

El Sistema de Señalización de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Valencia/Albacete

Revista de Obras Públicas
nº 3.522. Año 158
Junio 2011
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

The Signalling System on the Madrid-Valencia/Albacete High-Speed Railway Line

Miguel Sardina Gonzalo. Ingeniero Industrial

Técnico de Construcción de la Dirección de Instalaciones de Control de Tráfico. ADIF. Madrid (España). rop@ciccp.es

Resumen: El sistema de señalización es el encargado de garantizar la seguridad en la circulación de los ferrocarriles. Se le exige, dependiendo de la explotación concreta de la línea, garantizar la seguridad antes severos requisitos de frecuencia, velocidad o ambos.

Se compone básicamente de los siguientes subsistemas: enclavamiento, sistema de protección del tren y telemando centralizado. Todos estos subsistemas se relacionan entre ellos mediante una red de telecomunicaciones fijas y móviles y están soportados por una red de energía dedicada.

Se realiza un estricto dossier de seguridad para cada subsistema, donde se analiza tanto el producto genérico como la aplicación específica para la línea en concreto. El evaluador independiente se encarga de garantizar el cumplimiento del seguimiento y control del ciclo de vida de seguridad de cada subsistema. A continuación se explicará brevemente el funcionamiento básico de cada uno de los niveles del sistema de señalización.

Palabras Clave: ERTMS; 2.30; Alta Velocidad; Valencia

Abstract: A signalling system is installed to guarantee railway traffic safety and is required to ensure safety in view of the service frequency and/or speed conditions in accordance with the specific operation requirements of the line.

These are basically formed by the following sub-systems: interlocking system, train protection system and centralised remote control. All these sub-systems are interconnected by fixed and mobile telecommunication networks and supported by a dedicated power supply system.

A complete safety dossier is drawn up for each sub-system, analysing both the general product and its specific application to a particular line. An independent assessor is entrusted with ensuring the correct monitoring and control of the safety life cycle of each sub-system. This article shall endeavour to give a brief explanation of the basic operation of each level of the signalling system.

Keywords: ERTMS; 2.30; High Speed; Valencia

1. Enclavamiento

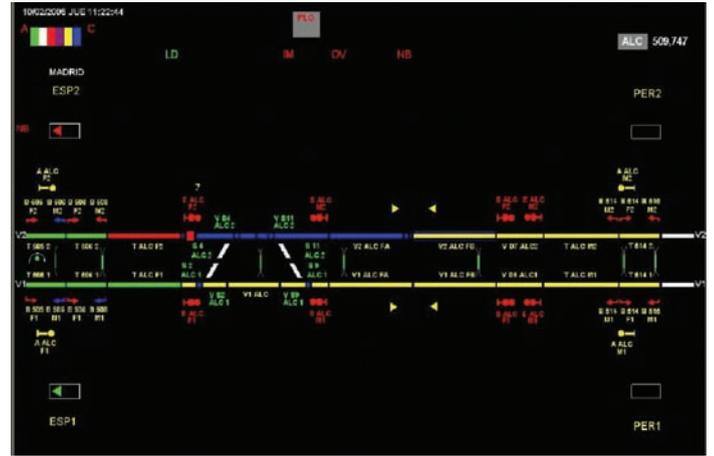
El enclavamiento es el corazón del sistema de señalización y es el encargado de establecer los itinerarios de los trenes, evitando conflictos en los mismos que pudieran poner en riesgo la seguridad. Para ello el enclavamiento acciona los aparatos de vía (desvíos principalmente) y las señales luminosas, de forma que se establezca el itinerario definido e impidiendo cualquier tipo de movimiento incompatible.

Los enclavamientos empezaron siendo mecánicos, pasaron a ser eléctricos y actualmente son

electrónicos (ENCE), ofreciendo una alta disponibilidad y un máximo nivel de seguridad, conseguido mediante el uso de arquitecturas redundantes a todos los niveles, tanto en los distintos módulos que componen el enclavamiento, como en las interfaces con otros equipos y sistemas.

Para la localización del tren se utilizan tanto los circuitos de vía como los sensores de rueda, sistemas que permiten detectar la presencia del tren en un determinado tramo de vía. Su estado se comunica al enclavamiento, que se encarga de procesarlo, y sitúa al tren en la línea.

Fig. 1 ENCE y Puesto Local de Operación (PLO).



La distribución a lo largo de la línea de los ENCEs depende de factores de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, así como de la disposición de vías y estaciones. Para el caso concreto de la LAV Madrid - Valencia/Albacete, de una longitud de 444 km, el número de ENCEs ha sido de 13, con 90 emplaza-

mientos intermedios que albergan sistemas y equipos pertenecientes a estos. El número total de los principales elementos de señalización gobernados por los ENCEs se resumen en la tabla 1.

En una Línea de Alta Velocidad (LAV) de nueva construcción, las pruebas y puesta en servicio de los ENCEs se va realizando de acuerdo al avance del montaje de vía, que parte de las distintas Bases de Montaje (7). El ritmo de puesta en servicio de los ENCEs en la LAV Madrid - Valencia/Albacete ha sido, aproximadamente, contando desde la firma del contrato de instalaciones de señalización, de 2 meses por ENCE. Otro índice significativo puede ser el tiempo medio que se tarda en disponer de 1 km de señalización, únicamente incluyendo el sistema de ENCE, resultando para esta LAV de 1 km cada 2 días (8).



Fig. 2. Señalización lateral, accionamientos eléctricos de aguja y sensor de rueda.

2. Sistema de protección de tren

Los sistemas Automáticos de Protección de Tren (ATP) se encargan de supervisar en todo momento que los trenes circulan a la velocidad adecuada,

Tabla 1. Principales elementos de señalización LAV Madrid - Valencia/Albacete.

SISTEMA	MEDICIÓN
Señales	56
Accionamientos eléctricos de aguja	226
Circuitos de vía	1283
Sensores de rueda	324

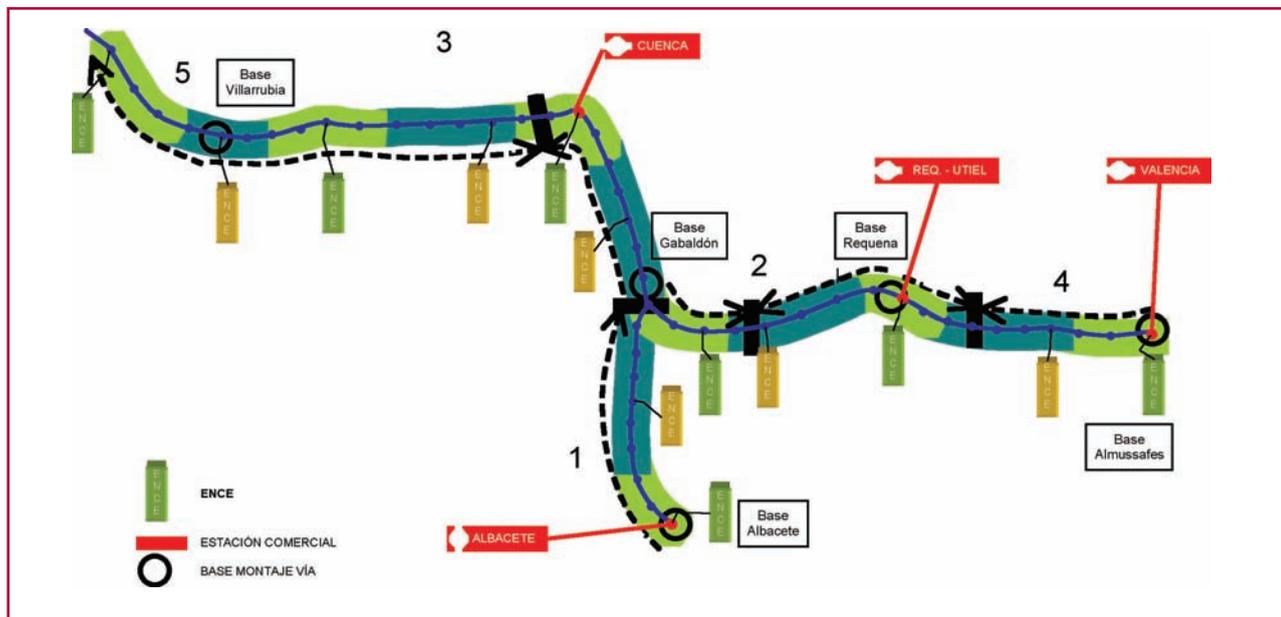


Fig. 3. Distribución de ENCEs LAV Madrid - Valencia/Albacete.

respetando las restricciones que imponen los enclavamientos y la vía.

Los sistemas ATP disponen de equipamiento a lo largo de la vía y abordo del tren. Se superponen a los enclavamientos. Reciben de estos la información, la procesan y envían al tren la información necesaria (autorizaciones de movimientos, estados de las señales, limitaciones en vía, etc).

Como estos son los sistemas que intercambian información entre el tren y la vía, es sobre ellos sobre los que radica el concepto de interoperabilidad, esto es, que un tren equipado con el ATP de abordo de un único fabricante pueda circular por vías equipadas por suministradores de ATP de vía diferentes.

La Comisión Europea, junto con empresas del sector de la señalización ferroviaria, ha creado el sistema automático de protección de tren ERTMS (European Railway Traffic Management System) con el objetivo de crear un sistema estándar, con unas especificaciones abiertas que permitan que la interoperabilidad sea un hecho que facilite la competencia y elimine tanto las barreras ferroviarias entre países como los mercados cautivos (1)(2).

El sistema ERTMS es por tanto la piedra angular sobre la que se puede construir la interoperabilidad ferroviaria (3). La circulación de trenes entre redes y países, sin discontinuidades en las fronteras políticas y técnicas, se muestra como baza importante para asegurar la interoperabilidad, la competitividad fe-

roviaria y, en definitiva, la captación de tráficos por el ferrocarril.

El sistema ERTMS se compone de:

- ETCS (European Train Control System). Es el ATP creado con el objetivo de sustituir y armonizar a los distintos ATPs europeos existentes.
- GSM-R. Es el sistema de radio que proporciona la comunicación de datos y voz entre la vía y el tren. Se basa en el estándar GSM, usando frecuencias especialmente reservadas para el fe-

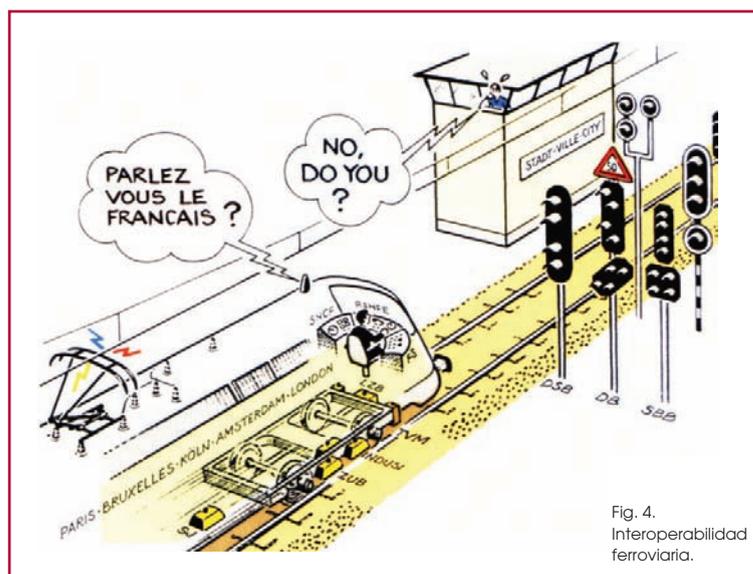


Fig. 4. Interoperabilidad ferroviaria.

rocarril, con ciertas funciones específicas y avanzadas.

Ambos sistemas, ETCS y GSM-R, disponen de equipamiento a lo largo de la vía y abordo del tren.

La interoperabilidad exige que componentes del sistema de diferentes fabricantes tengan que comunicarse entre ellos, es por lo que se definen y diseñan con un nivel de detalle muy exigente estas interfases de comunicación. Cuando el sistema ERTMS esté implantado en toda Europa, permitirá la circulación de un tren por todo el continente con un único equipo de abordo.

Las normas que detallan la interoperabilidad son las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, TSI (Technical Specifications for Interoperability). Más en concreto para el sistema de control y mando y señalización de sistemas ferroviarios el Anexo A (4).

Las principales normas del Anexo A de las TSI son las Especificaciones de los Requerimientos Funcionales, FRS (Functional Requirement Specifications) y las Especificaciones de los Requerimientos del Sistema SRS (System Requirement Specifications). Las FRS fueron creadas, por encargo de la Comisión Europea, por un grupo de expertos ferroviarios, el Grupo de Usuarios. A continuación, la industria de señalización Europea, agrupada en UNISIG, ha revisado los requerimientos, con el objeto de seleccionar aquellas funciones consideradas como necesarias para garantizar la interoperabilidad. En un segundo paso, el grupo UNISIG redactó las SRS.

La solución que ha permitido asegurar la interoperabilidad del sistema, permitiendo libertad de diseño a los diferentes fabricantes, ha consistido en la definición de un "núcleo" del sistema ERTMS con sus interfases normalizadas a nivel lógico y físico (FFFIS, Form Fit Functional Interface Specification). Este tipo de especificación define con detalle desde los aspectos físicos (conector, cable, etc) hasta los aspectos lógicos (velocidad, mensajes, codificación, etc) de la interfaz, asegurando la conectividad entre dos equipos producidos por fabricantes diferentes. Otras interfaces como la del DMI (Driver Machine Interface) o la de la TIU (Train Interface Unit) solamente han sido definidas a nivel funcional.

Los principales componentes del equipamiento en vía del sistema ERTMS son los siguientes (5):

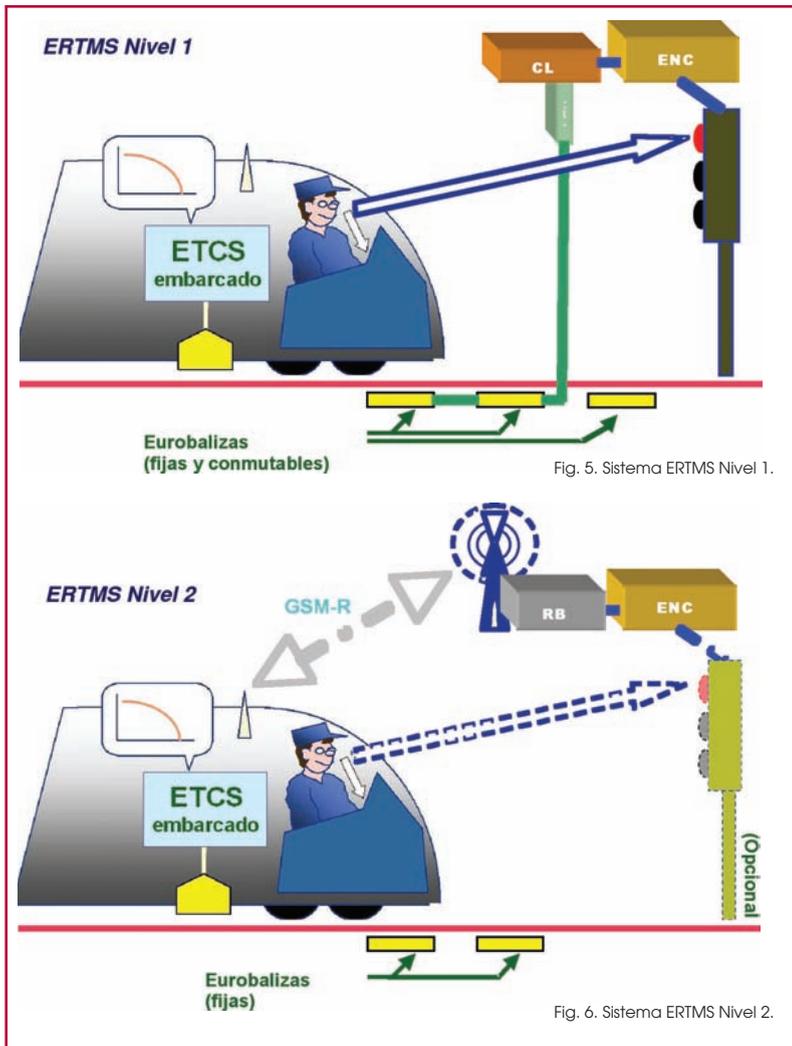
- Eurobaliza. Dispositivo de transmisión puntual instalado en la vía que, al paso del tren, es energizado por su antena captadora, enviando un telegrama al equipo de a bordo. Pueden ser de información fija o conmutable.
- LEU (Lineside Electronic Unit). Unidad electrónica de vía. Puede controlar varias balizas conmutables. Algunas arquitecturas centralizan los LEUs en CLCs (Control Centralizado de LEUs)
- RBC (Radio Block Center). El Centro de Bloqueo por Radio
- El sistema de comunicaciones vía radio (GSM-R)

Los principales componentes del equipamiento de abordo:

- El sistema ETCS embarcado o eurocabinas, EVC (European Vital Computer). Es el corazón del equipamiento de abordo, procesa los datos recibidos del equipamiento de vía y envía los órdenes a las distintas partes del tren, así como información al maquinista a través del DMI.
- Módulo BTM (Balise Transmission Module). Se encarga de la lectura de las balizas en vía.
- Sistema de odometría. Se encarga de medir la distancia recorrida, suele estar compuesto por dos sistemas, generalmente un tacogenerador y un radar dopler.
- Registrador Jurídico, JRU (Juridical Recorder Unit) La parte embarcada del sistema de radio GSM-R
- Los módulos específicos de transmisión STM para los sistemas de señalización nacional.

El sistema ERTMS tiene distintos niveles de operación, según el equipamiento de la vía y de los equipos embarcados (6):

- Nivel 0: Se utiliza en situaciones en las que no nos encontramos por entero dentro de ERTMS, por ejemplo, cuando un tren equipado con ERTMS circula por una línea que no está equipada con ERTMS. En este nivel las autorizaciones de movimiento se facilitan utilizando señalización lateral.
- Nivel STM: Se utiliza para circular en una línea equipada con un sistema nacional con un tren equipado con ERTMS y con el módulo STM correspondiente al sistema nacional con el que está equipada la vía. El STM permite reconocer los da-



tos facilitados por el sistema nacional y traducirlos a información que pueda manejar el ERTMS. La detección del tren y la supervisión de su integridad se realizan a través de los enclavamientos y elementos de detección de tren (equipos que están fuera del ámbito ERTMS).

- Nivel 1: Se utiliza cuando un tren equipado con ERTMS circula por una vía equipada con eurobalizas. La transmisión de información es puntual, toda la información que el tren necesita le llega a través de eurobalizas. La detección del tren y la supervisión de su integridad se realizan a través de los enclavamientos y los sistemas de detección de tren (equipos que están fuera del ámbito ERTMS).
- Nivel 2: Se utiliza cuando un tren equipado con ERTMS circula por una vía equipada con equipos de radio RBC y eurobalizas. La transmisión de información es continua, toda la información que el tren necesita le llega a través de los equipos de control RBC.
- Nivel 3: similar al Nivel 2, pero la detección del tren y la supervisión de su integridad la realiza el RBC en función de la información recibida del equipo embarcado, que le envía informes de posición e integridad del tren.

Los niveles 1, 2 y 3 son compatibles de mayor a menor, de tal forma que un tren equipado para operar en nivel 3 puede operar también en los niveles 2 y 1.

Según el nivel de operación ERTMS del tren se requerirá que su ETCS embarcado contenga además de la eurocabinas los módulos GSM-R del sistema de radio si circula en Nivel 2, y los módulos de STM para las circulaciones por las líneas con señalización nacional.

España es el país europeo con el mayor nivel de implantación del sistema ERTMS, ya que con excepción de la LAV Madrid-Sevilla, está en explotación comercial en el resto de las líneas de alta velocidad.

La LAV Madrid - Valencia/Albacete se ha diseñado con el sistema ERTMS Nivel 2 como sistema de operación principal. Como sistema de respaldo se ha elegido el sistema ERTMS Nivel 1, que permitirá mantener la supervisión de los trenes ante fallos del sistema principal y permitir la circulación de trenes solamente equipados con ERTMS Nivel 1. El tercer ni-

Tabla 2. Velocidad máxima e intervalo ERTMS Nivel 1 y 2.

SISTEMA	ERTMS N2	ERTMS N1
VELOCIDAD MÁXIMA	350 km/h	300 km/h
INTERVALO ENTRE TRENES	2min 30seg	5min 30seg

Tabla 3. Principales elementos sistema ERTMS LAV Madrid - Valencia/Albacete.

SISTEMA	MEDICIÓN
RBCs	6
CLCs	47
LEUs	280
Eurobalizas fijas	1812
Eurobalizas conmutables	1112

vel de operación elegido es el sistema nacional AS-FA, para aquellos trenes no equipados con ERTMS o cuando el equipo ERTMS de vehículo está fuera de servicio.

Las prestaciones exigidas en cuanto a velocidad máxima e intervalo entre trenes son las indicadas en la tabla 2. El principal equipamiento del sistema ERTMS se resume en la tabla 3.

Las ventajas más relevantes aportadas por el Nivel 2 respecto al Nivel 1 son las siguientes:

- Comunicación bidireccional continua tren - vía, permitiendo mejores niveles de disponibilidad, seguridad y fiabilidad de la infraestructura.
- Aumento de capacidad de la línea al mejorar el intervalo por disponer de una mejor relación entre la curva de frenado del material y el tramo de vía libre disponible.
- La operación con Nivel 1 se basa en renovar las autorizaciones de movimiento de forma puntual, pero con un tiempo de caducidad por seguridad. Este hecho supone que en ciertas circunstancias que el sistema salga de su operación normal, penalizando la explotación. Con el Nivel 2, al ser continuo, este hecho no ocurrirá.
- Reducción importante del equipamiento, lo que supone a nivel de mantenimiento una reducción de costes y de incidencias.

La distribución a lo largo de la línea de los RBCs y CLCs se basa en los mismos criterios que los ENCEs, pero hay que añadir el condicionante de cumplimiento del intervalo, que al final determina el número de trenes máximo que circula por la línea.

En la LAV Madrid - Valencia/Albacete se ha resuelto con éxito una diferencia de versiones de las SRS entre las instalaciones fijas y las embarcadas. Se han logrado definir las reglas de ingeniería de las instalaciones fijas del sistema ERTMS Nivel 1, que se corresponden

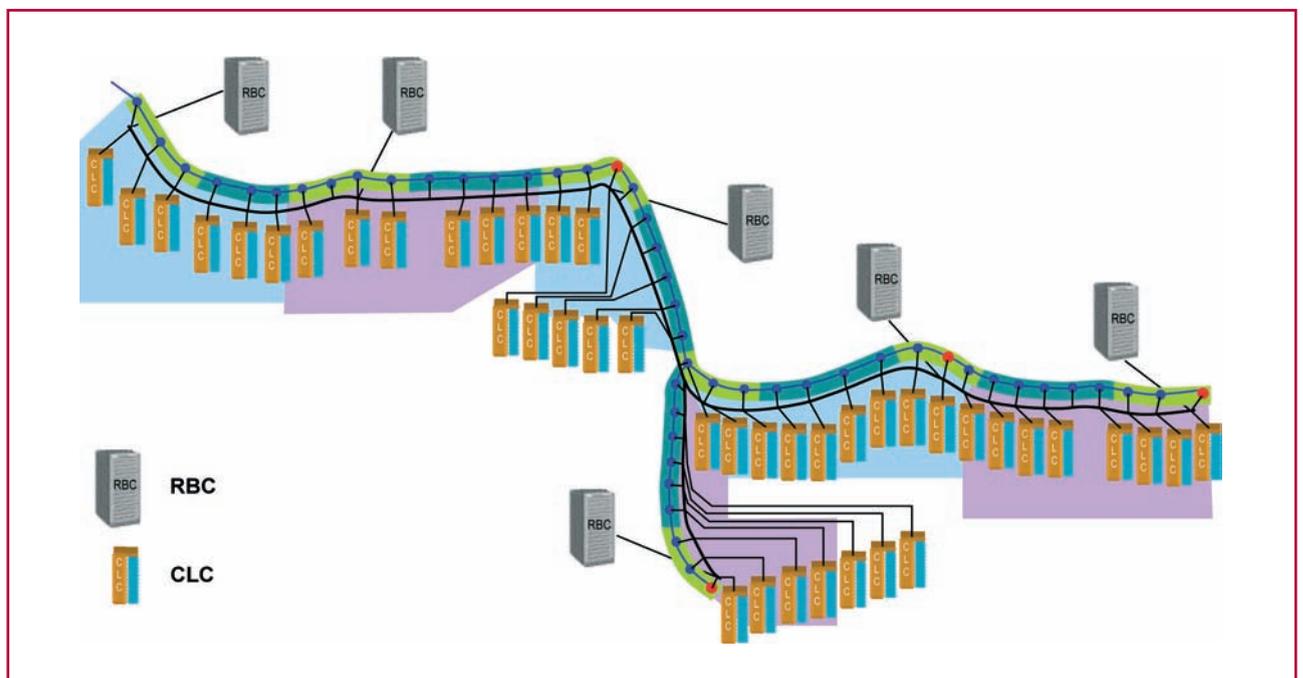


Fig. 8. Distribución RBCs y CLCs LAV Madrid - Valencia/Albacete.

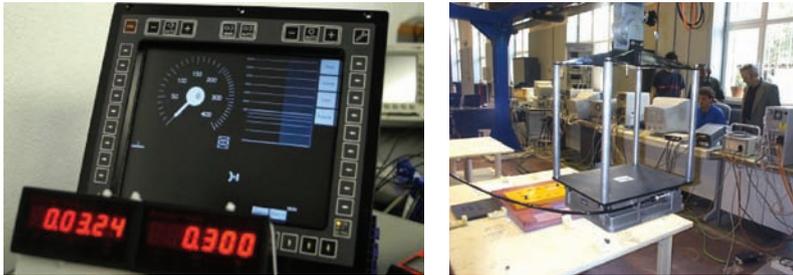


Fig. 9. Entorno de pruebas en laboratorio CEDEX.

con una versión de las SRS 2.3.0.d, para conseguir que circulen por ellas los actuales trenes con versión 2.2.2.

La implantación en la LAV Madrid-Valencia/Albacete ha supuesto la demostración de la madurez del sistema, ya que a diferencia de los casos anteriores, el sistema se comenzó a probar un año antes de la inauguración de la línea, con excelentes resultados, y que una vez puesta en servicio no han aparecido incidencias resaltables.

Esta ausencia de incidencias se ha producido a pesar de haber instalado en vía una nueva versión del ERTMS, la versión 2.3.0.d., que será la versión base en la que se cimentará la compatibilidad hacia atrás del sistema. Esta compatibilidad hacia atrás asegura que trenes con versiones futuras de ERTMS podrán circular sin problemas sobre la versión 2.3.0.d. Por tanto todas las líneas españolas deberán instalar esta versión, y la de Valencia ha sido la primera línea que la ha instalado. El resto de líneas deberán migrar de forma ordenada, compatible con el cambio de versión de los trenes, a esta versión, en un proceso que está siendo debatido en la actualidad entre Adif y Renfe operadora.

Otra actuación singular ha sido el diseño e implementación de la transición de sistemas de protección de tren entre la LAV Madrid - Valencia/Albacete y la LAV Madrid - Sevilla, en el punto de enlace de ambas LAVs, en Bifurcación Torrejón de Velasco. En la LAV Madrid - Sevilla se encuentra instalado desde el año 1992 el sistema de protección de tren LZB. No sería posible la transición de sistemas si no estuviera implementado en el equipamiento embarcado el STM LZB.

Para la comprobación de la correcta implementación de estas reglas de ingeniería ha resultado imprescindible la colaboración entre los diversos grupos de ERTMS de Adif, la contrata adjudicataria del sistema ERTMS en vía, los adjudicatarios de equipos embarcados y el laboratorio del CEDEX, perteneciente al Ministerio de Fomento, donde se han lleva-

do y probado tanto los datos de la programación en vía como los equipos embarcados que actualmente circulan por la LAV.

Las pruebas y puesta en servicio del sistema ERTMS son realizadas a continuación de las de los ENCEs. Básicamente se dividen en pruebas en laboratorio y pruebas en vía. La realización de las pruebas en vía es imprescindible, pero es importante minimizarlas ya que resulta compleja su organización, exige disponer de la mayoría de las instalaciones de señalización funcionando con fiabilidad e implican suspender trabajos de construcción cuando se realizan las circulaciones.

Además, el sistema ERTMS, al ser el último en poner en servicio, no sólo dentro de las instalaciones de señalización, sino dentro de todas las actividades que supone la construcción de una LAV (plataforma, montaje de vía, electrificación, etc) suele tener que absorber los retrasos acumulados por las actividades que le preceden, por lo que las pruebas en vía siempre resulta una de las actividades críticas.

Dentro de las pruebas en vía se suelen distinguir de dos tipos, las de las instalaciones propias de vía del ERTMS, donde se comprueba la correcta programación e instalación, y las de compatibilidad vía -

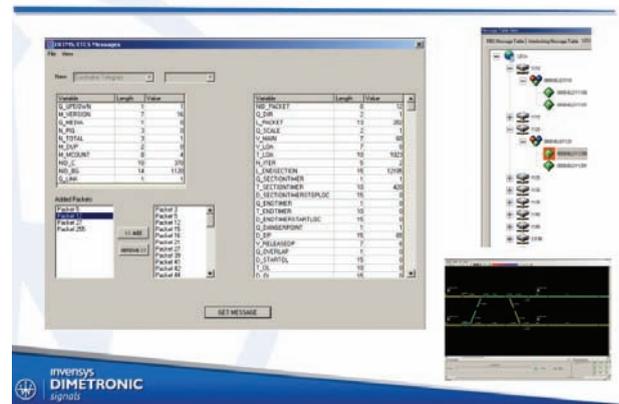


Fig. 10. Entorno de pruebas en laboratorio y tren de pruebas de Adif.

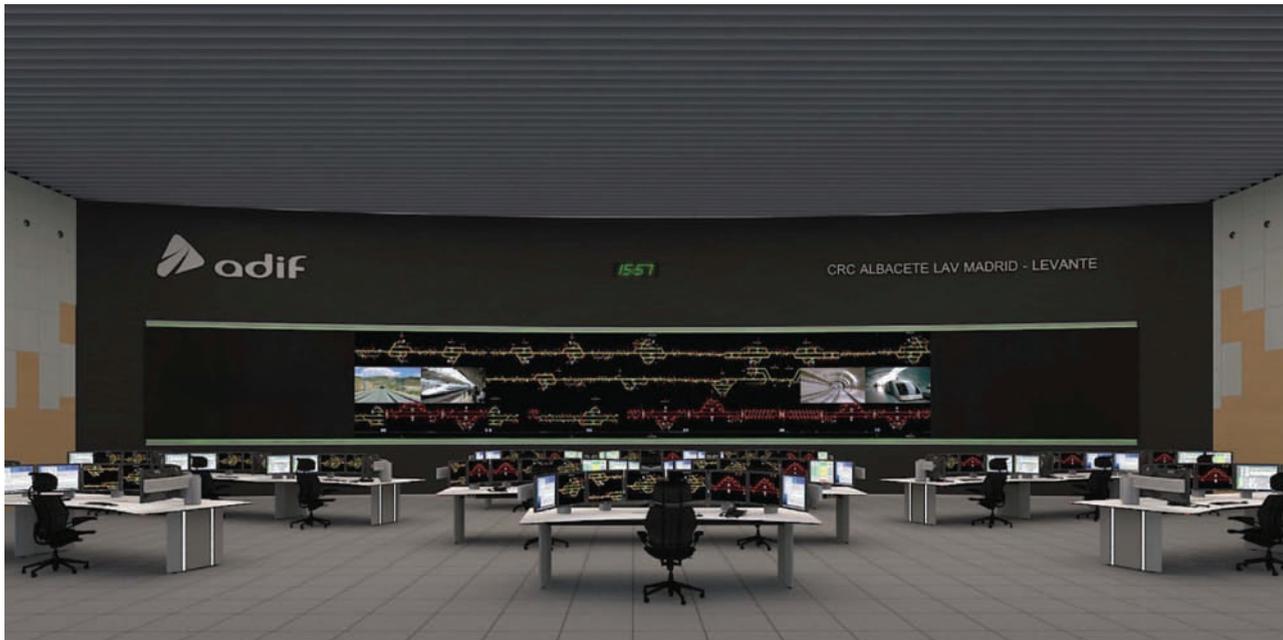


Fig. 11. CRC Albacete.

tren, estas últimas en tanto en cuanto se consiga íntegramente la interoperabilidad.

En la LAV Madrid – Valencia/Albacete, para las instalaciones propias de vía del ERTMS Nivel 1, por parte de Adif, se han realizado del orden de 30 días de pruebas en laboratorio y 30 días de pruebas en vía. Aunque sea el mismo número de días empleado para ambas pruebas, el rendimiento de las pruebas en vía, número de rutas realizadas, es netamente inferior a las de laboratorio. Para las pruebas de compatibilidad vía – tren, también se han realizado del orden de 30 días de pruebas. Hay que contar, dentro también de las pruebas en vía, las que el adjudicatario realiza previas a las de Adif.

Dos índices que dan una idea de lo que ha supuesto la instalación del ERTMS Nivel 1 en esta LAV son, uno, cada día de pruebas en vía se completan del orden de 15 km. El otro, el ritmo de instalación por km, contado desde el inicio de la obra del subsistema ERTMS Nivel 1, es del orden de 1 km cada día.

3. Telemando centralizado

Las instalaciones de señalización se gobiernan de manera centralizada desde un Puesto de Mando. El Puesto de Mando no sólo dispone de telemando de las instalaciones de señalización, ENCEs y ERTMS, sino también de energía, comunicaciones y

detectores (de caídas de objetos, de cajas calientes, de viento lateral, etc). Cuando el Puesto de Mando integra todos estos telemandos se denomina CRC, Centro de Regulación y Control.

En la LAV Madrid – Valencia/Albacete el CRC principal está situado en Albacete, disponiendo en Madrid-Atocha de un segundo en modo respaldo. El telemando de las instalaciones lo realizan los operadores de circulación, dividiéndose la LAV en función de los km y complejidad de las estaciones.

Los telemandos propios de las instalaciones de señalización son el CTC, Control de Tráfico Centralizado y el PCE, Puesto Central de ERTMS.

El CTC es el telemando encargado de centralizar los elementos del sistema de señalización en el Puesto de Mando. Desde el CTC se puede actuar remotamente sobre los enclavamientos de la línea y recibir información de todos ellos. También es el encargado de enviar la información a los sistemas de enrutamiento automático, que facilitan al operador de circulación la regulación del tráfico ferroviario.

El PCE es el telemando encargado de centralizar los elementos del sistema ERTMS en el Puesto de Mando. Su principal función en la imposición de LTVs, limitaciones temporales de velocidad, aunque realiza más funciones relacionadas con la explotación del sistema ERTMS, tales como monitorización de los elementos constituyentes del sistema, eventos, alarmas y acciones e información sobre trenes.

En el caso de que no se pudieran telemandar centralizadamente las instalaciones de señalización, en cada edificio técnico donde se sitúa un ENCE, se encuentra el PLO, Puesto Local de Operación, y el PLE, Puesto Local de ERTMS, que garantizarían telemandar localmente las instalaciones.

4. Conclusiones

En el presente artículo se ha explicado de forma lo mas resumida el sistema de señalización que se ha instalado en la LAV Madrid-Valencia/Albacete. Se ha logrado un elevado rendimiento en la instalación y puesta en servicio de este sistema, consiguiendo en 2 años y medio, contados desde la firma del contrato hasta la puesta en servicio comercial, completar 444 km de Línea de Alta Velocidad.

Este sistema comprende el subsistema ERTMS de protección del tren y es un paso más en el papel pionero que España está desarrollando en su despliegue. Este paso mas no carece de importancia y los hitos mas importantes de su instalación en esta línea se podrían resumir en los siguientes:

1. Se ha demostrado la madurez del sistema ERTMS y como su implantación comercial ya no genera ningún tipo de problemática. De hecho el sistema se comenzó a probar un año antes de su puesta en servicio y no han aparecido incidencias relevantes durante los primeros meses de explotación comercial.
2. Se ha instalado por primera vez la versión 2.3.0.d., que será la versión base que asegurará la compatibilidad hacia atrás del ERTMS, esto es que las versiones futuras en trenes podrán circular sin problemas por la 2.3.0.d.
3. Se han realizado un gran número de pruebas en laboratorio, abriendo un camino muy interesante de reducción de pruebas en vía y homogeneización de las pruebas con diferentes fabricantes.
4. Se ha iniciado el proceso de migración a la versión estable del ERTMS (2.3.0.d) habiéndose resuelto, con reglas de ingeniería definidas por Adif, los problemas relativos a la compatibilidad del Nivel 1 y habiéndose arrancado un grupo de trabajo, en el que participan Adif y renfe Operadora, que está analizando la del Nivel 2. ♦

Referencias:

- (1) European Railway Traffic Management System (ERTMS), UNIFE. *Página Web* <http://www.ertms.com>.
- (2) ERTMS - *Por un tráfico ferroviario fluido y seguro: Un gran proyecto industrial europeo. ERTMS: Factores clave para el éxito de su implementación. Declaración de los Ferrocarriles*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles; ADIF. Dirección de Relaciones Internacionales, 2006. 16 p. (Estrategias Ferroviarias Europeas, 14)
- (3) INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS (IUC). *Perspectivas globales para ERTMS (ETCS y GSM-R)*.

- Informe de UIC para el Congreso Anual de ERTMS Berna, 11-13 de Septiembre de 2007*. Madrid: ADIF. Dirección de Relaciones Internacionales, 2007. 56 p. (Estrategias Ferroviarias Europea, 30)
- (4) TAMARIT, J. "Proyecto EMSET: Demostración de la interoperatividad ferroviaria europea". *Ingeniería Civil*, 2000, nº 118, p. 25-45.
- (5) MOLINA MARINAS, Daniel; GONZÁLEZ SECO, Myriam; LÓPEZ HERNANDEZ, Miguel; FERNÁNDEZ ELORRIAGA, Miguel; CÁCERES HARRIS, Rodrigo; RAMOS MARTINEZ, Alberto; HERRANZ DE ANDRÉS, Susana; BUENO PÉREZ, José; TAMARIT RODRÍGUEZ, Jaime. *El ordenador de a bordo en el sistema de*

- señalización europeo ERTMS. Ensayos de certificación en el laboratorio de referencia del CEDEX*. Madrid: CEDEX, Ministerio de Fomento.
- (6) TAMARIT, J.; BUENO, J. "Introducción al ERTMS". *Primer Seminario Especifico Validación y Certificación de Sistemas y Constituyentes*. Madrid, 12 de Junio de 2008.
- (7) SANZ GARCÍA, David. "El sistema ERTMS en la LAV Madrid - Valencia". *VII Congreso Rail Forum*, 26 mayo 2010.
- (8) INECO / ADIF. *Informes de seguimiento de obra, pruebas de laboratorio y vía para la puesta en servicio del sistema ERTMS de la LAV Madrid - Valencia/Albacete*, 2010.