

Universidad Pontificia Comillas
Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI)
Master Universitario en Sistemas Ferroviarios



Puesta en servicio del nivel 2 del sistema ERTMS versión 2.3.0d
en la línea Madrid-Barcelona-Frontera Francesa; Tramo: Madrid
– Puigverd de Lérida

Alumno: Alfonso Arroyo Hernández

Tutor: José María Bachiller Corral

Título: Puesta en servicio del nivel 2 del sistema ERTMS versión 2.3.0d en la línea Madrid-Barcelona-Frontera Francesa; Tramo: Madrid-Puigverd de Lérida

Alumno: Alfonso Arroyo Hernández

Director: José María Bachiller Corral

Firma Alumno:

ALFONSO ARROYO HERNÁNDEZ


VºBº del Director

Jose Mª Bachiller


Resumen ejecutivo:

Este proyecto se ha centrado en los procedimientos a seguir, una vez finalizada las actuaciones técnicas de un proyecto, para la realización de las pruebas necesarias para su verificación, así como la documentación asociada para la solicitud de entrada en servicio de subsistema.

Ambas tareas se desarrollaron en paralelo. En las pruebas no solo se trabajó en las pruebas en campo únicamente, sino también en la obtención de la documentación y autorizaciones necesarias para poder realizarlas, así como el estudio de los registros de tren obtenidos y la generación de informes de resultados asociados. Respecto de la documentación, se trabajó inicialmente en el estudio de la legislación con el objetivo de esclarecer la documentación en concreto a presentar, así como recopilar la información necesaria para su elaboración.

Adicionalmente, durante el transcurso de las pruebas se detectó una incidencia en la aplicación de la FN-20 por parte de los trenes S100 de Renfe y se estuvo realizando un estudio relativo al impacto en este contrato.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción y resumen.....	1
Antecedentes	1
La necesidad de migraciones.....	1
La línea Madrid-Ileida.....	2
Objetivos del trabajo	3
Pruebas dinámicas en campo y elaboración de los informes de resultados.	4
Pruebas del tecnólogo y dirección de obra.....	4
Pruebas de la subdirección de programación de instalaciones.....	4
Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de explotación de la línea para la AESF.	5
Análisis y respuesta a la incidencia descubierta con la FN-20.....	5
Tareas	6
Pruebas dinámicas en campo y elaboración de los informes de resultados.	6
Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de explotación de la línea para la AESF.	6
Análisis y respuesta a la incidencia descubierta con la FN-20.....	7
Planificación.....	7
Desarrollo.....	8
Actuaciones técnicas y baja del nivel 2.....	8
Pruebas del sistema	9
Pruebas del tecnólogo y dirección de obra.....	9
Pruebas de Laboratorio.....	11
Consigna para pruebas en campo	12
Autorización provisional de circulación tren de pruebas	14
Pruebas en vía de tecnólogo y dirección de obra	15
Pruebas en vía SPI.....	31
Documentación de puesta en servicio	33
Marco Normativo	33

Universidad Pontificia Comillas
Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI)
Master Universitario en Sistemas Ferroviarios

Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de Explotación de la línea (CCE).	36
Informe de adecuación a la normativa técnica aplicable.....	36
Informe acreditativo del cumplimiento de la ejecución del plan de pruebas	39
Estudio sobre la Función Nacional 20.....	40
Conclusiones y aportaciones	41
Conclusiones	41
Aportaciones	42



INTRODUCCIÓN Y RESUMEN

Antecedentes

La línea Madrid-Puigverd de Lérida fue la primera línea en España en ponerse en servicio en ERTMS nivel 2, en septiembre de 2011, en la versión 2.2.2+ de las SRS. El objetivo de este proyecto es describir los procesos, actuaciones y documentación a aportar a la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria para poner en servicio la migración desde dicha versión 2.2.2+ a la versión 2.3.0d. Seleccionada por la ERA como la versión de referencia a nivel europeo y la primera en obligar su retrocompatibilidad con futuras versiones.

El sistema ERTMS nivel 2 en la línea Madrid-Puigverd de Lérida fue puesta en servicio comercial en Septiembre del año 2011, convirtiéndose en la primera línea de España en funcionar con dicho sistema en su versión 2.2.2+. A lo largo de los siguientes años, se fueron construyendo multitud de líneas y se aumentó el parque de trenes de Alta Velocidad disponibles y se demostró que, pese a la vocación de interoperabilidad que tiene el sistema ERTMS, las dificultades que existen para que este sistema sea interoperable consigo mismo.

A pesar de los grandes esfuerzos por desarrollar una normativa entre todos los participantes en el grupo UNISIG (Administradores de infraestructuras, Empresas ferroviarias, Fabricantes, ERA...), la puesta en servicio de líneas con equipos de diferentes fabricantes ha hecho surgir lagunas en las SRS que, en la práctica, provocan fallos de entendimiento entre los equipos de vía y embarcados y que ha habido que solucionar sobre la marcha.

La solución a estos problemas ha sido la modificación de las especificaciones y por lo tanto la aparición de distintas versiones de ERTMS, no compatibles entre ellas y que está generando enormes problemas a los primeros países en implantar estos sistemas, entre los que España se encuentra a la cabeza.

La necesidad de migraciones

En España, y particularmente en la línea Madrid-Puigverd de Lérida, las primeras líneas y vehículos se equiparon con la versión 2.2.2+. Hasta que, en el año 2012, se publicó la versión 2.3.0d, que se declaró como versión de referencia a nivel Europeo, y que toda futura versión debería ser retrocompatible con ella.

A sí mismo esta situación de distintas versiones de equipos de vía y embarcados ha propiciado la aparición en la Red de “Islas de ERTMS”. Líneas por las cuales, debido a estas restricciones, solo pueden circular determinados equipos embarcados y por lo tanto limitando enormemente la flexibilidad de las empresas ferroviarias a la hora de planificar sus servicios.



Vía	2.2.2+	2.3.0d
Tren		
2.2.2+	N1	N1 + Reglas de Ingeniería
	N2	N2
2.3.0d	N1	N1 + CR 504
	N2	N2 + CR 20, 257, 458, 709

En España fuimos capaces de sortear ligeramente este problema temporalmente, debido a que las Reglas de Ingeniería definidas por Adif y pruebas realizadas y validadas tanto en el laboratorio de interoperabilidad ferroviaria del CEDEX como en condiciones reales, fueron capaces de demostrar la posibilidad de circular los trenes en explotación comercial de Renfe (2.2+) sobre nuevas líneas de nivel 1 versión 2.3.0d. No aun así en nivel 2 ni para futuras versiones, y por lo tanto se tuvo que tomar la decisión de migrar tanto los equipos tanto de vía como embarcados a la nueva versión de referencia 2.3.0d.

En la actualidad se encuentra desarrollada una nueva versión, denominada baseline 3, y para la cual se debía de asegurar la retrocompatibilidad. Sin embargo, ya se han encontrado posibles incompatibilidades en la interacción entre la vía baseline 3 y equipos embarcados 2.3.0d.

Debido a ello, Adif ha tomado la decisión de migrar toda su red a versión 2.3.0d y, en principio, no hay intención de desarrollar baseline 3 para futuras líneas. Sin embargo, Renfe ya ha comunicado su intención de poner en servicio trenes baseline 3 (3.5 y 3.6) en los próximos años, aunque, salvo sorpresa, no se espera que presenten incompatibilidades con las líneas 2.3.0d.

La línea Madrid-lleida

La línea de alta velocidad Madrid-Puigverd de Lérida es una línea ferroviaria perteneciente a la Red Ferroviaria de Interés General y diseñada para una velocidad máxima de 350 km/h, si bien en la actualidad la velocidad comercial máxima alcanzada por los trenes es de 310 km/h.

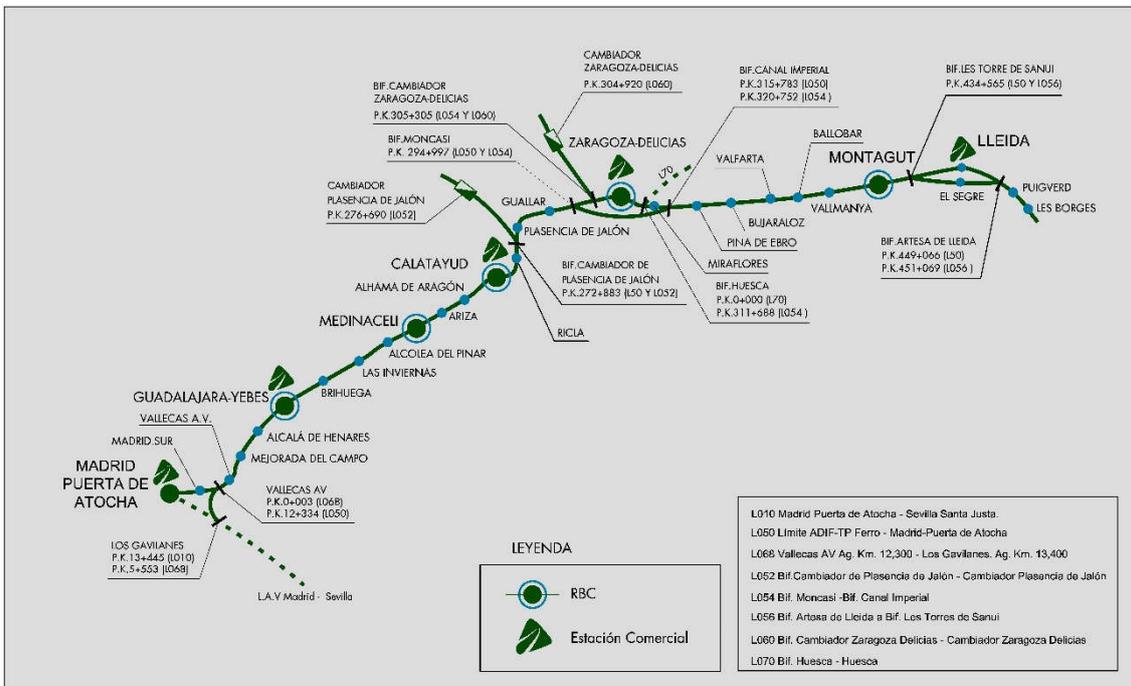
Comenzando en Madrid, se inauguró en 2003 bajo la supervisión del sistema ASFA y posteriormente fue la primera línea de España en disponer de ERTMS nivel 1 y nivel 2 en los años 2006 y 2011 respectivamente.

Incluye los siguientes tramos:

- L050 Madrid-Zaragoza-Frontera Francesa (Tramo Madrid-Puigverd de Lérida)
- L068 Vallecas AV Ag. Km. 12,300 – Los Gavilanes Ag. Km. 13,400 (Conexión con la línea Madrid-Sevilla)
- L052 Bif.Cambiador de Plasencia de Jalón – Cambiador de Plasencia de Jalón



- L054 Bif. Moncasi – Bif. Canal Imperial (Bypass Zaragoza)
- L056 Bif. Artesa de Lleida a Bif. Les Torres de Sanui (Bypass Lleida)
- L060 Bif. Cambiador de Zaragoza Delicias – Cambiador Zaragoza Delicias
- L070 Bif. Huesca – Huesca



La línea dispone de 5 RBCs localizados en:

- Guadalajara
- Medinaceli
- Calatayud
- Zaragoza
- Montagut

Tiene conexión con las líneas de alta velocidad:

- L010 Madrid-Puerta de Atocha – Sevilla Santa Justa a través del bypass de Los Gavilanes.

Conexiones con la red convencional:

- Cambiador de ancho de Plasencia de Jalón
- Cambiador de ancho de Zaragoza

OBJETIVOS DEL TRABAJO



El objetivo del trabajo es doble: Por un lado, se participará en las pruebas dinámicas realizadas en campo, necesarias para la satisfactoria puesta en servicio del sistema; Y por otro, en la redacción de la documentación a presentar a la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria.

Pruebas dinámicas en campo y elaboración de los informes de resultados.

Las pruebas dinámicas se realizan posteriormente a las pruebas en laboratorio y la instalación propiamente dicha para garantizar la seguridad del sistema que prestará los servicios comerciales.

Estas pruebas se tienen que realizar en dos fases según el protocolo de pruebas que exige el ADIF:

PRUEBAS DEL TECNÓLOGO Y DIRECCIÓN DE OBRA

Estas pruebas son responsabilidad del tecnólogo, y como resultado de las mismas se emitirá un dossier de pruebas del sistema, incluido en el dossier de seguridad.

El equipo de Dirección de Obra realizará la revisión de la documentación aportada por el tecnólogo y asistirá a pruebas que este realice emitiendo los correspondientes informes.

Todas estas pruebas tienen la posibilidad de realizarse en entornos de laboratorios del tecnólogo, laboratorios independientes y en campo, así mismo, el equipo de dirección de obra decidió realizar pruebas adicionales que se incluyeron en dicho protocolo.

En caso particular de este contrato de migración, el proceso de pruebas se ha basado en la premisa de minimizar el número de pruebas a realizar en vía, ya que al ser una línea actualmente en explotación, la posibilidad de realizarlas es muy limitada, costosa y con un importante impacto en las actividades de mantenimiento habituales.

Para el caso concreto que atañe a este trabajo, las pruebas en laboratorio ya habían concluido con resultado satisfactorio y se habían comenzado con las pruebas en campo. Para este apartado la principal aportación se realizará asistiendo a las pruebas en campo pendientes de realizar y prestando apoyo para la realización de los informes posteriores.

PRUEBAS DE LA SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN DE INSTALACIONES



La Subdirección de Programación de Instalaciones (SPI) ejerce como un organismo perteneciente a ADIF pero independiente de la dirección de obra y del tecnólogo.

Aunque el protocolo de ADIF permite también que este tipo de pruebas se realicen en laboratorio (Ya sea del tecnólogo o independiente). En este contrato las pruebas de la SPI han sido eminentemente en campo.

El objetivo de estas pruebas es realizar un muestreo de la funcionalidad ETCS desplegada, así como de las situaciones habituales de explotación de la instalación que se quiere poner en servicio.

En este caso la aportación al trabajo incluirá la también asistencia a las pruebas en campo y el apoyo en la realización de los informes de resultados.

Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de explotación de la línea para la AESF.

Desde su creación en el año 2015. La Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria debe dar su visto bueno para la puesta en servicio de cualquier línea dentro de la Red Ferroviaria de Interés General.

En paralelo a la realización de las pruebas en campo, se elabora el dossier a presentar a la AESF para demostrar la seguridad del sistema y que esta pueda emitir la autorización de puesta en servicio.

Análisis y respuesta a la incidencia descubierta con la FN-20.

Durante las pruebas previas a la puesta en servicio del ERTMS nivel 2 en la línea Madrid-Levante se detectaron una serie de problemas relacionados con la implantación de esta Función Nacional en el equipo embarcado de los trenes S100 de Renfe y su impacto especialmente en las transiciones entre nivel 2 y nivel 1 que en la actualidad están bloqueando la entrada en servicio comercial de dicha línea.

Se ha solicitado un estudio de esta problemática a todas las líneas en las que existan transiciones de esta naturaleza y será un objetivo de este trabajo la colaboración en el estudio y realización del informe sobre el impacto de dicho problema en la línea Madrid-Lleida.



TAREAS

Pruebas dinámicas en campo y elaboración de los informes de resultados.

En este caso concreto es necesario diferenciar entre las pruebas en campo ya realizadas y en las que únicamente se participará en la realización de informe de resultados y las pruebas pendientes de realizar en las que se participará tanto en las pruebas como en la redacción del informe.

1. Pruebas realizadas por el tecnólogo: Realizadas en dos grupos:
 - a. 26-29 de septiembre de 2016. Con un tren Serie 100
 - b. 19-20 de diciembre de 2016. Con un tren Serie 103

En ambos casos, al haberse realizado ya estas pruebas, se participará únicamente en la redacción del informe de pruebas.

2. Pruebas adicionales solicitadas por la dirección de obra. Realizadas igualmente en dos grupos:
 - a. 21-22 de noviembre de 2016. Con un tren Serie 100
 - b. 4-7 marzo de 2017. Con un tren Serie 100.

En este caso solo se tuvo la oportunidad de participar en las pruebas de marzo de 2017. Aunque se participará en el análisis y redacción del informe de pruebas de ambos.

3. Pruebas de campo de la SPI. Realizadas en 3 grupos y con pruebas aún pendientes
 - a. 24-27 de marzo de 2017. Con un tren Serie 100
 - b. 7-8 de mayo de 2017. Con un tren Serie 100
 - c. 10-11 de junio de 2017. Con un tren Serie 100
 - d. 17-18 de junio de 2017. Con un tren Serie 100

En estos casos se tuvo la oportunidad de participar en las pruebas de campo del 17-18 de junio. Aunque para el resto se está trabajando en el estudio de los registros y los informes de pruebas.

Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de explotación de la línea para la AESF.

El dossier a presentar a la AESF es muy extenso e incluye multitud de documentos que en su mayoría deben ser presentados por el tecnólogo o por organismos independientes (NoBos).

Las tareas a realizar en este caso es la de la redacción de la documentación siguiente:



1. Informe de adecuación del contrato a la normativa técnica aplicable y sus anexos
 - a. Anexo I: Normativa de aplicación
 - b. Anexo II: Planos
 - c. Anexo III: Autorización del adjudicatario
 - d. Anexo IV: Puntos pendientes (Si aplican)
2. Informe acreditativo del cumplimiento de la ejecución del plan de pruebas. Y sus anexos
 - a. Anexo I: Plan y registros de pruebas de ADIF
 - b. Anexo II: Certificado de cumplimiento de plan de pruebas.

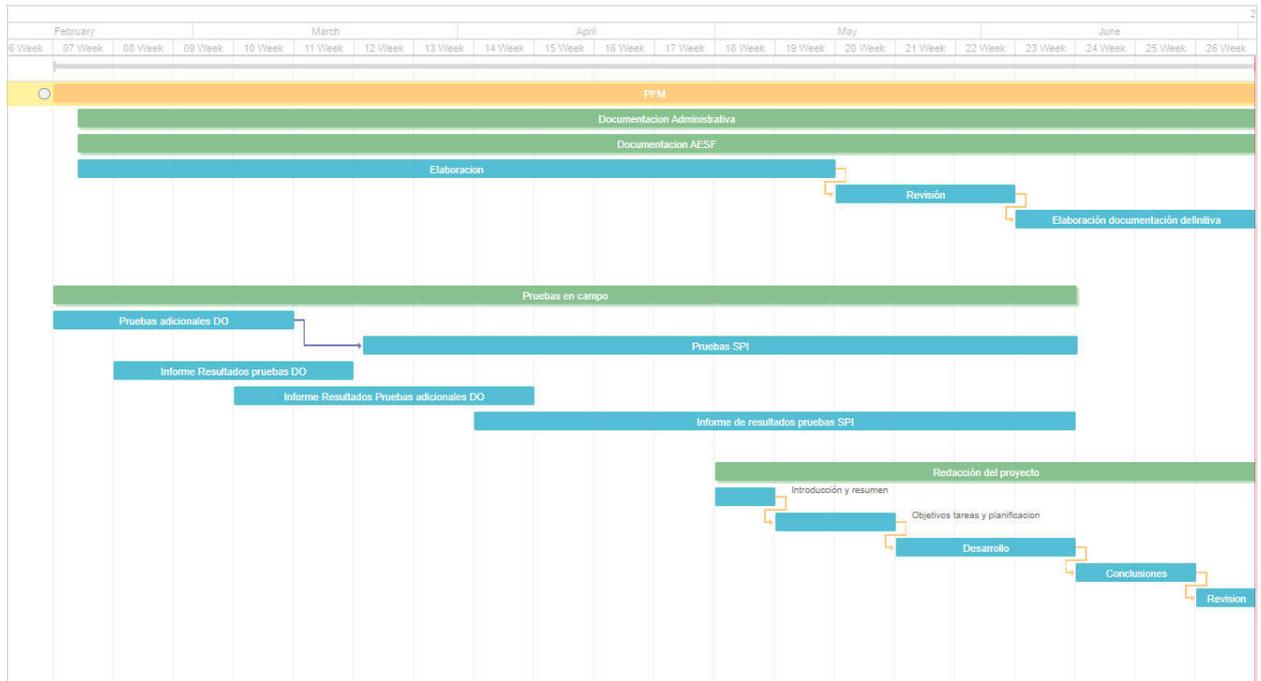
Análisis y respuesta a la incidencia descubierta con la FN-20.

Las tareas principales a realizar para este estudio se tratan de:

1. Estudiar a fondo la problemática y su impacto en la seguridad
2. Compartir con el resto de responsables de este cometido en el grupo de trabajo encargado por ADIF de evaluar este caso
3. Colaborar en la emisión del informe sobre el impacto de esta función nacional en la línea Madrid-Lleida.

PLANIFICACIÓN

La planificación de las tareas ha sido muy complicada. El hecho de que la línea Madrid-Lleida y que las pruebas a realizar sean siempre en campo nos ha llevado a tener numerosos contratiempos que nos han obligado a cambiar la planificación en numerosas ocasiones. El resultado final ha sido:



DESARROLLO

Actuaciones técnicas y baja del nivel 2

Tras la decisión por parte de Adif de migrar toda su Red a la versión 2.3.0d, en noviembre de 2014 se firmó el contrato de migración de la línea.

El primer paso fueron las actividades de ingeniería y RAMS, que se desarrollan en paralelo a lo largo de todo el proyecto entre las que destacan:

- Definición del contenido de la versión a desplegar de acuerdo con ADIF
- Implementación de las reglas en la herramienta de parametrización y generación de puestos de acuerdo con la cadencia establecida con el ADIF
- Actividades de RAMS e ISA coordinada con la generación de puestos y con las actividades en campo.

Una vez realizada la ingeniería, la principal tarea a realizar en campo fue la sustitución de los RBC. Unos RBC diseñados ad-hoc para este proyecto pionero, pero que fueron considerados por el fabricante como obsoletos frente a su actual producto estandarizado, probado y en servicio comercial en numerosas administraciones ferroviarias extranjeras. Esto implicaba que, la elaboración del software necesario para este RBC y su certificación tanto para la versión 2.3.0d como para la ETI 2012, en vigor a la firma del contrato, se consideraba más costoso que su sustitución por el producto estándar del fabricante; que además presentaba una serie de sustanciales mejoras frente a su predecesor, entre las que se encuentran:



- Cumplir las reglas de ingeniería de Adif v 2.4.6 (Que no estaban en vigor durante la instalación del primero)
- Mejoras en la capacidad de cálculo y en la posibilidad de una futura migración a Baseline 3.

A si mismo fue necesaria la modificación de:

- Los subsistemas PCI-R y PLO-R para adaptarse a la nueva versión de RBC
- La sustitución del sistema de ayuda al mantenimiento (SILAM-R) por la nueva versión del subsistema de Diagnostico y Mantenimiento (D&M)
- la reprogramación de más de 1500 balizas y 360 LEUs asociados a ellas.

Para dichas intervenciones, se consideró necesario dar de baja el nivel 2 en la línea. La baja del sistema ERTMS tampoco es una cuestión baladí, puesto que es necesario asegurar que una vez el sistema se desconecte, no sea posible que exista ningún tren en la línea que intente y mucho menos transite a dicho nivel. Para ello se elaboró un “informe de gestión de riesgos, condiciones de aplicación y restricciones de servicio temporales” para regular la manera de operar durante esta transición, y que fue aprobado el 10 de agosto de 2016 haciéndose efectiva el día 17 del mismo mes.

Pruebas del sistema

El primer paso una vez terminada la instalación en campo es la de realizar las pruebas pertinentes a la infraestructura para verificar su viabilidad. Es importante mencionar que a lo largo todo este proceso se han utilizado diferentes versiones de RBC (hasta 6) sobre las que el tecnólogo solucionaba comportamientos anómalos detectados durante las pruebas. Si bien dichas pruebas si se han repetido para garantizar que se habían solucionado, las anteriores no se considera necesario debido a que existe una garantía del departamento de RAMS del contratista que garantiza la no regresión de dichas versiones.

PRUEBAS DEL TECNÓLOGO Y DIRECCIÓN DE OBRA

Estas pruebas se engloban dentro de la definición de requisitos dentro de los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP) y en los proyectos constructivos se solicita que la funcionalidad del sistema cumpla con las especificaciones siguientes:

1. La Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI/TSI) del subsistema de Control, Mando y Señalización (CMS) vigente a fecha de contrato.
2. Informes BCA sobre la compatibilidad de versiones ETCS.



3. Requisitos funcionales y Reglas de ingeniería ERTMS Nivel 1 y Nivel 2 vigente a fecha de contrato que incluye:
 - a. Requisitos funcionales y Reglas de ingeniería ERTMS Nivel 1 y Nivel 2
 - b. Nota Técnica sobre las curvas de frenado y su efecto en el cálculo de las Autorizaciones de Movimiento
 - c. Especificación funcional del Puesto Central de ERTMS (PCE)
 - d. Procedimiento Operacional para la Gestión de Claves ERTMS Nivel 2 (KMS)
4. Documentos de Funcionalidad nacional publicados por el Ministerio de Fomento que afectan a la Infraestructura:
 - a. TFM021046 – DF – 4 Parte 2, V18 “Funcionalidad Nacional del Sistema ERTMS. Infraestructura.”

En el caso de estas especificaciones, y especialmente las ETI, se indica que son las vigentes a fecha de contrato. En la actualidad está en vigencia la última ETI publicada en 2015. Sin embargo, a fecha de contrato, la ETI en vigor era la de 2012. Pese a parecer de sentido común que en el caso de Madrid-Lleida la ETI que aplica se trata de la de 2012, es necesario solicitar una derogación exponiendo el caso, a través de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF).

Todas estas pruebas y su resultado estarán incluidas en un dossier de pruebas del sistema incluido dentro del dossier de seguridad que el tecnólogo debe presentar según la normativa RAMS:

- Reglamento de Ejecución (UE) N° 4021/2013 de la Comisión de 30 de abril de 2013
- Reglamento de Ejecución (UE) N° 2015/1136 de la Comisión de 13 de julio de 2015 por el que se modifica el anterior
- Normativa RAMS Requisitos básicos Ref. UNE-EN 50126-1
- Normativa RAMS Software para sistemas de control y protección de ferrocarril. Ref. UNE-EN 50128
- Normativa RAMS Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización. Ref. UNE-EN 50129

Adicionalmente a la documentación anterior, el tecnólogo también debe entregar:

- Requisitos operacionales
- Tira de vía incluyendo los elementos de los sistemas de señalización y de protección de tren ETCS instalados en vía.
- Documentos técnicos particulares (transiciones, notas técnicas específicas, etc..)



- Plan y protocolo de pruebas incluyendo:
 - Pruebas de interfaz entre enclavamiento electrónico (ENCE) y sistema de protección de tren (ETCS)
 - Protocolos de funcionalidad del sistema y datos de laboratorio y vía ETCS
 - Protocolo de pruebas funcionales y datos de PCE/PLE, gestión de claves, comunicación MSC-RBC, registrador jurídico del RBC y sistema de ayuda al mantenimiento (SAM-R)

Una vez terminadas estas pruebas, se elaborará un informe final realizado por la dirección de obra donde se indicará:

- La evaluación del proceso de pruebas, su adecuación a la normativa y documentación aplicable
- Resultados de los protocolos específicos, con la descripción de las pruebas realizadas e incluyendo, en caso de ser necesario, una relación de puntos abiertos o reservas
- Un apartado de conclusiones donde se indicará si no se han encontrado evidencias que impidan la puesta en servicio de las instalaciones.

PRUEBAS DE LABORATORIO

El banco de pruebas está compuesto por varios equipos reales, así como simuladores para la ejecución de las tareas de campo y su propósito es:

- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado del equipo RBC totalmente equipado conforme a la reglamentación y normas que aplican al proyecto.
- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado de la interface entre el ENCE y el RBC.
- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado de la interface entre el RBC y un equipo real PCL-R (PCI-R y PLO-R) totalmente equipado.
- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado de la interface entre el PCI-R y un equipo real PCE totalmente equipado.
- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado de la interface entre el RBC y un equipo real D&M totalmente equipado.
- Comprobar la integración y el funcionamiento adecuado de la interface radio entre el RBC y un simulador de tren.



- Como el RBC bajo pruebas es un equipo totalmente equipado con la versión software a poner en servicio, el banco de pruebas permitirá comprobar que el comportamiento del RBC, se ajusta a la funcionalidad definida.

Por motivos de optimización de equipos, el banco tiene dos configuraciones. En la primera de ellas, el banco de pruebas dispone de un solo RBC con todos sus interfaces redundados conforme al diseño del proyecto, y una segunda configuración con dos RBC, aunque no redundados, para la ejecución de HandOver.

La combinación de herramientas de software de simulación y equipos reales proporciona una flexibilidad y mayor rendimiento en la ejecución de pruebas que en un entorno real son difíciles de replicar.

A si mismo cada herramienta de software de simulación, así como cualquier otro equipo real genera un archivo de registro para su análisis posterior.

Los equipos reales que forman parte de la plataforma de pruebas son:

- Enclavamiento electrónico (ENCE)
- Puesto Control Local de Operaciones (PCL-S) dividido en:
 - PC de comunicaciones intermedio PCI-S
 - Puesto local de Operaciones (PLO-S)
- Sistema de ayuda al mantenimiento (SILAM-S)

El resultado de estas pruebas, con resultado satisfactorio, fue recogido en un informe realizado por el tecnólogo y que, según se indicó anteriormente, será incluido en el dossier de seguridad del sistema.

CONSIGNA PARA PRUEBAS EN CAMPO

La realización de pruebas en campo conlleva una serie de riesgos contra la seguridad, no solo contra las personas que se encuentran realizando la prueba sino, en el caso de esta línea que se encuentra en operación comercial, contra operarios que se puedan encontrar realizando tareas de mantenimiento, e incluso los viajeros que realicen los servicios comerciales posteriores a la realización de las pruebas.

La consigna de pruebas es un documento elaborado por la Dirección de Seguridad en la Circulación, necesaria para la realización de cualquier prueba, en la que se regulan las condiciones para asegurar que la prueba se realiza en condiciones seguras, y no solo para la de



aquellos que participen en las mismas, sino para asegurar también que las instalaciones se devuelven en perfecto estado para la operación comercial posterior.

Para la concesión de esta autorización es necesaria la realización, por parte del tecnólogo, de un análisis de seguridad para la realización de dichas pruebas. En dicho informe se analizan aquellos aspectos de las pruebas que puedan tener un impacto en la seguridad, con el fin de que se lleven a cabo o se reglamenten las medidas mitigadoras adecuadas. Como se ha mencionado anteriormente, prestando especial atención a los procedimientos para restaurar la línea a su situación nominal tras el desarrollo de las pruebas para asegurar la seguridad de la operación comercial normal una vez terminadas las mismas.

En este informe surgieron las siguientes amenazas, y protecciones antes las mismas:

- Amenaza 1 (A1): La aplicación ERTMS no está plenamente validada. Por lo tanto, la circulación del tren de pruebas al amparo del sistema ERTMS N2 no puede estar completamente asegurada.
 - Protección 1 (P1): Las pruebas se realizarán bajo el amparo de entrega en vía bloqueada (EVB) con solo un tren de pruebas y manteniendo libres tanto el trayecto por el que circule el tren como el siguiente
 - Protección 2 (P2): Ningún tren bajo ERTMS ajeno a la prueba debe circular por el ámbito de actuación de un RBC en activo. Esto no imposibilita que circulen otros trenes no ERTMS mientras se cumpla P1.
 - Protección 3 (P3): La circulación de trenes debe realizarse bajo el amparo de la señalización lateral, el cuadro de velocidades máximas, limitaciones de velocidad permanentes, temporales y de paso por aparatos de vía independientemente de lo indicado por la señalización en cabina.
- Amenaza 2 (A2): Modificación sobre los sistemas de señalización que supongan la modificación de su estado nominal para operación comercial. Ej. (Activación del sistema ERTMS N2, Modificación de LTVs, Rebase de señales, manipulación de balizas y circuitos de vía...)
 - Protección 4 (P4): Se deben de cumplir todas las condiciones de uso relativas a la baja del nivel 2
 - Protección 5 (P5): Se deben introducir en el RBC las LTVs que se encuentren activas en el tramo durante la operación comercial. Si como parte de las pruebas se añaden nuevas, se debe garantizar que estas se eliminan al finalizar las pruebas. Si se retira una de las LTVs activas en operación comercial el maquinista debe asegurarse de respetarla igualmente como se indica en P3.



- Protección 6 (P6): Si se desea rebasar una señal no permisiva, el encargado de la prueba debe solicitar al responsable de circulación la autorización reglamentaria de rebase.
- Protección 7 (P7): El procedimiento para la recuperación de funcionalidad de cualquier baliza que se oculte durante las pruebas debe asegurar que se ha recuperado completamente su funcionalidad antes de que comience la explotación comercial.
- Protección 8 (P8): El procedimiento para la recuperación de funcionalidad de cualquier circuito de vía ocupado durante las pruebas debe asegurar que se ha recuperado completamente su funcionalidad antes de que comience la explotación comercial.
- Amenaza 3 (A3): La no restauración de las condiciones del sistema para la operación comercial. Especialmente si un tren en operación comercial se conecta y pasa a ser supervisado por un sistema N2 que no está completamente validado y sin garantías de seguridad adecuadas.
 - Protección 10 (P10): Para asegurar que una vez terminadas las pruebas un tren pase a estar supervisado por el sistema N2 es de aplicación lo siguiente:
 - P10.1: Ningún tren debe iniciar misión en nivel 2.
 - P10.2: Una vez terminada la sesión de pruebas se debe de desconectar tanto los RBCs como las interfaces con los otros subsistemas con los que se comunica (ENCE, PCI-R, GSM-R)
 - P10.3 Una vez terminada la sesión, retirar del RBC las claves de los trenes autorizados para pruebas para evitar conexiones indeseadas.
 - Protección 11 (P11): No se deben cargar claves en el RBC que correspondan a trenes distintos a los que se vayan a utilizar para la realización de las pruebas.

En base a este análisis de riesgos, se obtuvieron, las consignas de pruebas nº 10 en marzo de 2016 y nº 8/17 en febrero de 2017.

AUTORIZACIÓN PROVISIONAL DE CIRCULACIÓN TREN DE PRUEBAS

Para la realización de las pruebas es necesaria la utilización de un tren de pruebas adaptado para las mismas, ya sea adaptando el software del equipo embarcado o introduciéndole las claves para la conexión con los RBC.



Es importante que este paso se debe realizar después de la obtención de la consigna de pruebas, ya que es necesaria para que la dirección de seguridad de Renfe emita esta autorización de circulación.

En este caso Renfe emitió en un primer momento esta autorización de circulación para su material autopropulsado serie 103.017. Si bien el tren más adecuado para la realización de las pruebas, por ser el principal tren que vaya a circular al amparo de dicho sistema en la operación comercial normal o disponer del sistema de señalización LZB como modo STM, necesario para la realización de pruebas en el Bypass de Los Gavilanes, la alta demanda de este tren por parte de Renfe, de los pocos que puede realizar el trayecto Madrid-Barcelona, y la necesidad de tener que cambiar su software embarcado para realizar cada prueba, hacen que su disponibilidad sea muy limitada, y por ello se solicitó a Renfe la posibilidad de realizar con dicho tren las pruebas indispensables y para el resto utilizar un tren con mayor disponibilidad, a lo cual Renfe respondió concediendo otra autorización de circulación para su material Serie 100.002, el cual ya se encuentra en operación de Nivel 2 2.3.0d en la línea Albacete-Alicante y que pese a no disponer de STM LZB, es factible para la realización del resto de pruebas.

A sí mismo, Renfe restringió la realización de pruebas a la participación en ellas en todo momento de dos maquinistas especialmente formados para la realización de las mismas.

PRUEBAS EN VÍA DE TECNÓLOGO Y DIRECCIÓN DE OBRA

Una vez teniendo las consignas y autorizaciones, se pasó a realizar una serie de pruebas que ya se habían superado en laboratorio, pero se repetirían en campo para asegurar su correcto funcionamiento con todos los equipos reales y eliminar las posibles perturbaciones provocadas por los mismos y que no pueden tener en cuenta los simuladores del tecnólogo.

Las pruebas que se realizaron son las siguientes:

Grupo de pruebas del tecnólogo.

Estas pruebas se realizaron en 2 tandas:

- a. Primera tanda: 26-29 de septiembre de 2016 con un tren serie 100
- b. Segunda tanda: 19-20 de diciembre de 2016 con un tren serie 103

Como se comentó durante la exposición de las tareas, para la redacción de este trabajo no se tuvo la oportunidad de participar en estas pruebas en campo, aunque sí que se participó en la elaboración del informe de resultados que se detalla a continuación:

NOMBRE	Fecha/Hora (JRU)	Tren/Cabin a	RESULTADO .
--------	---------------------	-----------------	----------------



Universidad Pontificia Comillas
Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI)
Master Universitario en Sistemas Ferroviarios



NOMBRE		Fecha/Hora (JRU)	Tren/Cabina	RESULTADO
Inicio de misión				
INMI_01	Inicio de misión con Informe de Posición SoM basado en un único BG con estatus "inválido"	-	-	(1)
INMI_05	Inicio de misión con Informe de Posición SoM válido basado en un único BG con estatus "valid"	19/12/2016 3:24	S-103.017 Cabina 1	OK
Transición de entrada N1=>N2				
TNEN_01	Transición de entrada N1 FS -> N2 FS en condiciones nominales y sin LTV en la MA	20/12/2016 00:36	S-103.017 00:36	OK
TNEN_02	Transición de entrada N1 FS -> N2 FS en condiciones nominales y con LTV en la MA	19/12/2016 01:53	S-103.017 Cabina 1	OK
		27/09/2016 1:23	S-100.002 Cabina 1	
TNEN_04	Transición de entrada desde N1 SR.	27/09/2016 23:05	S-100.002 Cabina 1	OK
TNEN_13	Transición de entrada desde N1 FS con recorte de MA por cierre sin tránsito correcto de una señal posterior a la señal frontera	27/09/2016 23:47	S-100.002 Cabina 1	OK
TNEN_14	Cancelación de la transición de entrada N1 FS -> N2 debido a cambio de modo	28/09/2016 00:58	S-100.002 Cabina 1	OK
Transición de salida N2=>STM LZB				
TNEX_04	Transición de salida N2 -> STM LZB en condiciones nominales	20/12/2016 00:22	S-103.017 Cabina 1	OK
Transición de salida N2=>N1				
TNEX_07	Transición de salida N2 -> N1 en condiciones nominales	26/09/2016 23:08	S-100.002 Cabina 2	NO OK
		27/09/2016 01:01	S-100.002 Cabina 2	
		27/09/2016 22:46	S-100.002 Cabina 2	
		27/09/2016 23:29	S-100.002 Cabina 2	
		28/09/2016 00:36	S-100.002 Cabina 2	
Transición de recuperación N1 => N2				
TNRE_01	Transición de recuperación N1 FS -> N2 FS en condiciones nominales	28/09/2016 22:53	S-100.002 Cabina 1	OK
TNRE_03	Transición de recuperación N1 FS -> N2 FS en condiciones nominales y con LTV en la MA	28/09/2016 23:29	S-100.002 Cabina 2	OK(*)
TNRE_14	Transición de recuperación N1 FS -> N2 FS con recorte de MA por cierre sin tránsito de una señal posterior a la señal frontera y tren antes de transitar a N2	27/09/2016 23:49	S-100.002 Cabina 1	OK
Obtención de la primera MA desde SR u OS				
OPMA_01	Envío de la primera MA en FS desde SR, no hay agujas de punta entre LRBG y señal	26/09/2016 22:49	S-100.002 Cabina 2	OK
		27/09/2016 00:31	S-100.002 Cabina 2	



Universidad Pontificia Comillas
Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI)
Master Universitario en Sistemas Ferroviarios



NOMBRE		Fecha/Hora (JRU)	Tren/Cabina	RESULTADO
		28/09/2016 23:55	S-100.002 Cabina 2	
		29/09/2016 00:23	S-100.002 Cabina 1	
OPMA_06	Envío de la primera MA en FS desde OS, no hay aguja de punta entre LRBG y señal	29/09/2016 00:29	S-100.002 Cabina 1	OK
Condiciones de vía y mensajes de texto				
MATC_01	Gestión de condición de vía Zona Neutra tal que $D(LRBG - Inicio ZN) > D(\text{frenado emergencia})$	27/09/2016 01:32	S-100.002 Cabina 1	OK
MATC_02	Gestión de condición de vía Zona Neutra tal que $D(LRBG - Inicio ZN) \leq D(\text{frenado emergencia})$	18/12/2016 23:28	S-103.017 Cabina 2	OK
Renovación de MA				
TRMA_01	Extensión de la MA en FS a un tren en modo FS por apertura de señal	27/09/2016 2:18	S-100.002 Cabina 2	OK
TRMA_02	Extensión de la MA en FS a un tren en modo FS por MA máximo	26/09/2016 23:37	S-100.002 Cabina 1	OK
		27/09/2016 01:30	S-100.002 Cabina 1	
		27/09/2016 23:15	S-100.002 Cabina 1	
Otros modos de explotación				
OMOS_01	Envío de MA con perfil de modo OS a un tren en FS sin tren localizado en estacionamiento	29/09/2016 00:27	S-100.002 Cabina 1	OK
OMSH_05	MA con perfil de modo SH a un tren FS	19/12/2016 3:18	S-103.017 Cabina 1	OK
Supervisión de la MA				
SCEM_01	Envío de CEM por paso tren y cierre de señal a un OBU en modo FS	26/09/2016 23:06	S-100.002 Cabina 2	OK
SRMA_01	Recorte de MA por cierre de señal no en secuencia	27/09/2016 23:52	S-100.002 Cabina 1	OK
SDAI_01	Comportamiento tras DAI con el tren detrás de la señal, pero sin ocupación de CdV siguiente	-	-	(1)
Limitaciones Temporales de Velocidad				
LTVS_01	Envío de una LTV en la MA a asignar a un OBU en modo FS	28/09/2016 23:31	S-100.002 Cabina 2	OK
LTVS_02	Gestión de la repetición de una LTV en la MA a asignar a un OBU en modo FS			
LTVS_06	Envío y repetición de una LTV en la MA ya asignada a un OBU en modo FS	28/09/2016 23:33	S-100.002 Cabina 2	OK (2)
LTVS_25	Envío y repetición de una LTV en la MA ya asignada a un OBU en ruta con salto de kilometración	29/09/2016 01:38	S-100.002 Cabina 1	OK
Handover				
HAOV_01	Handover en modo FS en condiciones nominales y vía libre	27/09/2016 01:39	S-100.002 Cabina 1	OK



NOMBRE		Fecha/Hora (JRU)	Tren/Cabina	RESULTADO
HAOV_03	Handover en modo FS con recorte de MA en la zona del ARBC	27/09/2016 02:04	S-100.002 Cabina 2	OK
		19/12/2016 2:50	S-103.017 Cabina 1	
HAOV_04	Handover en modo FS con recorte de MA en la zona del HORBC	19/12/2016 02:51	S-103.017 Cabina 1	OK
HAOV_06	Handover en modo FS con LTV en la zona del ARBC	27/09/2016 02:04	S-100.002 Cabina 2	OK
HAOV_09	Handover en modo SR, TR o PT	27/09/2016 2:14	S-100.002 Cabina 2	OK
		19/12/2016 2:53	S-103.017 Cabina 1	
Casos degradados				
CADE_15	Pérdida de comunicación ENCE - RBC	28/09/2016 23:05	S-100.002 Cabina 1	OK
		28/09/2016 23:14	S-100.002 Cabina 1	
Casos de explotación. Obtención de primera MA				
EXPL_05	Obtención de primera MA a velocidad máxima en una pantalla virtual	28/09/2016 00:32	S-100.002 Cabina 2	OK
Casos de explotación. Autorización de movimiento, supervisión de MA y LTV				
EXPL_09	MA máxima y velocidad máxima de explotación	26/09/2016 23:37	S-100.002 Cabina 1	OK(2)
		27/09/2016 01:30	S-100.002 Cabina 1	

(1) Pruebas no ejecutadas encampo pese a estar incluidas en el protocolo

(2) Pruebas con observación asociada.

Descripción de los casos de prueba con resultado NO OK

Caso TNEX_07: Transición de salida de nivel 2 a nivel 1 en condiciones nominales.

El objetivo de la prueba es comprobar la correcta ejecución de la transición de nivel 2 a nivel 1 cuando se circula en condiciones nominales.

El caso de prueba se ha efectuado en la transición de salida de El Segre, y el resultado se ha considerado incorrecto debido a que, en el momento de la prueba, no se encuentra programado el anuncio de transición a nivel 1, lo que provoca que al transitar a nivel 1 por la orden el equipo embarcado pase a modo TR en lugar de continuar en el modo supervisado.

Incidencias detectadas:



INC - 1. Pérdida de comunicación entre el RBC y el EVC.

Durante las jornadas de pruebas se han observado varias pérdidas de comunicación entre el RBC y el equipo embarcado que provocan la aplicación de freno de servicio por expiración de T_NVCONTACT. Estas incidencias se observaron durante la tanda de pruebas de septiembre de 2016 efectuada con el S-100. Posteriormente, en las pruebas efectuadas en diciembre de 2016, no se volvió a observar este tipo de incidencia.

INC - 2. Envío de parada de emergencia incondicional por parte del RBC.

Se han detectado dos situaciones en las que una vez iniciado el proceso de Handover entre los RBCs de Calatayud y de Zaragoza, el RBC envía una parada de emergencia incondicional al tren sin motivo aparente. Esto provoca que el equipo embarcado cambie inmediatamente a modo TR con la consecuente aplicación de freno de emergencia hasta parada.

Cabe indicar que, al igual que en la INC 1, esta incidencia solo se observa en la tanda de pruebas de septiembre de 2016, no volviéndose a observar en las pruebas realizadas en diciembre de 2016.

INC - 3. El RBC no envía el perfil de modo SH

La incidencia se produce en una circulación por vía 1 sentido Madrid con inicio en el ámbito del RBC de Monteagut y con la señal E BUJ M1, perteneciente al ámbito del RBC de Zaragoza en aspecto de maniobras

Lo que se observa es que, al paso por la señal E BUJ M1 que se encuentra en aspecto de maniobras, el equipo embarcado no pasa a modo SH y continúa en N2 FS.

El análisis de los datos JRU muestra que el RBC envía la información de perfil de modo SH cuando todavía está circulando en la zona del RBC de Monteagut (Handing RBC), y, después, una vez cruzada la frontera y ya en el ámbito del RBC de Zaragoza, se recibe un MA donde no se incluye el perfil de modo, por lo que de acuerdo al requisito 3.12.4.3 del Subset 026 2.3.0d el equipo embarcado borra el perfil de modo SH provocando que no se produzca el paso a modo SH esperado.

Observaciones:

OBS - 1. LTVS_06: No se comprueba la repetición de la LTV en la MA ya asignada.

El caso de prueba tiene por objeto, por un lado, comprobar el envío de las LTVs que se establezcan en el interior de una autoridad de movimiento ya asignada al EVC, y, por otro lado, comprobar la repetición del envío de dichas LTVs en caso de no recibirse el mensaje de reconocimiento por parte del EVC.

La primera comprobación se realiza satisfactoriamente, no obstante, la comprobación relacionada con la repetición en el envío de las LTVs no puede efectuarse, ya que el EVC



envía el mensaje de reconociendo en respuesta al primer envío por parte de RBC, por lo que éste ya no efectúa el siguiente envío.

OBS - 2. EXPL_09: La ejecución del caso de prueba no se ajusta del todo a lo descrito.

En las condiciones iniciales del caso de prueba descrito en el protocolo, se indica que el tren debe partir justo después de la frontera de la línea, sin embargo, la ejecución se comenzó en la pantalla virtual B 438 M2 (PK 438,682), que es donde se obtiene la autoridad de movimiento de paso a FS, mientras que la señal frontera E ALB M2 se encuentra el PK 448,393. No obstante, se comprueba que a partir de la entrada en modo FS el RBC envía correctamente los MAs máximos tal y como están descritos en las SRS

Grupo de pruebas adicionales DO

Estas pruebas se realizaron en 2 tandas:

- a. Primera tanda: 21-22 de noviembre de 2016 con un tren serie 100
- b. Segunda tanda: 4-7 de marzo de 2017 con un tren serie 100

En este caso si que se tuvo la oportunidad de participar en las pruebas del 6 y 7 de marzo que transcurrieron de la siguiente manera:

6 de marzo

Se realizó un trayecto continuo desde Atocha hasta Lleida a contravía con una LTV durante todo el trayecto. Volviendo a N1 al pasar por El Segre.

A la vuelta no se logró conectar con el RBC y no se transitó a N2. Se repitió varias veces sin éxito. A la ida no hubo problemas. Se continuo en N1 FS hasta que al entrar en Zaragoza pasamos a N2 FS. Al llegar a Atocha volvimos a intentar conectar con el RBC 5 sin éxito.

En general el resultado fue positivo y el tren se comportó correctamente respecto de las LTVs

7 de marzo

Se sale de nuevo de Atocha en el mismo S100 dirección a Burgo de Ebro por Bypass de Zaragoza, de nuevo se vuelven a poner LTV, en este caso muchas distintas, durante todo el tramo.

Se aprovecha para realizar varias pruebas por el camino:

- Handover en condiciones degradadas entre Guadalajara y Medinaceli. Desconectamos el HRBC. (No OK)



- Prueba de Handover en condiciones degradadas. Esta vez apagando los modems del tren. Esta vez entre Medinaceli y Calatayud. (ok)
- Transición OS-SH en Calatayud. Con una señal en aspecto Rojo-Blanco* (OS) y otra en aspecto Rojo-Blanco (SH). (No OK)
- Handover en condiciones degradadas. Apagamos ACCRBC. (OK)

De vuelta a Atocha sufrimos una pérdida de comunicación en zona de Zaragoza. Se aplica correctamente la reacción al T_NVCONTACT nos detenemos y rebasamos EOA en SR. Nos encontrábamos cuesta arriba y al maquinista le cuesta arrancar, cuando lo consigue se había terminado el tiempo de rebase y entramos en Trip. Reanudamos en SR y continuamos.

A mitad de viaje detectamos un tramo que vamos a 300 sin LTV. Se cree que los operarios del PLO-R no la introdujeron correctamente.

Seguimos dirección Atocha, cambiamos a vía 1 y detectamos un tramo donde la MA no se renueva con suficiente antelación y entramos en curva de frenado (no llegamos a detenernos)

En la entrada de Atocha realizamos una prueba en la que la señal de entrada tiene aspecto de maniobras, se transita a N0+ASFA y al rebasar la señal el ASFA nos detiene. (OK)

Una vez finalizadas las pruebas. Se participó en el estudio de los registros, de las causas de las pruebas que no fueron correctas y se realizó el informe de resultados con las siguientes conclusiones:

NOMBRE		FECHA	RES.
5.1	Recorridos por vía general con vía libre		
5.1.1	Recorrido por vía 1 desde Madrid a Puigverd de Lleida de Lleida (sentido preferente) sin entrar en Zaragoza ni Lleida.	21/11/2016	NOK
5.1.2	Recorrido por vía 2 desde Puigverd de Lleida de Lleida a Madrid (sentido preferente) sin entrar en Zaragoza ni Lleida.	21/11/2016	OK
5.1.3	Recorrido por vía 2 desde Madrid a Puigverd de Lleida de Lleida (sentido no preferente) sin entrar en Zaragoza ni Lleida.	22/11/2016	OK
5.1.4	Recorrido por vía 1 desde Puigverd de Lleida de Lleida a Madrid (sentido no preferente) sin entrar en Zaragoza ni Lleida.	22/11/2016	OK
5.1.5	Recorrido por Zaragoza desde Guallar hasta Burgo de Ebro por sentido preferente	04/03/2017	NOK
5.1.6	Recorrido por Zaragoza desde Burgo de Ebro hasta Guallar por sentido preferente	04/03/2017	OK
5.1.7	Recorrido por Zaragoza desde Guallar hasta Burgo de Ebro por sentido no preferente	04/03/2017	NOK



NOMBRE		FECHA	RES.
5.1.8	Recorrido por Zaragoza desde Burgo de Ebro hasta Guallar por sentido no preferente	04/03/2017	NOK
5.1.9	Recorrido por Lleida desde Montagut hasta Puigverd de Lleida por sentido preferente	05/03/2017	OK
5.1.10	Recorrido por Lleida desde Puigverd de Lleida hasta Montagut por sentido preferente	05/03/2017	OK
5.1.11	Recorrido por Lleida desde Montagut hasta Puigverd de Lleida por sentido no preferente	05/03/2017	OK
5.1.12	Recorrido por Lleida desde Puigverd de Lleida hasta Montagut por sentido no preferente	05/03/2017	OK
5.1.13	Circulación con LTVs en todo el tramo	07/03/2017	NOK
5.2	Transiciones de Entrada/Salida del sistema ERTMS N2		
5.2.1	Transición de entrada a ERTMS N2 en Puigverd de Lleida.	21/11/2016	OK
5.2.2	Transición de entrada a ERTMS N2 en Puigverd de Lleida con LTV de N2 en zona de N1.	21/11/2016	OK
5.2.3	Transición de salida de ERTMS N2 en Puigverd de Lleida con pantalla virtual cerrada		NP
5.2.4	Transición de salida de ERTMS N2 en Puigverd de Lleida con distintas V_LOA		ANS
5.2.5	Transición de Entrada a ERTMS N2 en Zaragoza desde Huesca.		NP
5.2.6	Transición de Entrada a ERTMS N2 en Zaragoza desde el Cambiador.	04/03/2017	OK
5.2.7	Transición de Salida de ERTMS N2 en Zaragoza hacia Huesca.	04/03/2017	OK
5.2.8	Transición de Salida de ERTMS N2 en Zaragoza hacia el Cambiador.	04/03/2017	OK
5.2.9	Transición de Entrada a ERTMS N2 en Plasencia de Jalón desde Grisén	22/11/2016	OK
5.2.10	Transición de Salida de ERTMS N2 en Plasencia de Jalón hacia Grisén	22/11/2016	OK
5.2.11	Transición de Entrada de ERTMS N2 en Los Gavilanes	20/12/2016	OK?
5.2.12	Transición de Salida de ERTMS N2 en Los Gavilanes	20/12/2016	OK?
5.2.13	Transición de Entrada a ERTMS N2 desde Atocha		ANS
5.2.14	Transición de Salida de ERTMS N2 hacia Atocha	22/11/2016	OK
5.2.15	Transición degradada de N2 a N1 con pérdida de anuncio.		ANS
5.2.16	Transición degradada de N2 a N1 con pérdida de orden de transición.	21/11/2016	OK



NOMBRE		FECHA	RES.
5.2.17	Transición de salida de ERTMS N2 en Puigverd de Lleida con LTV impuestas en la zona de N1.	19/12/2016	OK?
5.2.18	Transición de salida de ERTMS N2 en Atocha con LTV impuestas en la zona de N0.		NP
5.2.19	Transición de salida de ERTMS N2 en Los Gavilanes hacia la línea Madrid – Sevilla con LTV impuestas en la zona de STM.	20/12/2016	OK
5.2.20	Transición de salida de ERTMS N2 en Miraflores hacia la línea de Huesca con LTV impuesta en la zona de N1.		NP
5.2.21	Transición de N1 a N2 con la señal del punto de transición en aspecto de parada para nivel 1 y permisivo para nivel 2. Rebase autorizado en N1.		
5.2.22	Transición de N1 a N2 con la señal del punto de transición en aspecto de parada para nivel 1 y permisivo para nivel 2. Apertura de señal para N1.	05/03/2017	OK
5.2.23	Transición de N1 a N2 con la señal del punto de transición en aspecto de parada para nivel 1 y para N2.		
5.2.24	Entrada a Nivel 2 en señal frontera desde Nivel 1/SR	22/11/2016	OK
5.2.25	Transición de N2/SR a N2/FS en distintos puntos		ANS
5.2.26	No transición a Nivel 2 desde N0	16/11/2016	OK
5.3	Inicios de misión		
5.3.1	Inicio de misión en Zaragoza	05/03/2017	OK
5.3.2	Inicio de misión en Lleida	05/03/2017	OK
5.3.3	Inicio de misión con datos de tren Válidos.	22/11/2016	OK
5.3.4	Inicio de misión con posición inválida reportando un BG de fuera del ámbito del RBC.	22/11/2016	OK
5.3.5	Envío de MA y paso a N2/FS desde N2/SR con tren en ventana PCA y apertura de señal	16/11/2016	OK
5.4	Rebase se señal		
5.4.1	Rebase no autorizado de señal en Lleida	05/03/2017	OK
5.5	Limitaciones temporales de velocidad		
5.5.1	Ampliación de MA con más de 15 LTVs en el MA a enviar	25/11/2016	OK?
5.6	Handover		
5.6.1	Handover con LTV impuesta en la zona del HO	08/11/2016	OK
5.6.1_bis	Handover con LTV impuesta en la zona del HO	22/11/2016	OK
5.6.2	Handover con pérdida de comunicación RBC – Enclavamiento y modificación de ruta con LTVs establecidas.	08/11/2016	OK



NOMBRE		FECHA	RES.
5.6.3	Handover con pérdida de comunicación RBC – Tren. Tren atraviesa la zona de HO	07/03/2017	NOK
5.7	Autoridad de movimiento		
5.7.1	Envío de un recorte de MA en FS debido a la petición de MA con Q_TRACKDEL=1	25/11/2016	NOK
5.7.2	Extensión de la MA en FS a un tren en modo FS con un tren delante que ha perdido temporalmente conexión con el RBC. El tren por delante entra en estacionamiento.	28/11/2016	OK?
5.8	Otras pruebas		
5.8.1	Cruce de mensajes de rebase en FS	25/11/2016	OK
5.8.2	Transición de N2/OS a N2/SH	22/11/2016	NOK
5.8.3	Revocación de LTV tras pérdida de comunicación RBC - Enclavamiento	03/11/2016	OK

Descripción de los casos con resultado NOK:

Caso 5.1.1. Recorrido por vía 1 desde Madrid a Puigverd de Lleida de Lleida (sentido preferente) sin entrar en Zaragoza ni Lleida.

El objeto de la prueba es verificar que no se entra en curvas de frenado y se puede realizar correctamente el movimiento indicado

Durante el desarrollo de la prueba, se realizó una llamada manual al RBC de Zaragoza reportando un BG del RBC de Calatayud. El RBC de Zaragoza ordena desconexión al estar el tren fuera de su ámbito, quedando el tren en N2/SR.

Para conectar nuevamente manualmente al RBC de Calatayud, se ha de seleccionar nivel 2 y, el tren llama al último RBC almacenado (Zaragoza). Nuevamente este RBC envía orden de desconexión. De este modo, con el tren de pruebas no se podía iniciar misión en el RBC de Calatayud al no poder introducir sus datos

Caso 5.1.5. Recorrido por Zaragoza desde Gualar hasta Burgo de Ebro por sentido preferente.

El objeto de la prueba es verificar que no se entra en curvas de frenado y se puede realizar correctamente el movimiento indicado.

Se inició movimiento desde Atocha por vía 2 hasta Burgo de Ebro pasando por vía 4 de Zaragoza el día 04/03/2017. Cuando el tren se aproxima al bypass de Zaragoza solicita MA y el RBC le concede un MA corto que provoca que el tren entre en curva de frenado. Cada vez que el tren solicita MA y el RBC concede MA cortos que repercuten en que el tren circule siempre en curva de frenado hasta que llega a la vía 4



El caso se considera NOK por entrar en curva de frenado innecesaria.

Caso 5.1.8. Recorrido por Zaragoza desde Burgo de Ebro hasta Guallar por sentido no preferente.

El objeto de la prueba es verificar que no se entra en curvas de frenado y se puede realizar correctamente el movimiento indicado.

Se inicia el movimiento en Burgo de Ebro pasando por vía 3 de Zaragoza el día 04/03/2017. Al paso por Miraflores, el tren recibe del RBC una UEM provocando la parada del tren. Se selecciona OV y se continúa marcha en N2/SR. Al paso por B 310 M3 y por C ZAR M3 el tren no pasa a FS. A continuación, el tren vuelve a recibir UEM estando en N2/SR.

Se considera el caso NOK ya que no se puede realizar el movimiento sin incidentes no encontrando explicación aparente.

Caso 5.1.13. Circulación con LTVs en todo el tramo.

El objeto de la prueba es verificar la correcta circulación por la línea con LTVs introducidas en el sistema. La prueba se realiza sólo hasta Zaragoza.

Durante el desarrollo de la prueba se han detectado varias situaciones anómalas:

- El día 07/03/2017, a las 00:56:45 (hora JRU) realizando movimiento por vía 1 sentido Barcelona con cambio de vía hacia Zaragoza, se observa la aparición de curvas de frenado en la vía de Bypass.
El análisis de la JRU, muestra como el tren solicita MA en reiteradas ocasiones antes de entrar en curva de frenado y el RBC no le envía nada. Cuando amplía MA, lo hace de tal modo que el tren continúa en curva de frenado. Esta situación se repite hasta Zaragoza.
- El día 07/03/2017, a las 01:19:39 (hora JRU), se tiene establecido itinerario des de C CAL F2A en OS hasta C CAL F2C abierta en SH. Se observa en cabina como se produce el cambio de modo a OS correctamente, pero no es posible pasar a SH en la señal C CAL F2C.
Del análisis de la JRU se observa como la ventana de reconocimiento del modo SH es nula.
- El día 07/03/2017, a las 01:47:56 (hora JRU), realizando movimiento por vía 3 de Zaragoza sentido Madrid, el EVC empieza a solicitar MA y el RBC a las 01:48:43 envía UEM tras la última solicitud de MA se produjo a las 01:48:37.

Caso 5.6.3. HO con pérdida de comunicación RBC – Tren. Tren atraviesa la zona de HO.

El objeto de la prueba es verificar que cuando se aplica reacción de T_NVCONTACT por perdida de enlace radio justo antes de que el tren atravesase el HO. Cuando se detiene el tren en la zona de ACCRB, recuperándose la conexión y solicite MA con Q_TRACKDEL = 1, el ACCRBC envíe MA al tren



Se realiza esta prueba el día 07/03/2017, a las 00:47:47 (hora JRU) se detecta error de enlace radio y el tren aplica freno quedando de tenido en el PK 284+992 tras el HO. A las 00:49:42 se empieza solicitar MA cada 5 segundos con Q_TRACKDEL = 1 estando el tren en N2/FS con MA hasta el morro del tren. A las 00:55:34 el RBC de Zaragoza (ACCRBC) ordena desconexión. El tren a las 00:52:08 el EVC envía Position Report y el RBC envía UEM con M_ACK=0. A las 00:53:29, el EVC termina sesión de comunicación. Según confirmación del personal de Ansaldo, el tren estaba conectado al ACCRBC (Zaragoza).

Caso 5.8.2. Transición de N2/OS a N2/SH.

El objeto de la prueba es verificar la correcta transición de N2/OS a N2/SH. La prueba se realizó en dos localizaciones en dos días diferentes:

- El día 22/11/2017, a las 02:01:15 (hora JRU) se transita a N2/OS en E BRI F1 con S BRI F1 en maniobras. Se observa en cabina como no es posible pasar a SH en la señal de salida.
- El día 07/03/2017, a las 01:19:39 (hora JRU), se tiene establecido itinerario des de C CAL F2A en OS hasta C CAL F2C abierta en SH. Se observa en cabina como se produce el cambio de modo a OS correctamente, pero no es posible pasar a SH en la señal C CAL F2C.

Del análisis de la JRU en ambos casos, se observa como la ventana de reconocimiento del modo SH es nula.

Incidencias:

INC - 1. Caídas de comunicación RBC – ENCE

Durante la ejecución de las pruebas, en diversos momentos se recibe UEM del RBC cuando el tren está en un cantón donde hay un DCO. Según ASTS, esto es debido a la reacción segura del RBC ante una pérdida de comunicación RBC-ENCE que hace que los estados de los elementos recibidos pasen a estados restrictivos.

Se considera que, si bien este comportamiento es seguro, repetidas caídas de comunicación provocarían una penalización en la explotación.

INC - 2. Entrada en curva de frenado innecesaria para itinerarios de entrada al Bypass de Zaragoza

Durante la ejecución de los casos de prueba 5.1.5, 5.1.6 y 5.1.13 se ha observado que el tren entra en curva de frenado innecesaria para rutas desde vía general hacia el Bypass de Zaragoza lado Madrid.

Cuando el tren está en vía general y solicita MA hacia el Bypass de Zaragoza, el RBC envía MA cortos que provoca que entre en curva de frenado innecesaria. Esta situación



produce una penalización de la explotación además de incumplir el requisito 3.3.4.1 de las reglas de ingeniería de ADIF.

INC - 3. Envío de UEM por parte del RBC en Zaragoza

Durante la ejecución de los casos de prueba 5.1.8 el día 04/03/2017, se observa la aplicación por parte del tren de dos UEM en la zona de Miraflores tras la señal E ZAR M3.

El tren circulaba en N2/FS saliendo de Miraflores sentido Zaragoza cuando sin causa aparente, el tren recibe UEM y provoca el frenado del tren. A tren parado, se reanuda la marcha continuando en SR. Al paso por la pantalla B 310 M3 y por la señal C ZAR M3 el tren no pasa a N2/FS. A continuación, con el tren en N2/SR, el RBC envía otra vez UEM.

INC - 4. Inicio de misión fuera del ámbito de un RBC con posición conocida.

Durante la ejecución del caso 5.1.1, se realizó llamada al RBC de ZAR el día 19/12/2016 a las 00:31:16 (hora JRU) estando en el ámbito del RBC de Calatayud. El RBC de Zaragoza envía orden de desconexión al tren y no se podía volver llamar al RBC de Calatayud ya que el tren llama al último RBC que tiene almacenado.

Para salir de la situación, se debe de reiniciar la cabina y llamar al RBC de Calatayud o continuar circulando en N2/SR hasta leer por baliza un paquete 42 que haga que se llame al RBC donde está el tren y se reporte un BG de su ámbito.

Esta situación puede provocar un problema de explotación ya que, en caso de iniciar misión manualmente reportando un BG válido fuera del ámbito del RBC, este enviará orden de desconexión y no se podrá hacer llamada manual a ningún otro RBC salvo que se reinicie la cabina.

INC - 5. Aparición de curvas de frenado con movimiento desde Madrid hacia Zaragoza.

Durante la ejecución del caso 5.1.13 se ha observado la aparición de curvas de frenado innecesarias cuando se entra en el Bypass de Zaragoza desde Madrid. Esto contraviene el punto 3.3.4.1 de las reglas de ingeniería de ADIF.

Se verifica en los registros que los movimientos desde El Burgo hacia Zaragoza tienen el mismo comportamiento con MA muy cortos, no obstante, en el tren utilizado para pruebas (tren 100.002), no se observa aparición de curvas de frenado innecesaria.

INC - 6. Imposibilidad de transitar a N2/SH desde N2/OS.



Durante la ejecución del caso 5.8.2, se ha observado en el tren como no era posible transitar a N2/SH ordenado por RBC ante una señal en aspecto maniobras.

En el análisis de los registros de dicha prueba, se ha observado como el perfil de modo SH a iniciar en la señal no cuenta con ventana de reconocimiento. El EVC gestiona el punto de inicio del perfil de modo como un EoA sin velocidad de liberación por lo que el tren no puede aproximarse a la señal y así poder reconocer el perfil de modo

INC - 7. Recepción de parada de emergencia incondicional

Durante la ejecución del caso 5.1.13, se ha observado la recepción de UEM cuando el tren había solicitado en diversas ocasiones MA y el RBC no le había enviado extensión de la misma.

INC - 8. No reenvío de MA con tren solicitando MA con Q_TRACKDEL = 1 tras haber pasado pantalla de HO aplicando reacción por T_NVCONTACT

Durante la ejecución del caso 5.6.3, se verifica en JRU que el tren, una vez detenido en el ámbito del ACCRBC y recuperada la conexión, envía MA request cíclicamente cada 5 segundos y el ACCRBC no le envía MA.

INC - 9. Envío de UEM tras haber perdido conexión y atravesar un HO

Durante la ejecución del caso 5.6.3 descrito en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se verifica en JRU que el tren, como, una vez que el tren ha recuperado conexión, inicia la solicitud de MA con Q_TRACKDEL = 1 descrito en 0, el RBC envía sucesivas UEM con M_ACK = 0 y el tren responde con position report.

INC - 10. Inicio de modo OS en CV de estacionamiento

Durante un movimiento el día 07/03/2017, desde C CAL M2A en R-B* a vía 2 y continuación desde C CAL M2B también en R-B* hacia C CAL M1C, se observa como el perfil de modo de OS enviado a las 02:19:39 (hora JRU) en las proximidades de C CAL M2B se inicia en el CV de estacionamiento. Esto incumple el requisito 3.4.2.1.3 de las reglas de ingeniería de ADIF.

Observaciones:

OBS - 1. No revocación de LTV recibida por baliza

Durante la ejecución del caso 5.2.11, con el tren en N2/SR y LTV puesta en el itinerario hacia la línea Madrid – Sevilla, se recibe por baliza y por RBC una LTV en dicha vía. El tren transita a N2/FS y se solicita la eliminación de dicha LTV.



En el DMI se observa cómo se mantiene dicha LTV mientras que en la JRU se observa cómo se recibe la revocación de la misma.

OBS - 2. Aumento momentáneo de velocidad al transitar de N2/FS a N1/FS en Puigverd de Lleida con LTV en la zona de N1

Durante la ejecución del caso 5.2.17, se tiene impuesta una LTV de 80 Km/h en la zona de N1 tras situada tras la orden de transición a N1. El tren transita a N1 con una V_LOA de 80 Km/h acorde con la LTV establecida y por la aplicación de la FN 20, aumenta su velocidad permitida hasta 300 Km/h hasta recibir por baliza las LTVs de N1. Esta situación dura pocos segundos.

OBS - 3. Envío de UEM cuando en el MA enviado a un tren en N2/FS supera las 15 LTVs

Durante la ejecución del caso 5.5.1, se ha observado como cuando el RBC ha de enviar un MA que contiene más de 15 LTVs, envía una parada de emergencia incondicional.

Esta situación puede provocar problemas de explotación de las instalaciones cuando en el sistema en tramo de 26 Km se tengan que introducir más de 15 LTVs. Si bien, este hecho se considera poco probable, su ocurrencia podría penalizar la explotación.

OBS - 4. CASO 5.2.11. Confirmar que no se tienen LTVs en el sistema

Confirmar que en el movimiento de entrada a N2 con LTV sólo en la zona de N2 no había puesta LTV.

OBS - 5. No transición de N2/SR a N2/FS en pantalla virtual B 222 F1

El día 07/03/2017, a las 00:31:29 (hora JRU) se inicia misión en N2/SR antes de la pantalla virtual B 222 F1 tras salir de N2/SH. Al paso por dicha pantalla se observa como no se transita a N2/FS.

OBS - 6. CASO 5.7.1. Caso mal ejecutado

El estimulador no realiza la petición de MA con Q_TRACKDEL = 1, se propone repetir el caso.

OBS - 7. CASO 5.7.2. Caso mal ejecutado

Se observa varias UEM por parte del RBC y no ha reestablecido comunicación.

Se propone repetir el caso



OBS - 8. CASO 6.2.1. Verificación del perfil estático de velocidad en BUJ

Se realiza movimiento desde GUL a AZB por vía 2 y se observa en el registro que la información de enlace indica que el BG 3412 indica que está en el PK 295+911 y en tira está en el 296+011.

OBS - 9. Caso 6.4.3. Verificación de la extensión de la LTV hasta piquete en Ariza.

Se realiza movimiento desde E ARI F1 a bloqueo pasando por vía 2 de Ariza con LTVs por ambas vías. Se introduce una LTV por vía 2 entre el PK 179+803 y 183+093 de 160 Km/h y otra por vía 1 de 80 entre 1179+734 a 183+162 (PK de PLO). Se comprueba en registros que la LTV de 80 finaliza en el 183+181.

Puntos pendientes:

Pese a terminar las pruebas con varios casos no satisfactorios, se decide avanzar a las pruebas que debe realizar la SPI y que mientras tanto el contratista realice las mejoras de software necesarias para subsanarlas. Las pruebas pendientes se tratan de:

- Casos de aplicación genérica
 - Caso 5.2.21
 - Caso 5.2.23
 - Caso 5.7.1
 - Caso 5.7.2
- Casos de aplicación específica:
 - Caso 6.1.2. Verificación del punto de entrada a modo OS en Vallmanya desde E VAM M1 a vía 2 falta registro
 - Caso 6.1.1. Verificación del perfil estático de velocidad en la zona de Ballobar desde S MON M1 por vía 1 hasta Valfarta. Se tiene el registro vacío
 - Caso 6.1.1. Verificación del perfil estático de velocidad en la zona de Ballobar desde E VAF F2 por vía 2 hasta Montagut. Registro incompleto
 - Caso 6.1.3. Verificación de la extensión de la LTV hasta piquete en la zona de Lleida. En la ejecución de las pruebas se tenía el fichero de configuración de LTVs erróneo
 - Caso 6.2.3. Verificación de la extensión de la LTV hasta piquete en la zona de AZB. Se tiene el registro vacío para la ruta desde B 315 M2 con una LTV de N2 entre los PPKK 319+229 y 314+014 de 80 Km/h por vía 4 hacia Zaragoza.



PRUEBAS EN VÍA SPI

Tras las pruebas realizadas por el tecnólogo y la dirección de obra, forma parte del procedimiento del ADIF que un departamento independiente de la dirección de obra, la Subdirección de Programación de Instalaciones, realice un muestreo de pruebas sobre la infraestructura para certificar su viabilidad. Estas pruebas se realizaron a continuación tanto para completar las pruebas que quedaron pendientes con anterioridad y otras nuevas o repetidas según su criterio.

Los resultados de las pruebas han sido los siguientes:

1. 24-27 de marzo de 2017. Con un tren Serie 100
 - a. Día 24: Se realizaron pruebas entre Madrid y Zaragoza haciendo itinerarios cortos, recortes de MA, rebases de EoA y conexión con todos los RBC
 - b. Día 25: Se realizaron pruebas entre Zaragoza y Lérida y volviendo de nuevo a Zaragoza. Se pusieron LTVs muy cortas en todo el tramo. Quitándolas, poniéndolas y modificándolas mientras el tren circula por su ámbito. Finalmente, se realizaron pruebas de transiciones entre N2 y N1 en la frontera del tramo Madrid- Lleida con el de Lleida-Barcelona.
 - c. Día 26: Se realizaron pruebas en el ámbito de Zaragoza. Pruebas de Shunting y On sight, tapando balizas y haciendo recortes y ampliaciones de MA constantes.
 - d. Día 27: Se realizaron pruebas desde Zaragoza de vuelta a Madrid: Se realizan trayectos cambiando múltiples veces de vía y probando LTVs. Hay problemas con el RBC 2 que tardo mucho tiempo en conectar. Se atraviesa Guadalajara haciendo de nuevo pruebas de OS y SH.
2. 7-8 de mayo de 2017. Con un tren Serie 100
 - a. Día 7: Traslado de nuevo desde Madrid a Zaragoza. Durante el trayecto se realizan pruebas de sobrevelocidad, aplicando freno de servicio y liberándolo, pero sin llegar al trip. Se realizan pruebas de transición en el cambiador de Grisen.
 - b. Día 8: Traslado desde Zaragoza de vuelta a Madrid. Se realizan pruebas de transiciones con balizas tapadas. Se prueban reacciones de trip al rebasar señales en rojo en diversas circunstancias. Se esperaba poder realizar pruebas en la entrada de Atocha, pero el estado del tráfico no lo permitió.
3. 10-11 de junio de 2017. Con un tren Serie 100



- a. Día 10: Pruebas entre Perafort y Lleida. Se realizan transiciones entre N1 y N2 en Lleida con multitud de casos. La cabina numero 2 da problemas de conexión con los RBC y se hacen menos pruebas de las esperadas
 - b. Día 11: Se sigue sin disponer de cabina 2 así que se realizan el resto de pruebas de transición y Handover posibles solo con 1 cabina en la zona de Lérida antes de volver a Madrid.
4. 17-18 de junio de 2017. Con un tren Serie 100. En esta tanda de pruebas si que pude participar
- a. Día 17: Se realizaron pruebas de transición en la entrada de Atocha. La ventana que se nos concedió fue únicamente entre la 1:30 y las 4:30.
 - i. Entre las 12 y la 1:30 que se pudo a entrar a atocha probamos un inicio de misión en zona de HO entre Guadalajara y Medinaceli. Se pasa a FS correctamente
 - ii. Una vez en Atocha se realizaron las siguientes pruebas:
 1. Rebase intempestivo de señal E3 de Atocha en rojo justo después de la transición a N0. El ASFA detiene el tren.
 2. Detenernos sin transitar N0→1 ante señal R-Az*. Nos obliga a detenernos y una vez abierto en verde, rebasamos y transitamos.
 3. Transición N2→N0 con señal R-B*. Se transita sin problemas.
 4. Transición N2→N0 con señal R-B. Se transita sin problemas
 5. Transición N1→N2 con LTV. Se transita manteniendo la LTV
 6. Transición N2→N1 cambiando de vía. Se reconoce el paso por desvío a 100 km/h
 7. Transición N2→ N0 con balizas de orden de transición tapadas. Transita con el anuncio.
 8. Transición N2→N0 con balizas de anuncio tapadas. Se aplica freno de servicio por datos inconsistentes y se transita por orden.
 - b. Día 18: Pruebas entre Madrid-Zaragoza y vuelta a Madrid.
 - i. Se realizan las siguientes pruebas:
 1. Viaje Madrid-Zaragoza sin curvas de frenado innecesarias
 2. Movimiento por vías 2 y 4 de Zaragoza cerramos señal S GUA M2. Se recorta MA. Volvemos a abrir. Amplia MA.



3. Iniciamos misión en Guayar conectando manualmente con Medinaceli (fuera de ámbito). Al pasar por la primera baliza nos ordena desconectar y conectar con Guadalajara.
4. Realizamos pruebas de rebasar señal en rojo en SR, pasar a TR, retroceder en PT y abierto en verde y pasar a FS al rebasar señal. (el primer intento no funciona, el segundo si)

Aún quedan pendientes de realizar pruebas de transiciones en el bypass de Los Gavilanes y a la salida de Huesca. Pero para ello es necesaria una nueva consigna y la posibilidad de emplear un tren S103 que en la actualidad no se encuentra disponible.

A la entrega del presente trabajo se estaba todavía trabajando en los informes de resultados.

Documentación de puesta en servicio

Debido a la dificultad de realizar pruebas sobre en una línea en explotación, debido a solo poder realizarlas en horario nocturno, y teniendo que planificarlas teniendo en cuenta otras pruebas y labores de mantenimiento, en paralelo a las mismas se comenzó a elaborar la documentación administrativa necesaria para la puesta en servicio. La Unión Europea en materia ferroviaria exige que los procedimientos y métodos existentes de puestas en servicio de las Infraestructuras ferroviarias de los estados miembros sean adaptados buscando una simplificación de los mismos y su alineamiento con las especificaciones y requisitos exigidos, especialmente en materia de interoperabilidad.

MARCO NORMATIVO

El proceso de puesta en servicio está descrito en la Orden FOM 167/2015, que divide las puestas en servicio en tres grandes categorías:

1. Líneas
2. Subsistemas
3. Exclusiones
 - a. Instalación de nuevos subsistemas
 - b. Renovación o rehabilitación de los subsistemas preexistentes.

Las exclusiones quedan definidas según la Orden FOM 167/2015 de 6 de febrero, Título V, artículo 11.2 que dice:

“No será necesaria una nueva autorización de puesta en servicio de la línea en los siguientes casos de modificación de líneas existentes, en los que únicamente será exigible una



comunicación a la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria:

a) Instalación de nuevos subsistemas de electrificación o control-mando y señalización. En este caso deberá procederse, de acuerdo con el procedimiento contemplado en el título IV de la presente orden, a realizar la autorización de entrada en servicio de los nuevos subsistemas.

b) Renovación o rehabilitación de los subsistemas preexistentes, en aquellos supuestos en los que la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria decida, de conformidad con el artículo 6.4 de la presente orden, que requieren una nueva autorización de entrada en servicio de subsistema. Se considerarán incluidos en este caso los supuestos de cambio de tensión eléctrica de la electrificación o de cambio de versión o de nivel de ERTMS.

Junto con la comunicación del cambio de las condiciones de explotación, el solicitante remitirá a la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria la documentación establecida en el artículo 10.4 correspondiente a los elementos sujetos a modificación y, en particular, la certificación por el administrador de infraestructuras ferroviarias correspondiente del cumplimiento de las condiciones exigibles en materia de seguridad en la explotación ferroviaria en la nueva situación de la línea”

Según se menciona en el citado artículo, un cambio de versión de ERTMS se considera una exclusión al proceso de puesta en servicio de línea. Sin embargo, no excluye de la solicitud de puesta en servicio de subsistema, regulada según la misma Orden FOM 167/2015, Título IV, artículo 5, relativo a la puesta en servicio de subsistemas dice:

1. Sin perjuicio de lo dispuesto en los títulos V y VI de esta orden, y de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10 del Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria autorizará la entrada en servicio de los nuevos subsistemas de carácter estructural integrantes del sistema ferroviario que se implanten o exploten en la Red Ferroviaria de Interés General.
2. Dichos subsistemas sólo pueden entrar en servicio si son diseñados, construidos e instalados de modo que se cumplan los requisitos esenciales definidos en el anexo III del Real Decreto 1434/2010, de 6 de noviembre, cuando se integren en el sistema ferroviario.

El ente estatal responsable de la seguridad ferroviaria es en este caso la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF). En cumplimiento del artículo 8 de la Orden FOM/167/2015 del 6 de febrero, por la que se regulan las condiciones de entrada en servicio de subsistemas ferroviarios, la AESF solicita que se le remita la siguiente documentación:



- a) Informe resumen con los aspectos relevantes para la autorización de entrada en servicio del subsistema, indicando, entre otros, características técnicas principales del subsistema, descripción del proceso de evaluación, grado de cumplimiento de las características o restricciones de uso.
- b) Declaraciones de verificación del subsistema, suscritas por el solicitante, respecto de las ETI y, en su caso, de las normas nacionales aplicables, de conformidad con el anexo V del Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre.
- c) En su caso, declaraciones «CE» de verificación de que el subsistema cumple la normativa que le es de aplicación.
- d) Certificados CE de verificación respecto a las ETI y certificado de verificación respecto de las normas nacionales, otorgado por el organismo notificado y del organismo designado respectivamente, acompañados de sus respectivos expedientes técnicos de acuerdo con lo establecido en el anexo VI del Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre.
- e) Informe del organismo evaluador de seguridad en aquellos casos en los que el Reglamento de ejecución (UE) 402/2013, de 30 de abril, sea de aplicación, y en particular para realizar la demostración de la integración segura del subsistema, incluyendo aquellos aspectos señalados en el artículo 7.2 de esta orden.
- f) Certificado de un organismo designado de conformidad con las exigencias complementarias de compatibilidad técnica exigidas por la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 7.2 de la presente orden.

Estos puntos no aplican al ADIF directamente, que se limita a asegurarse de que se incluyen en tiempo y forma en el dossier administrativo completo, sino que competen:

- Punto A: El contratista debe presentar sus informes de especificación funcional, transiciones, reporte BCA, etc.. según se indica en el contrato y los PPTP.
- Puntos B, C y D: Son de aplicación para un Organismo Notificado (NoBo). En este caso se tratará de CETREN. Como se ha mencionado actualmente, la ETI de aplicación es la 2012, en vigor en el momento de la firma del contrato. Por lo tanto, a estos documentos se le acompañará la derogación de la ETI 2016 en vigor actualmente.
- Punto E: Informe del organismo evaluador independiente de la seguridad (ISA). Que en este caso realizará INECO en colaboración directa con el contratista.

A si mismo es necesario presentar a la AESF una solicitud de Conformidad con el Cambio en las Condiciones de Explotación de la línea (CCE). Que si que compete al ADIF y que, según se



establece en el artículo 11.2.b) de la Orden FOM/167/2015 debe incluir los siguientes documentos:

- a) Informe de adecuación de las obras a la normativa técnica aplicable, emitido por el personal encargado de su ejecución y supervisión, establecido en el artículo 16 del Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre.
- b) Documentación acreditativa del cumplimiento, en debida forma, de la ejecución del plan de pruebas que establezca el administrador de infraestructuras ferroviarias o, en su caso, la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria, establecida en el artículo 16 del Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre.
- c) Documentación establecida en el artículo 8 de la orden, relativa a cada uno de los subsistemas que integran la línea, incluyendo sus interfaces.
- d) Certificado del administrador de infraestructuras ferroviarias del cumplimiento de las condiciones exigibles en materia de seguridad en la explotación ferroviaria, tal y como se establece en el artículo 16 del Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre. Esta certificación se elaborará teniendo en cuenta los diferentes informes de los organismos evaluadores de seguridad según el Reglamento de ejecución (UE) 402/2013, de 30 de abril. Se acompañará de una justificación del cierre de los riesgos de los distintos subsistemas y sus interfaces, y de un expediente con la documentación que ha servido de base para su elaboración.

Informe de conformidad con el Cambio en las Condiciones de Explotación de la línea (CCE).

Según se indica en el apartado anterior, es de aplicación para el ADIF, y específicamente para la dirección de obra y su asistencia técnica, y de aplicación para este trabajo, los puntos A y B. El punto C no aplica debido a ser una entrada en servicio de un único subsistema y el D debe ser realizado por la Dirección de Seguridad en la Circulación (DSC).

INFORME DE ADECUACIÓN A LA NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

Este documento comienza mencionando la Orden FOM 167/2015 de 6 de febrero, regula las condiciones de entrada en servicio de subsistemas y define el procedimiento necesario para cumplir con las normas que derivan de ella y la necesidad de ser presentado a la AESF para que, finalmente, genere la Autorización de Puesta en Servicio.



Continúa haciendo una descripción de las actuaciones, la motivación de ellas y que se desea obtener con ellas, no solo la migración a la versión 2.3.0d como tal, sino también una serie de pequeños cambios en el perfil de línea y de transiciones que no se corresponden exactamente a como se realizaban antes de la migración.

Posteriormente se realiza un análisis de las fronteras del sistema a través de sus transiciones. Ya sean nominales (Madrid Sur, El Segre, Los Gavilanes) o de recuperación pese a venir los trenes desde otras líneas (Huesca y cambiadores de ancho de Plasencia de Jalón y Zaragoza).

Transiciones de entrada a Nivel 2					
Dependencia Madrid Sur		Dependencia El Segre		Dependencia Gavilanes	
Elemento de referencia	PK	Elemento de Referencia	PK	Elemento de referencia	PK
Señales S MSU F1 y S MSU F2	7.517	Señal E ALB M1	449.186	C VAC F1A	12.844
		Señal E ALB M2	448.393	C VAC F2A	12.775
Transiciones de Salida de Nivel 2					
Dependencia Madrid Sur (N0+ASFA)		Dependencia El Segre (N1)		Dependencia Gavilanes (LZB)	
Elemento de referencia	PK	Elemento de referencia	PK	Elemento de referencia	PK
BG 0138	3.864	BG 15830	448.283	BG 0242	3.776
BG 0139	3.934	BG 15845	449.076	BG 0241	3.261

Transiciones de entrada a ERTMS N2					
Dependencia Plasencia de Jalón		Dependencia Zaragoza		Dependencia Huesca	
Elemento de referencia	PK	Elemento de Referencia	PK	Elemento de referencia	PK
Señal virtual B 271 M2 y B 271 M 1	270.878	Señal virtual B 313 F3	313.558	Señal Virtual B 304 M4 y B 304 M3	304.374
		Señal Virtual B 314 F4	314.011		
Transiciones de Salida de N2					
Dependencia Plasencia de Jalón (N0+ASFA)		Dependencia Zaragoza (N0+ASFA)		Dependencia Huesca (N1)	
Elemento de referencia	PK	Elemento de referencia	PK	Elemento de referencia	PK
BG 3153 (reverse)	276.309	BG 3654 (reverse)	305.186	BG 3727 (reverse)	312.560



Se acompaña un esquema de la línea similar al mostrado en la presentación de la línea del presente trabajo y se termina con las siguientes conclusiones:

1. Que los trabajos han sido ejecutados, a juicio de la Dirección de Obra, con adecuación y cumplimiento respecto al contrato
2. Que los trabajos que afectan al contrato disponen de la autorización del adjudicatario para la Explotación Comercial del tramo.
3. Las obras disponen de todos los permisos, licencias y autorizaciones a excepción de la de Seguridad, a otorgar por la AESF, necesaria para el correcto funcionamiento de todos sus elementos.
 - Anexo I: Normativa y Recomendaciones Técnicas de Aplicación.
 - Anexo II: Esquema de Instalaciones del tramo.
 - Anexo III: Autorización del adjudicatario.
 - Anexo IV: Listado de puntos pendientes.

Sirva lo anteriormente expuesto para, junto con la documentación aportada, acreditar la adecuación de las Instalaciones objeto del presente informe a la Normativa Técnica aplicable para su puesta en servicio.

Anexo I: Normativa y Recomendaciones Técnicas de Aplicación

En este apartado, acompañado por una declaración de conformidad por parte del contratista, se menciona toda la normativa que se considera de aplicación en este contrato. Se ha dividido en las siguientes categorías:

1. Documentos de conformidad europea
2. Documentos UIC
3. Normativa CENELEC
4. Especificaciones funcionales y técnicas de ERTMS
5. Documentos y especificaciones nacionales.

Es de gran importancia que, una vez se reciban por parte del NoBo las certificaciones «CE», no exista contradicciones entre la normativa mencionada en este documento y dichas certificaciones.



Anexo II: Esquema de las Instalaciones del tramo.

Se adjuntan los planos de toda la línea indicando la ubicación y nomenclatura de todos los elementos instalados en vía pertenecientes al subsistema, así como las fronteras de sus ámbitos de actuación.

Anexo III: Autorización del adjudicatario.

En este documento se incluye una declaración por parte del contratista en la que ratifica la ejecución del contrato según las condiciones contractuales y prescripciones técnicas aplicables y da su visto bueno al ADIF para que utilice las mismas en su operación comercial.

Anexo IV: Listado de puntos pendientes

En este documento deben figurar los puntos pendientes de su solución posterior a la puesta en servicio de la infraestructura. Para cada uno de ellos es importante mencionar:

- Fecha prevista de cierre
- Si suponen algún tipo de impacto o repercusión sobre el nivel de seguridad del sistema.
- Estos puntos siempre deben de haberse considerado como no bloqueantes dentro del proceso de evaluación y gestión del riesgo de los evaluadores e informes ISA.

A día de hoy no se ha definido ninguno de estos puntos pendientes.

Informe acreditativo del cumplimiento de la ejecución del plan de pruebas

Dicho informe es una introducción a los informes de pruebas como tales, preparados por el Adjudicatario, Dirección de Obra, Asistencia técnica y SPI, y en los que se ha participado activamente como parte de la actividad de las prácticas del Master y que se ha recogido en los puntos anteriores del presente trabajo y que finaliza con las siguientes conclusiones de interés:

Una vez expuesto lo anterior, se concluye lo siguiente y se adjuntan Anexos a este Informe:

1. Que las pruebas han sido ejecutadas, a juicio de la Dirección de Obra, con la adecuación y el cumplimiento respecto al contrato, así como al Plan de Pruebas establecido por ADIF.



2. Que el resultado de las pruebas ha permitido verificar la funcionalidad de las Instalaciones.
3. Que en las obras se han realizado las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento de sus elementos.
 - Anexo I: Plan de Pruebas (y Registros de Pruebas).
 - Anexo II: Certificado del cumplimiento del Plan de Pruebas.

Sirva lo anteriormente expuesto para, junto con la documentación aportada, acreditar el cumplimiento, en debida forma, de la ejecución del Plan de Pruebas establecido por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias con resultado satisfactorio, para la puesta en servicio de las Instalaciones objeto del presente informe.

Anexo I: Plan y registros de Pruebas

Se acompañan a este documento todos los protocolos, registros e informes de resultados. Realizados tanto por el Adjudicatario, la Dirección de Obra y la SPI en los que se garantice el cumplimiento del plan de pruebas establecido por el ADIF en el Contrato y los PPTP.

Anexo II: Certificado de cumplimiento del Plan de Pruebas.

En este documento el ADIF certifica el cumplimiento del plan de pruebas mediante los informes de resultados incluidos en el Anexo I de este informe acreditativo, indicando su conformidad con los pliegos y resto de prescripciones técnicas contenidas en el Contrato, sin haberse encontrado evidencias que impidan la entrega de las instalaciones y, por lo tanto, resultando las mismas como aptas.

Estudio sobre la Función Nacional 20.

Durante las pruebas de ERTMS nivel 2 en el tramo Barcelona – Figueras se detectó una incompatibilidad entre los sistemas de vía y los equipos embarcados que disponían de esta función nacional.



La función nacional 20 indica que un tren circulando supervisado por el sistema ERTMS nivel 2 solo debe aceptar LTVs indicadas para nivel 2 ignorando las de nivel 1. Dicha Función Nacional se creó para líneas en las que coexisten equipos de vía tanto de Nivel 1 como de Nivel 2 para evitar que la imposición de LTVs estáticas de nivel 1 no impactase negativamente a la explotación de trenes en nivel 2, que son capaces de gestionar LTVs dinámicas introducidas entre dos PKs cualesquiera.

Esta situación afloró un problema en zonas de solape entre Nivel 2 y Nivel 1 en las que se ha impuesto una LTV en nivel 1 pero no en nivel 2 debido a la flexibilidad que permiten estas últimas. En el peor de los casos, la LTV puede comenzar justo en la frontera entre N2 y N1, y por lo tanto existe la posibilidad que el tren Nivel 2 acceda al tramo de Nivel 1 a una velocidad no segura.

Tras un estudio detallado de la solución desarrollada por el contratista se descubrió que, a diferencia de otros fabricantes, en el momento de las transiciones se transmite al tren una variable de indicación de velocidad de salida del sistema (V_LOA). Variable cuya función, sin entrar en conflicto con el desarrollo de la FN-20, es la de generar una velocidad de salida del ámbito de nivel 2 segura en función del estado de la señalización posterior y teniendo en cuenta la velocidad permitida y posibles LTVs de nivel 1. Debido a este detalle se llegó a la conclusión de que la aplicación de dicha función nacional en la línea Madrid-Lleida es correcta.

Esta situación, sin embargo, se encuentra en una situación de bloqueo, ya que no hay acuerdo entre el ADIF y RENFE sobre si son los equipos embarcados los que deben ser actualizados para solucionar esta problemática, o si por el contrario si es la vía la que debe adaptarse, ante la posibilidad de que en el futuro puedan entrar en servicio equipos embarcados que, si bien cumplen con la especificación de la FN-20, puedan generar este tipo de situaciones indeseables.

CONCLUSIONES Y APORTACIONES

Conclusiones

Si algo he aprendido desde que comencé a dar mis primeros pasos en el mundo laboral, es que el finalizar físicamente de construir un proyecto de estas características no es, ni por asomo, el fin del mismo. Ya sea por la cantidad de estudios, pruebas, documentación, y solución de los problemas que afloran en las mismas todavía necesarios para su utilización y de los que se da buena cuenta en este trabajo.



Pero a su vez, demuestra la necesidad de la buena planificación, organización y trazabilidad de todo el proceso del proyecto que, si bien pueden parecer un estorbo a lo largo del mismo hace que, en el caso de solicitarse información sobre algún caso en concreto, normativa de aplicación, o de flexibilidad a la hora de solucionar los problemas que pueden surgir durante estas últimas fases de pruebas y puesta en servicio, aseguran una respuesta rápida, segura, fiable y que no pongan en entredicho lo anteriormente verificado.

Un gran detalle que también he llegado a apreciar durante esta experiencia, aunque no sea de aplicación en concreto únicamente al proyecto de migración del Madrid-Lleida, es la gran diferencia existente a la hora de realizar actuaciones sobre infraestructura nueva y todavía en construcción frente a la ya activa y en servicio comercial. Especialmente los grandes dificultades que esto genera problemas a la hora de realizar pruebas, que retrasan y encarecen enormemente el proceso, no solo por el limitado tiempo para la realizar las pruebas en sí, sino los riesgos generados de la posibilidad de no devolver las instalaciones en condiciones para su explotación posterior. Si bien esto no es un problema evitable para actuaciones de la naturaleza de la tratada en el presente trabajo, si que lo es para otras obras que a día de hoy es posible que ya pudiesen estar en servicio comercial bajo protección del sistema ERTMS, si en su día no se hubiesen puesto en servicio, de manera apresurada, únicamente bajo supervisión del sistema ASFA.

Aportaciones

Este trabajo se ha centrado en la colaboración durante la fase de pruebas y puesta en servicio de subsistema, con los objetivos principales de asistir a las pruebas, registrar sus resultados y preparar la documentación administrativa para la solicitud formal de puesta en servicio. Entre los que, durante el transcurso de los mismos, surgió un tercero debido a la aparición de la problemática con la FN 20.

Las aportaciones realizadas sobre los objetivos propuestos han sido las siguientes:

- En cuanto al primer objetivo, se ha intentado, dentro de las posibilidades, participar en todas las pruebas de campo posibles, así como el estudio de los registros de tren posteriores y determinar si una prueba había sido satisfactoria o no en base a ellos.
- En cuanto al segundo, se han elaborado una serie de documentos que, una vez finalicen las pruebas y se recopilen los informes a presentar por otros participantes en el proyecto (Ineco, Cetren, el contratista y tanto la DSC como la SPI del propio ADIF) a los que referencian. Se pueda presentar rápidamente el dossier de puesta en servicio de la línea.



Universidad Pontificia Comillas
Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI)
Master Universitario en Sistemas Ferroviarios



- Finalmente, respecto de la función nacional 20. Se hizo un estudio por nuestra parte, en función de toda la documentación aportada por el contratista y que, debido a la similitud de sus conclusiones con las presentadas por el contratista, sirvió de doble confirmación de la idoneidad de la solución propuesta frente a esta eventualidad.