón), como el tren pasa en él mucho tiempo (especialmente si como ocurría en Córdoba había que cambiar de máquina), el cantón está ocupado por un largo periodo (17 minutos en este caso), y por ello pueden producirse retrasos en los cruces de los trenes. Por ello, en Roda de Bará y de Antequera, donde se produce mucho tráfico con cambio de máquina y que conducen a tramos de vía única, se han instalado dos cambiadores, con lo que los trenes pueden cruzarse en la zona del cambiador (aunque en el caso de Antequera, sorprendentemente, la falta de un escape hace converger a los trenes desde los dos cambiadores hacia un tramo de vía única).



En Roda de Bará (en la foto) y en Antequera, los cambiadores son dobles, lo que permita cambiar el ancho simultáneamente a los trenes que circulan en sentido contrario

Tecnología y equipos de los cambiadores de la tercera generación

La descripción técnica de los cambiadores, en todas sus facetas componentes y equipos se puede hacer sobre los cambiadores que hemos denominado de “tercera generación”, ya que como hemos indicado, son los más completos y evolucionados de entre los que están en funcionamiento en 2009, aunque ya se trabaja (como se expondrá más adelante) en los cambiadores de la cuarta generación. La descripción se realizará ordenando los equipos con los relacionados con la plataforma y vía, instalaciones eléctricas y de comunicaciones, e instalaciones complementarias.

Los cambiadores duales de Roda de Bará son los más completos y son representativos de los cambiadores de tercera generación. Por ello, la descripción de los equipos que incorporan puede ilustrar sobre las características de estas instalaciones en un caso concreto en que incorpora la práctica totalidad de los módulos posibles. Las instalaciones de los cambiadores de Roda son las siguientes:

Instalación hidráulica

La instalación hidráulica en estos cambiadores es necesaria para el sistema de movimiento y enclavamiento de las plataformas. Cada cambiador dispone de las instalaciones que se indican.

En el foso del cambiador:

- a. Cilindros hidráulicos de elevación de plataformas, de centrado de cupones, de bloqueo de cupones y de seguridad de plataformas levantadas, los cilindros de enclavamiento incorporan válvulas antirretorno pilotadas.
- b. Un panel de operación manual para cada cambiador situado en el foso, con distribuidores para poder operar la instalación con la central de emergencia.
- c. Instalación de tubería hidráulica en tubería rígida de acero bicromatada de $\frac{3}{4}$ ” entre los cilindros y el panel de operación manual así como entre el panel manual y el módulo hidráulico en la losa.

En el módulo prefabricado situado en la losa de instalaciones:

- a. Central hidráulica principal con 2 grupos de presión con motor eléctrico a 1.500 rpm de 25 CV y bomba doble de 250 kg/cm² de presión máxima. Depósito de aceite de 1.000 litros, 4 bloques de electroválvulas, sonda de temperatura de aceite, sonda de nivel de aceite, presostatos e indicadores de filtros colmatados.
- b. Central hidráulica de emergencia con motor de explosión de 10 CV y bomba doble de 250 kg/cm², montado en bastidor contiguo a la central principal.

c. Autómata de control de movimientos de las plataformas con tarjeta “ethernet”, periferia descentralizada para las señales de traductores de desplazamiento y finales de carrera en el foso y tarjetas de entradas/salidas para señales de la central y comunicaciones con sistema de señalización y mando del cambiador.



A la izquierda sistema de control, y a la derecha grupo hidráulico

Instalación eléctrica

La instalación eléctrica de un cambiador tiene por objeto la alimentación y distribución eléctrica para los distintos servicios. Hay un módulo prefabricado para la instalación eléctrica en el que se encuentran:

- a. Un grupo electrógeno insonorizado de 220 kVA.
- b. Un armario de distribución de baja potencia con el enclavamiento Red-Grupo, los elementos de protección de cada circuito, la protección y el contactor de salida de la toma de tren y un autómata con tarjeta “ethernet” que recibe las indicaciones de todos los elementos del armario para poder ser monitorizados desde aplicación de control.
- c. Un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) de 10 kW/20 min para alimentaciones de autómatas y ordenadores.

Fuera del módulo se encuentran las siguientes instalaciones:

- a. Alumbrado de losa (2 torres), naves de los cambiadores y caminos de maquinistas, con un mando en módulo de vigilancia donde se encuentra el vigilante.
- b. Iluminación y aire acondicionado de todos los módulos.
- c. Un grupo electrógeno (a eliminar posteriormente) para asegurar la redundancia mientras se realiza la conexión a la red de eléctrica de la compañía.

Instalación de agua fría

La instalación de agua fría incluye tres subsistemas

- **Agua general.** La instalación está situada en un módulo prefabricado que contiene un depósito de poliéster reforzado de 12 m³ que se llena con agua limpia de la estación; un grupo de presión de doble bomba de 120 l/min para distribuir a los distintos servicios (Agua Talgo, agua caliente y aseos). El llenado del depósito es regulado con una sonda de nivel por ultrasonidos y una electroválvula de entrada.



A la izquierda, sistema de control; y a la derecha, vista general instalación de agua

- **Agua para lubricación Talgo.** Hay una instalación para cada cambiador situada en su propio módulo prefabricado y que consiste en un depósito de poliéster reforzado de 12 m³ que se llena con agua del depósito de agua general; un grupo de presión de doble bomba de 150 litros por minuto para impulsar el agua hasta la plataforma Talgo, una bomba de recogida de agua en el canal inferior del foso, un decantador de hidrocarburos de 1.000 litros que vierte a un pequeño depósito de poliéster desde el que se vuelve a impulsar el agua reciclada al depósito de agua Talgo. La salida de agua hacia el foso se regula mediante una electroválvula. La instalación incorpora un autómata que gestiona la salida de agua hacia la plataforma cuando se da la orden, así como la reposición de agua al circuito teniendo en cuenta las indicaciones de nivel del depósito (ultrasonidos), los niveles del foso del cambiador y los de la decantadora. Existe también una electroválvula de entrada de agua nueva.

- **Acometida a los aseos** para el personal de servicio de la instalación.

Instalación de descongelación de rodales

La instalación de descongelación de rodales incluye:

- **Colector de descongelación Talgo.** Incorpora un cilindro neumático con una guías que permite el posicionamiento del colector debajo de cada rodal cuando se detiene encima del foso de descongelación, así con el colector de descongelación con toberas para salida del agua hacia los puntos críticos de acumulación de hielo y una chapa deflectora que protege el colector.

- **Sistema de producción de agua caliente**, capaz de suministrar 440 l/min de agua a 70° de forma ininterrumpida. Consta de una caldera de 1.200.000 kcal/h con quemador modulante de gasoil; dos intercambiadores de placas de 1.000 kW 90/70/30/70° y 26 m³/h; una bomba del primario de 50 m³/h; una electroválvula de 3 vías proporcional para la regulación de temperatura del secundario; una bombas de impulsión del secundario de 440 l/min a 16 bar; un depósito calorifugado de 10 m³ de acumulación, filtros de malla, sondas de temperatura y presión, una electroválvula de 3 vías para regular el caudal de salida y un sistema de control y mando con un autómata y un mando inalámbrico.



A la izquierda, sistema de control de agua caliente y a la derecha vista general de caldera

Otros equipos e instalaciones

Instalación de Gasóleo. En un módulo prefabricado se encuentran un depósito de poliéster de doble pared de 15.000 litros con boca de registro, boca de carga, respiración, aspiración y avisador de derrame electrónico. Además, se dispone de una bomba de gasoil para alimentación de los grupos electrógenos.

Instalación de aire comprimido. Un compresor de aire de 12 bar con calderín de 300 litros capaz de entregar un caudal de 700 litros/min. Existe un circuito de aire comprimido que va hasta los fosos principales, el foso de descongelación, los módulos de agua Talgo y el módulo de agua caliente.

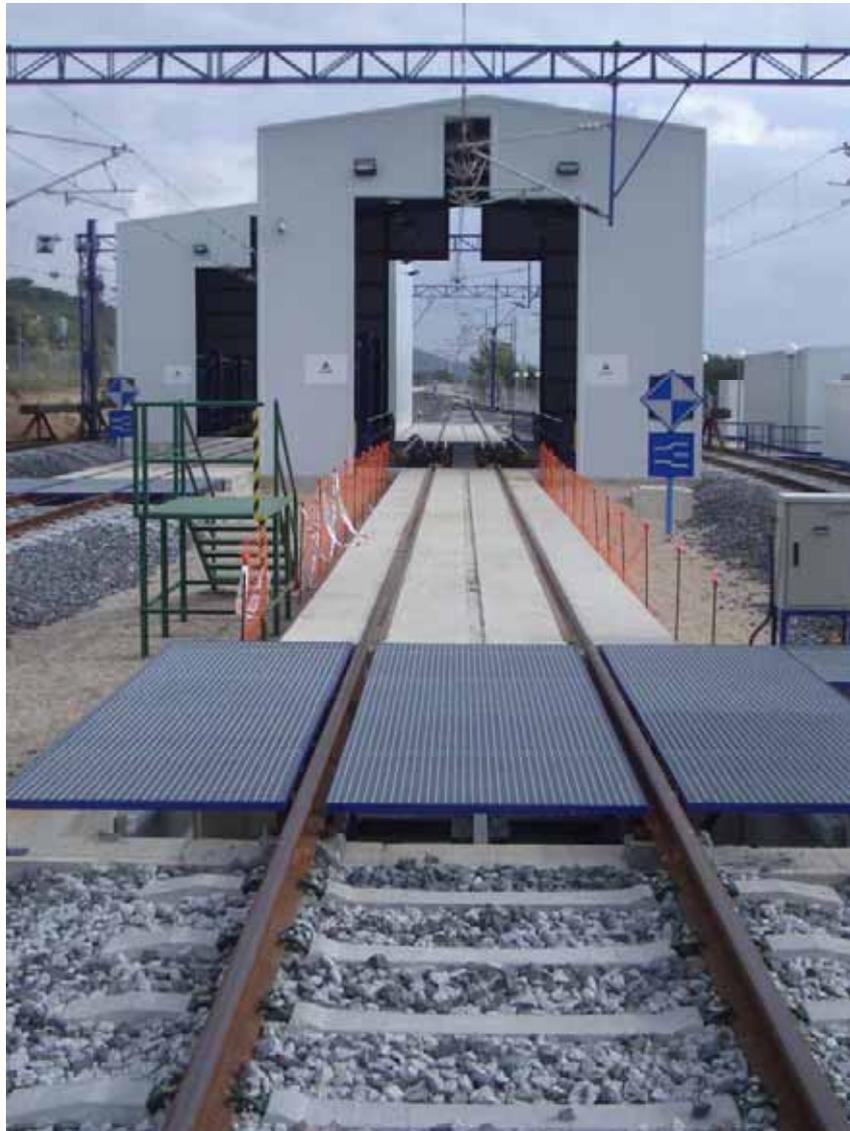
Instalación de control. Existe una red “ethernet” a la que se conectan todos los autómatas y se reparte desde un switch situado en una de las oficinas. En esta misma oficina hay un ordenador de sobremesa con una aplicación de control y monitorización de la instalación desarrollada en WinCC de Siemens.

Instalaciones de Seguridad. En el propio cambiador se encuentra un enclavamiento de Bombardier para el lado de ancho de vía ibérico. El enclavamiento del lado de ancho internacional se encuentra en La Pobra de Montornés y es de Dimetronic. Ambos enclavamientos incorporan la funcionalidad del cambiador, intercambiando información con el cambiador sobre la plataforma enclavada, señalizando la plataforma enclavada con una señal alfanumérica y permitiendo lanzar órdenes de posicionamiento de plataformas de forma telemática desde el puesto del operador. En el cambiador hay unos armarios de relaciones con los enclavamientos con un

autómata de seguridad que gestiona los mandos y recibe órdenes de posicionamiento. Asimismo, hay unas cajas con relés de seguridad situadas en los fosos para realizar la lógica “hardware” que determina que plataforma está enclavada según las señales de los finales de carrera de seguridad situados en los fosos.

Medidores de parámetros Talgo. Existe un aparato medidor de parámetros de ruedas T2 a la entrada de cada cambiador. Este equipo mide la distancia entre caras internas de las ruedas de los vehículos, así como el desplazamiento del eje con respecto al centro de la vía.

Sistema de videovigilancia. Se ha instalado una red de cámaras móviles y fijas por el cambiador llegando hasta la estación de Roda. Los cableados de señal y posicionamiento de las cámaras van hasta el módulo de vigilancia, desde donde se transmiten las señales por la fibra óptica de la línea a los puestos de operación correspondientes.



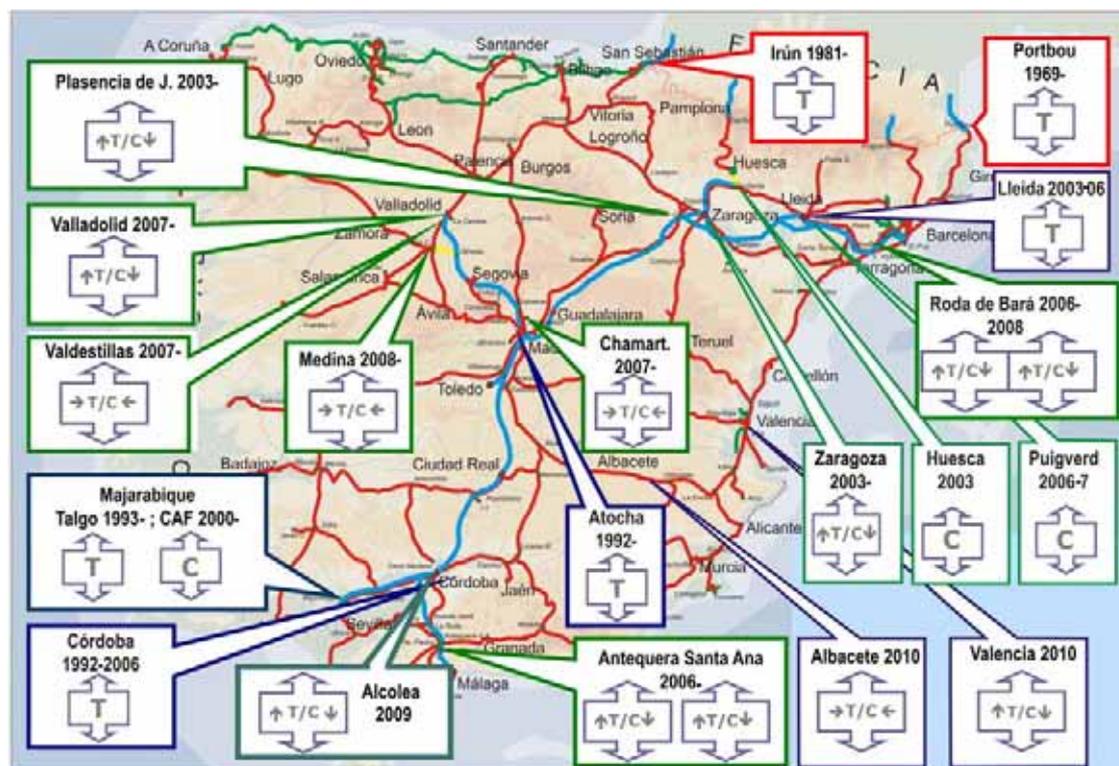
CAMBIADORES DE ANCHO AUTOMÁTICOS EN ESPAÑA

A lo largo del tiempo se han instalado en España 33 cambiadores de ancho (dos de ellos dobles) para sistemas de cambio automático de ancho de vía.

Del total, siete cambiadores están o han estado en talleres o instalaciones de mantenimiento, seis son instalaciones de pruebas, y el resto son para trenes comerciales.

Hasta 2010 un total de cinco cambiadores comerciales (y dos más en talleres) han sido dados de baja por haber desaparecido la causa para la que se construyeron.

Cambiadores de ancho en España



Relación de cambiadores instalados en España

Los cambiadores de primera generación, construidos para los trenes Talgo internacionales, son los cinco siguientes:

- Port Bou (Girona), 1969, tecnología Talgo, para trenes internacionales.
- Irún (Guipúzcoa), 1981, tecnología Talgo, para trenes internacionales.
- Aravaca (Madrid), 1967-2001, tecnología Talgo para pruebas y mantenimiento.
- Pueblo Nuevo (Barcelona), 1969, situado desde 1988 en Sant Andreu, tecnología Talgo, para mantenimiento.
- Las Matas (Madrid), 1980, tecnología Talgo, para mantenimiento.

Los cambiadores de segunda generación instalados en España, ligados a las primeras líneas de alta velocidad han sido cuatro:

- Madrid-Puerta de Atocha, 1992, tecnología Talgo para pasos a la base y trenes nacionales de ancho variable.
- Córdoba, 1992-2006, tecnología Talgo para trenes nacionales de ancho variable.
- Majarabique (Sevilla), 1993, tecnología Talgo para trenes nacionales de ancho variable.
- Lledia, 2003-2006, tipo Talgo, para trenes nacionales de ancho variable.

Los cambiadores de tercera generación, con algunas características diferentes entre ellos (en coherencia con la modularidad característica de esta generación) son catorce, los que se relacionan seguidamente:

- Río Adaja (Valladolid), 2001-2008, dual Talgo-Caf (de abatimiento vertical) para usos experimentales.
- Plasencia de Jalón (Zaragoza), 2003, dual Talgo-Caf (abatible con instalaciones descongelación) para trenes nacionales de ancho variable.
- Zaragoza, 2003, dual Talgo-Caf (abatimiento) para pasos a la base de mantenimiento CAF y para trenes nacionales de ancho variable.
- Huesca, 2003, tecnología Caf, sin nave, para trenes nacionales de ancho variable.
- Puigverd de Lleida (Lleida), 2006-2006, tecnología Caf, sin nave, para trenes nacionales de ancho variable.
- Roda de Bará (Tarragona), 2006-2008, dos cambiadores duales Talgo-Caf (abatimiento vertical) para trenes nacionales de ancho variable. Desde 2008 estas instalaciones, sin uso regular, se emplean para experimentación de los cambiadores de la cuarta generación

- Santa Catalina (Madrid), 2005, dual Talgo-Caf (abatimiento vertical), sin nave, para usos de mantenimiento.
- Antequera-Santa Ana (Málaga), 2006, dos cambiadores duales Talgo-Caf (abatibles) para trenes nacionales de ancho variable.
- Valladolid, 2007, dual Talgo-Caf (abatible) para trenes nacionales de ancho variable.
- Valdestillas, 2007, dual Talgo-Caf (cambio horizontal) para trenes nacionales de ancho variable.
- Madrid-Chamartín, 2007, dual Talgo-Caf (cambio horizontal) para trenes nacionales de ancho variable.
- Fuencarral (Madrid) I y II, 2008, dos cambiadores sin nave, uno de tecnología Talgo y otro CAF, para mantenimiento.
- Medina del Campo (Valladolid), 2008, dual Talgo-Caf (cambio horizontal) para trenes nacionales de ancho variable.
- Alcolea de Córdoba, 2009, dual Talgo CAF (cambio vertical) para trenes regionales de ancho variable, construido reutilizando elementos de cambiador de Roda de Bará lado mar.
- Valencia, 2010, dual Talgo CAF (cambio vertical) para trenes autopulsados de ancho variable
- Albacete, 2010, dual Talgo CAF (cambio horizontal) para trenes autopulsados de ancho variable.



Secuencia en el cambio de plataforma de CAF (izquierda arriba) a Talgo en un cambiador horizontal, en este caso Valdestillas. (Fotos: Ana López Romero)

Siete de los cambiadores construidos se han suprimido o dejado de utilizar: los de Aravaca y Pueblo Nuevo al desaparecer las respectivas bases; y en lo que se refiere a cambiadores para trenes comerciales, se han suprimido o dejado de usar los de Lleida, Puigverd de Lleida y Córdoba en diciembre de 2006, y los dos de Roda de Bará en 2008 (aunque éstos últimos en 2009 se han empleado para el paso de trenes sin servicio comercial). En estos casos, la baja del cambiador se ha producido al avanzar las líneas de alta velocidad y por ello cambiarse el ancho de los trenes en los nuevos cambiadores o por haber llegado hasta destino la línea de ancho estándar, lo que ya hace innecesario el cambio de ancho de vía.

En la tabla pueden apreciar las ubicaciones de todos los cambiadores y sus características más relevantes.

Características de cada uno de los cambiadores de ancho (2010)

Cambiador	Años funcion.	Gen.	Uso cambiador marzo 2008 /trenes día medio	Tecnología cambiador (1)	Nave / Pasa la catenaria	< -3 mm/m lado 1435/1668	Equipo agua Talgo / recircul.	Instalac. descogelac. lado 1435 /1668	Módulos instalaciones reutilizables
Changer	Operating years	Gen.	Use march 2008 / trains per day	Tecnología cambiador (1)	Nave / Pasa la catenaria	< -3 mm/m near 1435/1668	Equipo water Talgo / recircul.	Instalac. descogelac. lado 1435 /1668	Módulos instalaciones reutilizables
Aravaca	1967-2001	1	Desmantelado	Talgo F	No / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Irún	1968-1968	1	Desmantelado	Talgo F	Sí / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Portbou	1969-	1	T. París y otros / 7	Talgo F	Sí / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Irún	1980-	1	T. París / 2	Talgo F	Sí / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Barcelona-Pueblo Nuevo	1969-1988	1	Trasladado 1988 Sant A.	Talgo F	No / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Las Matas I	1980	1	Taller / Workshop	Talgo F	No / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Barcelona-S. Andreu Comptal	1988-	1	Taller / Workshop	Talgo F	No / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Madrid-Puerta de Atocha	1992-	2	Pasos a las Matas	Talgo F	Sí / No	No / no	Sí / no	No / no	N/A
Córdoba	1992-2006	2	Sin uso	Talgo F	Sí / No	Sí / no	Sí / no	No / no	N/A
(Sevilla) Majarabique Talgo	1993-	2	T. Cádiz, Huelva/2	Talgo F	Sí / No	No / si	Sí / no	No / no	N/A
Beasaín (factoría CAF)	1999-	-	Sin uso regular	CAF F	Sí / No	No / si	N/A	No / no	N/A
(Sevilla) Majarabique CAF	1999-	-	Sin uso regular	CAF F	Sí / No	No / si	N/A	No / no	N/A
Lleida	2003-2006	2	Desmantelado 2008	Talgo F	Sí / No	No / si	Sí / no	Sí / sí	Sí
Río Adaja	2001-	3	Desmantelado 2008	Dual / V	No / Sí	Sí / sí	Sí / sí	No / no	No
Plasencia de Jalón	2003-	3	T. Pamplona, Irún, Logroño/10	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	No
Zaragoza-Delicias	2003-	3	Pasos TRD taller	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Huesca	2003-	3	TRD Zaraza-Jaca 2	CAF P	No / Sí	No / no	N/A	No / no	N/A
(Madrid) Santa Catalina	2006-	3	Taller / Workshop	Dual / V	No / Sí	Sí / sí	Sí / sí	No / no	No
Puigverd de Lleida	2006-	3	Sin uso regular	CAF P	No / Sí	Sí / sí	N/A	No / no	N/A
Roda de Bará (1)	2006-	3	Alvias Mad-Bcn+Alt. Triana/4,5	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	No / no	Sí
Roda de Bará (2)	2006-	3	Alvias Mad-Bcn+Alt. Triana/4,5	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	No / sí	Sí
Antequera-Santa Ana (1)	2006-	3	T.Mad.-Granada Algeciras / 2	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Antequera-Santa Ana (2)	2006-	3	T.Mad.-Granada Algeciras / 2	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Valdestillas	2007-	3	Alvias Madrid Norte / 4	Dual / H	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Madrid-Chamartín (Norte)	2007-	3	Alvias Alicante Norte / 4	Dual / H	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Valladolid (Norte)	2007-	3	Alvias Madrid Norte / 12	Dual / V	Sí / Sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Medina del Campo	2008-	3	Talgo Madrid-Galicia / 2	Dual / H	Sí / Sí	Sí / no	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Fuencarral	2008-	3	Taller / Workshop	CAF F	Sí / Sí	No / no	N/A	No / no	No
Fuencarral	2008-	3	Taller / Workshop	Talgo F	Sí / Sí	No / no	Sí / sí	No / no	No
Alcolea de Córdoba	2009-	3	Comercial	Dual / V	Sí / Sí	No / no	Sí / sí	No / Sí	Sí
Albacete Base de Gabaldón	2009-	2	Trabajos construcción	Talgo F	No	No / no	No / no	No / no	No
Valencia AV	2010-	3	Comercial desde diciembre 2010	Dual / V	Sí / Sí	No / no	Sí / sí	Sí / -	Sí
Albacete	2010-	3	Comercial desde diciembre 2010	Dual / H	Sí / Sí	No / no	Sí / sí	Sí / sí	Sí
Figueres	2010-	2	Trabajos construcción	Talgo F	No	No / no	No / no	No / no	No

(1) F=fijo; P=Portable; Dual=Talgo+CAF, V cambio vertical; H cambio horizontal

Fuente: Elaboración propia

Operaciones cambio de ancho realizadas en los cambiadores

Se estima que desde la entrada en servicio comercial de los cambiadores de ancho el día 1 de junio de 1969 hasta el día 31 de agosto de 2010 han pasado por ellos unos 329.860 trenes con viajeros.

Puede calcularse que estos trenes llevaban 4.281.314 ejes o rodales, y que en estos trenes se han transportado 63.927.474 viajeros.

En la tabla se recogen los pasos realizados por trenes en servicio comercial. Debe señalarse se han contabilizado los pasos programados en el horario de los trenes, si bien en algunos casos pueden haberse realizado menos pasos por huelgas, costes de vía o incidencias meteorológicas. No se han incluido, sin embargo, los pasos realizados para mantenimiento o pruebas. Cuando un tren lo integra más de una composición se han considerado tantos pasos como composiciones.

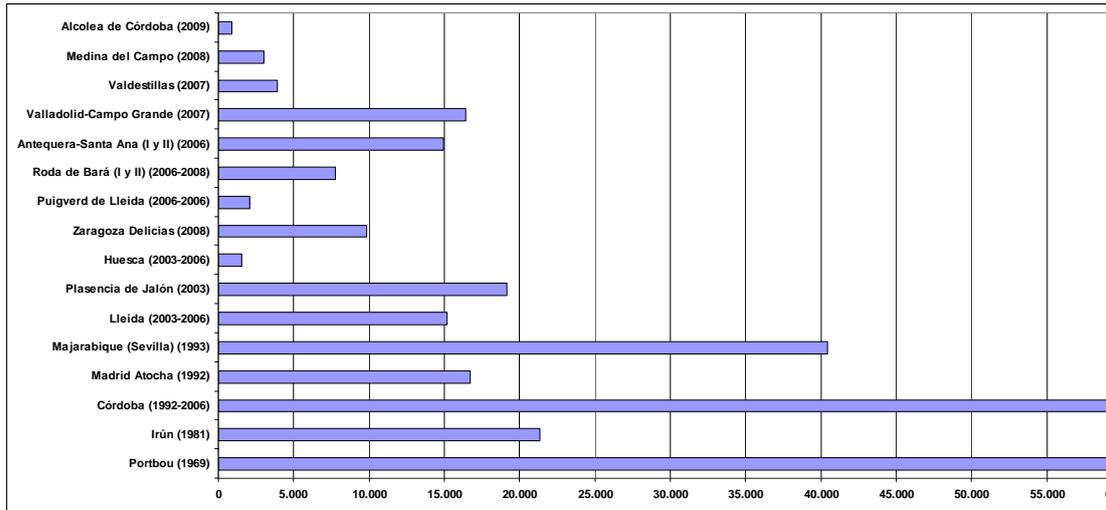


Operaciones en los cambiadores de ancho (1969-2010)

Servicio	Tipo tren	Frecuencias	Cambiador	Comienzo	Final	Nº de pasos
Barcelona-Ginebra ("Catalán")	Talgo RD	2	Portbou	01/06/1969	27/05/1995	18.982
Barcelona-Montpellier ("Catalán")	Talgo RD	2	Portbou	28/05/1995	31/08/2010	11.148
Valencia-Montpellier ("Talgo Mediterráneo")	Talgo RD	2	Portbou	28/05/1995	26/09/1998	2.434
Cartagena-Montpellier ("Mare Nostrum")	Talgo 6	2	Portbou	27/09/1998	31/08/2010	8.712
Barcelona-París ("Barcelona Talgo")	Talgo RD	2	Portbou	25/05/1974	25/05/1991	12.418
Barcelona-París ("Joan Miró")	Talgo 6	2	Portbou	26/05/1991	31/08/2010	14.074
Barcelona-Berna	Talgo 6	2	Portbou	28/05/1989	23/09/1989	236
Barcelona-Zurich	Talgo 6	2	Portbou	29/05/1990	28/09/1996	4.628
Barcelona-Zurich	Talgo 6	0,9	Portbou	29/09/1996	30/09/2000	1253
Barcelona-Zurich ("Pau Casals")	Talgo 6	1,1	Portbou	01/10/2000	31/08/2010	3.931
Barcelona-Milán	Talgo 6	2	Portbou	24/09/1989	28/09/1996	5.122
Barcelona-Milán	Talgo 6	1,1	Portbou	29/09/1996	30/09/2000	1671
Barcelona-Milán ("Salvador Dalí")	Talgo 6	1,1	Portbou	01/10/2000	31/08/2010	3.931
Tren Hotel Alpes	Talgo 6	1	Portbou	01/12/2003	02/01/20004	32
PORTBOU				01/06/1969	31/08/2010	88.541
Madrid-París	Talgo 5	2	Irún	31/05/1981	25/05/1991	7.292
Madrid-París ("Francisco de Goya")	Talgo 6	2	Irún	26/05/1991	31/08/2010	14.074
IRÚN				31/05/1981	31/08/2010	21.366
Madrid-Málaga (Talgo Pendular)	Talgo 6	2	Córdoba	31/05/1992	20/06/1992	40
Madrid-Málaga ("Talgo 200")	Talgo 6	4	Córdoba	21/06/1992	17/04/1994	2.660
Madrid-Málaga ("Talgo 200")	Talgo 6	6	Córdoba	18/04/1994	31/05/1995	2.448
Madrid-Málaga ("Talgo 200")	Talgo 6	12	Córdoba	31/05/1995	16/12/2006	50.604
Madrid-Algeciras ("Talgo 200" y "Altaria")	Talgo 6	2	Córdoba	31/05/1998	16/12/2006	6.242
Málaga-Barcelona	Talgo RD	2	Córdoba	20/06/1992	30/09/1992	204
Málaga-Barcelona ("Antonio Machado")	Talgo 5 y 6	2	Córdoba	01/10/1992	30/09/2000	5.842
CÓRDOBA				31/05/1992	16/12/2006	68.040
Barcelona-Sevilla ("Triana")	Talgo 6	2	Madrid Atocha	01/06/1992	10/10/2003	8.296
Barcelona-Sevilla ("Machado")	Talgo 6	2	Madrid Atocha	01/06/1992	30/09/2000	6.086
París-Sevilla ("Francisco de Goya")	Talgo 6	0,3	Madrid Atocha	21/06/1992	13/10/1992	33
Barcelona-Cádiz (TrenHotel 6)	TH Talgo 6	2	Madrid Atocha	26/01/2009	31/08/2010	1.164
Barcelona-Málaga (TrenHotel 6 "Gibralfaro")	TH Talgo 6	2	Madrid Atocha	26/01/2009	31/08/2010	1.164
MADRID ATOCHA				01/06/1992	13/10/1992	16.743
Madrid-Cádiz ("Talgo 200")	Talgo 6	2	Majarabique	26/07/1993	16/12/2006	9.782
Madrid-Cádiz	Talgo 7	2	Majarabique	17/12/2006	19/02/2008	858
Madrid-Cádiz	Talgo 7	4	Majarabique	20/02/2008	13/06/2009	1916
Madrid-Cádiz ("Alvia")	130	6	Majarabique	14/06/2009	31/08/2010	2.658
Madrid-Huelva ("Talgo 200")	Talgo 6	2	Majarabique	01/08/1993	16/12/2006	9.770
Madrid-Huelva ("Altaria"/"Alvia")	Talgo 6	2	Majarabique	17/12/2006	31/08/2010	2.706
Barcelona-Cádiz ("Triana")	Talgo 6	2	Majarabique	31/04/1992	22/04/2006	10.220
Barcelona-Cádiz ("Triana")	Talgo 7	2	Majarabique	23/04/2006	19/02/2008	1.334
Barcelona-Cádiz (TrenHotel 6)	Talgo TH s/6	2	Majarabique	26/01/2009	31/08/2010	1.164
M AJARABIQUE (SEVILLA)				26/07/1993	31/08/2010	40.408
Madrid-Barcelona	Talgo 7	10	Lleida	11/03/2003	16/05/2006	11.620
Madrid-Barcelona	Talgo 7	6	Lleida	17/05/2006	28/09/2006	804
Barcelona-Sevilla ("Sevilla")	Talgo 6	2	Lleida	11/03/2003	18/12/2006	2.756
LLEIDA				11/03/2003	18/12/2006	15.180
Madrid-Pamplona ("Altaria")	Talgo 7	4	Plasencia de J.	03/01/2004	01/12/2006	4.252
Madrid-Pamplona ("Altaria")	Talgo 7	6	Plasencia de J.	02/12/2006	19/02/2008	2.664
Madrid-Pamplona (Hendaya) ("Alvia")	CAF s/120	8	Plasencia de J.	20/02/2008	31/08/2010	7.384
Madrid-Logroño ("Altaria")	Talgo 7	2	Plasencia de J.	03/01/2004	19/02/2008	3.016

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la tabla, el cambiador con más tiempo de funcionamiento es el de Portbou (40 años) y también es, con 88.541 pasos, el cambiador más utilizado a lo largo del tiempo, seguido del de Córdoba (ya desaparecido) con 68.040 pasos en 14 años y del de Majarabique con 40.408 pasos.

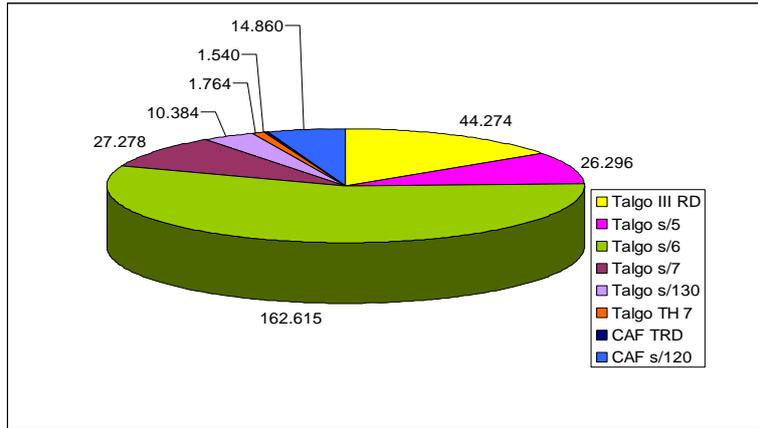


Número de pasos por cada cambiador (1969-2009)

Por tecnologías de cambio, predominan ampliamente los pasos realizados con trenes Talgo (alrededor del 93,16%) lo que se explica por el número de años que lleva en uso esta tecnología (41 años frente a los 7 años de la aplicación comercial CAF). Sin embargo, en la actualidad, el número de pasos diarios de trenes Talgo y CAF es similar.

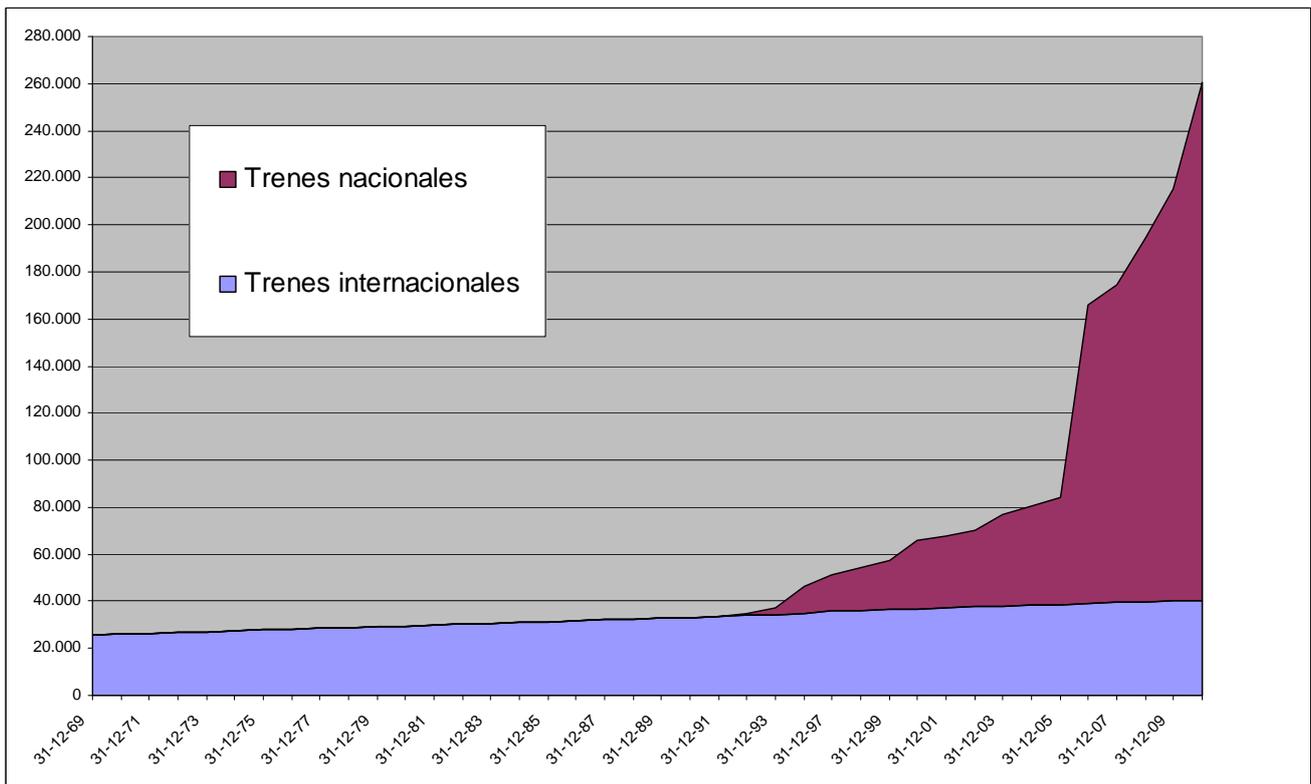


Predominan en el acumulado histórico, los pasos de los trenes remolcados por locomotora, frente a los trenes autopropulsados, lo que es lógico ya que los trenes autopropulsados no comenzaron a pasar por los cambiadores hasta 2003 (tren TRD de CAF) y de forma masiva desde 2006 con el tren serie 120 de CAF y desde 2007 con el tren serie 130 de Talgo. En la historia de los cambios, los trenes autopropulsados sólo representan el 9% de los pasos, pero en la actualidad (2010) es mucho mayor el número diario de pasos de trenes autopropulsados que el de los remolcados.



Número de paso de cambiadores por tipo de material (1969-2010)

El número de pasos ha crecido fuertemente desde que en 1992 se puso en servicio la primera línea de alta velocidad, la de Madrid a Sevilla. Desde 2003 con la entrada en servicio de los primeros tramos de la línea de Madrid a Barcelona, el progreso ha sido aún más rápido.



TRENES Y SERVICIOS DE ANCHO VARIABLE

Para el paso de una red a otra, caracterizadas por el diferente ancho de vía, se han ensayado lo largo del tiempo, como ya hemos expuesto, muy diferentes sistemas aplicados al material rodante.

En algunos casos, se cambian los ejes de los vagones, de forma que al llegar a la frontera se desenclavan los ejes del ancho de vía de llegada y se sustituyen por otros del nuevo ancho. Este sistema se aplica para los trenes de mercancías en las fronteras de Irún y de Portbou desde los años 50 y permite a vagones cargados en España llegar a cualquier rincón de Europa. Presenta dos inconvenientes: el proceso de cambio de ejes es lento (un eje requiere no menos de 10 minutos) y es costoso, porque necesita el empleo de mano de obra especializada y de instalaciones específicas que, si no están redundadas, convierten a la frontera en un cuello de botella si el proceso se quiere aplicar a un importante número de trenes.

En otros casos, se opta por cambiar el bogie o carretón completo, lo que comporta una cierta reducción en el tiempo de cambio de ancho. Esta solución fue empleada con los trenes de viajeros, entre ellos el *Surexpreso* y el *Puerta del Sol*, en la frontera de un desde los años 60 hasta los últimos años 90 y permitió a los trenes de viajeros continuar sin traspasar los viajeros en la frontera.

Un tercer sistema se basa en mantener los mismos ejes o rodales y cambiar solamente la separación entre ellos, realizando el paso de forma automática. Este sistema es el empleado por los trenes Talgo desde 1968 y por los trenes CAF desde 2003, y ha dado lugar a nuevos desarrollos, a la aparición de cambiadores de ancho y a una auténtica revolución en los sistemas de explotación de los servicios ferroviarios.

Estos son los sistemas objeto de análisis en el presente libro, por lo que se describen seguidamente las características más relevantes del material rodante compatible con estos sistemas y los servicios que prestan.

Remolques Talgo de ancho variable

Los primeros trenes en prestar servicio regular con el sistema de cambio automático son los remolques de los trenes Talgo con tecnología de cambio de ancho: primero, desde 1969, el llamado Talgo III RD (“Rodadura Desplazable”) y después diversas versiones del Talgo Pendular (generaciones 5ª, desde 1981; 6ª, desde 1988; y 7ª, desde 2000). Estos trenes han realizado varias decenas de miles de pasos por los cambiadores de ancho, reemplazando siempre las máquinas en la frontera. Se emplean desde 1969 para tráfico internacional y también desde 1992 a servicios nacionales que emplean parcialmente las líneas de alta velocidad.

Al describir la historia y evolución de los cambiadores ya se ha ofrecido una visión general de los cambiadores y de su funcionalidad, por lo que seguidamente se describen algunas de las características técnicas y comerciales de los trenes y de sus servicios concretos.

Trenes Talgo RD

Los trenes Talgo RD (de “Rodadura Desplazable”) construidos entre 1969 y 1974 son técnicamente similares a los trenes Talgo III (con los que comparten el color externo plateado con franja roja), lo que ha provocado que en muchas ocasiones a estos trenes se les denomine “Talgo III RD”.

Se trata de trenes articulados formados por remolques cortos (11,1 metros) que comparten, de dos en dos, un rodal con ruedas libres. Tienen, sin embargo, la relevante diferencia con el Talgo III, de que pueden cambiar el ancho de vía, pasando del ancho ibérico al ancho estándar o viceversa; y en coherencia con ello, se inscriben en el gálibo “UIC” internacional, en vez de en el gálibo Renfe y por ello son algo más estrechos.



Talgo RD en Portbou

Se construyeron cinco composiciones de Talgo RD: dos de ellas de butacas (1969) para el “Catalán Talgo” Barcelona a Ginebra; y otras dos de camas (1974) para el “Barcelona Talgo” de Barcelona a París. Los furgones extremos (de un eje y de dos ejes), restaurantes y cafetería son idénticos para los trenes de butacas y para los de camas, por lo que de cada uno de estos tipos de vehículos se fabricaron cinco unidades.

En total, se construyeron 35 coches de primera clase (17 plazas), pero 22 de ellos fueron transformados a segunda en 1982 (con 25 plazas), ya que no se habían fabricado “segundas” en origen, porque los trenes TEE sólo llevaban primera clase. También se construyeron 5 remolques cafetería; 7 coches restaurantes; 10 furgones generadores (la mitad de dos ejes y la mitad de un eje); 8 remolques de departamentos de dos camas; y 26 remolques de departamentos de cuatro camas. Todos los coches tienen una longitud de 11,1 m y una altura de 3,28 m.



Talgo III RD en pruebas en Aravaca (1967)

Estos trenes son autónomos, y por lo tanto pueden ser remolcados por cualquier tipo de locomotora, ya que los servicios auxiliares son alimentados desde los furgones generadores situados en los extremos del tren. El primer eje del tren es guiado por la locomotora, por lo que (aunque lleva gancho y husillo) los topes de la locomotora que remolca el tren deber estar precomprimidos para el guiado. Como todos los trenes Talgo, son de composición variable, pudiendo agregarse remolques a una composición, e incluso acoplarse varias composiciones entre sí.

Los trenes de la serie III RD circulan por España hasta 160 km/h y por Francia hasta 140 km/h.

Las composiciones de butacas realizaron el “Catalán Talgo” de Barcelona a Ginebra (con cambio de ancho y de máquina en Portbou) desde el 1 de junio de 1969 hasta el 31 de mayo de 1995, fecha en que (coincidiendo con la implantación del servicio TGV de Ginebra a Montpellier) el recorrido se limitó a Montpellier; pero se aumentó la frecuencia, pasando a utilizarse las dos composiciones de butacas para realizar un servicio diario de Barcelona a Montpellier y otro de Valencia a Montpellier. El segundo servicio fue sustituido en 1998 por la prolongación de Talgo “Mare Nostrum” (Cartagena a Portbou) hasta Montellier, mientras que el Talgo de Barcelona a Montpellier continúa en 2009 circulando diariamente atendido por una única composición de butacas sobreviviente. La segunda composición fue destinada en los últimos años 90 a servicios de refuerzo en recorridos nacionales, y luego al Talgo de Madrid a Plasencia y Badajoz, servicio que fue dado de baja en 2003 pasado al Museu del Ferrocarril de Vilanova, que la conserva en Can Tunis (Barcelona).

Las dos composiciones Talgo RD de camas hicieron el servicio de Barcelona a París desde 1974 hasta mayo de 1991 (cuando, como se ha expuesto, fueron sustituidas por Talgo de la serie 6) y más tarde hicieron servicios regulares de

Barcelona a Málaga, y tras un periodo en reserva, fueron desguazadas hacia el año 2000.

Talgo serie 5

Cuando en 1981 se implantó el segundo Talgo camas internacional, que habría de unir Madrid con París, ya circulaba en recorridos nacionales el Talgo Pendular (TPN, “Talgo pendular Nacional” serie 4), como evolución del Talgo III. El Talgo Pendular disponía de remolques algo más largos (13,140 m), mejoras técnicas y de confort; y, sobre todo, que permitía circular a mayor velocidad por las curvas por disponer del sistema de pendulación natural.

En coherencia con ello, cuando se fabricaron las composiciones para el Talgo camas de Madrid a París, ya no se basaron en el Talgo III, sino en el nuevo Talgo Pendular, dando lugar a la serie 5 de Talgo que es un Talgo pendular de rodadura desplazable. Sólo se fabricaron tres composiciones de la serie 5 para este servicio de Madrid a París, que atendieron diariamente desde su implantación en mayo de 1981 hasta que fueron sustituidas en mayo de 1991 por nuevas composiciones de la serie 6.

Se fabricaron coches cafetería, restaurante, camas de clase turista (de 5 cabinas con 4 literas), Camas clase preferente (6 cabinas con 2 literas) y Camas “gran clase” (5 cabinas de 2 literas con aseo completo). Hay dos tipos de furgones generadores: uno en el coche de un rodal con 2 motores con una capacidad de 180 Amperios cada uno; y para el del coche con 2 rodales un único motor con una capacidad de 300 Amperios, además de tener paso a para acceder a la otra composición.

Desde que abandonaron “su” servicio original de Madrid a París pasaron a hacer el servicio nacional nocturno de Barcelona a Sevilla por Valencia (“Talgo Mediterráneo”) y desde junio de 1992 el mismo servicio pero por la línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla (“Talgo Antonio Machado”). Desde el año 2000, los coches de estas composiciones, mezclados con coches de la serie 6 y alguno de la serie 4, atendieron en el servicio nocturno de Barcelona a Sevilla “Antonio Machado” (que desde 2000 hasta 2009 circuló vía Valencia), y el Tren Hotel “Gibraltar” de Barcelona a Málaga y a Granada.

En enero de 2009 estos servicios nocturnos de Barcelona a Sevilla y a Málaga pasaron a circular de nuevo por líneas de alta velocidad desde Barcelona a Zaragoza y desde Madrid a Córdoba y Sevilla. A lo largo del año 2009 estos trenes fueron reemplazados por material Talgo Camas de la serie la serie 7, desplazando a los coches de camas de las series 5 y 6 (con algunas mejoras de interiorismo) al servicio de Barcelona a Gijón que circula entre Barcelona y el cambiador de Zaragoza por la línea de alta velocidad.

Los trenes Talgo camas de la serie 5 circularon en Francia (entre 1981 y 1991) a 160 km/h y en España circulan a 180 km/h y por las curvas con el tipo B, por ser pendulares.



Talgo Camas serie 5

Trenes Talgo serie 6

El Talgo pendular de la serie 6 comenzó a circular desde 1988 en rutas nacionales en su versión de butacas. Se trata de una evolución del Talgo Pendular Nacional (TPN) de la serie 4, pero ya con rodadura desplazable que permite el cambio de ancho, además de introducir otras mejoras técnicas, como el cierre automático de las puertas que le hacen aptos para circular a 200 km/h.

Se han fabricado composiciones de butacas y de camas. Las de camas comenzaron con el servicio de Barcelona a Berna en 1989 (luego a Zurich y Milán) además de sustituir en los servicios nocturnos de Barcelona a París al Talgo RD y de Madrid a París al Talgo serie 5 (servicios en los que siguen en la actualidad, explotados por *Elypsos*).

Los de butacas, después de realizar diversos servicios nacionales comenzaron sus servicios de ancho variable en 1992 atendiendo los servicios “Talگو 200” de Madrid a Málaga y luego a Cádiz, Huelva y Algeciras, así como el longevo Talgo Triana de Barcelona a Sevilla y Cádiz. En la actualidad (2009) los trenes de butacas atienden los servicios “Altaria” con cambio de ancho de Madrid a Granada, Algeciras y de Cartagena a Montpellier.

Se trata de coches cortos (13,14 metros) articulados entre sí con un rodal Talgo compartido entre cada pareja de coches adyacentes. En el conjunto de la composición el coche extremo tiene, además del rodal compartido, otro rodal propio, por lo que ciertos coches se denominan (impropiamente) “de dos ejes”. Los trenes Talgo de la serie 6 disponen de sistema autónomo de alimentación de los servicios auxiliares por grupos motor diésel-alternador situados en los furgones extremos de la composición. Cada una de la

composiciones puede tener diferentes tamaños (5 coches ha sido la composición mínima explotada comercialmente) y pueden acoplarse varias composiciones entre si en un mismo tren.

Se han fabricados coches de la serie 6 de tipo de segunda-turista (36 plazas en 2+2), segunda-cola (24 plazas), preferente (26 en 2+1), cafetería, restaurante (30 plazas), camas turista (5x4), camas single doble (6x2) y camas “gran clase” con aseo (5x2). También existen furgones-generadores de un eje y de dos ejes.



Talgo serie VI haciendo el servicio Talgo 200 de Fuengirola-Madrid (Foto: Juan José Romero)

Trenes Talgo remolcados serie 7

Desde el año 2000, Talgo introdujo una serie de mejoras técnicas adicionales en sus coches pendulares, entre ellas la presurización, la ubicación de los equipos de aire acondicionado bajo el suelo (lo que permite elevar el piso) y un mejor aislamiento. Los nuevos coches fueron designados con la serie 7 y pueden circular a 250 km/h de velocidad máxima. Estos coches (de dimensiones exteriores idénticas a los de las series 4, 5 y 6) en su versión de butacas, comenzaron a circular en el verano de 2000 entre Madrid y Barcelona por la línea convencional en composiciones fijas de 9 coches, adquiriéndose inicialmente 22 composiciones.

Desde comienzos de 2006 se adquirieron coches adicionales y las composiciones existentes pasaron a ser integradas por 11 coches, aumentando la capacidad hasta 299 plazas y además se incorporaron 5 composiciones adicionales.

Estos trenes no tienen grupo motor-alternador para la alimentación autónoma de los servicios auxiliares, sino convertidores estáticos ubicados en los dos coches extremos, por lo que deben recibir desde la locomotora energía eléctrica a 3.000 V para esta función. Por esta razón se ha evitado el empleo de estos trenes en líneas no electrificadas (la demanda de electricidad para

los servicios auxiliares resta potencia de la máquina diésel para la tracción) aunque en ocasiones ha hecho el servicio de Madrid a Granda Algeciras o Almería. La necesidad de desconectar y conectar la manga de los servicios auxiliares al cambiar de máquina en los cambiadores de ancho ha hecho que el paso de estos trenes remolcados por los cambiadores sea unos 5 minutos mayor que en los trenes de la serie 6.

En servicios prestados en parte del recorrido por líneas de alta velocidad (y por ello, con cambio de ancho) los trenes remolcados de la serie 7 han circulado de Madrid a Barcelona (2003-2006), a Pamplona (desde 2003), a Logroño (2003-2006), a Hendaya (desde 2006-2008), a Cádiz (2006-2009) y a Granada (2006-2007) así como Barcelona a Cádiz (2006-2008).

Se fabricaron coches de butacas de la serie 7 de diferentes versiones: clase preferente (26 plazas en 2+1), preferente accesible (23 en 2+1), turista (36 en 2+2), cafetería, preferente extremo (14 plazas) y turista extremo (20 plazas).

Estos coches (27x11) pasaron a integrarse progresivamente desde 2007 en los nuevos trenes autopropulsados de la serie 130 al añadirseles dos motrices, una en cada extremo. Con ello desde junio de 2009 dejaron de circular en formato de trenes remolcados siendo sus últimos servicios de este tipo los de Cádiz y Huelva a Madrid.



Tren Talgo serie 7 remolcado en la LAV de Madrid a Barcelona, 2003. (Foto: Justo Arenillas)

El tren Talgo XXI

El siguiente paso natural en el desarrollo de los sistemas de cambio de ancho era introducir el cambio de ancho de ejes motores, de manera que las locomotoras pudieran también pasar por los cambiadores de ancho, lo que reduciría de forma importante los tiempos de paso y costes del proceso de cambio y la necesidad de locomotoras.

Talgo desarrolló un bogie motor capaz de cambiar el ancho de vía, que fue instalado en una locomotora diesel con una muy original arquitectura: llevaba en parte anterior este bogie de cambio de ancho y en la parte posterior un rodal Talgo compartido con el primer coche (de ahí su nombre de “BT”: Bogie-Talgo).

Esta máquina diesel, con unos coches de prueba, formando un tren de color plateado denominado “Talgo XXI”, hizo numerosas pruebas desde 1998, entre las que cabe destacar un viaje de Madrid a Puente Genil en 1999. Poco después se añadió una segunda máquina de las mismas características formándose un tren de composición M-3R-M.

Estas dos máquinas fueron adquiridas, con cuatro coches intermedios y dos coches remolque con cabina por el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) que las empleó para probar el cambiador de ancho dual en Río Adaja y el nuevo sistema de vías de tres carriles con dos anchos. También realizaron diversas pruebas en la línea de Madrid a Barcelona, en las cuales alcanzó el record mundial de velocidad con tracción diesel en junio de 2002 (más de 256 km/h) cerca de Lleida.



Los dos trenes Talgo XXI, propiedad de Adif en los cambiadores de Roda de Bará (Foto: Sergio López Lara)

Los TRD con bogie “Brava” de CAF

CAF también desarrolló un bogie motor capaz de cambiar de ancho con una tecnología similar, que denomino “Brava”.

El sistema consiste, fundamentalmente, en dos conjuntos de ruedas que girando sobre casquillos pueden desplazarse lateralmente en condiciones controladas sobre un cuerpo de eje no rotativo. La separación entre ruedas viene dada por la situación de los casquillos sobre el cuerpo del eje. Un mecanismo de bloqueo-desbloqueo accionado automáticamente permite que alcancen su posición. Las diferencias de ancho son absorbidas por árboles huecos que unen la reductora con las ruedas en caso de los ejes motores o las ruedas en los remolcados.

Mediante unos pitones de enclavamiento que inmovilizan los casquillos, se impide el movimiento lateral durante la circulación. Para realizar el desenclavamiento es necesario descargar completamente las ruedas. Además existe un mecanismo de seguridad adicional, el gatillo sin el que no se pueden desplazar los casquillos, que evita el desenclavamiento. Funcionalmente, el Brava se comporta de forma similar a un eje convencional, con ruedas que giran acopladas. La disposición de los elementos de freno es tal que su posición no se modifica con el cambio en ancho, lo que simplifica la operación. Los ejes motor y remolcado son muy similares y apenas existen diferencias salvo las obligadas por la reductora que se instala en el eje motor y el árbol de transmisión que la une al motor situado bajo la caja.

En el sistema Brava la operación de cambio de ancho automáticamente se inicia con el desengatillamiento del dispositivo de seguridad y la descarga de las ruedas por apoyo de los rodillos situados bajo las cajas soporte en unos carriles auxiliares. A continuación las ruedas y el cuerpo del eje descienden y se liberan los conos de enclavamiento. Después de desplazan lateralmente las ruedas entre los dos anchos empujadas por los carriles de posicionamiento y posteriormente se elevan hasta que los conos quedan de nuevo enclavados en la nueva posición. La carga se recupera sobre las ruedas, desaparecen los carriles auxiliares y se engatilla de nuevo el dispositivo de seguridad.

Los TRD de ancho variable

Desde 2000 comenzó a probar en el Tramo de ensayos del GIF de Olmedo a Medina del Campo un tren diesel TRD de la serie 594 que equipó con bogies de este tipo.

Los llamados “TRD” (“Tren regional diésel”) de la serie Renfe 594 son 23 trenes diésel de dos coches que derivan los ICE3 daneses. Su potencia total es de 1.080 kW (4 motores Man de 300 kW), tiene cada uno 136 plazas en clase única y su velocidad máxima es de 160 km/h.

Tras las exitosas pruebas, se equiparon dos trenes de esta serie (renumerados como 594.201 y 202) que comenzaron a hacer servicio comercial finales de 2003 entre Catalayud, Zaragoza y Jaca, circulando en parte de su recorrido

por la línea de alta velocidad de Madrid a Barcelona. Desde 2006 se limitaron al recorrido de Zaragoza a Jaca.

Posteriormente estos trenes (siempre con base en Zaragoza) pasaron a realizar servicios en ancho ibérico al implantarse el servicio Avant con trenes eléctricos de la serie 104 entre Zaragoza y Huesca.

La locomotora Talgo-Team

El desarrollo de talgo se orientó hacia el bogie motor eléctrico con cambio de ancho, por lo que un consorcio liderado por Talgo (que además construyó la parte mecánica), y en que participan las empresas Ingelectric y Team construyó una máquina de ancho variable capaz de alcanzar los 260 km/h, que fue probada desde finales de 2003.

En los últimos días de diciembre de 2003 fue colocada sobre bogies esta primera locomotora eléctrica con cambio de ancho de vía, que cumplió la función de prototipo de la serie de 90 vehículos que Renfe había adquirido para formar composiciones “autopropulsadas” serie 130 con los trenes Talgo de 7ª generación. Esta locomotora es bicorriente, tiene una potencia de 3,6 MW.



Locomotora Travca en Plasencia de Jalón

Esta locomotora prototipo (denominada por Talgo “Virgen del Buen Camino”, con numeración L9202 y 130.901) es algo diferente a las máquinas de la serie, ya que cuenta con dos cabinas de conducción (las de la serie son monocabina porque están permanentemente acopladas una máquina en cada extremo del tren) y es también diferente de las BT (ya que además de ser eléctrica en lugar de diesel, tiene dos bogies y puede ser acoplada al tren con gancho y

tensor). También se diferencia de las máquinas de la serie en que el equipo eléctrico es de diseño y fabricación diferente.

La máquina tiene una masa de 74 t (18,5 t por eje); cuenta con dos bogies, cada uno con dos ejes, y cada eje es accionado por un motor eléctrico trifásico asíncrono. Puede alimentarse a 25 kV en corriente alterna o a 3 kV en continua, tiene cuatro pantógrafos (dos de cada tensión) y dispone de freno eléctrico regenerativo y mando Ep del freno para el tren.

El fabricante es un consorcio liderado por Talgo (que además ha construido la parte mecánica), y la parte eléctrica ha sido construida por las empresas Ingelectric y Team.

La locomotora tiene equipo LZB y ASFA y está preparada para ETMS. Dispone de Tren tierra analógico y GSRM-R y puede alimentar los servicios auxiliares del tren a través de una línea eléctrica de alta tensión.

Para la realización de ensayos, Talgo formó una composición de remolques pendulares de diferentes series, entre ellos el furgón de testero inclinado que formó parte del tren de pruebas del Talgo Pendular. Locomotora y remolques están decorados con tonos grises y granate.

Ejes para vagones de mercancías Talgo para el cambio de ancho

Hacia 1994 Talgo comenzó a estudiar la posibilidad de aplicar a ejes el sistema cambio de ancho RD (que ya funcionaba en rodales Talgo desde hacía años), con el objeto de que pudieran aplicarse en coches convencionales, vagones de mercancías e incluso en locomotoras.

La idea era desarrollar de un eje con el sistema RD que, o bien se puede aplicar directamente a los vagones de ejes, o bien a un bogie. Desarrollado y patentado el sistema, se construyen 4 ejes que se instalan en dos vagones, así como 12 ejes que son aplicados en seis bogies Y25 que a su vez se montan en tres vagones. Los ejes pueden aplicarse sobre bastidores de bogie Y25 (para ancho de vía 1.668 y 1.,435 mm) y sobre el bogie Y 21 (para ancho de via de 1.435 y 1.520 mm), sin necesidad de realizar cambios en el bastidor o estructura del bogie (aunque es preciso, lógicamente, adaptar la timonería del freno).

Estos vehículos realizan 80.000 kilómetros hacia 1999 en líneas españolas, tanto convencionales (de Madrid a Majarabique por Despeñaperros) como entre Majarabique y Sevilla por la línea de alta velocidad (1.435 mm) tras pasar por el cambiador de Majarabique.

El tren de alta velocidad CAF serie 120 y sus derivados

CAF ganó el concurso convocado por Renfe en 2000 para la adquisición de los primeros trenes autopropulsados de ancho variable, ofreciendo un electrotrén de cuatro coches con 4.000 kilovatios de potencia y 107 metros de longitud, capaz de alcanzar los 250 km/h (serie 120) y que, además de poder circular por vías de los dos anchos (1.435 y 1.668 mm), puede alimentarse tanto a 25 kV en corriente alterna como a 3 kilovoltios en continua, y que tiene cuatro pantógrafos. Este tren lleva bogies tipo “Brava”.



Dos electotrenes serie 120 realizando el servicio Alvia de Madrid a Barcelona se cruzan en las proximidades de Vilanova i la Geltrú (Barcelona) el día 3 de julio de 2007. (Foto: Gonzalo Rubio)

Se adquirieron inicialmente 12 unidades de este tren que comenzaron prestando servicio desde marzo de 2006 entre Madrid y Barcelona con el nombre comercial “Alvia”, empleando la nueva línea de alta velocidad desde Madrid hasta el cambiador de Puigverd (Lleida), y desde diciembre de 2006 hasta el cambiador de Roda de Bará, momento en el que consiguieron establecer el mejor tiempo de la historia hasta entonces de la relación ferroviaria de Madrid a Barcelona con 3 horas y 55 minutos. El nuevo tren pasa por el cambiador de ancho sin detenerse, tan solo con una reducción de velocidad a unos 15 km/h. Desde la puesta en servicio de la línea completa de Madrid a Barcelona (20 de febrero de 2008) los trenes de la serie 120 pasaron a atender las rutas de Madrid a Pamplona (4 frecuencias, una de ellas prologada a Hendaya), Logroño por el cambiador de Plasencia de Jalón, así como después los servicios de Barcelona a Vigo y de Barcelona a Bilbao e Irún - Hendaya. También han hecho servicio sin cambio de ancho en la ruta de Madrid a Valencia.

El tren de la serie 120 oferta un total de 238 plazas tiene una longitud de 107 m y un masa de 271 toneladas

Trenes derivados del CAF serie 120

En 2004 Renfe adquirió 45 unidades adicionales del tren serie 120 de cara a la expansión de las líneas de alta velocidad, pero el contrato fue renegociado en 2005 y se convirtieron en dos bloques de trenes:

- 29 trenes de la nueva serie 121 para servicios de media distancia de ancho variable (con algunas diferencias sobre los trenes originales, como disponer de clase única y la supresión de la cafetería). Estos trenes comenzaron sus servicios en los primeros meses de 2009 en la ruta Avant de Madrid a Valladolid y Segovia sin cambio de ancho y desde octubre de 2009 atienden regularmente el servicio Jaén-Córdoba-Sevilla, con cambio de ancho en Alcolea, muy cerca de Córdoba
- 16 trenes más para servicios de larga distancia, muy semejantes a los de la primera compra, aunque con transformadores redundantes, que forman la sub-serie 120.500.

El tren de alta velocidad Talgo 250 (serie 130)

Con los resultados de los ensayos de las diesel BT y de la máquina Travca de Talgo-Team se han construido las 90 cabezas motrices del electrotrén de la serie 130 que está formado por dos motrices eléctricas encuadrando un número variable de remolques Talgo de la 7 generación (11 coches con 299 plazas en la primera versión). Este tren que puede alcanzar los 250 km/h.

Comenzó sus servicios comerciales en octubre de 2007 en la ruta de Madrid a Gijón y Gijón a Alicante por la línea convencional, pasando a circular por la línea de alta velocidad de Madrid a Valladolid desde el día de la puesta en servicio de la esta línea, el día 23 de diciembre de 2007. Estos trenes de la serie 130 atienden desde ese día los servicios de Madrid a Gijón, a Santander y a Bilbao, y de Alicante a Gijón y a Santander. Cambian de ancho en Valladolid Campo Grande y en Madrid Chamartín para los trenes que van hacia Alicante.

Posteriormente en esta línea se añadió una nueva frecuencia de Madrid a Gijón y otra de Madrid a León. En líneas de ancho ibérico hacen servicios de Madrid a Alicante y a Valencia, de Valencia a Barcelona (donde han ido reemplazando a los trenes de la serie 101 en el servicio “Euromed”).



Tren Talgo serie 130 de ancho variable en línea de alta velocidad

Servicios de viajeros con trenes de ancho variable

En el horario de primavera de 2008 los trenes de viajeros (Alvia, Altaria, "Talgo 200" y *TrenHotel*) que se circulaban en España empleando dos redes con trenes de ancho variable (y por ello, cambiando de ancho de vía) son los que se recogen en la tabla. En ella se distingue entre los servicios internacionales (diurnos y nocturnos) y los nacionales de alta velocidad (en dicha fecha ningún *TrenHotel* circulaba parcialmente por línea de alta velocidad (lo hicieron hasta el año 2000 y de nuevo desde enero de 2009).

Como puede apreciarse, estos trenes recorren una media de 463 kilómetros en ancho de vía estándar y de 279 kilómetros en ancho de vía ibérico, empleado una media de 11 minutos en el cambio de ancho.

La velocidad media de los trenes nacionales de alta velocidad es de 170,5 km/h en la línea de alta velocidad (ancho de vía de 1.435 mm) y de 80 km/h en la línea convencional (ancho de vía ibérico). La velocidad media, contando también el tiempo empleado en el cambiador es de 115,2 km/h

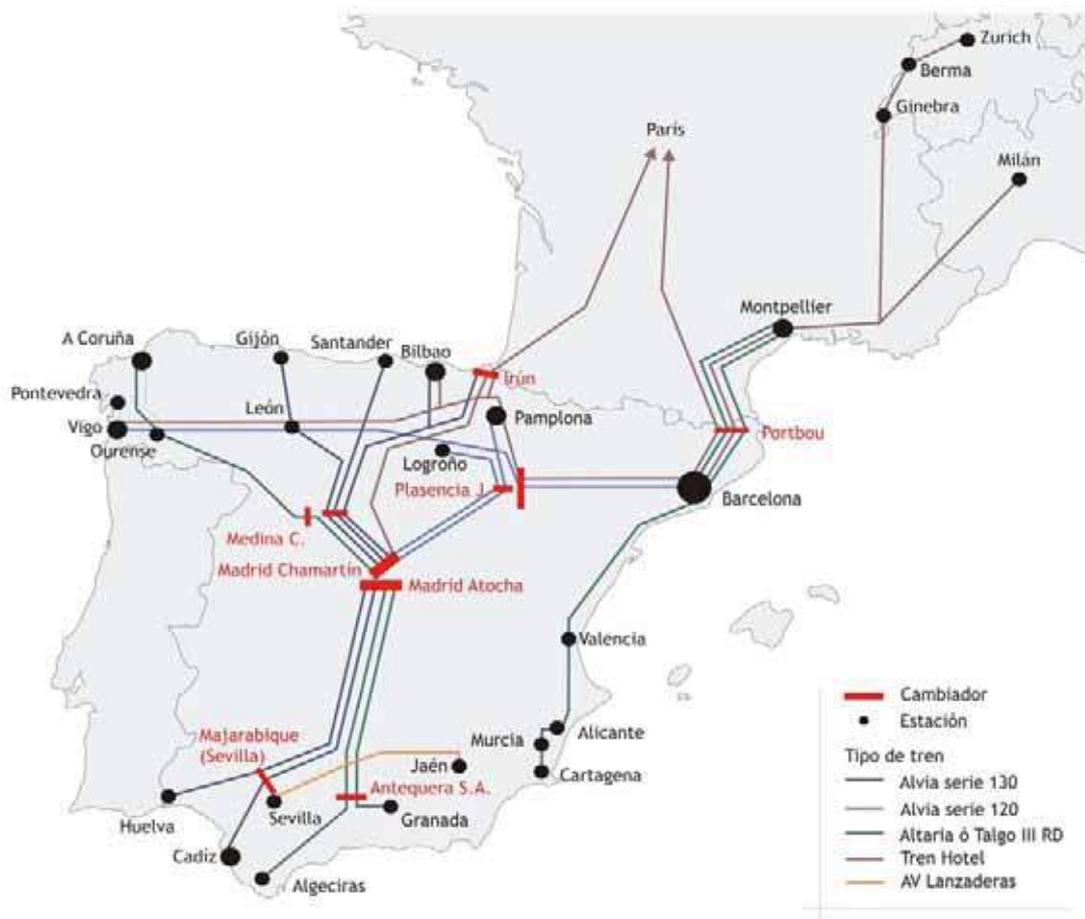
Recorridos y velocidades de los servicios con cambio de ancho de vía (enero de 2008)

Ruta	Periodo	Material	Frec. (IV)	Cambiador (es)	Recorrido en ancho estándar (km)	Tiempo ancho estándar (h:min)	Tiempo en cambiador (h:min)	Recorrido en ancho ibérico (km)	Tiempo ancho ibérico (h:min)	Tiempo total (h:min)
Internacionales										
Barcelona-(Ginebra) Montpellier "Catalan Talgo"	1/6/1969-	Talgo RD	2	Portbou	170,7	1:59	0:15	167,0	2:17	4:31
Madrid-París ("Francisco de Goya")	1981-	Talgo 6	2	Irún	813,3	6:30	0:15	640,9	6:42	13:27
Barcelona-París ("Joan Miró")	1974-	Talgo 6	2	Portbou	845,7	9:25	0:13	167,0	2:17	11:55
Barcelona-Milán ("Salvador Dalí")	1992-	Talgo 6	1	Portbou	687,3	11:14	0:13	167,0	2:17	13:44
Barcelona-Zúrich ("Pau Casals")	1992-	Talgo 6	1	Portbou	826,9	11:25	0:13	167,0	2:17	13:55
Cartagena-Montpellier ("Mare Nostrum")	1986-	Talgo 6	2	Portbou	170,7	2:12	0:13	851,0	10:09	12:34
Media internacionales					585,8	7:07	0:13	360,0	4:19	11:41
Nacionales alta velocidad										
Madrid-Barcelona ("Alvia")	2003-2008	s120	16	Roda de B.	535	3:51	0:00	67,0	0:49	4:40
Barcelona-Cádiz (Altaria "Triana")	1992-2008	Talgo 7	2	Roda y Majarab.	997,5	2:51	0:15	233,1	7:01	10:07
Madrid-Pamplona (Altaria)	2003-	Talgo 7	8	Plasencia de J.	275,6	1:38	0:15	187,0	1:37	3:30
Madrid-Logroño (Altaria)	2003-	Talgo 6	2	Plasencia de J.	275,6	1:47	0:15	151,0	1:38	3:40
Madrid-Málaga (Talgo 200)	1992-2007	Talgo 6	12	Antequera S.A.	455,2	2:42	0:15	70,0	0:50	3:47
Madrid-Algeciras(Altaria)	1999-	Talgo 6	4	Antequera S.A.	455,2	2:42	0:15	176,0	2:28	5:25
Madrid-Granada (Altaria)	2006-	Talgo 6	8	Antequera S.A.	455,2	2:42	0:15	131,0	1:39	4:36
Madrid-Jerez-Cádiz (Altaria)	1993-	s130	4	Majarabique	462,5	3:10	0:15	166,1	2:02	5:27
Madrid-Huelva (Altaria)	1993-	s130	2	Majarabique	462,5	3:10	0:15	107,0	1:26	4:51
Madrid-A Coruña/Pontevedra (Talgo)	2008-	Talgo 6	2	Valdeillas	160,9	1:10	0:14	598,3	6:43	8:07
(Alicante)-Madrid-Santander (Alvia)	2007-	s130	8	(Mad.Ch)-Valladolid	179,4	1:16	0:00	264,3	3:09	4:25
(Alicante)-Madrid-Gijón (Alvia)	2007-	s130	6	(Mad.Ch)-Valladolid	179,4	1:16	0:00	341,1	3:49	5:05
Madrid-Valladolid-Bilbao (Alvia)	2007-	s130	2	Valladolid	179,4	1:22	0:00	311,8	3:24	4:46
Madrid-Valladolid-Irún-Hendaya (Alvia)	2007-	s130	2	Valladolid	179,4	1:22	0:00	391,0	3:30	4:52
Media nacionales alta velocidad					375,2	2:12	0:09	228,2	2:51	5:14
Media todos trenes ancho variable					463,3	3:59	0:10	279,3	3:25	7:36
					Línea ancho estándar (km/h)	Línea ancho ibérico (km/h)	Recorrido total (km/h)			
Velocidades medias										
Velocidades medias trenes internacionales (km/h)					82,4	83,7		81,0		
Velocidades medias trenes nacionales alta velocidad (km/h)					170,5	80,1		115,2		
Velocidades medias todos los trenes (km/h)					116,4	81,4		97,7		

Fuente: Elaboración propia

Los servicios diurnos nacionales de ancho variable se denominan comercialmente *Alvia* (los formados por trenes autopropulsados), *Altaria* (los que son remolcados por locomotora), mientras que los servicios nocturnos se denominan *TrenHotel*. Los servicios regionales con cambio de ancho (en noviembre de 2009 solo el Jaén-Sevilla) se les nombran “AV-Lanzadera”.

Estos servicios unen (en agosto de 2010) Madrid con A Coruña, Vigo-Pontevedra, Gijón, Santander, Bilbao, Irún-Hendaya, Logroño, Pamplona, Granada, Algeciras, Cádiz y Huelva; y Barcelona con Vigo, Bilbao/Hendaya, Pamplona, A Coruña, París, Zurich, Milán y Montpellier; y Jaén con Cádiz.



Servicios trenes de viajeros de ancho variable en 2010

El hecho de que los trenes pueden circular en parte de su recorrido por la línea de alta velocidad permite extender los beneficios de la red de alta velocidad a más localidades, además de las situadas sobre la propia línea.

En concreto, frente a las 24 estaciones en línea de alta velocidad hay un total de 81 estaciones con servicio de alta velocidad gracias a los trenes de ancho variable.



Existen 24 estaciones en línea de alta velocidad y otras 81 en líneas convencionales que reciben trenes de alta velocidad gracias a los sistemas de ancho variable

I+D+i DEL CAMBIO DE ANCHO. OPORTUNIDADES, PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS

La existencia de sistemas automáticos de cambio de vía en los trenes ha permitido en el caso español, como ha expuesto, captar un importante tráfico de viajeros que de no existir este tipo de instalación se habría perdido para el ferrocarril; o bien por el rechazo al trasbordo (trenes internacionales), o bien porque no se hubiesen podido aprovechar parcialmente las líneas de alta velocidad, y por ello los tiempos de viaje hubiesen sido mayores que los conseguidos con los sistemas de cambio de ancho.

Las cifras de viajeros captados con estos servicios son importantes, pero están llamadas a crecer de forma importante en los próximos años debido a varias razones:

- Los trenes autopropulsados de ancho variable (trenes series Renfe 120, 121 y 130) permiten un tránsito mucho más rápido por el cambiador y además circular por las líneas de alta velocidad hasta 250 km/h, lo que permite ofrecer unos tiempos de viaje más competitivos. Son trenes de alta velocidad que acaban de incorporarse al parque (tan solo había en servicio 12 trenes serie 120 al finalizar 2006, serán 102 trenes series 120, 121 y 130 al finalizar 2009).
- La expansión progresiva de las líneas de alta velocidad, especialmente de las líneas de Madrid al Norte y de Madrid a Levante, que tardarán muchos años en concluirse, sugiere que se va a mantener durante años la oportunidad de uso parcial de las líneas de alta velocidad continuado hasta los destinos finales por líneas convencionales.
- La posibilidad de que se proceda a la transformación progresiva del ancho en la red convencional española (se están realizando estudios de viabilidad al respecto) va a suponer la aparición de nuevas fronteras de ancho en algunos casos provisionales y otros definitivos para las que los trenes de ancho variable ofrecerán oportunidades de explotación únicas.
- Finalmente, la perspectiva del aumento del tráfico de mercancías en recorridos internacionales tanto en su versión convencional como intermodal y “autopista rodante”, sugiere la conveniencia de que estos cambiadores pudieran ofrecer alternativas rápidas y económicas para el encaminamiento de estas mercancías, evitando trasbordos o los cambios de ejes que resulta excesivamente lento en ocasiones y cuyo coste es mayor que el del trasbordo.
- Talgo ha anunciado en 2009 que está en condiciones de fabricar un tren prototipo (Talgo 300 RD) con cambio de ancho capaz de circular por líneas de alta velocidad a 300 km/h y CAF prevé también esta posibilidad en sus nuevos trenes de alta velocidad AVI- 2015.

Estas oportunidades suponen algunos problemas tales como los siguientes:

- Muchos cambiadores tendrán un carácter provisional (aunque soporten un importante tráfico durante un periodo de tiempo a veces breve).
- La dualidad de sistemas de cambio de los trenes de viajeros presenta el inconveniente de la mayor necesidad de espacio y de instalaciones para compatibilizar los dos sistemas.

La posibilidad de que se empleen sistemas de cambio automático de ancho en trenes de mercancías, abre la oportunidad de que, además de que se empleen ejes tipo Talgo-RD o CAF-Brava para vagones de mercancías, lleguen a España trenes con otras tecnologías. La necesidad de aprovechar estas oportunidades y de resolver los problemas asociados, ha promovido en España una línea de Investigación, desarrollo e innovación cuyos primeras realizaciones, tanto en instalaciones como en el material rodante ya han sido descritas en el presente documento, y que continua a buen ritmo en ambos campos.

Una idea básica de estos desarrollos es que la diversidad de sistemas no debería multiplicar el número de instalaciones de cambio de ancho, puesto que estas instalaciones requieren mucho espacio en lugares donde no siempre es fácil de conseguir; y además, los desvíos, y enclavamientos para acceder a estos cambiadores son sumamente costosos (mucho más costosos que el propio cambiador). Por ello, se ha procurado concentrar las instalaciones en cambiadores únicos, por los que puedan pasar trenes de dos o más tecnologías. El gestor de la infraestructura desea permitir el paso de trenes de todas las tecnologías, pero tiene restricciones de espacio en sus instalaciones, lo que ha sugerido esta línea de investigación.

Por otro lado, la singularidad de estas instalaciones ha hecho que tradicionalmente la implantación de los cambiadores haya sido en unidades aisladas, de forma que varias vías (dos en una línea de vía doble, o más en una estación de viajeros o de clasificación) converjan hacia un único cambiador. Curiosamente, esta solución, en contra de lo que parece, es más costosa que la de aumentar el número de cambiadores, ya que ésta última reduce el número de desvíos y su enclavamiento; lo que además ofrece la



Cabeza motriz del prototipo de Talgo de ancho variable capaz de alcanzar los 300 km/h.
CAF ha anunciado un tren semejante

ventaja de la mayor capacidad. Sin embargo, si cada cambiador es de una única tecnología, no se produce el deseable aumento de capacidad.

Seguidamente se describe el estado del arte en lo que se refiere a nuevos desarrollos en España para el cambio de ancho automático de los trenes y de mejoras en los propios trenes.

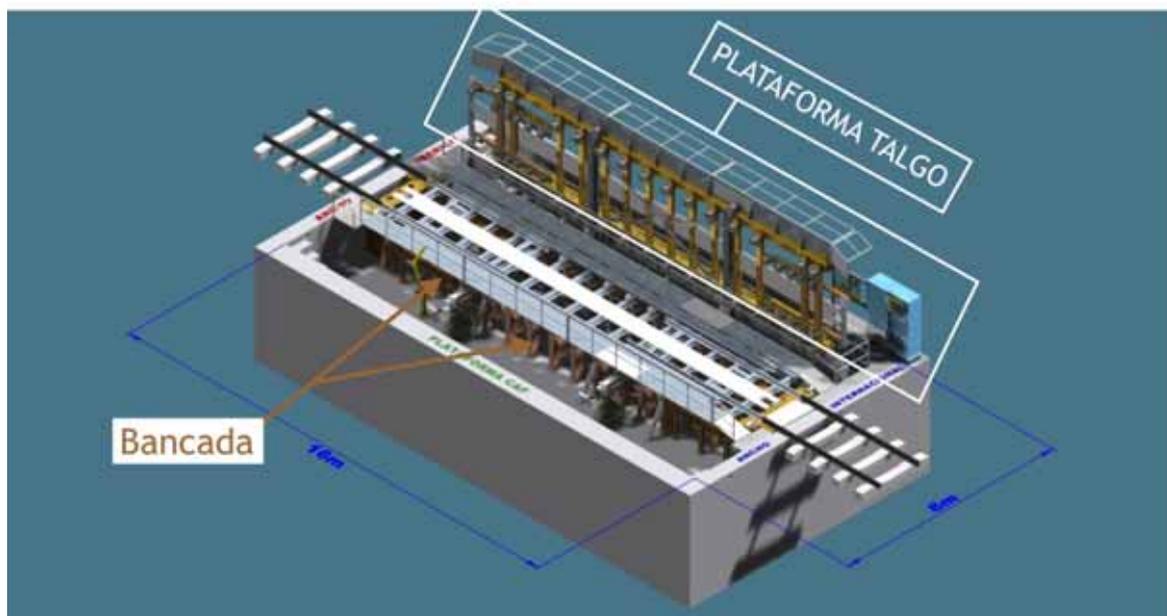
Cambiadores de tercera generación duales para dos tecnologías TCRS 1, TCRS 2 y TCRS 3

La similitud entre las tecnologías de cambio de ancho de Talgo y de CAF ha permitido avanzar en la convergencia entre los dos cambiadores: primero con los cambiadores duales descritos, tanto de abatimiento (modelo TCRS 1; Río Adaja, 2000), como de movimiento horizontal (TCRS 2; Valdestillas, 2007) y más recientemente con el cambiador de plataforma única (TCRS 3, patente de 2007, instalación experimental en Roda de Bará, 2009).

TCRS-1: Talgo y CAF abatible

El cambiador TCRS 1, de abatimiento, cambia las plataformas Talgo y CAF por giro de cada una de ellas 90° alrededor de un eje paralelo al longitudinal de la vía con sistema de intercambio óleo - hidráulico.

Cambiador dual Talgo CAF abatible (tipo TCRS 1)



Fuente: TRIA

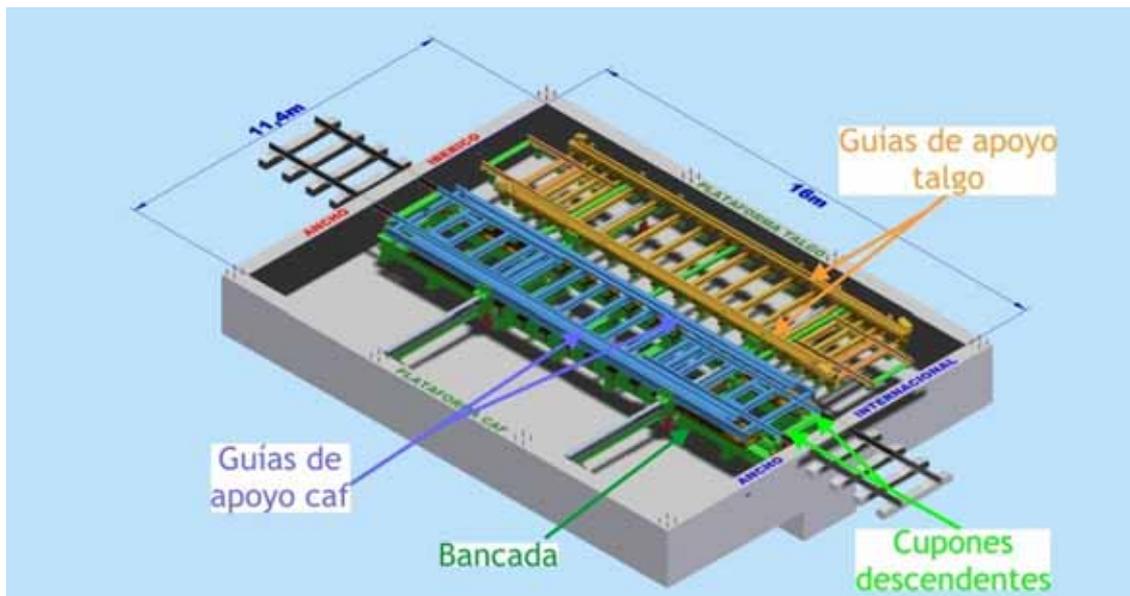
Este cambiador necesita una anchura de tan solo 8 metros, pero se requiere mover una masa total de 27,140 toneladas con apoyos y brazos hidráulicos incluidos, siendo la fuerza necesaria en los cilindros hidráulicos para el cambio de plataforma de $80.400 \text{ daN} \times 2 \text{ cilindros} = 160.400 \text{ daN}$ y potencia necesaria para cambiar las plataformas de 20 kW.

Han sido instalados cambiadores de este tipo en Río Adaja (2000, desmontado en 2008 para usar sus plataformas en Medina del Campo), Plasencia de Jalón (2003), Zaragoza Delicias (2003), Roda de Bará (2 cambiadores, 2006 uno de ellos desmontado en 2008), Antequera-Santa Ana (2 cambiadores, 2006) y Valladolid-Campo Grande (2007).

TCRS-2: Talgo y CAF plataformas horizontales

Como una evolución de cambiador dual abatible, se proyectó y patentó por Adif el “cambiador horizontal”, en el que el reemplazo de la plataforma de Talgo por la de CAF y viceversa se hace por desplazamiento horizontal solidario de las dos plataformas (el sistema de intercambio es también óleo - hidráulico).

Cambiador dual Talgo CAF horizontal (tipo TCRS 2)



Fuente: TRIA

Este cambiador requiere un poco más de espacio en anchura, en concreto 12 metros; pero sin embargo, el movimiento es más sencillo, y por el ello cambiador resulta más simple, fiable y económico.

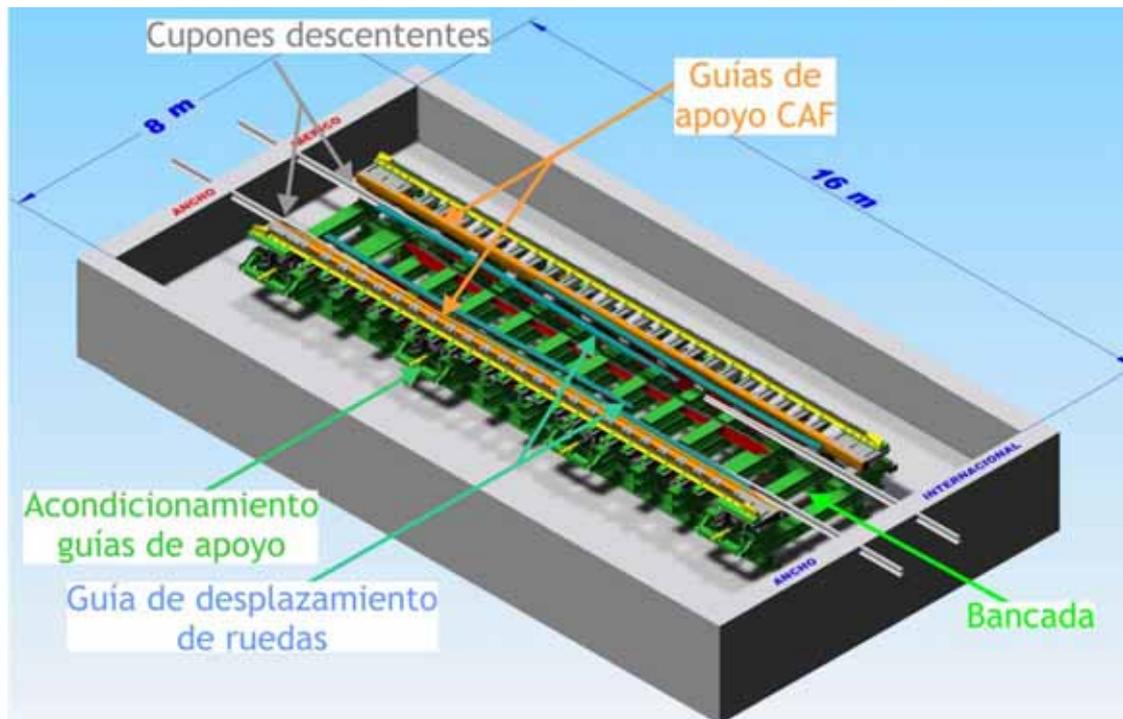
En este caso, la masa total a desplazar es de 23.982 kilogramos, con apoyos. La fuerza máxima necesaria en los cilindros hidráulicos para el cambio de plataforma es de 2.280 daN ($1.140 \text{ kg} \times 2 \text{ cilindros}$); la potencia necesaria para cambiar las plataformas, de 5 kW, y el tiempo de maniobra para el cambio de plataforma de 6 minutos.

Cambiadores de este tipo han sido instalados en Madrid-Chamartín (2007), Valdeillas (2007), Medina del Campo (2008) y Alcolea de Córdoba (2009).

TCRS 3 Talgo y CAF de plataforma única

El siguiente paso produce al diseñarse un cambiador único para las tecnologías de Talgo y de Caf que, sin necesidad de cambiar plataformas, permitirá el paso de trenes completos de las dos tecnologías.

Cambiador dual único Talgo-CAF (tipo TCRS-3)



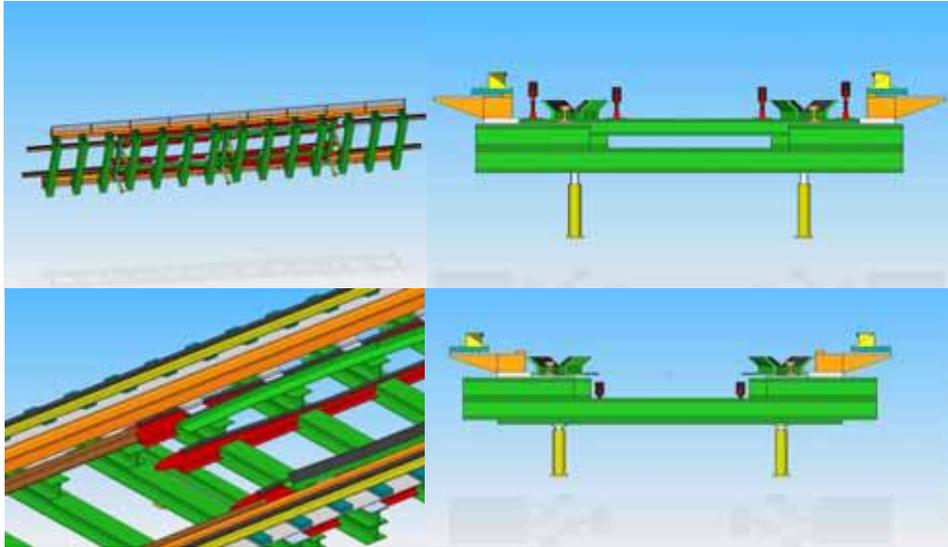
Fuente: TRIA

Estos cambiadores (que se inscriben en una cuarta generación de cambiadores) serán especialmente útiles en los lugares en los que únicamente se prevea el paso de trenes de viajeros de estas tecnologías.

Como algunos de los elementos de apoyo y de guiado son diferentes e interfieren los gálibos de uno y de otro tren, el cambiador permite el paso de los dos tipos de trenes bajando los elementos de los cerrojos Talgo cuando pasa el tren CAF y desplazando los carriles de apoyo del tren Talgo.

El sistema de intercambio es óleo-hidráulico y eléctrico. Los elementos que se mueven son poco numerosos y pesados (apenas 5.400 kilogramos), deben desplazarse en unos recorridos muy cortos y se ha procurado que los elementos resistentes que se mueven (que son las guías de apoyo tren Talgo) se desplacen lateralmente, y tan solo los elementos de encerrojamiento, que no tienen una función resistente, se desplazan verticalmente. La fuerza

máxima para el cambio de plataforma es de 650 kg, la potencia necesaria para cambiar las plataformas es de 1,5 kW, y el tiempo de maniobra para el cambio de plataforma es de 15 segundos.



Cambiador único Talgo-CAF para trenes completos (TCRS 3). Fuente: TRIA

Cambiador para hasta cuatro tecnologías en el mismo tren (TCRS 4)

Una vez integrados en un único cambiador los sistemas de Talgo y Caf, el siguiente paso lógico es integrar este cambiador de ancho con los sistemas desarrollados por los ferrocarriles polacos y alemanes, que ya tienen un único cambiador para las dos tecnologías. Son en concreto el sistema, SUW2000 polaco, y el alemán DBAG/Rafia "Typ V", lo que ha dado lugar al desarrollo del cambiador TCRS-4 patentado por ADIF en 2008.



Cambiador para tecnologías Rafia y SUV-2000 instalado en Irún para pruebas

Funcionalidad del cambiador TCRS-4

El sistema TCRS-4 (también englobable en la cuarta generación) integra las cuatro tecnologías único cambiador, que permite el paso de trenes con ejes equipados con las cuatro tecnologías sin detenerse, cambiando en el mismo cambiador el ancho de todos los ejes, aunque sea de tecnologías diferentes en el mismo tren.

Este cambiador es modular, de forma que ofrece en una amplia gama de posibilidades: puede instalarse para dos, tres o cuatro tecnologías, pudiendo en un momento posterior añadir nuevas tecnologías.

Por otra parte, se puede escoger en cada cambiador una pareja de anchos de vía. En el caso de España sería siempre 1.435/1.668 mm, pero puede ser también con el ancho ruso (1.435/1.520 mm) o incluso métrico e internacional (1.000/1.435 mm).

El sistema de intercambio es óleo-hidráulico y eléctrico, la masa total a desplazar es de 6.100 Kg, la fuerza máxima necesaria para el cambio de plataforma es de 650 daN; la potencia necesaria para cambiar las piezas, 5 kW, y el tiempo de maniobra para el cambio de piezas de 1 segundo.

Las ventajas que presenta cambiador TCRS-4 son las siguientes:

- Integración de los sistemas CAF, Talgo, SUW 2000 y Rafil/DB en cualquiera de sus combinaciones en un solo conjunto mecánico.
- Reducción de espacio en anchura. El sistema está concebido para instalarse en un foso con la misma anchura de la caja de la vía.
- Simplicidad mecánica, ya que para las distintas configuraciones de la plataforma no es preciso mover grandes masas, se pueden emplear sistemas de desplazamiento electro-hidráulicos con gran precisión y rapidez de colocación que garantizan el alineamiento y fijación de las guías móviles.
- Economía, como consecuencia de la reducción de espacio, la simplicidad mecánica y la integración de cuatro sistemas en uno solo, obteniéndose un notable ahorro de costes.

Por su novedad, se describen seguidamente con mayor detalle las características del cambiador universal TCRS-4.

Características técnicas del cambiador TCRS-4

En líneas generales, el dispositivo cambiador de ancho de vía universal TCRS-4 se basa en el diseño de un nuevo conjunto de guías de deslizamiento, contracarriles de desplazamiento, guías de activación de cerrojos para el sistema Talgo y activación de cerrojos para los sistemas SUW 2000 y Rafil/DB, de modo que se puedan utilizar con todos los tipos de trenes, con tres posiciones preferentes para las guías de deslizamiento activadas por un conjunto de mecanismos hidráulico-eléctricos, escamoteando las guías de activación de cerrojos Talgo con un sistema hidráulico-eléctrico cuando la configuración sea para el paso de cualquiera de los otros tres sistemas y dando continuidad a los carriles de rodadura para poder ser utilizado por el SUW2000 y Rafil/DB.

Su fabricación es modular, de modo que permite integrar dos, tres o cuatro de las tecnologías disponibles e incluso integrar una quinta si existiera.

Se han previsto dos configuraciones de cambiador:

1. Una primera en la que el conjunto mecánico reposa enclavado mecánicamente en posición de paso CAF o TALGO o SUW2000, Rafil/DB permitiendo el paso de composiciones puras.

En este caso, cuando es preciso cambiar la posición (supongamos que es de posición Talgo a SUW2000), en primer lugar se desactivan todos los enclavamientos de husillos, acumuladores y cilindros para permitir el movimiento y posteriormente se produce un movimiento en el eje perpendicular al eje de la vía del conjunto formado por guías de deslizamiento retirándolos de la zona de interferencia, y otro movimiento en el eje perpendicular al plano de la vía para ocultar las guías de activación de cerrojos; simultáneamente se posicionan las guías de activación de cerrojos propias del sistema polaco-alemán.

Una vez posicionados todos los elementos en su ubicación prefijada, se enclavan todos y cada uno de ellos.

Los contracarriles de desplazamiento son elementos comunes para todos los tipos de trenes y realizan el guiado de ejes de modo gradual con el ángulo de ataque óptimo para todos tipos de rodadura. La longitud de la plataforma puede variar en función de la velocidad máxima que se quiera establecer para el paso, cambiando de este modo el ángulo de dichos contracarriles. Los carriles de rodadura propios de los sistemas SUW2000 y Rafil/DB mantendrán en cada combinación el ángulo definido para los contracarriles.

2. Una segunda configuración permite el paso de trenes mixtos; es decir trenes en los que, en una misma composición, circulan vehículos equipados con diversas tecnologías. En esta fase, el conjunto de mecanismos que lo integran se basa en los mismos criterios de funcionalidad, pero la plataforma aumenta su longitud y se divide en dos partes, de modo que adapta su morfología a cualquiera de los cuatro sistemas por zonas y en tiempo real, sin necesidad de que el tren tenga que detenerse.

El conjunto se equipa con un sistema de visión artificial combinado con un contador de ejes que permite a la instalación en todo momento conocer el tipo de eje que procede al cambio de ancho. Del mismo modo, reconoce la existencia de obstáculos en el mecanismo del vehículo produciendo una parada de emergencia y comunicación al maquinista en caso de incidencia. Este mismo sistema detecta la presencia de hielo en los rodales y avisa al maquinista en caso de exceso de velocidad.

El conjunto de elementos móviles se fija a una estructura estática formada por perfiles metálicos que se encuentran dentro de un foso anclados con pernos.

Las características fundamentales de los elementos estructurales son:

- Deben soportar las cargas verticales producidas por el peso propio de las plataformas y el del tren con las cargas mayoradas en el porcentaje necesario.
- Se consideran también posibles esfuerzos de frenado tangenciales a la plataforma en sentido longitudinal y en el sentido transversal a la misma.
- Los sistemas móviles serán equipados con doble enclavamiento mecánico para garantizar en todo momento el ancho de los contracarriles de desplazamiento y guías de activación de cerrojos.
- El conjunto quedará montado y perfectamente nivelado, de forma que no haya diferencias de nivel entre dos puntos en las guías de deslizamiento con las tolerancias necesarias para el caso más exigente.
- Todos los elementos han sido diseñados para permitir su rápida sustitución sin medios auxiliares.

Una nueva generación de cambiadores de ancho

El largo desarrollo de los 40 años transcurridos desde el primer viaje del “Catalán Talgo” en 1969 ha permitido la evolución de los sistemas de cambio de ancho y de los cambiadores asociados en lo que se ha denominado tres “generaciones” de cambiadores de anchos.

Las línea de I+D+i emprendida para dar repuesta a los nuevos retos y oportunidades de los sistemas de cambio de ancho, permite entrever que pronto se contará con cambiadores de la que podría denominarse “cuarta generación” de cambiadores. Esta generación se diferencia de las anteriores tanto por modificaciones en el propio cambiador como por diferencias en el entorno (vías de acceso, electrificación, etc.)

Los sistemas de cambio de ancho en el futuro habrán de cumplir de las siguientes funcionalidades:

- Permitir el paso de trenes de viajeros de alta velocidad, de los cuales los de nueva generación serán capaces de circular a 300 km/h de velocidad máxima
- Habrán de permitir el cambio de ancho de trenes de mercancías con vagones diversas tecnologías (estos trenes pasarán por el cambiador empujados o arrastrados por su propia máquina o por otra máquina, pero no gravedad).

Por ello se estima que al aparición y generalización de los trenes autopropulsados de viajeros reduce la necesidad de que perfil “en bañera”, ya que incluso los TrenesHotel, al ser de composición muy grande y variable, son empujados por su propia locomotora. Ello sugiere que se tienda a un perfil más horizontal para favorecer el paso (especialmente la salida) de los trenes autopropulsados.

Por otra parte, se estudia la conveniencia de que en los cambiadores destinados a ser empleados exclusivamente por trenes de viajeros, el cambio de tensión de la electrificación se haga, cuando ello sea posible, en tramos separados del propio cambiador.

En cuanto a las modificaciones en los propios cambiadores (además de ser compatibles para diversas tecnologías) pueden mencionarse algunas mejoras, tales como las siguientes:

- Se han unifican las guías de desplazamiento lateral de las ruedas de los sistemas Talgo y CAF, adaptando el sistema elástico de las guías Talgo con un indicador eléctrico que confirma que se ha producido el desplazamiento de la guía (y por ello, de la rueda).
- Se alarga en la zona de las guías de deslizamiento hasta un metro, consiguiéndose un ángulo de ataque más suave y progresivo de la rueda sobre las guías de desplazamiento, siendo este el punto que más sufre

en el paso de los trenes, pudiéndose de esta manera aumentar la velocidad de paso. El trazado en la zona de las guías de deslizamiento, en lugar de ser recto como lo era anteriormente, tiene una curva de transición para lograr un paso más suave, eliminando los golpes.

- El sistema prevé frente a un eventual remonte de la rueda (además de su detección precoz mediante los ya citados sensores situados en las guías de desplazamiento) unas chapas de protección horizontales paralelas al carril, sobre las que se desplaza la rueda evitando su caída y los consecuentes desperfectos, además de facilitar un posterior encarrilamiento de la misma.
- La eliminación del actual sistema de refrigeración por agua de las guías de apoyo Talgo y su sustitución por sistema de engrase automático, con ranurado en guías y engrasadores automáticos. Así como el uso de lubricantes biodegradables. Lo que permite solucionar la problemática presencia de agua en contacto con los elementos mecánicos.
- Colocación (donde la climatología lo haga necesario) de un doble foso descongelador en cada lado, con sistema de pre-descongelación. Se sitúa un primer foso pre-descongelación a una distancia de unos 13 m que permite el calentamiento previo del rodal de forma general, aumentando de esta manera la capacidad del segundo foso, el cual contaría con un sistema de posicionamiento similar al actual, para una descongelación de incrustaciones más localizada en los elementos críticos.

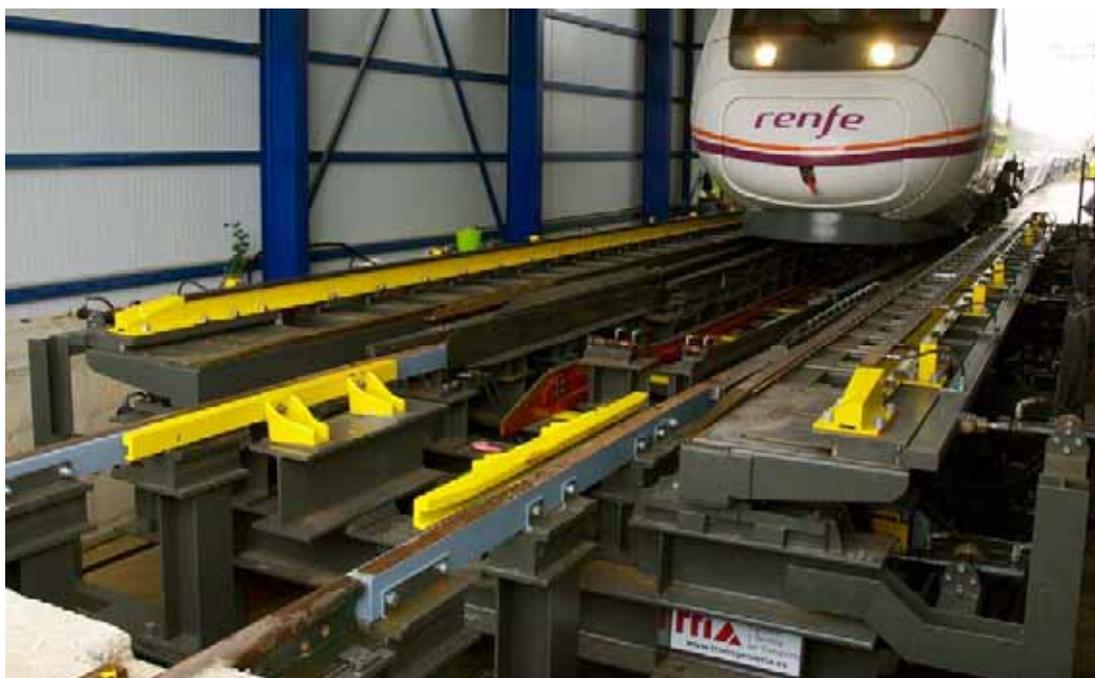
Generaciones de cambiadores de ancho

GENERACIÓN	AÑOS DE IMPLANTACIÓN	CAMBIADOR	TRENES
1ª	(1969-1974)	Talgo en Foso	<i>Trenes viajeros remolcados pasando por frontera</i>
2ª	(1992-2000)	Talgo en Foso	<i>Trenes viajeros remolcado líneas de alta velocidad</i>
3ª	(2000-2009)	TCRS1 y TCRS2	<i>Trenes viajeros remolcados y autopropulsados CAF y Talgo</i>
4ª	(2010-)	TCRS3	<i>Trenes viajeros y mercancías tráfico ibérico</i>
		TCRS4	<i>Trenes viajeros y mercancías todos los tráfico</i>

En el futuro se instalarán el TCRS3 y TCRS4 (cambiadores de 4ª generación) en cada lugar en función de las necesidades. (“Elaboración propia”).



Cambiador de pruebas TCRS3 en posición CAF. Obsérvese que han bajado las guías rojas de encajeamiento Talgo y se han retirado lateralmente los carriles de apoyo.



Primer tren de la serie 121 (CAF) pasando por el cambiador de pruebas el día 1 de septiembre de 2010.

Fotos: Sergio López Lara (Tria)

BIBLIOGRAFÍA

Alberto García Álvarez, “*Los de Roda y Antequera incorporan todas las novedades: Los cambiadores de ancho, nueva solución a un viejo problema*”, Vía Libre, enero de 2007.

Alberto García Álvarez, “*Cambiadores de ancho, trenes de ancho variable y tercer carril: Nuevas soluciones a un viejo problema*”, Revista Anales de Mecánica y Electricidad, enero- febrero de 2007.

Alberto García Álvarez, “*Cambiadores de la línea de Madrid a Valladolid*”, Via Libre, diciembre de 2007.

Alberto García Álvarez, “*Explotación económica y regulación del transporte de viajeros por ferrocarril*”, mayo 2006.

Dirección de Explotación del GIF (2002): “*Definición funcional de las instalaciones de cambio de ancho para trenes de viajeros en las nuevas líneas de Alta Velocidad*”, diciembre de 2002.

Jesús Moreno Fernández, (1986) “*Prehistoria del Ferrocarril*”, ed.: Vía Libre, Fascículos adjuntos a la revista desde noviembre de 1986 hasta mayo de 1989.

Juan José Olaizola Elordi (2006): *La nacionalización de 1941, la paradoja de la vía estrecha*, en Revista de Historia Ferroviaria, número 4.

Renfe, Departamento de Estudios y reconstrucciones (1955), “*Reducción del juego de vía*”.

Miguel Cano y Manuel Galán (2006): “*Talgo, de un sueño a la alta velocidad*”

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer su colaboración a José Luis López Gómez (Patentes Talgo), Luis Terradillos (CAF), Germán Giménez (CAF), Francisco Paños Maglané (Tria), Sergio López Lara (Tria), Luis Arranz Peña (Fundación de los Ferrocarriles Españoles), Moisés Gilaberte (Tifsa), Juan Miguel Sastre (Tifsa), Ricardo Daroca Gallego (Tria), Pedro Lillo Polaina (Tifsa), María Lillo Polaina (Adif), Juan Carlos Ponce (Elypsos), Miguel Jiménez Vega (FFE), María Pilar Martín Cañizares (FFE). También a Leticia García, Luis E. Mesa Santos y Álvaro O´Shea y por su colaboración en la edición del documento. Las fotos (salvo mención diferente) son del autor, de Talgo, de José María Trigos, de Sergio López Lara, de Juan Miguel Sastre y de Ana López Romero.



Cambiador de Medina del Campo, 2009 / Foto: Ana López Romero

ANEJOS

1 Las razones del ancho de seis pies castellanos, según Jesús Moreno

2 Ejes ferroviarios de cambio automático de ancho de vía

Las razones del ancho de seis pies castellanos, según Jesús Moreno

Dada la importancia de la obra de Jesús Moreno hemos considerado oportuno reproducir parte de ella, con objeto del que el lector interesado pueda conocer con más detalle las razones del ancho de vía ibérico fijado en seis pies castellanos.

El informe de 2 de noviembre de 1844 y la R. O. de 31 de diciembre de 1844

Por R. O. de 20 de enero de 1845 (Gaceta del 28) se ordenaba insertar en este periódico el informe de una comisión de ingenieros que había servido de base y fundamento de la R. O. de 31 de diciembre de 1844. El informe lleva fecha de 2 de noviembre y está firmado por nuestros tres ingenieros. Su contenido recoge gran parte del informe anterior de 17 de octubre, dedicando dos nuevas secciones a justificar las prescripciones técnicas y las normas de la R. O. de 31 de diciembre.

La publicación del informe respondía a una clara intención política. Trataba, sin duda, el Gobierno de demostrar ante la opinión pública que sus decisiones no eran fruto de la improvisación, sino consecuencia de profundas y meditadas consideraciones. Sin embargo, los resultados fueron desalentadores. En efecto, casi todos los periódicos se hicieron eco de la R. O. de 31 de diciembre y algunos del extenso informe, pero ninguno de ellos hizo la menor referencia a su contenido. Ninguna de las publicaciones, ni siquiera de la oposición, manifestó la menor inquietud por el hecho de fijar el Gobierno un ancho de vía que nos aislaba de la red europea. Si a nivel ministerial no había personas suficientemente preparadas para enjuiciar los asuntos ferroviarios, ¿qué podía esperarse de otros sectores de la sociedad española?

Si en algo estamos de acuerdo con las autoridades administrativas a la hora de valorar este informe es en el calificativo de extenso. Parece excesivo dedicar un número tan elevado de páginas a justificar un pliego de condiciones que había sido plagiado de sus homólogos franceses, hecho que se elude reconocer en el informe. A esta inusitada extensión hay que añadir un estilo literario grandilocuente, oratorio y reiterativo, muy propio del romanticismo de la época. No en vano había sido redactado por José Subercase, quien antes de iniciar sus estudios de ingeniería había seguido la carrera de Leyes, casi hasta su conclusión. José era, además, bibliotecario de la Escuela Especial, lo que le permitía mantener un contacto diario con las publicaciones de la época. A esta circunstancia debe atribuirse la manifiesta erudición del informe, plagado de referencias a la política ferroviaria de otros países.

Otra consideración que sugiere este informe es la poca atención que en él se presta a las cuestiones técnicas -apenas un 13 por 100 del texto-, a pesar de ser sus autores ingenieros.

La cuestión del ancho de la vía se justificaba así:

"En el artículo 6.º se determina la anchura que deberá darse a todos los caminos de hierro que se concedan, así como la distribución de esta anchura total entre las vías y entre vías, señalando seis pies (1,67m) para las primeras entre los bordes interiores de las barras. Desde luego se ve la conveniencia de que todos los caminos de hierro tengan la misma anchura, y particularmente las vías, porque de lo contrario, cuando dos caminos lleguen a ponerse en comunicación, como ha sucedido con frecuencia, es imposible que los locomotores y trenes del uno continúen su viaje por el otro, siendo necesario para el efecto transbordar las mercaderías y personas a otro tren del nuevo camino, lo que ocasiona dilaciones, gastos y otros inconvenientes de consideración, a no ser que una de las empresas prefiera reformar su camino dándole las anchuras de aquel con quien entronca". Demostrada ya la conveniencia de que haya uniformidad en las dimensiones transversales de todas las grandes líneas de caminos de hierro, es claro que deben adoptarse las que los principios teóricos, confirmados por el buen éxito de su aplicación a los caminos más recientes, designan como más ventajosas. En ancho de vía generalmente empleado hasta pocos años hace, y que se emplea en muchas partes, es de 5 pies 17 centésimas (1,44 m), pero en un país virgen, donde se empieza a establecer un sistema de caminos de hierro, debe adoptarse una anchura que permita caminar por ellos con toda la rapidez y seguridad que pueden obtenerse con las últimas perfecciones que han recibido las locomotoras. Para este efecto, conviene aumentar el ancho de las vías, y

esta es la tendencia que generalmente se observa en el día. Así vemos en el camino de Londres a Yarmouth una vía de 5,45 pies (1,52 metros), en el de Dundee a Arbroath y de Arbroath a Forfar de 6,03 pies (1,68 m), en el de Great Western de 7,64 pies (2,13 m) y en el de Petersburgo a Tzárskoye Selo de 6,57 (1,83 m). La Comisión del Parlamento inglés, encargada de informar sobre un sistema general de caminos de hierro en Irlanda, proponía 6,75 pies (1,88 m).

Nosotros hemos adoptado 6 pies (1,67 m), porque sin aumentar considerablemente los gastos de establecimiento del camino, permite locomotoras de dimensiones suficientes para producir en un tiempo dado la cantidad de vapor bastante para obtener, con la misma carga, una velocidad mayor que la que podría conseguirse con las vías de 4,25 pies (1,18 m), propuestas por una de las empresas que ha hecho proposiciones al Gobierno, y mayor también de la que podría emplearse con las de 5,17 pies (1,44 m) que más frecuentemente se han usado hasta ahora, consiguiéndose, además, que sin disminuir la estabilidad se puede hacer mayor el diámetro de las ruedas, lo que también conduce a aumentar la velocidad".

Análisis del informe de 2 de noviembre de 1844

Antes de iniciar el análisis de este informe es preciso reconocer un hecho crucial: el ancho de vía normal de 1,435 metros carece de justificación desde el punto de vista técnico. Como antes indicamos, su elección fue consecuencia de factores circunstanciales. En este sentido, hay que estar de acuerdo con los comisionados en que teóricamente -y subrayo esta palabra- un ancho de vía mayor hubiera sido más conveniente para la explotación ferroviaria. Y esto por dos motivos nunca señalados por los partidarios de las vías anchas ni por los autores del informe: la posibilidad de dar mayor anchura a las cajas de fuego de las locomotoras y poder aumentar el gálibo de cargamento, incrementando, al propio tiempo, la entrevía.

El error fatal de los comisionados fue preferir lo mejor a lo bueno, sabiendo que ambos son conceptos irreconciliables. Lo mejor, nadie lo duda, era una vía ancha, pero los comisionados no llegaron a preguntarse si la vía de ancho normal podía responder a las necesidades de los ferrocarriles españoles.

Como antes indicamos, los comisionados no habían salido del país y, por tanto, no conocían de cerca el ferrocarril. Sus conocimientos en la materia eran teóricos, librescos e incompletos. Si a esto se une el hecho de haber utilizado exclusivamente fuentes de información francesas, la conclusión es evidente: desconocimiento de la realidad objetiva.

Los argumentos en pro de la vía ancha que figuran en el informe habían sido tomados de Poussin, Bineau y Pambour, autores que en 1844 se encontraban técnicamente obsoletos. Como antes indicamos, el desarrollo tecnológico de la locomotora había corregido en este año casi todos los defectos que los partidarios de las vías anchas le atribuían.

Otro error craso de los comisionados fue creer que existía en el mundo ferroviario una tendencia hacia las vías anchas. Su falta de información les llevó a creer que en Irlanda o en Rusia las redes respectivas iban a construirse con 1,88 y 1,83 metros. Tampoco sabían que el ancho de 1,52 metro, existente en Inglaterra, se estaba transformando al ancho normal, precisamente durante los días en que los comisionados redactaban su informe. En cuanto a las pequeñas líneas escocesas, con un ancho de 1,67 metros, posiblemente supusieron que iban a constituir otro foco de heterogeneidad en los anchos de vías de Gran Bretaña. A este respecto, es curioso señalar que, para estas líneas, los comisionados dan un ancho de 6,03 pies (1,68 metros) coincidente con el indicado erróneamente en la bibliografía técnica francesa. Finalmente, creyendo que el ancho de 2,13 metros se encontraba en proceso de afirmación, cuando la realidad era que, precisamente en septiembre de 1844, había iniciado una lucha a muerte con el ancho normal de la que resultaría su completa extinción.

He aquí la realidad de los anchos de vía en lo que se refiere a las líneas explotadas con tracción por al finalizar el año 1844: En Escocia, en 67 kilómetros, 1,37 metros de anchura; en Europa, 6.509 km, con 1.435 metros; en Inglaterra, 6 km de 1,52 metros; en Ducado de Baden, Irlanda, 206 km de 1,60 metros; en Rusia 27 km con 1,83 metros; en Irlanda, 40 km con 1,88 metros; en Holanda, 96 km con 2,00 metros y en Inglaterra 359 km con 2,13 metros de anchura.

En resumen, los comisionados creyeron que las vías anchas iban a prevalecer sobre las de ancho normal y que, en un futuro próximo, la técnica iba a imponer el criterio de ensanchar estas últimas. Esta creencia de los comisionados explicaría por qué en su informe no se alude al hecho evidente y bien conocido por ellos de que el ancho de seis pies nos aislaba de Francia. Tarde o temprano, pensarían, esta nación volvería al redil ensanchando sus vías. Existían a este respecto unos indicios convincentes. Los ingenieros belgas habían instalado en la línea de Bruselas a Mons, abierta al servicio entre 1840 y 1842, una entrevía de 2,50 m, con objeto de prever un posible ensanchamiento de la vía en el futuro, y en los pliegos de condiciones franceses, el ancho de la plataforma excedía en 0,60 m el valor obtenido sumando los espacios exteriores, la entrevía y el doble del ancho de la vía, lo que permitía indudablemente un futuro ensanchamiento.

Lo más lamentable del caso es que un ancho de vía superior al normal tampoco hubiera resuelto la construcción de los ferrocarriles en España. Nuestra accidentada orografía exige emplear no ya rampas del 1 por 100 como fijaron los comisionados en el artículo 7 del pliego, sino del 1,5 al 1,6 por 100, e incluso superiores. En 1844, los ferrocarriles podían explotarse con rampas del 1 por 100 y poco más, pero no existía locomotora alguna, tanto en el ancho normal como en otro mayor, capaz de abordar las del 1,5 por ciento en las longitudes considerables que se necesitarían para atravesar nuestras cordilleras o ascender desde el mar a la meseta. Si los ferrocarriles españoles hubieran comenzado a construirse en 1844, es posible que los trazados estuvieran sembrados, hoy día, de planos inclinados con tracción funicular.

Para confirmar esta aseveración basta consultar los proyectos existentes en el Archivo General de la Administración, redactados por ingenieros españoles, entre 1845 y 1852, como por ejemplo: Alar del Rey a Santander; Paso de Sierra Morena por el valle del Guadiato; Almansa a Játiva y Bilbao a Burgos. En todos ellos se recurre a los planos inclinados ante la imposibilidad de utilizar pendientes del 1 por 100, dado su excesivo coste de establecimiento.

A este respecto, conviene señalar un hecho muy poco conocido. Cuando George Stephenson vino a España en 1845, diseñó un anteproyecto para el paso de la sierra de Guadarrama. La línea prevista por Stephenson estaba trazada a base de zigzag, un procedimiento que luego se aplicaría en los ferrocarriles andinos.

Puede afirmarse, por consiguiente, que la red española no era técnicamente viable en 1844, ni con el ancho normal ni con otro mayor. El hecho cierto es que hay que esperar hasta 1855 para iniciar la construcción de la red, momento en el que se cuenta ya con suficiente presión en las calderas para explotar con tracción vapor estas fuertes declividades y, en consecuencia, con una relación adecuada entre la potencia de los motores y su peso.

Resulta insólito comprobar, finalmente cómo una cuestión tan trascendental como la de sentar las bases del sistema ferroviario español fue resuelta en poco más de un mes - tiempo empleado la redacción del informe- con ostentosa suficiencia, copiando literalmente los pliegos de condiciones franceses y sin proceder a un detenido estudio, ni mantener siquiera consultas con técnicos de prestigio. Si las locomotoras de vía ancha evaporaban más cantidad de agua por hora, ningún cálculo demostraba cuál era su cuantía, y si este aumento compensaría la mayor carga por eje que debería preverse, lógicamente, por este motivo.

Esta seguridad de los comisionados en sí mismos y su, hasta cierto punto, soberbia actitud, en ningún caso contestadas por un Gobierno y una opinión pública a cual más ignorantes en la materia, no es posible atribuirla a la inconsciencia de estos hombres, sino a su deseo de regenerar el país, sumido desde hacía tantos años en el oscurantismo. Esto es lo que por lo menos parece deducirse de las palabras pronunciadas en 1856, ante la tumba de Subercase, por un miembro ilustre del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. "Los estadistas pensaban que la sopa que se repartía en los conventos se sustituiría ventajosamente con los hospicios y casas de beneficencia y con los bienes de la desamortización eclesiástica; pero esto no bastaba, era preciso, además, que al paso que por el otro lado, el buen gusto literario y las ideas filosóficas habían desarraigado el ceno desabrido del escolasticismo, también los estudios teológicos y ascéticos se reemplazasen por los de las ciencias exactas y sus variadas y múltiples aplicaciones a las artes; era necesario abrir a la juventud otras carreras más útiles al Estado que las seguidas en los claustros, en los seminarios y aun en las Universidades; era menester, en fin, dar entrada en España a la nueva civilización que, a la sazón, estaba

cambiando la faz del mundo. A esta empresa de regeneración científica y literaria ha contribuido mas eficazmente que ningún otro establecimiento de enseñanza la Escuela de Ingenieros de Caminos organizada por don Juan Subercase".

La información parlamentaria de 1850

El 10 de enero de 1850 se presentaba ante el Congreso de los Diputados el segundo proyecto de Ley de Ferrocarriles por el ministro Seijas Lozano.

Nombrada la comisión pertinente, presidida por Salustiano Olózaga, proponía ésta el 14 de enero que, entre tanto se estudiaba el proyecto de Ley, se promulgara una Ley provisional concediendo una garantía de interés, lo que así se acordó por ley de 20 de febrero. Para estudiar el proyecto de Ley, Olózaga, que había estado exiliado en Inglaterra, propuso seguir el procedimiento usual en el Parlamento británico, consistente en organizar una encuesta parlamentaria pública ante la que prestarían declaración todas las partes afectadas. La comisión parlamentaria inició sus sesiones el 4 de marzo, a pesar de estar clausurada la legislatura desde febrero, y continuó su trabajo hasta finales de junio. Durante las mismas, prestaron testimonio distinguidos representantes de los empresarios, técnicos y estamento militar (197). Veamos, en primer lugar, las declaraciones prestadas por los ingenieros de Caminos Constantino Ardanaz, Calixto Santa Cruz, Francisco Echanove y José Subercase. Examinadas en conjunto no eran otra cosa que una mera reiteración de los argumentos, en pro de la vía ancha, de su mentor Juan Subercase. Como éste, ninguno de ellos hacía referencia a que el ancho de seis pies nos aislaba de Europa, aferrándose unánimemente a la manida idea de que la vía española era más "perfecta". Las declaraciones de Ardanaz, Santa Cruz Y Subercase dejaban entrever, sin embargo, otra hipótesis acerca de la conveniencia de la vía ancha. En efecto, por estas fechas los ingenieros españoles estaban ya convencidos de que 10s ferrocarriles españoles no eran viables si se imponía el limite del 1 por 100 en las pendientes y, en consecuencia, fundaban su admiración por la vía de seis pies en la posibilidad de construir locomotoras más potentes que permitieran abordar rampas del 2 por 100 como manifestaba Aradanaz, e incluso en el 4 por 100 como proponía, con evidente desconocimiento, José Subercase.

Esta sería la causa, a mi entender, de que los ingenieros de Caminos continuaran defendiendo con renovado entusiasmo la vía de seis pies. Era un criterio, a todas luces, erróneo, pues la posibilidad de explotar fuertes rampas con locomotoras no residía en el ancho de vía, sino en la creciente presión de las calderas. Su confianza en que la vía ancha podría resolver el problema de las fuertes rampas llevó a este insigne Cuerpo técnico a propiciar su extensa utilización. De haberse seguido sus directrices, es indudable que hoy día dispondríamos de una red ferroviaria mucho más atormentada y tortuosa. Afortunadamente, los ingenieros franceses, proyectistas de la mayoría de nuestras líneas principales, se negaron a aceptar estos criterios, manteniendo siempre valores de las pendientes iguales o inferiores al 1,6 por ciento a pesar de implicar esta decisión un incremento en el coste de establecimiento.

El único técnico que se mostró partidario del ancho normal, ante la comisión parlamentaria, fue el ingeniero industrial Cipriano Segundo Montesino, entonces catedrático de construcción de máquinas en el Real Conservatorio Industrial. Con motivo de su ideología liberal, había permanecido exiliado en el extranjero, siendo el único de los declarantes que había visto de cerca el ferrocarril.

Un artículo en la "Revista de Obras Públicas"

El mutismo de los ingenieros de Caminos acerca de que la vía de seis pies nos aislaba de la red europea fue roto por fin en 1854, con un artículo firmado por Eusebio Page y Eduardo Saavedra titulado Ancho de vía de los ferrocarriles. Sus autores pretendían salir al paso de unos comentarios aparecidos en el periódico francés Le Messenger de Bayonne, donde se calificaba nuestra vía ancha de absurda e inconveniente por cuanto la prolongación de la línea de Burdeos a la frontera quedaría aislada de nuestra línea del Norte. Se exponían en el artículo, por centésima vez, los argumentos en pro de la vía de seis pies, añadiéndose lo que antes indicamos, es decir, la posibilidad de abordar pendientes más fuertes. Los inconvenientes de la ruptura del ancho se refutaban con lo siguiente, olvidando que los ferrocarriles también transportaban mercancías:

"El inconveniente de apearse los viajeros en la frontera se reduce a la incomodidad que tendrán muchas veces dentro de España o de Francia, cuando cambien de empresa o por otros mil motivos, pues no hay ejemplo, ni es posible que lo haya, de que una persona

camine veinticuatro horas encajonada en un coche y sin la menor interrupción en un viaje de París a Madrid: la intemperie será la que sufran en el interior de la estación de frontera. Véase si estos inconvenientes que tanto asustan al diario de Bayona pueden destruir ni aminorar una sola de las ventajas que dejamos consignadas".

Esta supina ignorancia acerca de las prestaciones de la locomotora, fundada en el ancho de la vía y no en la presión de la caldera, y esta visión pueril y miope del futuro del ferrocarril, al despreciar el transporte de mercancías, creo que constituyen el fundamento de este encendido amor por la vía de seis pies, manifestado por estos renombrados ingenieros.

El mito de las razones estratégicas

La creencia de que el ancho de vía español fue debido a presiones del Ejército, con el fin de dificultar la invasión del territorio, está bastante extendida, incluso hoy día. Durante el siglo XIX y comienzos del XX, se encuentran referencias en este sentido, pero todas ellas presentan un denominador común: absoluta falta de pruebas en su apoyo. Examinando los testimonios prestados por los militares ante la comisión parlamentaria de 1850, se observa que, con la excepción del brigadier Monteverde, ninguno de ellos hace referencia al ancho de vía ni propone alguno en concreto. Sin embargo, Monteverde manifestaba lo siguiente:

"Lo que voy a decir, señores, no lo presento sino como una idea secundaria. Pero acaso podría convenir que estudiáramos la anchura de las vías de los ferrocarriles de Francia y que las nuestras no tuvieran la misma. Razón de esto es que, si por cualquier motivo, llegara el caso de que sufriéramos una guerra de invasión, se evite que el material que los contrarios tengan puedan traerlo y servirse de nuestros caminos de hierro como de un arma que se convierta contra nosotros".

Estas palabras del brigadier, posiblemente, constituyeron la primera chispa a partir de la cual comenzó a extenderse el mito de las razones estratégicas. El mito carece de sentido, pues si se quería obstaculizar la invasión, el ancho de vía debe ser menor que el normal utilizado en Francia. En efecto, instalando un ancho mayor, como es nuestro caso, no se consigue el objetivo, pues basta tender un tercer carril o estrechar la vía de las líneas enemigas. Esto, precisamente, fue lo que hizo el Ejército alemán durante la última guerra mundial en 28.700 kilómetros de vías rusas, durante los años 1941 a 1943.

Instalando, en cambio, un ancho menor, el enemigo queda imposibilitado para ampliar la vía por no disponer de plataforma de la anchura suficiente, los puentes de la debida resistencia y los túneles del gálibo adecuado.

El ancho normal en España

A partir de 1850, el Gobierno español comenzó a estar sometido a las presiones de algunos capitalistas y técnicos extranjeros, así como de los Gobiernos francés y portugués, como más adelante veremos. Ninguno de ellos comprendía los motivos que nos habían llevado a adoptar esta insólita vía de seis pies. Por R. D. de 30 de octubre de 1850, se concedía provisionalmente a Carlos E. Ibry, en nombre de una compañía francesa, una línea de Madrid a Cartagena en la que si bien el ancho era de seis pies, el Gobierno se reservaba la facultad de reducirlo a 1,44 metros, "si esta dimensión llegase a ser preferible". Las cláusulas de la concesión habían sido negociadas directamente por el ministro Seijas Lozano, sin intervención de los técnicos.

Otro R. D. de 10 de septiembre de 1851 concedía definitivamente la línea de Alar del Rey a Santander y accedía a reducir el ancho a 1,45 metros, "en atención a que este camino se halla en un caso especial". El motivo de este caso especial residía en que la construcción del ferrocarril había sido contratada con una sociedad inglesa, participante al mismo tiempo como accionista, que había impuesto el ancho normal.

Pocos días después, el 20 de octubre, se creaba el Ministerio de Fomento y se nombraba para el cargo a Mariano Miguel de Reinoso, hasta entonces comisario regio para la Agricultura. El nombramiento lo había conseguido tras dirigir continuas exposiciones a la Reina para demostrar que era un hombre con ideas revolucionarias destinadas a impulsar los asuntos ferroviarios, como antes había hecho en la agricultura importando arados de moderno diseño y o la maquinaria agrícola. Su interés por el ferrocarril se había despertado al participar como mediador en el contrato de construcción de la línea de Alar a Santander antes citada. Estos contados con los ingleses le habían convencido además de las ventajas económicas del ancho normal. Imbuido con tan revolucionarias

ideas, presentaba Reinoso, el 3 de diciembre de 1851, el tercer proyecto de Ley de Ferrocarriles en las Cortes. Con independencia de algunas ideas originales que más tarde se recogerían en la legislación, la novedad más relevante del proyecto de Ley figuraba en su artículo 14, donde se prescribía un ancho de 543 pies (1,512 metros). Este valor era, evidentemente, erróneo, pues el ancho deseado por Reinoso era el normal de 5,15 pies (1,435 metros), pero se había visto obligado, ante la oposición de los técnicos del Ministerio, a redactar personalmente la propuesta. Lo decía claramente en la exposición de motivos: "No procede razonar aquí como facultativos; las Cortes ni el Gabinete, no son academia de ciencias".

Sean cuales fueren las ventajas de las vías anchas, continuaba, "el Gobierno... cierra los ojos y mira los hechos. Y cuando ve que en Inglaterra está generalizada la vía estrecha, y cuando ve que lo está en Francia, y cuando ve, con esas experiencias, que la vía estrecha, además de responder tan ventajosamente a la cuestión económica, satisface a la par las de oportuna celeridad y seguridad bastante, el Gobierno, señores diputados, opina por la vía estrecha y la propone en el Congreso...".

Lamentablemente, las vicisitudes de la política destruyeron esta primera posibilidad de encauzar, con sentido común, la cuestión del ancho de la vía. Cinco días después se disolvían las Cortes. A pesar de no disponer de una Ley de Ferrocarriles, Reinoso continuó impulsando el ferrocarril con su estilo particular. Desgraciadamente este estilo rozaba frecuentemente la ilegalidad y, en muchos casos, la inconstitucionalidad, provocando graves escándalos que contribuyeron, sin duda, a la revolución de julio de 1854. En lo que se refiere al ancho de vía, Reinoso estaba dispuesto a imponer el normal con Ley o sin ella. Así, en 1852, daba orden de que el proyecto de la línea de Madrid a Irún se realizara con el ancho de 1,44 metros. Por otra parte, en las concesiones otorgadas ese año de Barcelona a Granollers, Barcelona a Martorell, Sevilla a Andujar y Jerez a Matagorda, exigió este mismo ancho de vía, originando el desconcierto y las protestas de las empresas, particularmente de la primera de ellas que había contratado ya el material rodante para la vía de seis pies. Sin embargo, pocos días después de cerrarse la legislatura, el 19 de diciembre, Reinoso se veía obligado a reconocer en el Real Decreto para la construcción por el Estado de la línea de Aranjuez a Almansa, que de haber impuesto el ancho normal, el Gobierno habría tenido que abonar una importante indemnización para convertir a este ancho la parte ya construida y el material rodante. En 1853, dimitido ya Reinoso, el ancho de la vía de las líneas mencionadas fue restaurado por el Gobierno a su valor tradicional de seis pies castellanos.

La Ley de Ferrocarriles de 1855

La revolución de julio de 1854, motivada en buena parte por los escándalos ferroviarios, no podía por menos de constituir un revulsivo para tan vidriosos asuntos. Así, una de las primeras decisiones adoptadas por el Gobierno progresista del general Espartero fue designar dos comisiones, una para que redactase un proyecto de Ley general de Ferrocarriles, y otra para informar sobre los expedientes de todas las concesiones existentes. La primera de ellas, presidida por el general Manuel de la Concha, la componían eminentes tecnócratas, entre ellos, Cipriano Segundo Montesino, el único ingeniero que se había mostrado favorable al ancho normal en 1850. Ahora era el director general de Obras Públicas. Habiendo sido designada el 18 de agosto, la comisión ultimaba su trabajo el 28 de septiembre, remitiendo al Gobierno el proyecto de Ley solicitado Y un documento titulado Observaciones generales al proyecto de Ley de ferrocarriles. El ancho de vía incorporado al proyecto volvía a ser 1,67 metros (6 pies), el mismo que fijara Subercase en 1844. Los militares no habían intervenido en esta decisión.

Ejes ferroviarios de cambio automático de ancho de vía^(*)

Por RAFAEL RUBIO ELOLA

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El diferente ancho de vía entre redes ferroviarias de distintos países se ha intentado solucionar mediante diversos sistemas de cambio de ejes o de bogies manuales o automáticos que se describen en el artículo, particularmente el método diseñado en nuestro país, así como los ensayos realizados para la comprobación del mismo, cuyos resultados han sido satisfactorios.

1. INTRODUCCION

A medida que los intercambios comerciales se multiplican, no sólo en la Europa del Mercado Común sino también en las fronteras de la URSS y de otros países, las diferencias de ancho de vías va siendo un factor que influye cada vez más en la explotación ferroviaria.

El ancho de vía establecido en Europa es de 4 ft. 8 1/2 in (1.435mm) que fue adoptado el año 1.825 por George Stephenson, creador de la locomotora de vapor para el primer ferrocarril que tuvo el mundo, que elogió este ancho de vía por ser el estandarizado entonces en los vehículos de tracción animal.

Este ancho de vía se extendió a Francia, Alemania, y Estados Unidos, debido a la exportación de locomotoras por la firma Robert Stephenson and Co., naciendo así el llamado ancho «standard» o internacional.

En España por el asesoramiento del ingeniero inglés Brunnels, se estableció por Real Decreto en 1.844, el ancho de vía de seis pies castellanos (1.674mm). Este ancho se adoptó por motivos técnicos, pues permitía mayor estabilidad en la marcha y con ello se podían alcanzar velocidades mayores con marcha más tranquila y menos vibraciones, así como mayor capacidad de carga (un 10 por 100).

Por estas mismas razones, en el moderno tren «BART» de la bahía de San Francisco en EE.UU. se adoptó la vía ancha 5 ft 6 in (1.676mm), lo que la confirma como la mejor solución bajo el punto de vista técnico.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de agosto de 1987.

En Rusia, país-eminente ferroviario, así como en Finlandia, se adoptó también un ancho superior al internacional, de 5 ft (1.524mm).

Posteriormente, para ferrocarriles económicos de poca velocidad y capacidad de carga, se estableció la vía estrecha de 1.000 ó 1.067 mm.

Bajo el punto de vista militar, ante la posibilidad de un conflicto armado, se consideró en el pasado la diferencia de ancho de vía como un factor positivo, pues en caso de invasión, la red ferroviaria no podría ser utilizada por el enemigo. Por el contrario, actualmente, con las alianzas existentes, esto supone un factor muy negativo.

2. ANCHOS DE VIA EXISTENTES EN DIVERSOS PAISES

La red actual de ferrocarriles de todo el mundo suma una longitud total de aproximadamente 1.250.000kilómetros en los que se encuentran los siguientes anchos de vía:

Vía ancha (1.676a 1.600 mm)

Argentina, Chile, India, Pakistán, Bangla Desh y Srilanka (Ceilán) 1.676 mm; España 1.674 mm; Portugal 1.665 mm; Irlanda, Brasil y Australia 1.600 mm.

Vía ancha rusa (1.525mm)

U.R.S.S., Finlandia, Panamá.

Ancho internacional (1.435mm)

Europa (excepto Irlanda, España, Rusia y Finlandia), EE.UU., Canadá, Méjico, Cuba, Argen-

тина, Perú, Uruguay, Egipto, Marruecos, Argelia, Túnez, Turquía, Irán, Irak, Israel, Siria, Arabia Saudí, China, Japón, Corea, Australia.

Vía métrica inglesa (1.067 mm)

Africa del Sur, Angola, Mozambique, Zimbawe (Rhodesia), Zambia, Sudán, Nigeria, Ghana, Japón, Formosa, Filipinas, Indonesia, Australia, Nueva Zelanda, Ecuador.

Vía métrica (1.000 m)

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Túnez, Senegal, Costa de Marfil, Guinea, Camerún, Madagascar, Tanzania, Kenya, Uganda, Etiopía, Bangla Desh, India, Pakistán, Birmania, Tailandia, Vietnán, Malasia.

El ancho internacional representa el 62 por 100 de la red total de ferrocarriles.

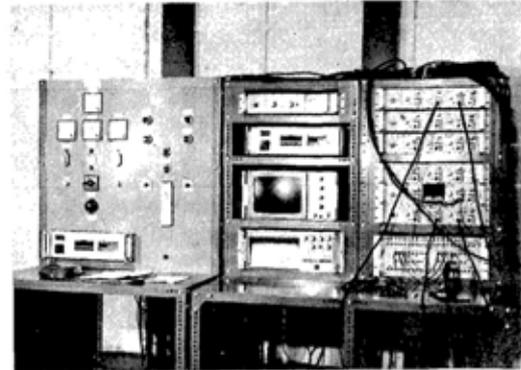
3. SOLUCION ACTUAL PARA EL PASO DE VEHICULOS FERROVIARIOS ENTRE VIAS DE ANCHOS DIFERENTES

La solución actualmente empleada para el paso de vehículos ferroviarios por las fronteras de España y de la U.R.S.S. es el cambio de los ejes o de los bogies completos.

Para realizar esta operación se trasladan los vagones de trenes de tres en tres a una zona con doble ancho de vía y cuatro carriles, que pasan sobre un foso para facilitar el trabajo y dispone de tres grupos de cabrias elevadoras con accionamiento eléctrico.

Dos aparejos suspendidos de puentes móviles se utilizan para el transporte de los ejes desde o hacia el depósito, que dispone de las vías muertas situadas a ambos lados del centro de cambio.

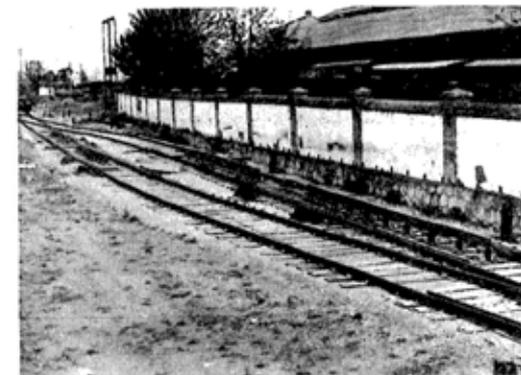
Después de soltar los dispositivos de fijación de los ejes, se elevan los vagones mediante las cabrias, a una altura de 1,3 metros. Una vez desmontados los ejes se les hace rodar por debajo de los vagones y se trasladan al depósito; los nuevos ejes procedentes de este depósito se introducen debajo de los vagones a los que se les hace descender lentamente sobre los ejes, procediendo a continuación a montar los elementos de fijación.



Pupitre de mados y aparatos de medida del banco de ensayos de ejes a escala reducida.

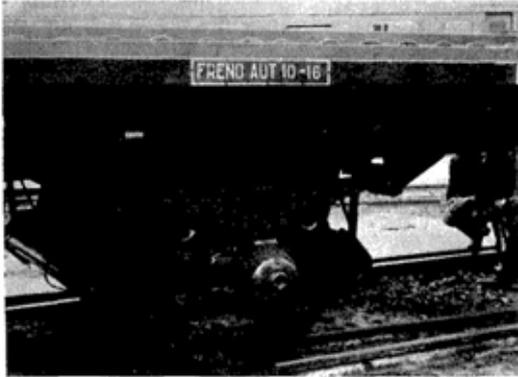


Vagón experimental de ejes de ancho variable O.G.I.

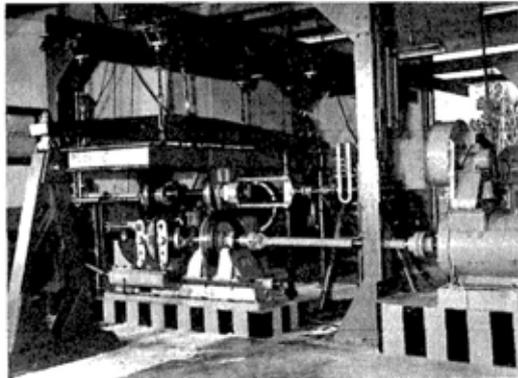


Vía de transición experimental situada en Sevilla.

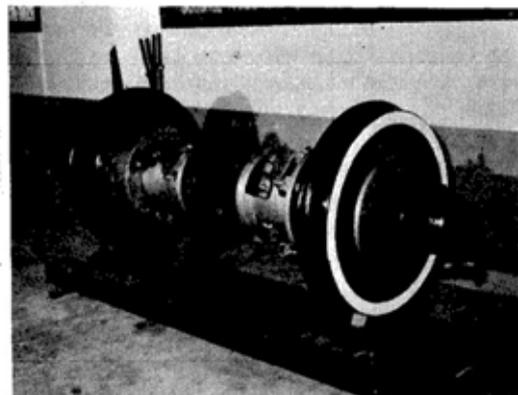
EJES FERROVIARIOS DE CAMBIO AUTOMÁTICO DE ANCHO DE VIA



Eje O.G.I. montado en vagón.



Banco de ensayos para eje a escala reducida (1:2,5).



Ejes de cambio automático de ancho de vía O.G.I.

Toda la instalación está protegida por un cobertizo.

Para el cambio de bogies en los caches de viajeros el sistema es similar, pero para el traslado de los bogies por debajo de los coches, cuando están elevados por las cabrias, se emplea una pequeña locomotora.

Esta situación es muy primitiva; un tren de 40 unidades requiere más de cinco horas y media para realizar el cambio de ejes, si todo está bien sincronizado.

También representa otros muchos inconvenientes: precisa inversiones y un número de personas **tanto** más elevado cuanto mayor sea el número de vagones a «**tratar**». Este equipo de personal se arriesga a ser excesivo en períodos vacíos y por el contrario insuficiente en momentos punta; la posibilidad de entrada de los vagones por puntos de la frontera diferentes a los de salida puede exigir que se disponga de exceso de ejes o bogies en los depósitos. De todo lo anterior se deduce una mala rentabilidad del conjunto y da lugar a un monopolio de la compañía que ha de explotar las instalaciones de cambio.

La pérdida de tiempo en frontera se justifica en un principio por el tiempo que se empleaba en el control de pasaporte y trámites aduaneros, pero en la actualidad esta justificación no es válida.

Si se considera bajo el punto de vista militar, tanto la detención en frontera, como instalaciones, depósitos de ejes y bogies, etc., este sistema resulta totalmente inadmisibile.

4. EJES DE CAMBIO DE ANCHO AUTOMÁTICO

La necesidad de resolver el problema de tráfico ferroviario entre redes de diverso ancho, de una manera más adecuada, así como el aumento del tráfico, ha conducido a la investigación de otras soluciones, entre las que el eje de cambio de ancho automático resulta la más satisfactoria.

Las investigaciones se desarrollaron casi simultáneamente para las administraciones ferroviarias de España, de la URSS y de la República Democrática Alemana.

En España se experimentó en varios vagones el sistema del ingeniero militar Coronel Muñiz, con lo que se hicieron importantes recorridos de ensayo, pero presentaba problemas que no pudieron ser solucionados y hubo que abandonarlo.

En la República Democrática Alemana, con objeto de facilitar el tráfico con la Unión Soviética, se construyeron varios prototipos conocidos bajo los nombres de Goerlita, Niesky, Ilseburg y Kramer, que condujeron al desarrollo del sistema DRIII con el que se realizó una experimentación de bastante amplitud, circulando en 1961 trenes experimentales a través de Polonia. Como resultado se comprobó que éste tipo de ejes no podían ser utilizados en tráfico comercial.

Como consecuencia se continuaron los estudios y se desarrolló el sistema DRIV con el que se equiparon en 1964 ocho vagones con bogies, realizándose con éstos, una experimentación muy amplia.

Por otro lado en la URSS se desarrollaron y construyeron sus sistemas TG.6 y TG.14.

Todos estos sistemas presentaron problemas que no pudieron solucionarse por lo que también fueron abandonados.

Ante la situación expuesta anteriormente, RENFE optó por solicitar a la Unión Internacional de Chemins de Fer (U.C.I.), que convocase un Concurso Internacional de proyectos de bogies de cambio automático de ancho de vía, comprometiéndose RENFE a financiar la fabricación de los prototipos y los ensayos necesarios para obtener la autorización de la U.I.C. para el uso comercial de los proyectos premiados.

El jurado de este concurso se constituyó en 1966, presidido por Mr. L. Armand, secretario general de la U.I.C. y actuando de secretario Mr. J. P. Koster entonces presidente de O.R.E. (Ofice de Recherches et Essais de la U.I.C.).

Al concurso se presentaron 43 proyectos y para su calificación se formó un Comité de expertos, presidido por Mr. W. Saliger, director del O.R.E. Resultaron premiados dos proyectos: El primer premio de este concurso internacional fue concedido a los Ateliers de Construction Mecaniques de Vevey, Villeneuve (Suiza) por un diseño basado en el uso de ejes fijos con ruedas libres, y el segundo a la Oficina General de Ingeniería (O.G.I.) de Sevilla en España, por un diseño con ruedas y sus ejes rotativos.

La solución presentada por Vevey (que no cumplía las cláusulas del Concurso por exigir éste eje rotativo), fue la primera ensayada para lo cual se construyeron 30 ejes. Estos ejes fracasaron por producir grandes desgarres en las pestañas de las ruedas y originar descarrilamientos por no presentar el efecto de auto-centrado en vía, que se produce en las ruedas bicónicas de eje monobloque ferroviario.

De los ejes O.G.I. se fabricaron dos ejemplares para ensayos en banco a escala reducida (1:25) y 16 ejes a escala natural para ensayos en banco y con vía, así como dos bogies Schlieren con adaptaciones en cerrojo y timonería de frenos de ancho variable, para montar estos ejes.

Al contrario de lo ocurrido con el eje Vevey y de los múltiples intentos realizados anteriormente, el eje O.G.I. ha superado todos los ensayos con resultados muy satisfactorios.

5. CARACTERISTICAS DEL EJE DEL CAMBIO DE ANCHO AUTOMATICO O.G.I.

Este eje ha sido desarrollado de acuerdo con todas las especificaciones técnicas exigidas en el Concurso Internacional convocado por la U.I.C. por lo que las condiciones de seguridad son equivalentes a las del eje ferroviario convencional.

Puede ser instalado tanto en vagones de dos ejes como en bogies para vagones o coches de viajeros, pasar a través de más de dos anchos de vía y circular hasta velocidades de 200 km/h.

El sistema de **blocaje** del desplazamiento axial es de ajuste cónico y de tipo collar, no permitiendo holgura alguna (pues cualquier desgaste quedaría absorbido por este tipo de ajuste) y distribuye muy uniformemente las cargas axiales de la rueda.

El **blocaje** en rotación se efectúa mediante palancas articuladas que dan poca resistencia por fricción a los desplazamientos **axiales** de la rueda.

Ambos sistemas están diseñados siguiendo las condiciones «Fail Safe» de la filosofía de di-

seño «Damage Tolerance» con lo que se evita cualquier posibilidad de que pudiera producirse un fallo catastrófico en los mismos.

El dispositivo de vía de transición, que es muy simple, está constituido por unos tramos de carriles con contracarril en convergencia o divergencia (según se mire desde el lado de la vía ancha o estrecha), y de una leva situada entre estos que efectúa el desbloqueo en sentido axial de las ruedas hasta llegar a la nueva posición en las que quedan bloqueadas automáticamente. Existen al final del tramo de transición, unos dispositivos que aseguran que ha quedado realizado el encerrojado de las ruedas en la nueva posición.

Comparando el eje ancho variable O.G.I. con el eje ferroviario normal, se llega a las siguientes conclusiones:

- Utiliza los mismos rodamientos y cajas de grasa, lo que permite adaptar fácilmente el eje O.G.I. a vagones de dos ejes o bogies normales en servicio.
- Puede arrastrar la generatriz de alumbrado desde el extremo de la mangueta, como es práctica normal.
- Realiza el shuntage entre los dos raíles (necesario para los dispositivos de señalización), tan rigurosamente como el obtenido en los ejes clásicos, así como el retorno a rail de la corriente eléctrica de calefacción y alumbrado.
- Presenta compatibilidad total con los aparatos electrónicos dispuesto a lo largo de la vía para detección de calentamiento de las cajas de grasa de rodamientos, por ser las del eje O.G.I. las mismas que las del eje normal.
- Tiene una acción de frenado igual a la del eje clásico, debido al acoplamiento en rotación de las ruedas con el eje.
- Los esfuerzos que se presentan sobre el eje, son inferiores a los que se presentan en los ejes normales con ruedas caladas, que dan lugar a concentraciones de esfuerzos debido al zunchado.
- Existe compatibilidad del eje O.G.I. con su utilización como eje motor.

6. RESUMEN DEL PROGRAMA DE ENSAYOS REALIZADOS CON LOS EJES O.G.I.

Con los ejes O.G.I. se ha desarrollado un amplio programa de ensayos que pueden dividirse en ensayos previos de puesta a punto y los de homologación definidos especialmente para estos ejes por la U.I.C.

Los ensayos previos se dividen en ensayos en banco a escala reducida (1:25), ensayos en vía y en banco a escala natural.

Los ensayos en banco a escala natural y los de cambio de ancho de vía a escala natural se realizaron en Sevilla.

Los ensayos de duración y comportamiento y de fatiga a escala natural se realizaron en el ((Centre d'Essais de Vitry», de la Dirección de Material de Ferrocarriles Franceses (S.N.C.F.) donde se construyó un banco específico para estos ensayos disponiendo de un sistema de aplicación de cargas controlado por ordenador.

En los ensayos en banco a escala reducida con aplicación de cargas dinámicas, se efectuó un recorrido equivalente a dos millones de kilómetros y velocidades hasta 200 km/h efectuándose cambios de ancho sobre el mismo banco que disponía de dispositivos para realizarlos. En estos ensayos se comprobó el buen comportamiento de los ejes y se eliminó el desgaste de una pieza de bloqueo axial mediante el cambio de material.

A escala natural se efectuaron ensayos de rigidez de los ejes, dos mil cambios de ancho en la estación de transición y sesenta mil kilómetros de recorrido con aplicación de cargas en el banco de ensayos de Vitry. Por el resultado de estos últimos se decidió emplear bandajes de ruedas templados ya que los grandes esfuerzos a que eran sometidos los ejes en el banco requerían retorneados frecuentes alargando el tiempo de ensayos.

Respecto a los ensayos de homologación se realizaron sobre un mismo eje el equivalente a 400.000 km de recorrido con aplicación de cargas y velocidades hasta 200 km/h, a continuación 5.106 ciclos de cargas de fatiga en el Centro de Ensayos de Vitry y a continuación 2.000 maniobras de cambio de ancho de vía. Los re-

sultados de esta serie de ensayos fueron muy satisfactorios, durante los cuales sólo se vio la necesidad de cambiar la grasa tipo Repsol AP que originaba alguna degradación en los cojinetes, por la Alvania R3 recomendada por la firma fabricante de los cojinetes.

Respecto a los ensayos en vía, para tener en cuenta los efectos atmosféricos y otros agentes externos, ha estado circulando un vagón con carga máxima, desde 1976 a 1984 en la línea Valladolid-Ariza-Calatayud, elegida por la mala calidad de la vía, realizándose 125.000 km de recorrido acumulado. En estos ensayos, que dieron un resultado satisfactorio, no se detectaron problemas debidos a agentes externos ni a las sollicitaciones a que fueron sometidos, requiriéndose reparaciones importantes en el vagón pero nunca en los ejes.

Con estos ensayos, RENFE consideró que estaba suficientemente demostrado el buen comportamiento de los ejes, surrimiendo los ensayos llamados de segunda categoría por la S.N.F.C. de 200.000 km en trayectos comerciales.

El proceso para conseguir unos ejes de cambio de ancho automático de vía ha sido largo pero finalmente se ha obtenido una solución desarrollada en España, que cumple con amplio margen las fuertes exigencias de las especificaciones establecidas por la U.I.C.

Una vez conseguido este éxito en la solución del problema, RENFE ha dejado aplazada «sine die» su explotación comercial, aduciendo motivos económicos.

Rafael Rubio Elola.



Doctor Ingeniero Aeronáutico, (Granada 1922), obtuvo el título de Ingeniero Aeronáutico en la Escuela Superior de Aeronáutica de Madrid en 1950. Al terminar los estudios estuvo destinado en el Servicio de Protección de Vuelo de la Región Aérea del Estrecho, teniendo a su cargo la Oficina de Proyectos y Dirección de Obras de este Servicio, realizando diversas instalaciones

de radio-faros y comunicaciones y ayudas a la navegación. En 1952 pasa a la industria para ocuparse del proyecto de aviones militares, entre éstos el avión HA-200 «SAETA», el HA-300 monoplaza de combate supersónico, el avión C-101, así como el desarrollo de diverso armamento aéreo.

Fuera del campo aeronáutico ha efectuado trabajos y estudios diversos como los «Ejes ferroviarios de cambio de ancho automático») el «Túnel Sumergido para el Estrecho de Gibraltar») el monocarril «Aéreo tren basculante») y otros.



