El papel del laboratorio de interoperabilidad ferroviaria del CEDEX en el proceso de puesta en servicio de líneas y trenes ERTMS

The Role of CEDEX Rail Interoperability Lab in the Process of Placing in Service ERTMS Lines and Trains

Jorge-Ignacio Iglesias*[1], José Bueno[2], Daniel Molina[3], Susana Herranz[3], Rodrigo Cáceres[4], Miguel Fernandez[4], Miguel López[4]

Resumen

Este artículo presenta una somera descripción de los procesos de puesta en servicio del sistema ERTMS tanto embarcado como de vía, así como del papel que en dichos procesos puede jugar el laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX. Este papel cobra especial importancia con la publicación en la ETI (Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad) de 2019 del concepto de Compatibilidad del Sistema ERTMS que introduce el hecho de la necesidad de realizar pruebas del sistema completo, esto es pruebas conjuntas de los subsistemas embarcado y de vía, tal y como se viene realizando en España desde la primera implantación del ERTMS en la LAV Madrid-Lleida en 2006. El papel del LIF es clave para que la realización de esas pruebas del sistema completo se realicen en la vía una vez que dicho sistema ha sido depurado a fondo mediante las pruebas previas ejecutadas en el laboratorio. Esa es la clave para poder conseguir un despliegue más rápido del ERTMS que incremente de forma notable la seguridad del sistema ferroviario nacional.

Palabras clave: ERTMS, ETCS, pruebas operacionales, puesta en servicio, Laboratorio de ERTMS, historia del LIF, interoperabilidad.

Abstract

This paper shows a short description of the processes to place in service ERTMS both onboard and trackside, as well as the role to be played by the CEDEX Rail Interoperability Lab (RIL). This role become more important with the publication into the 2019 TSI (Technical Specification for Interoperability) of the concept of ERTMS System Compatibility (ESC) which introduces the need of performing tests of the whole system, including both onboard and trackside subsystems, as it has been done in Spain since the earliest ERTMS implementations in the Madrid-Lleida HSL in 2006. The role of RIL is key to perform these tests on the track after being debugged the whole system by testing it in the lab. This is the key issue to achieve a faster deployment of ERTMS in our network to notably increase the safety level of the Spanish railway system.

Keywords: *ERTMS, ETCS, operational tests, place in service, ERTMS Labs, RIL history, interoperability.*

INTRODUCCIÓN

Los procesos de Puesta en Servicio del sistema de señalización europeo ERTMS en las líneas y trenes españoles equipados con el mismo, llevan aparejados procedimientos cada vez más exigentes que tienen como objetivo comprobar el cumplimiento de determinados requisitos establecidos en la normativa de aplicación.

Dichos procesos de Puesta en Servicio suponen con frecuencia el consumo de amplios plazos de tiempo, debido a múltiples motivos relacionados en su mayor parte con la complejidad del sistema ERTMS, la presencia de todos los suministradores de equipos de vía y embarcados en nuestra red y con la escasez de recursos humanos para la ejecución de las pruebas necesarias.

Para evitar que estos procesos se dilaten innecesariamente en el tiempo y reducir su coste, facilitando así el despliegue de este sistema en España, tanto en la red de alta velocidad como en un futuro en la red convencional, resulta aconsejable utilizar todos los recursos disponibles y al alcance de los diversos actores.

Por ello en el presente artículo se analiza el papel que un laboratorio como el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX puede jugar en las diferentes fases del proceso de puesta en servicio y como la utilización del mismo puede mejorar de forma notable dichos procesos.

Es importante resaltar que la complejidad del sistema ERTMS da lugar a que las pruebas de puesta en servicio tanto del subsistema de vía como del subsistema embarcado, deban ser pruebas del sistema completo. Esto es, que la certificación separada de ambos subsistemas, es un requisito necesario, pero no suficiente, para el aseguramiento del correcto funcionamiento del sistema en su totalidad. Este hecho, que ya se detectó en España desde las primeras instalaciones del ERTMS, ha sido reconocido por la Agencia Ferroviaria Europea en la última ETI (Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad), en la que se incluye el concepto de ESC (ETCS System Compatibility) tests, esto es, que antes de poner en servicio una línea o un tren se debe comprobar la compatibilidad del sistema completo tren-vía.

* Autor de contacto: jorge.iglesias@cedex.es

[1] Director del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX.

[2] Director Técnico del LIF.

[3] Jefe del Laboratorio de Eurocabina del LIF.

[4] Director de Programa del LIF. Experto Senior ERTMS.

Figura 1. LAV Madrid Lleida: la primera línea con ERTMS en servicio en España.

1. PROCESOS DE PUESTA EN SERVICIO

De forma resumida se señalan a continuación los pasos a dar en el proceso de puesta en servicio de una línea o un tren y cuál puede ser la aportación del laboratorio en cada uno de ellos:

1.1. Puesta en servicio de una línea ERTMS

El promotor de estas pruebas es Adif, que es quien licita el suministro y la instalación de los equipos en vía.

Tras finalizar el proyecto y la ingeniería de una línea ERTMS las pruebas que se realizan son las siguientes:

1.1.1. Certificación de Componentes

Con antelación a cualquier proceso de puesta en servicio el suministrador tiene que certificar (la interoperabilidad), o adquirirlos certificados, los diferentes componentes que constituyen el equipamiento de vía ERTMS, esto es la baliza, el eurolazo, el LEU y el RBC. Estos certificados son del componente genérico y en el caso del RBC no existe en la ETI una especificación de pruebas para la certificación del mismo, debido a que su interfaz con el enclavamiento no está definida a nivel europeo. El LIF está acreditado para certificar la baliza, el LEU y el Eurolazo, y tiene una experiencia contrastada en la realización de este tipo de ensayos de certificación de componentes.

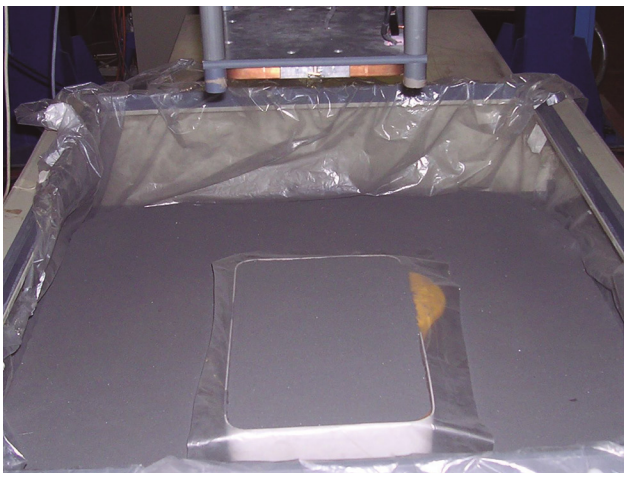

Figura 2. Ensayos de Certificación de Eurobalizas en el LIF (condición mineral de hierro).

1.1.2. Pruebas internas del suministrador

Estas pruebas las lleva a cabo el suministrador normalmente en su laboratorio y tienen como objetivo demostrar la consistencia de la ingeniería de vía implantada en el proyecto (aplicación específica). En estas pruebas el suministrador comprueba que las diferentes rutas y modos de funcionamiento del ERTMS están correctamente programados bien en las balizas en nivel 1, o bien en los mensajes que envía el RBC al tren en nivel 2. Estas pruebas son las similares a las que se les hacen a los enclavamientos, también en el laboratorio del fabricante. En algunos casos, como en las pruebas de Cercanías de Barcelona que se realizarán en el LIF en septiembre de 2019, el suministrador ha acudido al LIF para la realización de estas pruebas internas en el Cedex, porque en palabras del suministrador el LIF tiene más prestaciones que su laboratorio. A estas pruebas suele acudir personal de Adif para comprobar que los datos programados son consistentes y que la solución aportada por el fabricante está conforme a las Reglas de Ingeniería de Adif.

La realización de estas pruebas internas en un laboratorio independiente como el LIF daría más credibilidad a las mismas al aportar una visión independiente e incluso al poder realizarlas con equipos embarcados de otros suministradores diferentes. Como ejemplo destacable, durante la ejecución de las pruebas de la LAV Valladolid-León, el personal de Adif utilizó el laboratorio del Cedex para realizar la comprobación de múltiples rutas con el RBC, ya que la flexibilidad del laboratorio permite realizar dichas comprobaciones de forma muy rápida.

1.1.3. Pruebas de integración tren-vía

En el proceso de puesta en servicio de una línea es necesaria la ejecución de estas pruebas de integración tren-vía para demostrar el correcto funcionamiento del sistema completo, que está compuesto por los subsistemas de vía y embarcado. Esto es, como se ha señalado en la introducción, no basta con comprobar que el subsistema de vía cumple con las especificaciones europeas, sino que es necesario comprobar el correcto funcionamiento de este subsistema de vía con el subsistema embarcado. Esto se lleva a cabo mediante la realización de unas pruebas de integración tren-vía definidas por la Agencia Estatal de Seguridad

Ferroviaria (AESF). La necesidad de estas pruebas ya se detectó en España desde las primeras implantaciones del ERTMS en 2004 y ha sido finalmente reconocido por la ERA al incluir el concepto de los ESC tests en la última versión de la ETI.

Figura 3. Pruebas de Integración Tren-Vía en la LAV Córdoba-Málaga.

En las últimas líneas equipadas con ERTMS Adif incluyó una cláusula que obligaba al contratista a realizar estas pruebas de integración tren-vía en un laboratorio independiente con al menos tres equipos embarcados de diferentes suministradores. El objetivo de esta cláusula no es otro que reducir al mínimo posible la detección de errores en las pruebas de integración tren-vía que se realizarán en la vía ya en la fase final de la puesta en servicio una vez finalizada la obra completa.

Es en estas pruebas de integración tren-vía donde el papel del laboratorio del Cedex es sin duda más relevante. Esto es así por los siguientes motivos:

- Las pruebas se pueden realizar en el laboratorio aún antes de que la obra esté finalizada. Basta con disponer de los datos finales de la vía (topología final de vía, gradientes, cuadro de velocidades máximas…), para poder ejecutar dichas pruebas en el laboratorio.
- La detección temprana de incompatibilidades tren-vía permite la modificación de la ingeniería de vía si esta fuera la causante del error, sin requerir el correspondiente dossier de seguridad que si se requiere en las pruebas finales en la vía real. Por tanto, la modificación y corrección de errores es significativamente más rápida.
- La ejecución de las pruebas con tres fabricantes de equipo embarcado garantiza la solidez de la ingeniería de vía implantada, ya que se contrasta con tres ingenierías de equipo embarcado diferentes.
- Al tratarse de software, tanto embarcado como en vía, el ERTMS se puede probar perfectamente en el laboratorio, ya que el intercambio de información vía- tren y tren- vía es idéntico en el laboratorio que en la vía real. De hecho, el CEDEX ha realizado comparaciones de ensayos en vía y en laboratorio tanto en N1 (Madrid-Valencia) como en N2 (Cercanías de Madrid) constatando que el comportamiento del sistema completo es idéntico en laboratorio y en la vía real.
- La ejecución de las pruebas en un laboratorio independiente de los diferentes suministradores, y dotado de un staff técnico con un conocimiento profundo del ERTMS, garantiza una imparcialidad total en el análisis de las incidencias detectadas. Los fabricantes siempre han aceptado las opiniones técnicas del personal del Cedex.
- Es evidente que el coste de ejecución de las pruebas en laboratorio es muy inferior al de ejecución de las mismas en la vía real. En los ensayos en vía se involucran el Puesto de mando de Adif, el tren de pruebas, el o los maquinistas, el personal técnico de evaluación, el bloqueo de la vía si ya está en servicio, etc. [ref 1].
- Es importante señalar que en ningún caso se pretenden eliminar las pruebas finales en la vía real. Es obvio que antes de circular con pasajeros se debe constatar que la instalación funciona correctamente, y por tanto hay que efectuar algún tipo de prueba en la vía real. Pero lo que si se pretende es detectar los errores de interoperabilidad con antelación en el laboratorio y de esta forma acudir a las pruebas finales en vía con la casi-seguridad de que no aparecerán incidencias adicionales [ref3]
- Hasta el momento las incidencias que han aparecido en vía y que no se habían detectado anteriormente en el laboratorio se han debido a dos casos diferentes: 1) Pruebas que no se habían llevado a cabo en el laboratorio porque éste no tenía posibilidad de realizarlas, como pruebas con varios trenes, LTVs o transiciones al ASFA y 2) Inconsistencia entre los datos de vía introducidos en el laboratorio y los datos reales. En el caso 1, el laboratorio ha aumentado sus prestaciones y ya está capacitado para realizar pruebas con múltiples trenes o implantar LTVs y en el caso 2 es necesario incrementar el flujo de información entre el CEDEX y Adif.

En la Tabla 1 se incluye la lista de líneas españolas probadas en el LIF. Esta tabla demuestra la madurez del LIF en la ejecución de pruebas de puesta en servicio y como está plenamente preparado para albergar la totalidad de la red española equipada con ERTMS.

Figura 4. Pruebas de Integración Tren-Vía de la LAV Valladolid-León en el laboratorio.

Tabla 1. Resumen de Líneas españolas probadas en el LIF

Líneas ensayadas en el LIF	Fecha de ensayos	Fecha de puesta en servicio del ERTMS	Suministrador	Comentarios
Madrid-Lleida N1	2004	2006	Ansaldo	La resolución del problema de detección de balizas fue clave para la apertura de la LAV. Se realizaron los primeros ensayos de interoperabilidad en el lab en el ENCE de Bujaraloz
Madrid-Valencia-Albacete N1 y N2	2008-2009	2010	Dimetronic (Siemens)	Se realizaron gran número de ensayos y se ensayaron todas las rutas. La depuración del sistema completo fue de gran ayuda para la PeS en fecha prevista
Barcelona-Mollet-Frontera francesa N1	2010	2011	Alstom y Thales	Se comprobó la transición entre dos fabricantes (Alstom y Thales) en el nudo de Mollet. Se inauguró la LAV en la fecha prevista
Línea C4 Cercanías Madrid N1 y N2	2012-2013	2014	Dimetronic (Siemens) y Thales	Se depuraron tanto el N1 como el N2 en el lab. Se inauguró el N1 en fecha prevista. El N2 encontró problemas de interferencias en el GSM-R que el LIF no ensaya.
Olmedo-Zamora N2	2016	-----	Thales	Se probó en 2016 con tres equipos embarcados pero a día de hoy aún no se han comenzado las pruebas en vía.
Valladolid-León-Burgos N2	2016	Julio 2019	Alstom y Bombardier	Se probó el tramo Valladolid-León así como el HandOver entre los RBCs de Alstom y Bombardier en Venta de Baños con tres equipos embarcados. Está pendiente de finalización el tramo Venta de Baños –Burgos una vez se dispongan de los datos finales de vía.
LAV Haramain N2	2017	-----	Siemens	Se probaron 2 RBCs de la LAV contra el equipo embarcado de Alstom que equipa el tren Talgo en Haramain. Se detectaron incidencias de frenado insuficiente en zonas de -35‰.
Antequera-Granada N2	2018-2019	Junio 2019	Siemens	Se ensayó la LAV con el EVC de Alstom. Se detectó error en el HO entre RBCs que se corrigió de forma simultánea en las pruebas en laboratorio y en vía.
Corredor Atlántico N1	2018-2109	-----	Alstom, Siemens y CAF	Se ha ensayado el corredor completo con dos equipos embarcados de Alstom y Bombardier. Se procederá a un nuevo ensayo en Julio 2019 con los datos definitivos de vía (incluida la estación de Santiago) con el equipo embarcado de CAF.

1.2. Puesta en servicio de un tren equipado con ERTMS

Las fases que debe completar el ERTMS de un tren para ser autorizado a circular son las siguientes:

1.2.1. Certificación de Componentes

Con antelación a cualquier proceso de autorización de circulación de un tren equipado con ERTMS, el suministrador del equipo embarcado o EVC tiene que certificar el mismo (la interoperabilidad). En este caso para conseguir dicha certificación existe una norma europea definida en las ETI, que es el Subset 076 que es una batería exhaustiva de ensayos que debe superar dicho equipo embarcado, y que de acuerdo a la ETI deben ser ejecutados en un laboratorio acreditado para ello.

En la actualidad existen en Europa cinco laboratorios acreditados para la realización de estos ensayos, siendo el LIF del CEDEX el primer laboratorio que llevó a cabo los mismos. La certificación del equipo embarcado asegura el cumplimiento de todos los requisitos del ERTMS y es por tanto un paso fundamental y totalmente necesario para el aseguramiento de la interoperabilidad.

Figura 5. Ensayos de Certificación (Subset-076) del EVC BL3 de Ansaldo.

Una vez superado el Subset 076 en un laboratorio acreditado, y por tanto independiente porque uno de los requisitos para obtener la acreditación es demostrar la independencia total de cualquier suministrador, el suministrador solicitará a un Organismo Notificado la certificación del equipo embarcado.

1.2.2. Integración segura del EVC en el tren

Una vez certificado el equipo embarcado, se debe asegurar la correcta integración del mismo en el tren en el que va a operar. Este proceso incluye el aseguramiento de que la aplicación específica es coherente con el comportamiento dinámico del tren, curvas de frenado, y de que dicho equipo embarcado interacciona correctamente con los dispositivos del tren sobre los que tiene control y que le proporcionan información: freno de servicio y de emergencia, pantógrafo, disyuntor de conexión de la tracción, trampillas de estanqueidad del tren, interfaz con el sistema nacional, sistema odométrico de medida de la velocidad etc.

Este proceso de integración segura debe ser certificado igualmente por un Organismo Notificado (NoBo) o por un Organismo Designado (DeBo) si implica funcionalidad nacional.

1.2.3. Pruebas de compatibilidad de ruta

Pero como en el caso de la vía para la autorización de circulación de un tren es necesario constatar la compatibilidad del mismo con la línea por la que circulará: esto se

concreta en la anterior ETI en demostrar la compatibilidad con la ruta y en la actual en los ensayos ESC de compatibilidad del sistema, pudiendo ser por área de uso, o dicho de otra forma por un conjunto de líneas que implantan la misma ingeniería ERTMS.

De todas formas, de nuevo en este caso es necesario realizar pruebas de integración tren-vía como las requeridas para autorizar una línea, que garanticen el correcto funcionamiento del sistema ERTMS completo. De nuevo es en estas pruebas donde el papel de un laboratorio como el del CEDEX resulta de gran relevancia por las mismas razones apuntadas anteriormente.

En este caso de la autorización de circulación de trenes es donde el hecho de que el CEDEX pudiese mantener un laboratorio en el que están presentes todas las ingenierías de vía existentes en España tanto de nivel 1 como de nivel 2, cobra especial relevancia, ya que de esta manera se podría comprobar de una forma rápida y económica la compatibilidad de un determinado equipo embarcado con toda la red nacional.

El CEDEX ha recibido peticiones de fabricantes de trenes como Caf o Staedler solicitando realizar pruebas en el laboratorio para demostrar la compatibilidad con toda la red, tal y como exigía Renfe Operadora en una de sus licitaciones. El laboratorio del CEDEX ha probado un gran número de línea españolas, pero al no mantener los RBCs en el laboratorio o al no mantener actualizados los datos de las líneas de N1, ha sido imposible ofrecer el laboratorio para la ejecución de dichas pruebas.

Figura 6. Pruebas de compatibilidad de ruta con la LAV Venta de Baños-Burgos.

2. CONCLUSIONES

Por lo señalado anteriormente, el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX podría ayudar de forma notable, tanto a mejorar los tiempos y el coste de las pruebas de Puesta en servicio de líneas y trenes equipados con ERTMS, como a mantener en el laboratorio una imagen de toda la red nacional de ERTMS de forma que se puedan ejecutar de forma rápida las pruebas de compatibilidad de nuevos trenes o incluso las pruebas de compatibilidad hacia atrás de trenes de versiones futuras que deberán circular por las líneas españolas.

El LIF del CEDEX es el primero del mundo en su ámbito de certificación de componentes ERTMS y realización en laboratorio de las Pruebas de Puesta en Servicio de las líneas y trenes equipados con este sistema. De hecho, en los últimos años ha llevado a cabo pruebas de multitud de líneas españolas entre las que se encuentran: Cercanías de Madrid, Marid-Valencia-Albacete, Valladolid-Burgos-León, Olmedo-Zamora, Corredor Atlántico, Antequera-Granada o la LAV de Haramain construida por un consorcio español. Además, está capacitado para ejecutar pruebas de compatibilidad hacia atrás (tren BL3 sobre línea BL2) como ya ha hecho en una línea N2 ERTMS en Dakar.

La ejecución de pruebas en laboratorio no pretende en ningún caso la eliminación de las pruebas en vía, en todo caso ese sería un escenario al que se convergería paulatinamente, sino reducir el riesgo de detectar errores en las pruebas finales en vía. Cuando los errores se detectan en este estadio tan avanzado del proyecto tienen un enorme impacto en la puesta en servicio ya que cualquier modificación del software de tren y/o vía debe pasar por el consiguiente Dossier de Seguridad en un proceso que consume mucho tiempo. Es por ello que la detección temprana que permite el laboratorio es una herramienta muy potente para acelerar la puesta en servicio del ERTMS.

España ha sido pionera tanto en el despliegue del ERTMS en su red de alta velocidad como en la ejecución de pruebas en el laboratorio, y el laboratorio del CEDEX ha incrementado enormemente sus prestaciones y su capacidad de realización de pruebas. Por tanto **es necesaria la utilización del laboratorio por parte de Adif como laboratorio propio,** ya que este es el sentido, el de pruebas en laboratorio, que claramente señala la Agencia Ferroviaria Europea para facilitar el despliegue futuro del ERTMS en toda la red transeuropea.

3. REFERENCIAS

[1] I.J. Iglesias, J. Bueno, D. Molina, S. Herranz, R. Caceres, M. Fernandez, M.López, N. Sánchez. (2017). Es rentable hacer las pruebas ERTMS en un laboratorio?. *Revista Ingeniería Civil, Nº 186 pp 65-72 , ISSN: 0213-8468* .

[2] Dr. Jaime Tamarit, Dr. Jorge-Ignacio Iglesias. (2016) .Los sistemas de señalización en España: El ERTMS y el ASFA Digital. Signalling Systems in the Spanish Railway Network: ERTMS and ASFA Digital. *Revista Ingeniería Civil, Nº 182, pp. 27-39 ISSN: 0213-8468.*

[3] J.I. Iglesias and J. Tamarit.(2014). Complex interlaced infrastructure - onboard testing: how much real scale testing should be needed?. *11th UIC ERTMS Conference, Istanbul, Turkey 1-3 April 2014.*

[4] J.I. Iglesias, J. Tamarit, D. Molina, L.Asbach and M.Johne. (2015).The future of interoperability tests. ERTMS remote lab tests: a further step in the automation and execution of virtual tests. *IX International Conference on High Speed. Cordoba, Spain 17-19 June 2015.*