

El eurolazo en el sistema de señalización europeo ERTMS. Ensayos de laboratorio en el CEDEX

PEDRO AGUDO MADURGA (*), ALFREDO ARROYO PUENTE (**), MARTA ESTEBAN CARRILLO (***), SUSANA HERRANZ DE ANDRÉS (****), JOSÉ BUENO PÉREZ (*****), y JAIME TAMARIT (*****)

RESUMEN Este artículo da unas nociones básicas acerca de la interfaz de eurolazo en el sistema de señalización ERTMS. El eurolazo opera en líneas de Nivel 1 adelantando información del estado de la próxima señal que va a encontrar el tren, permite pues adelantar el estado de la señalización de vía tan pronto como el tren entre en la zona donde está instalado el cable de eurolazo, un tren parado o en movimiento en esta zona estará recibiendo la información in-fill enviada por vía. El subsistema de eurolazo está compuesto por una parte de vía y otra embarcada, en el artículo se hace una revisión al conjunto de ensayos que verifican que tanto el equipo de abordo como de vía satisfacen la normativa Europea y son por ello interoperables. La participación del CEDEX en un proyecto de investigación nacional de eurolazo de interés para ADIF y RENFE ha permitido estudiar y poner a punto el laboratorio para estos ensayos.

THE EUROLOOP SUBSYSTEM IN THE EUROPEAN SIGNALLING SYSTEM ERTMS. LABORATORY TESTS AT CEDEX

ABSTRACT *The aim of this article is to offer an essential overview of the euroloop subsystem. Euroloop subsystem operates on Level 1 lines, providing in-fill information to the train. A brief review of the set of tests that are defined in the European normative is included in this paper. The purpose of these tests is to verify that the euroloop onboard or trackside equipment fulfils the specifications and therefore they are interoperable. Participation of CEDEX in a euroloop national research project has allowed to study and set-up the Laboratory for euroloop testing.*

Palabras clave: Eurolazo, Sistema europeo de señalización ferroviaria ERTMS, Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad.

Keywords: Euroloop, European Signalling System, ERTMS Technical Specification for Interoperability.

1. LAS ESPECIFICACIONES DE EUROLAZO, NORMATIVA EUROPEA

La normativa del Sistema de Transmisión de Eurolazo incluida en las ETI comprende dos documentos: las especifica-

ciones y requisitos de los componentes de vía y de la parte embarcada en el tren, y las especificaciones de ensayo para dichos equipos. Ambas especificaciones han sido escritas por UNISIG (consorcio que agrupa a las principales compañías de señalización ferroviaria: ALSTOM, ANSALDO, BOMBARDIER, INVENSYS, SIEMENS, THALES):

- UNISIG Subset-044. FFFIS for Euroloop
- UNISIG Subset-103. Test Specification for Euroloop

La especificación de ensayos afecta por separado tanto al equipo embarcado como al equipo de vía. La evaluación positiva de dichos ensayos asegura la interoperabilidad entre equipo de vía y equipo embarcado de distintos fabricantes.

Por otra parte la participación del CEDEX en un proyecto de investigación nacional de eurolazo de interés para ADIF y RENFE ha permitido un estudio a fondo de las especificaciones de ensayo, la adquisición de nuevos equipos, el desarrollo de nuevas herramientas de análisis, la definición de los protocolos de ensayos, en definitiva la puesta a punto del Labo-

(*) Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Dr. Ciencias Físicas. E-mail: Pedro.Agudo@cedex.es

(**) Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Dr. Ciencias Químicas. E-mail: Alfredo.Arroyo@cedex.es

(***) Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Licenciada en Ciencias Físicas. E-mail: Marta.Esteban@cedex.es

(****) Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Ingeniera de Telecomunicaciones. E-mail: Susana.Herranz@cedex.es

(*****) Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Dr. Ingeniero Naval. E-mail: Jose.Bueno@cedex.es

(*****). Director del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) CEDEX. Dr. Ciencias Físicas. E-mail: Jaime.Tamarit@cedex.es

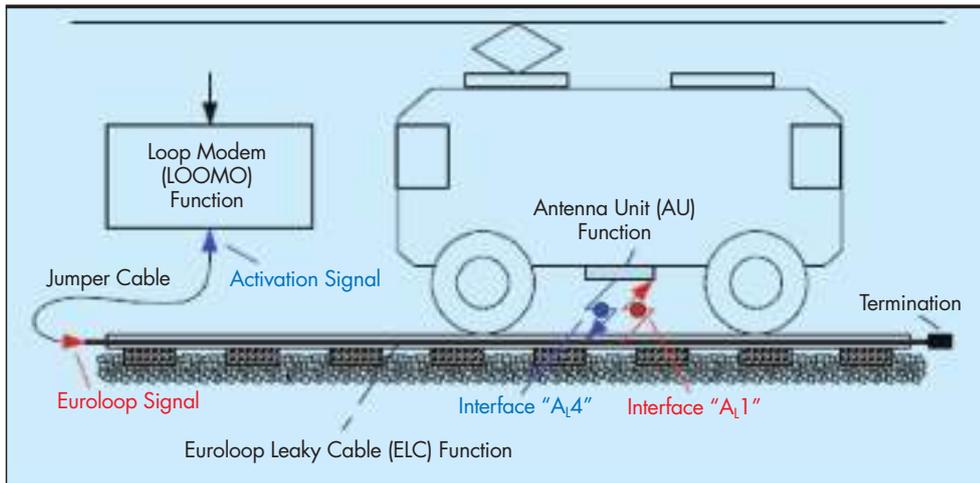


FIGURA 1.

ratorio. La campaña de ensayos realizada en el laboratorio ha permitido por una parte verificar el estado de la funcionalidad de los prototipos en diferentes fases del proyecto, y por otra el estado de consolidación de las propias especificaciones de ensayo. Adicionalmente la participación en el diseño y ejecución de experimentos de integración del equipo de vía con el equipo embarcado en la última fase del proyecto con una instalación real del prototipo de vía instalado en la zona de Tres cantos de la línea de Cercanías y el prototipo de equipo embarcado en una locomotora 252 ha permitido demostrar con éxito la funcionalidad de ambos equipos así como la potencialidad operativa del sistema de eurolazo en la red de Cercanías.

2. ALGUNAS NOCIONES SOBRE EL EUROLAZO

El eurolazo es uno de los medios que tiene la vía de transmitir información infill al tren en el Nivel 1 de señalización del ERTMS, el sistema requiere de un grupo de balizas que le anuncien previamente. El tren en su aproximación a la zona donde está instalado el cable de eurolazo recibe por un grupo de balizas el paquete de información que anuncia la identificación del lazo, su posición (comienzo y longitud) y su código asignado.

La propia antena de activación de 27.095 Mhz que activa las eurobalizas, es la que activa al equipo de vía emitiendo la señal up-link de eurolazo, así que el tren comienza a recibir la información de vía en cuanto entra en la zona donde está

instalado, la longitud del cable de eurolazo puede ser de hasta 1 km.

El equipo LOOMO (Loop Modem) que controla el eurolazo está conectado al sistema de control de tráfico de tierra a través del LEU (Lineside Electronic Unit, la misma unidad electrónica que envía los telegramas a las eurobalizas controladas), la detección de la señal de activación de la antena de un tren por el LOOMO dispara la emisión de la señal de up-link de eurolazo con el telegrama que le está enviando el LEU acorde al aspecto de la señal principal, en cuanto cambie el aspecto de la señal el LEU cambia el telegrama y se detecta a bordo esté el tren parado o en movimiento.

El cable eurolazo instalado a lo largo del rail es un cable radiante que emite la señal de up-link, esta señal electromagnética es una señal modulada de espectro ensanchado con el código asignado sobre una portadora de 13.54 Mhz.

La instalación del cable puede ser en simple sobre una vía, en doble sobre una misma vía con cada eurolazo asignado a un sentido, o en paralelo cada eurolazo para un sentido pero en vías adyacentes.

La inducción de esta señal en la antena de eurolazo del tren es detectada por el modulo de eurolazo (LTM, Loop Transmission Module) que es capaz de demodular y discriminar la información correctamente aún en presencia de otras señales de eurolazo ya que conoce el código asignado al lazo de interés, código recibido previamente por eurobalizas. Este módulo pasa la información recibida de vía al kernel de la eurocabina.

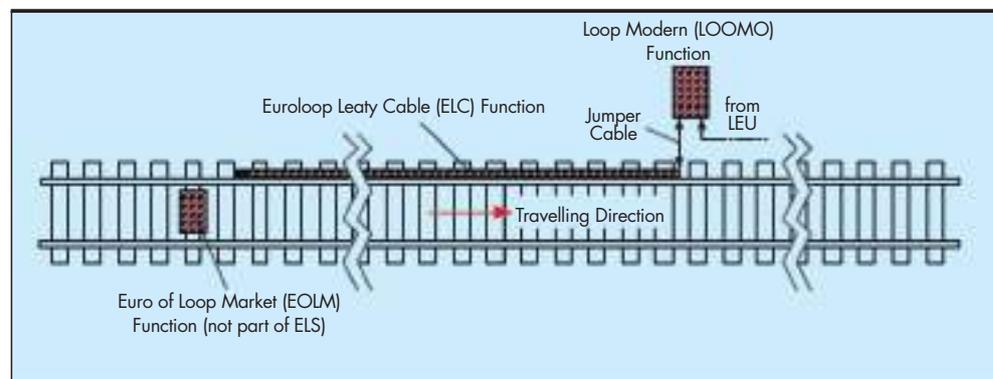


FIGURA 2.



FIGURA 3. Eurolazo en estación de Tres Cantos. Locomotora 252 de pruebas.

El equipo LOOMO en vía se debe activar con la presencia de la señal de activación emitida por la antena del tren en un tiempo inferior o igual a 105ms, y estará transmitiendo la señal de up-link de forma continua entre 60 y 90 segundos, instante en que se desactiva y se reactiva dentro de 105ms mientras detecte la presencia de la señal de activación del tren por acoplamiento en el cable de eurolazo. Cuando la antena del

tren sale de la zona del eurolazo el equipo LOOMO deja de transmitir al terminar su ciclo de activación.

3. INTERFACES DEL SUBSISTEMA EUROLAZO

En las especificaciones de Eurolozo “FFFIS for Euroloop”, Subset-044, están definidas las interfaces del subsistema. La Figura 4 muestra estas interfaces:

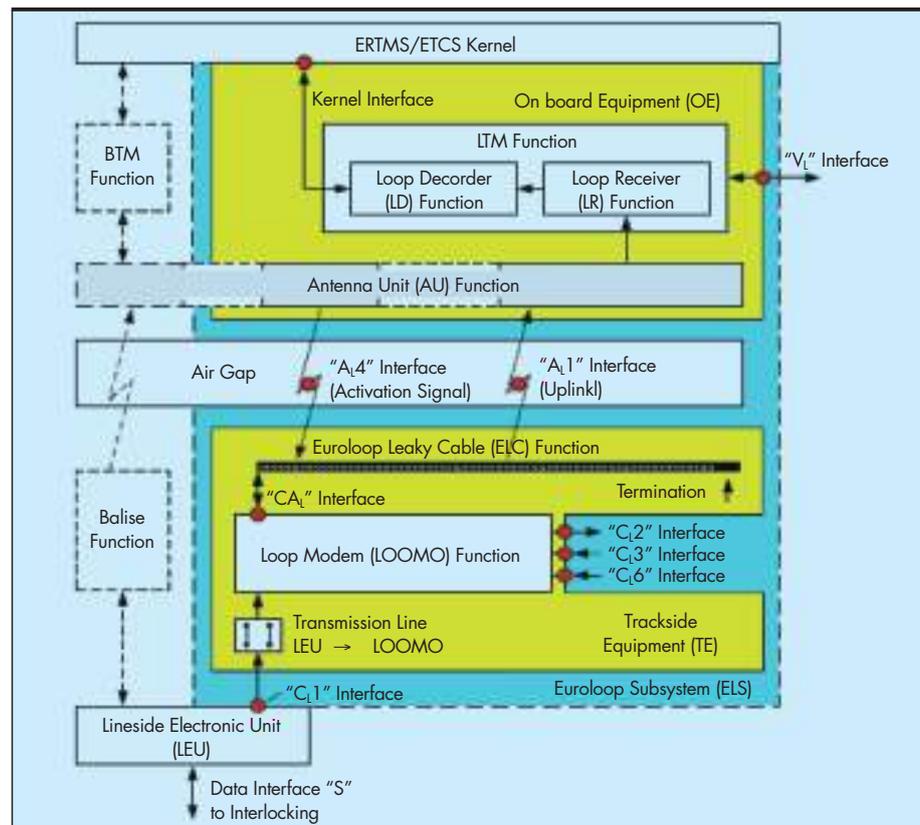


FIGURA 4. Interfaces del subsistema Eurolazo.

Las interfaces que guían los datos desde que sale del LEU en la sala de control en tierra hasta que entra en la eurocabina abordo del tren se marcan en azul.

Por parte del equipo de Vía:

- **Interface CL1:** Se utiliza para transmitir los telegramas desde el LEU al LOOMO.
- Interface CL2: Interface opcional que muestra el estado del LOOMO.
- Interface CL3: Utilizada para activar al equipo LOOMO por medio de una señal externa y no por medio del acoplamiento con la antena del tren.
- Interface CL6: Se utiliza para conectar el equipo LOOMO a una fuente de alimentación.
- **Interface CAL:** Es la salida del equipo LOOMO, se utiliza para verificar los requerimientos exigidos en las especificaciones. Esta salida se conecta con el cable radiante a través del Jumper cable.
- **Interface AL1:** Es la señal de up-link de eurolazo utilizada para transmitir los telegramas a través del aire a la antena del tren.

Por parte del equipo embarcado:

- Interface AL4: Es la señal de activación de telepowering de 27.095Mhz, la misma que se utiliza para activar las eurobalizas.
- Interface VL: Se utiliza en los ensayos para verificar la funcionalidad del equipo.
- **Kernel Interface:** Interface propietaria de cada compañía.

4. LOS ENSAYOS SOBRE EL EQUIPO DE VÍA

El conjunto de ensayos sobre el equipo de vía definidos en la sección 5 del Subset-103 se muestra en la lista siguiente, se trata de verificar en las interfaces del sistema los requisitos exigidos en las especificaciones en diferentes condiciones. Agrupando por interfaces se describe brevemente el objetivo de cada ensayo, mostrando algunas imágenes o registros característicos.

Ensayos de verificación de la interface CL1:

- 5.5 Distortion Immunity of Signal on Interface 'CL1'. Se verifica la inmunidad del equipo LOOMO ante

señales distorsionadas a su entrada en la interface CL1.

- 5.16 Return Loss at Interface 'CL1'. Para verificar la adaptación de impedancias entre el LEU y el equipo LOOMO que debe estar en los rangos exigidos.

Ensayos de verificación de la interface CAL:

- 5.1 LOOMO Output Signal: Spectrum Mask. Para verificar el espectro en potencia de la señal de salida del LOOMO.
- 5.2 LOOMO Output Signal: Q_SSCODE and Centre Frequency. Se verifica que la señal emitida contiene el código correcto, con el código n°15 se verifica que cumple los requisitos con respecto a frecuencia central.
- 5.3 Quality of the LOOMO Output Signal. Que cumple los requisitos de calidad exigidos.
- 5.4 MTIE of the Modulation Signal on Inteface 'CAL'. Se comprueba la capacidad del LOOMO de generar una señal modulada cuyas características de MTIE (Mean Time Interval Error) estén dentro de límites frente a señales de entrada desde el LEU con distorsión de fase y desviación en frecuencia.
- 5.6 Single Sideband Phase Noise. Con el LOOMO en modo test, esto es transmitiendo solo la portadora en frecuencia y eliminando la señal moduladora, se mide el SSB Single Sideband Phase Noise.
- 5.7 Return Loss at Interface 'CAL'. Se trata de medir la adaptación de la entrada de 27 Mhz en el equipo LOOMO.
- 5.17 Bit Error Ratio Measurement on Interface 'CAL'. Se verifica el Bit Error Date de la secuencia de datos contenido en la señal de up-link de eurolazo.

Ensayos de verificación de la interfaces CL2, CL3 y CL6:

- 5.10 Testing Error Indication of LOOMO-Interface 'CL2'. La interface CL2 indica el estado de error del LOOMO y es opcional. La interface CL2 se basa en un contacto normalmente cerrado indicando que no hay error, el LOOMO activará la señal CL2 abriendo el contacto ante la presencia de cualquier error interno

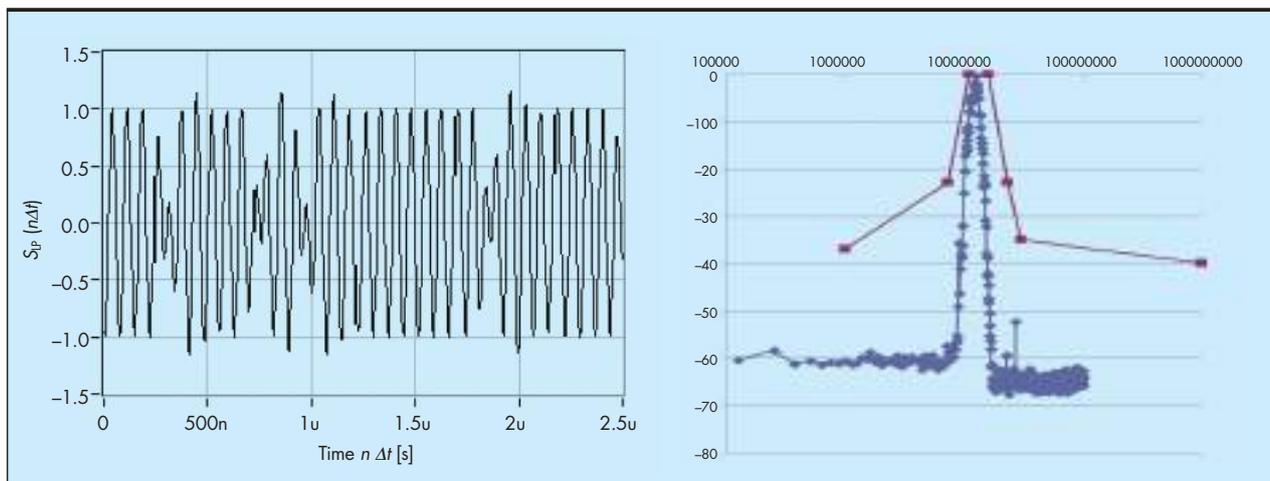


FIGURA 5. Ejemplo de la forma de onda de una señal CAL en función del tiempo y espectro en potencia de la señal CAL con valores por debajo de la máscara exigida.

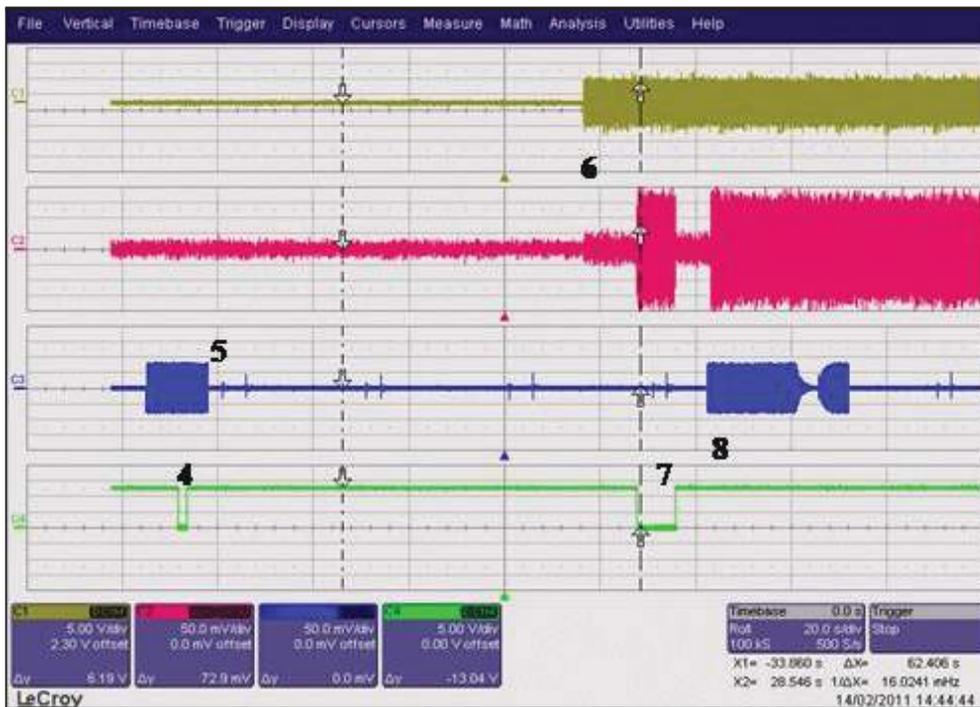


FIGURA 6. Registro del estado señales Canal1: entrada CL1 del LEU, Canal2: salida CLA del LOOMO, Canal3: señal de Telepowering y Canal4: señal switch CL3 en el ensayo 5.9.

y además ante la presencia de una señal CL1 deficiente, en todos estos casos el sistema conmutará a stand-by dejando de emitir. La monitorización de la señal CL2 indicará pues que existe algún error en el LOOMO o que la señal está llegando mal desde el LEU.

- 5.13 Testing External Activation of LOOMO- Interface 'CL3'. La interface CL3 es un switch de contacto abierto, cuando este se cierra el LOOMO se activa, y al abrirse el LOOMO se desactiva.
- 5.9 Activation and Deactivation Principles. Se verifica la funcionalidad de los modos existentes de activación (transmitiendo) y desactivación (paso al modo de stand-by sin transmitir) del equipo LOOMO, con respecto al estado de las señales de telepowering (AL4), calidad y presencia de Deactivation Bit Pattern en señal de LEU (CL1), y estado señal switch CL3.
- 5.15 Power consumption of LOOMO. Con el equipo transmitiendo una señal de eurolazo se mide la potencia consumida de la red por el equipo LOOMO.

Como ejemplo y observando en la gráfica los eventos marcados en el registro de la Figura 6 se verifica parte de la funcionalidad exigida al equipo LOOMO en los pasos 4 a 8 de la secuencia de ensayo 5.9.

- Paso 4: En ausencia de señal de entrada CL1 y en presencia de telepowering (azul), no se emite señal de salida (rojo) aunque se active y desactive el switch CL3 (verde).
- Paso 5: En ausencia de señal de entrada CL1, con switch CL3 desactivado y en presencia de telepowering (azul), al desaparecer la señal de telepowering (azul) no se emite señal de salida (rojo).
- Paso 6: Sin telepowering con switch CL3 desactivado y en presencia de señal CL1 con todos ceros no debe salir señal del LOOMO.

- Paso 7: Sin telepowering en presencia de señal CL1 todo ceros al activar switch CL3 el LOOMO se activa y emite señal CAL, cuando se desactiva switch CL3 el LOOMO se desactiva y deja de emitir.
- Paso 8: Con señal CL1 todo ceros, CL3 desactivado, si aparece telepowering el LOOMO se activa y emite señal CAL.

Ensayos de verificación de la interface AL4:

- 5.11 Maximum Activation Signal Level Testing of LOOMO. Se verifica el correcto funcionamiento del equipo LOOMO cuando se recibe una señal de activación de telepowering de potencia la máxima especificada. El ensayo se repite con señal de telepowering en modo toggling. El ensayo se repite en condiciones ambientales extremas.

Ensayos de verificación de la interface AL1:

- 5.12 Testing of Magnetic Field Strength Limits on Interface 'AL1'. En este ensayo se mide la potencia emitida por el equipo LOOMO con el cable ELC montado en la herramienta ERT.
- 5.14 Field Strength at Approval of Type of Installation. Verificar que instalado el equipo LOOMO con el cable de eurolazo en una vía real la intensidad de campo de la señal de up-link emitida es conforme a especificaciones en todo el recorrido de la longitud de cable.

5. LOS ENSAYOS SOBRE EL EQUIPO EMBARCADO

El conjunto de ensayos sobre el equipo embarcado está definido en la sección 6 del Subset-103. Se trata de verificar los requisitos en la interface AL4 (señal de telepowering) y en la interface de datos VL salida del módulo LTM del equipo embarcado. Para estos ensayos se utilizan señales de prueba referenciadas en las especificaciones y que suministra directa-



FIGURA 7. Herramienta ERT, cable Eurolazo, antena a 15°.

mente la ERA (Agencia Europea del Ferrocarril), el objetivo es determinar la capacidad del equipo embarcado de demodular correctamente las señales de up-link de pruebas en diferentes condiciones, la exigencia de calidad a la señal de datos obtenida viene en forma de límite expresado en el cálculo del BER (Bit Error Rate) que expresa la tasa de bits erróneos recibidos respecto al total de bits enviados en un tiempo determinado.

- 6.1 Interface 'AL4'- Activation Signal. En todas las condiciones de instalación de la antena (alturas, desplazamientos laterales y ángulos) que proporciona el fabricante verificar valores del flujo mínimo que llega a la localización del cable de eurolazo en la vía.
- 6.2 Transfer of Spreading Code Number to Loop Receiver. Verificar que el equipo de abordaje responde y transmite correctamente los datos recibidos de vía cuando el código Q_SSCODE programado abordaje es el mismo, y que no envía señal alguna cuando es distinto.

- 6.3 Dynamic Range of the Receiver. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordaje es correcta o sea satisfice el límite de Bit Error Rate (BER-DR) para todos los códigos Q_SSCODE con la señal de prueba TSOE2 (señal distorsionada) en los niveles de potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía, se comprobará en condiciones nominales y extremas del equipo de abordaje.
- 6.4 Doppler Immunity. Igual que el ensayo anterior 6.3 pero primero con las señales de prueba TSOE3 y después con las señales TSOE4. En este caso el objetivo es verificar que la señal demodulada a bordo satisfice el límite BER-DI.
- 6.5 Inter-modulation Immunity. Se inyecta en vía tres señales de forma simultánea, se trata de verificar que el equipo de abordaje demodula correctamente la señal enviada desde el eurolazo en presencia de las otras dos perturbadoras (telepowering y up-link de la baliza) en este caso la condición a satisfacer es el

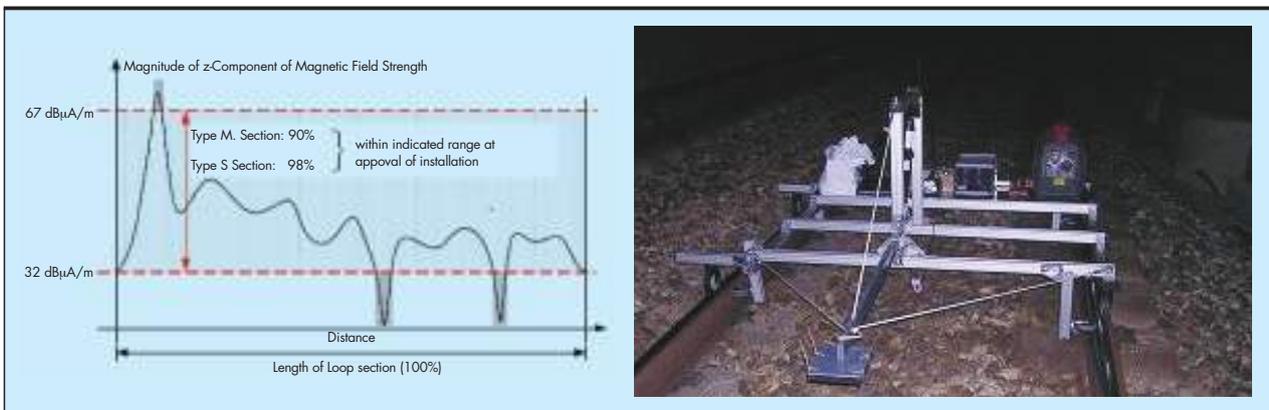


FIGURA 8. Medidas de la intensidad de campo emitido por el cable eurolazo en toda su longitud.



FIGURA 9. Medida del flujo de activación de la antena.

BER-IMI, se comprueba para todos los códigos Q_SSCODE en condiciones mínimas y máximas de potencia exigidas a la señal de eurolazo.

6.6 Co-Channel Rejection for Narrowband Signal. Se inyecta en vía 2 señales de forma simultánea, se trata de verificar que el equipo de abordaje demodula correctamente la señal enviada desde el eurolazo

TSOE2 en presencia de otra perturbadora (TSOE6 otra señal de misma frecuencia) en este caso la condición a satisfacer es el BER-CRNB, se comprueba para todos los códigos en condición mínima de potencia de la señal perturbadora y mínima de potencia de la señal de eurolazo, se repetirá el ensayo en condiciones de potencia incrementadas en 12 dB.

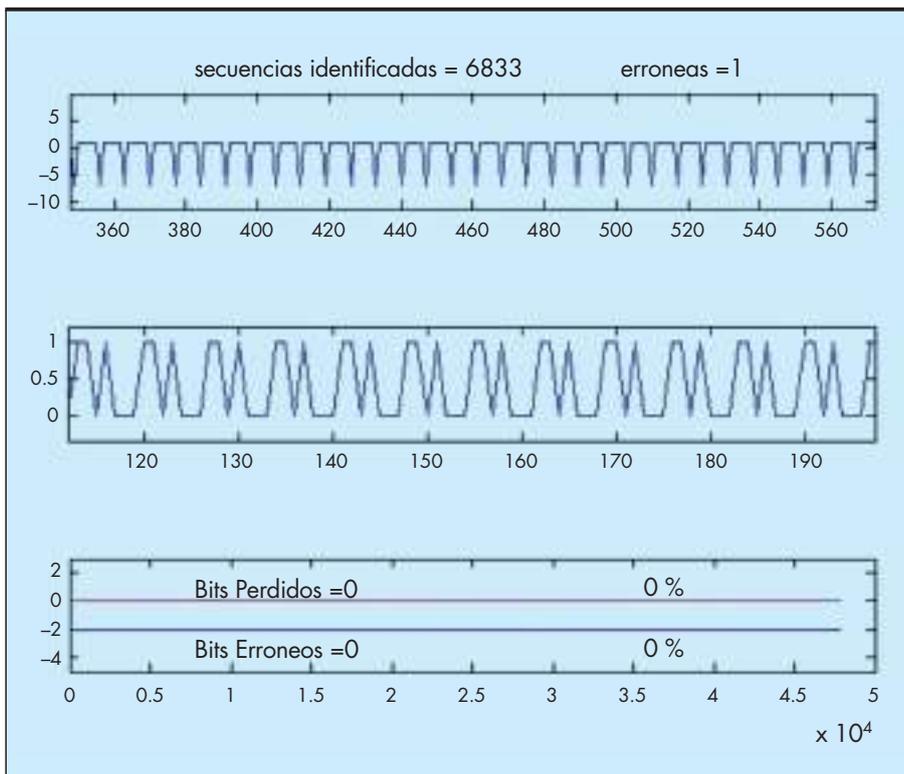


FIGURA 10. Ejemplo de cálculos de Bit Error Rate.



FIGURA 11. Calibración antena ERTILA usada para altas potencias de emisión.

- 6.7 Co-Channel Rejection of Other Euroloop Signal. Se inyecta en vía dos señales de forma simultanea, se trata de verificar que el equipo de abordó demodula correctamente la señal enviada desde el eurolazo (TSOE2) en presencia de otra perturbadora (otra señal de eurolazo TSOE7) en este caso la condición a satisfacer es el BER-CRWB, se comprueba para todos los códigos indicados en las especificaciones en ambas señales de eurolazo en condiciones de mínima potencia de dichas señales, se repetirá el ensayo en condiciones de potencia máxima.
- 6.8 Blocking. Se inyecta en vía dos señales de forma simultanea, se trata de verificar que el equipo de abordó demodula correctamente la señal enviada desde el eurolazo (TSOE2) en presencia de otra perturbadora (en el rango de frecuencias de 27 a 30 Mhz). En este caso la condición a satisfacer es el BER-Blocking, se comprueba para todos los códigos de la señal de eurolazo en condiciones de mínima potencia y máxima potencia de dicha señal. El ensayo se ejecuta con cuatro señales perturbadoras de diferentes frecuencias (27-28-29-30Mhz).
- 6.9 Dynamic Receiver Performance. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordó es correcta y satisface el BER-DRP en los niveles de

potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía señal de prueba TSOE9, se comprobará en condiciones nominales del equipo de abordó.

- 6.10 Multi path Dynamic Performance. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordó es correcta y satisface el BER-DRP en los niveles de potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía en la señal de prueba TSOE10, se comprobará en condiciones nominales del equipo de abordó.
- 6.11 Tolerable Centre Frequency combined with MTIE Error. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordó es correcta y satisface el BER-TCFE en los niveles de potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía, se comprobará en condiciones nominales y de TEMPERATURA extrema del equipo de abordó. Se repetirá con dos tipos señales de prueba (TSOE11 y TSOE12).
- 6.12 Tolerable Chip Rate Error. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordó es correcta y satisface el BER-TCRE en los niveles de potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía, se comprobará en condiciones nominales del equipo de abordó. Se repetirá con dos tipos señales de prueba (TSOE13 y TSOE14).
- 6.13 Tolerable MTIE of the Chip Rate. Verificar que la señal demodulada transmitida por el equipo de abordó es correcta y satisface el BER-TCRE en los niveles de potencia mínimos y máximos transmitidos desde vía, se comprobará en condiciones nominales del equipo de abordó, señal TSOE15.
- 6.14 Fundamental Function of the Loop Receiver. Verificar la funcionalidad fundamental del LTM a través de la interface VIL. Se verifica en primer lugar que se demodula correctamente la señal TSOE16 que corresponde a un telegrama corto de eurolazo, codificado de longitud 341 bits y además que el LTM comienza a transmitir en menos de 250ms desde que se empieza a transmitir la señal de up-link que se debe ajustar a la mínima potencia límite con la herramienta ERT y cable eurolazo. Se verifica además que se aceptan los datos correctos y se rechazan otros telegramas TSOE17.

La campaña de ejecución de todos los ensayos de eurolazo definidos en la normativa europea ha sido fundamental no

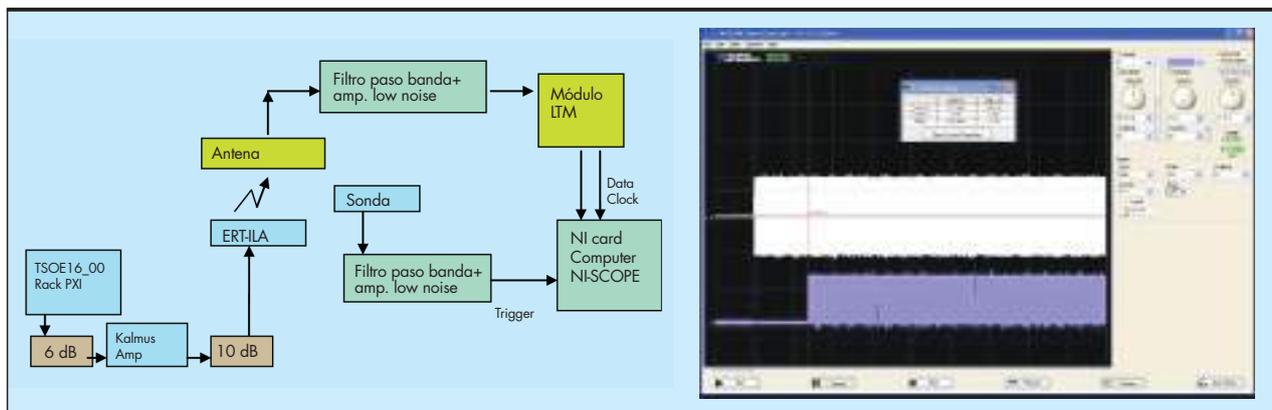


FIGURA 12. Esquema de conexiones y registro para la medida del retardo entre señal de up-link de Eurolazo y señal de datos en el ensayo 6.14.



FIGURA 13. Ensayos interoperabilidad en Laboratorio.

solo para el proyecto de investigación, que ha permitido conocer el estado de los prototipos en diferentes fases de desarrollo, sino para el propio Laboratorio que se ha equipado y preparado para la ejecución de estos ensayo, al tiempo que se ha transmitido a la Agencia Europea las imperfecciones encontradas en la normativa.

6. ENSAYOS DE INTEROPERABILIDAD DISEÑADOS PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN NACIONAL

En este tipo de ensayos se utilizan dos equipos de eurolazo uno de vía y otro embarcado que normalmente habrán sido fabricados por compañías distintas. Se diseñan tres tipos de ensayos de interoperabilidad a realizar en:

- **Laboratorio**, es el primer paso en el que se trata de simular en laboratorio las condiciones de operación en vía.
- **Vía sin tren**, en condiciones de equipo instalado en vía con un equipo embarcado de pruebas sin tren. Se utiliza un carrito que transporta la antena y el modulo LTMS del equipo embarcado, grupo generador y ups de alimentación. El objetivo es detectar con precisión la distancia longitudinal en las condiciones extremas de altura-desplazamiento lateral a la cual se comunican -dejan de comunicarse ambos equipos.
- **Vía con tren**, en condiciones reales de equipo instalado en vía y equipo embarcado instalado en un tren.

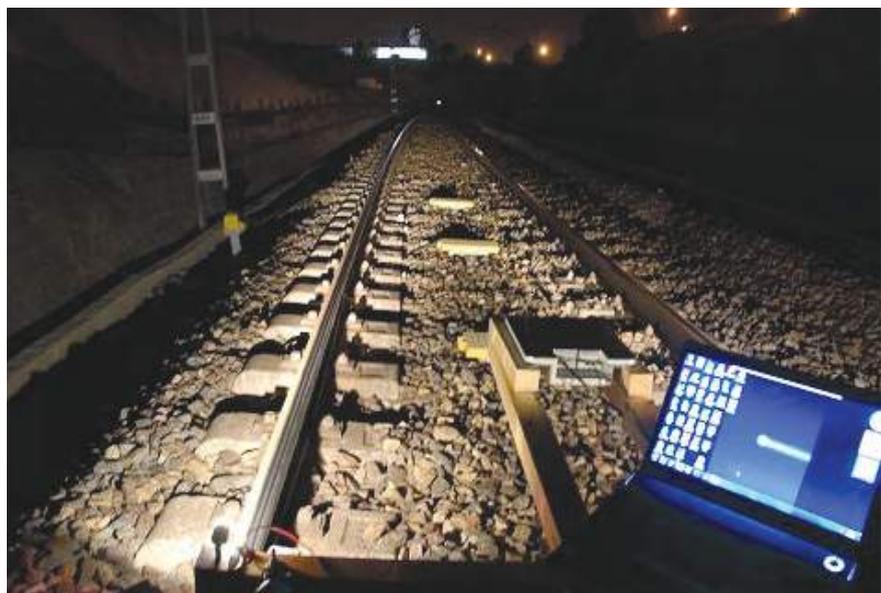


FIGURA 14. Ensayos interoperabilidad en vía sin tren.



FIGURA 15. Registro de la señal de up-link de eurolazo para la medida de la intensidad de campo.

En este caso se debe verificar el funcionamiento de ambos equipos en condiciones reales de operación, a diferentes velocidades, a tren parado y en arrancada traccionando al máximo, etc..

6.1. ENSAYOS DE INTEROPERABILIDAD EN LABORATORIO

Como se ha visto anteriormente un telegrama de eurolazo enviado por el LEU llega al equipo LOOMO de eurolazo de vía, la detección de señal de activación procedente de la antena de un tren que entra en el radio de acción del cable eurolazo genera la transmisión de la señal de up-link por medio del propio cable eurolazo. La captación de una señal de up-link de eurolazo por la antena del tren con el código correcto genera la decodificación y generación del telegrama recibido por el equipo LTM para su envío al ordenador de abordó.

El ensayo de interoperabilidad debe contemplar la verificación de la correcta cadena de transmisión del mensaje desde el LEU hasta la recepción de abordó en todas las condiciones previstas de operación.

El criterio de diseño de un experimento de interoperabilidad en Laboratorio debe contemplar las posibles condiciones de instalación y operación reales de ambos equipos, así como la capacidad de simulación en Laboratorio. Por una parte se trata de validar la operación entre ambos equipos en condiciones nominales así como obtener sus márgenes de funcionamiento. Las interfaces de conexión de los equipos con el Laboratorio en la ejecución del ensayo son:

- Señal de LEU: Interface CL1.
- User bits.....: Interface VL

6.2. ENSAYOS DE INTEROPERABILIDAD EN VÍA SIN TREN

Hay que indicar que todos estos ensayos fueron realizados en turno de noche ya que la línea está ocupada de día por circulaciones comerciales, en esta fase se trabaja con equipos reales y sobre un cable eurolazo instalado en vía.

Esta fase de la experimentación si bien laboriosa resulto ser fundamental en la integración de ambos sistemas.

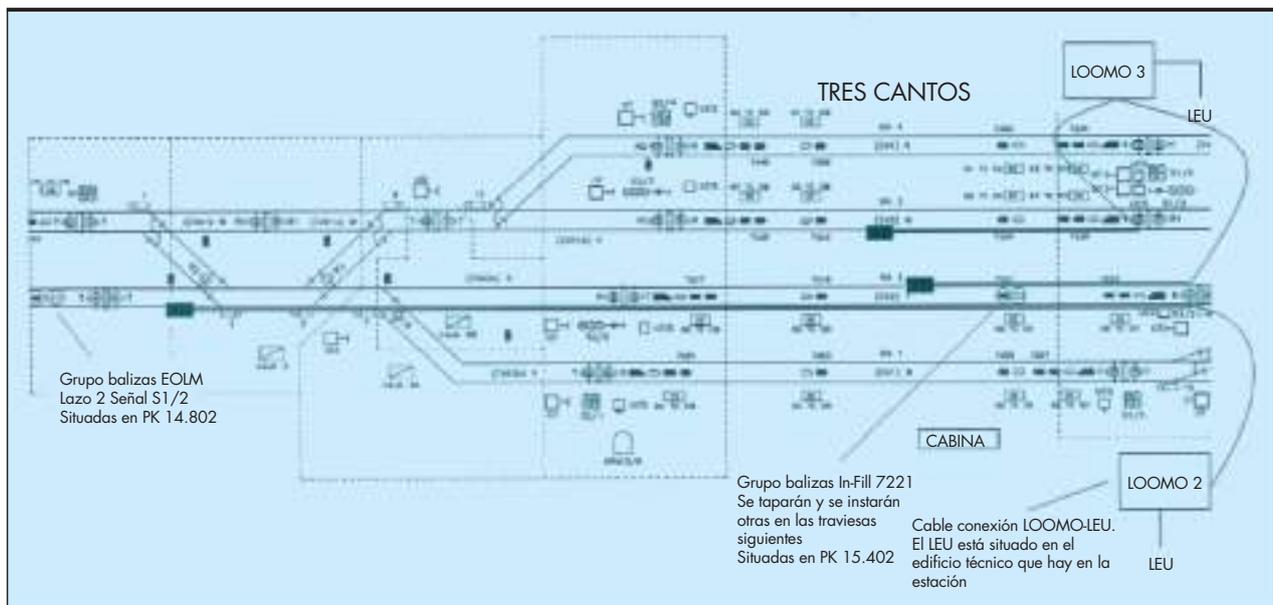


FIGURA 16. Instalación de pruebas del sistema eurolazo en estación Tres Cantos.



FIGURA 17. Locomotora de pruebas sobre vía con eurolazo.

6.3. ENSAYOS DE INTEROPERABILIDAD EN VÍA CON TREN

La integración de los sistemas y la interoperabilidad entre ambos hay que demostrarla en una situación real, esta fase corresponde a la última fase del proyecto. La prueba se realiza con el equipo embarcado conectado a la Eurocabinas de una locomotora S252 de RENFE, y con diferentes configuraciones de instalación del cable de eurolazo en la dependencia de Tres Cantos de la red de Cercanías de ADIF. Esta prueba se completa con el diseño y ejecución de diferentes escenarios operacionales.

La interoperabilidad de ambos sistemas en las diferentes situaciones quedó demostrada al recibirse abordo los mensajes enviados por la vía utilizando como medio de transmisión el cable eurolazo.

7. CONCLUSIONES

- El eurolazo es un sistema de transmisión semi-continuo entre la vía y el tren en longitudes de tramos de vía de hasta 1 km. Está pensado principalmente para transmitir información infill en líneas ERTMS de Nivel 1.
- Para que el equipo eurolazo de vía o equipo eurolazo embarcado sean interoperables deben cumplir las especificaciones incluidas en las ETI, que incluyen especificación de requisitos (Subset-044, FFFIS for Euroloop) y especificaciones de ensayo (Subset-103, Test Specification for Euroloop).

- Todos los ensayos de Eurolazo definidos en el Subset-103 se realizan en el Laboratorio de Eurobaliza del LIF, que es laboratorio de referencia para dichos ensayos.
- Los prototipos desarrollados dentro del proyecto de investigación nacional han demostrado su funcionalidad física y la capacidad operacional del sistema eurolazo en líneas ERTMS de N1. La potencialidad en la operación que da el eurolazo en un sistema de señalización ERTMS N1 es evidente al no estar ligado el movimiento del tren al paso por el grupo de balizas de pie de señal.

8. REFERENCIAS

Referencias Europeas

- Directiva Europea 96/48/CE.
- UNISIG Subset-044: FFFIS for Euroloop.
- UNISIG SUBSET-103: Test Specification for Euroloop.
- UNISIG SUBSET-023; Glossary of UNISIG Terms and Abbreviations.
- UNISIG SUBSET-026; System Requirement Specification.

Especificaciones de ensayos del LIF

- “Ensayos de Eurolazo Laboratorio CEDEX”, (Ensayos de eurolazo_cedex_v1).
- “Proyecto Eurolazo, ensayos interoperabilidad equipo via-embarcado, (Eurolazo_Interoperabilidad_cedex_v1).