LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA (LIF)

Memoria de Actividades 2025

"Progresos en la integración de una plataforma de ensayos adaptada a las nuevas funcionalidades de control de mando y señalización ferroviaria"

En coherencia con la hoja de ruta definida en la Memoria técnica de 2024 y con el horizonte temporal fijado en torno a 2031, durante 2025 hemos continuado trabajando en la evolución de la plataforma digital de ensayos del laboratorio, reforzando su integración con arquitecturas de simulación avanzadas y sistemas Hardware in the Loop (HiL).

Esta evolución ha permitido ampliar el alcance tradicional del **Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF)** —históricamente centrado en ensayos de conformidad de **componentes ETCS** (*European Train Control System* - Sistema Europeo de Control de Trenes) y pruebas de compatibilidad e interoperabilidad entre los **equipos de vía ETCS TS** (*European Train Control System – Trackside* - Sistema ETCS de vía / equipos instalados en la infraestructura) y **embarcados ETCS OB** (*European Train Control System – On-Board* - Sistema ETCS embarcado en el tren)— hacia un enfoque más sistémico, alineado con los futuros escenarios operacionales del **ERTMS** (*European Rail Traffic Management System* - Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario).

NUEVAS FUNCIONALIDADES: ASTP, CANTÓN MÓVIL Y COMUNICACIONES

En 2025 se han materializado avances significativos en la incorporación progresiva de algunas de las nuevas funcionalidades objeto de implantación, fundamentalmente en la vinculada al **posicionamiento seguro del tren (ASTP -** *Automatic Speed and Train Protection* - Protección automática de velocidad y del tren**)**. También hemos comenzado los primeros ejercicios exploratorios relativos a las **soluciones cantón móvil (Moving Block)** asociado a los sistemas de protección del tren, así como a los nuevos paradigmas de comunicaciones ferroviarias basadas en el **Sistema de comunicaciones móviles ferroviarias FRMCS** (*Future Railway Mobile Communication System*) como alternativa al Sistema global de comunicaciones móviles adaptado al ferrocarril **GSM-R** (G*lobal System for Mobile Communications – Railway* - Sistema Global de Navegación por Satélite).

En continuidad con los trabajos iniciados en 2024, el **sistema de simulación y generación de señales GNSS satelitales** (*Global Navigation Satellite System* - Sistema

Global de Navegación por Satélite), incorporado el año anterior, ha pasado durante 2025 a una fase de aproximación hacia una explotación operativa y de integración funcional con los **bancos de ensayo ETCS existentes en el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria.**

En particular, se han desarrollado y validado los primeros esquemas de integración entre el simulador satelital y los sistemas de odometría, simuladores de balizas y módulos embarcados ETCS, sentando las bases para **futuros ensayos de componentes ASTP** en configuraciones cercanas al entorno real de operación.

Asimismo, se ha avanzado en la definición de arquitecturas de ensayo a nivel de subsistema, orientadas a la **evaluación conjunta de posicionamiento avanzado, lógica ETCS y escenarios de cantón móvil**, contemplando ya su futura conexión con simuladores de tráfico ferroviario. Este enfoque permite preparar al laboratorio para abordar ensayos de interoperabilidad más complejos, en línea con las necesidades identificadas por administradores de infraestructuras y operadores ferroviarios.



Laboratorio de simulación de tráfico ferroviario

COMUNICACIONES

En el ámbito de las comunicaciones, 2025 ha supuesto un **avance** en la preparación de **entornos de simulación** de enlaces de comunicación previos a la integración del **standard FRMCS**, estableciendo los primeros marcos conceptuales y técnicos para su futura incorporación a los bancos de ensayo del LIF, con el objetivo de evaluar el intercambio de información entre **equipos ETCS de vía y embarcados** bajo escenarios de comunicaciones alternativas al GSM□R.

Tal y como se anticipaba en la memoria de 2024, el Laboratorio ha continuado alineando su evolución con el desarrollo de prototipos tecnológicos promovidos en el marco de los proyectos europeos de innovación. Durante 2025, el LIF ha reforzado su papel como infraestructura de apoyo temprano a la validación de soluciones con bajos y medios niveles de madurez tecnológica (TRL - *Technology Readiness Level*), adaptando sus arquitecturas de ensayo a un contexto normativo todavía en evolución, pero que progresa de forma sostenida hacia **futuras versiones** de las **Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI).**

PROYECTOS ERJU

Este acompañamiento ha permitido al Laboratorio posicionarse de manera anticipada frente a los futuros procesos de estandarización, contribuyendo a reducir riesgos técnicos y de interoperabilidad en fases posteriores de despliegue operativo.

Durante 2025, el LIF ha mantenido una participación activa y continuada en los proyectos de la **Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU)**, dedicando una parte sustancial de sus recursos técnicos a los proyectos emblemáticos **FP1-MOTIONAL, FP2-R2DATO** y **FP6-FUTURE**, en línea con la actividad desarrollada en 2024.

En **FP1-MOTIONAL**, hemos consolidado los trabajos relacionados con gemelos digitales y armonización de formatos de datos ferroviarios, avanzando desde las fases conceptuales hacia esquemas de implementación y validación más definidos. Un ejemplo lo constituye, el desarrollo de un gemelo digital de sensores inerciales que el LIF ha desarrollado, usando el lenguaje de simulación MODÉLICA y la especificación FMI (*Functional Mock-Up Interface*) como enlace para la conexión entre diferentes simuladores o gemelos digitales.

En **FP2-R2DATO**, hemos progresado en el ámbito de las tecnologías GNSS, la odometría avanzada y los registros digitales centralizados de información de vía y embarcado, **reforzando su interoperabilidad con ETCS y ATO** (*Automatic Train Operation* - Operación automática del tren). Tras la finalización en 2024 de las tareas de especificación y arquitectura de ensayos, durante 2025 hemos iniciado de forma efectiva las actividades de implementación, verificación y preparación para certificación dentro de los paquetes de trabajo relativos a Ensayos, Validación y Certificación virtual.

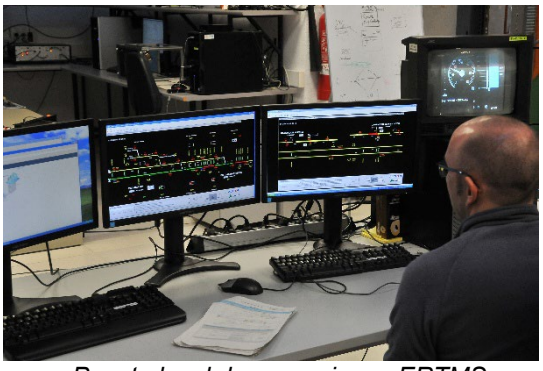
En FP6-FUTURE, las actividades se han centrado en el desarrollo y validación inicial de los casos de uso definidos el año anterior, particularmente en lo relativo a operación automática del tren (ATO) para Grados de Automatización 2 y 3/4, ASTP, cantón

móvil y sistemas de comunicaciones adaptativos, aplicados a servicios regionales.
Adicionalmente, durante 2025 el Laboratorio ha continuado la ejecución del nuevo proyecto europeo concedido en 2024 (VICE4RAIL) y coordinado por el administrador de infraestructuras italiano (RFI), en el que el LIF colabora con entidades industriales, universidades y centros de investigación europeos, reforzando su posicionamiento internacional.

ÁMBITO NACIONAL

En el ámbito nacional, el Laboratorio ha mantenido y reforzado su actividad de **I+D** mediante la **colaboración con ADIF** en los encargos aún en curso y que finalizan este año. Durante 2025 se han producido avances tangibles tanto en el desarrollo de **soluciones ERTMS regional de coste optimizado** —orientadas a la reducción de activos de señalización e infraestructura mediante la incorporación de nuevas funcionalidades del sistema— como en el proyecto de digitalización ferroviaria basado en el vehículo auscultador autopropulsado, ampliando las capacidades de identificación, registro y explotación digital de los elementos de infraestructura y señalización. En dichos encargos la utilización tanto del entorno de pruebas como de los equipos de medición del LIF han resultado claves para la consecución de los objetivos establecidos.

En aquellos ámbitos más consolidados de actuación, el LIF ha continuado durante 2025 con su labor de **ensayos de validación y soporte a procesos de certificación**, capitalizando la experiencia adquirida en años anteriores. Tras la finalización en 2025 de nuevos **ensayos de certificación del equipo embarcado ERTMS Bistandard ERTMS/TVM** (Versión 9.4A□RC2), el Laboratorio ha mantenido su capacidad operativa para abordar nuevas campañas de ensayo, así como su participación en la actualización y aplicación de las **Especificaciones de Prueba SUBSET□076** conforme a la línea de base BSL 4 de ERTMS, en coordinación con la **Asociación Europea de Laboratorios Acreditados (EAL)**. Fruto de esta actividad el Laboratorio podrá acometer la **extensión de su acreditación en su laboratorio de Eurocabina**, a nueva línea de base en las especificaciones de ensayo.



Puesto local de operaciones ERTMS

También durante este año, en el LIF hemos continuado dedicando una parte significativa de su personal a los **proyectos que conforman ERJU**, similar al año anterior. La participación del LIF ha seguido centrada en los **proyectos emblemáticos (FPs) 1, 2 y 6**.

En **FP1** (MOTIONAL), los esfuerzos han continuado desarrollándose en los paquetes de trabajo (WPs) relacionados con **Gemelos Digitales** y la armonización de los formatos de datos de las líneas ferroviarias.

En **FP2** (R2DATO), las actividades se han centrado en las tecnologías satelitales y los sistemas de odometría mejorada, así como

en registros digitales de información centralizados de vía y embarcado que, entre a otros clientes, da servicio a sus respectivas partes del **ETCS** y de **ATO (módulo para la conducción automática).** En noviembre de 2024, hemos concluido una de las tareas relacionadas con la especificación y arquitectura de ensayos para dar inicio, a continuación, a las actividades de implementación y certificación, dentro del **paquete de trabajo (WP34) sobre Ensayos, Validación y Certificación.**

Finalmente, en **FP6** (FutuRe), hemos finalizado la definición de los principales casos de uso específicos para servicios regionales, que serán desarrollados y validados en escenarios de aplicación por los diferentes demostradores y prototipos de las soluciones innovadoras **en operación automática del tren (ATO)** para grados de Automatización 2 y 3/4, **posicionamiento avanzado del tren (ASTP), cantón móvil** y nuevos **sistemas de comunicaciones adaptativos** alrededor del **sistema ERTMS y ATO**.

Asimismo, dentro de su amplia cartera de actividades en proyectos europeos, se ha concedido un nuevo proyecto coordinado por el Administrador de infraestructuras italiano (RFI) y en el que participan diferentes entidades del sector ferroviario, universidades y centros de investigación europeas, entre ellos el LIF.

Dentro del panorama nacional, la actividad de I+D se ha mantenido a través de la colaboración con ADIF en los dos encargos que continúan en progreso. Por un lado, **continua el avance en el desarrollo de ERTMS regional de coste optimizado** que permita la reducción de activos de señalización e infraestructura, y en el que se incorporan nuevas funcionalidades del ERTMS. Por otro lado, sigue en marcha el **proyecto para la digitalización ferroviaria** a través del desarrollo de un vehículo auscultador autopropulsado equipado con tecnología de sensores para la identificación y almacenamiento en formatos comunes de los elementos que componen la infraestructura y señalización de una línea regional.

En otros ámbitos de actuación más tradicionales, en el laboratorio hemos completado en 2024 una nueva serie de ensayos de validación para la **certificación del equipo embarcado ERTMS industrial** (Bistandard ERTMS/TVM Versión 9.3A-RC2.1), utilizado en los trenes de alta velocidad franceses.

Asimismo, hemos completado la actualización de las **Especificaciones de Prueba (SUBSET-076)** conforme a la línea de base BSL 4 de ERTMS, en la que el LIF participa dentro de la **Asociación Europea de Laboratorios Acreditados** (EAL).