

Configuración e Implantación del Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 en el tramo entre Plaza España -Martorell Enllaç de la línea Llobregat - Anoia de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)

Configuration and Implementation of ERTMS/ETCS Level-1 System in the section between Plaza España - Martorell Enllaç of the line Llobregat - Anoia of Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)

Pedro de la Rubia Moreno*, Alejandro Berenguer Morón, Sonia Bernad Bernad, Jordi
Ribera Fàbregas

Señalización y Protección del Tren, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (Barcelona), España

Resumen

Actualmente el tramo entre Plaza España y Martorell Enllaç de la línea Llobregat-Anoia de FGC, tiene en servicio como sistema de Señalización y Protección del tren el FAP. En el presente proyecto se pretende instalar sobre dicho sistema, el ERTMS/ETCS Nivel-1 para conseguir una mejora en el control y la supervisión de los trenes. Por tanto, el sistema FAP no desaparece, sino que queda de respaldo. Utilizaremos los diferentes elementos de vía existentes, y se instalarán los equipos necesarios para el funcionamiento del ERTMS/ETCS Nivel-1. Todo ello interfiriendo lo menos posible en el servicio diario de trenes y sin modificaciones sustanciales de las instalaciones actuales.

Palabras clave: ERTMS, ETCS, Nivel-1, FAP, FGC, Señalización, Protección Tren, Supervisión, Instalaciones, Servicio Diario.

Abstract

Currently the section between Plaza España and Martorell Enllaç of Llobregat-Anoia line of FGC, it is in service as a system Signalling and Train Protection, FAP. This project aims to install on this system, the ERTMS/ETCS Level-1 to achieve an improvement in the control and supervision of the trains. Therefore, the FAP system does not go away, but remains a backup. We will use the different rail that now exist, and will be installed the necessary equipment for the operation of ERTMS/ETCS Level 1. All this with minimal interference in daily train service without substantial modifications to existing facilities.

Keywords: ERTMS, ETCS, Level-1, FAP, FGC, Signalling, Train Protection, Supervision, Facilities, Daily Service .

1. Objetivos

Dentro del presente proyecto podemos definir dos objetivos principales, que son los siguientes:

1. Realización de un estudio del Estado del Arte de la Señalización y Protección del Tren que en estos momentos está en servicio en el tramo Plaza España – Martorell Enllaç de la línea Llobregat – Anoaia de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC).

2. Teniendo en cuenta los resultados del primer punto, se realizará un estudio de Implantación del Sistema ERMS/ETCS Nivel-1 en el tramo Plaza España – Martorell Enllaç de la línea Llobregat – Anoaia de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, sobre el sistema actual de Señalización y Protección del Tren que actualmente está en servicio (FAP). Se tendrá en cuenta en la realización del proyecto que durante la implantación de dicho sistema se interfiera lo mínimo posible en la circulación de los trenes.

Para el presente proyecto se comenta con FGC si sería necesario un nuevo recantonamiento de la señalización para poder modificar los intervalos de trenes e incrementar el número de éstos. FGC no cree conveniente un nuevo recantonamiento, por lo que se asumen los cantones actuales para la implantación del Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1. Además se cree conveniente seguir trabajando con la empresa suministradora de los equipos de protección del tren; DIMETRONIC.

2. Solución propuesta

La solución propuesta en este Proyecto es con el fin de conseguir una mejora en el Control y la Supervisión de los Trenes 1 en el tramo Plaza España – Martorell Enllaç de la línea Llobregat – Anoaia mediante el Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1. La razón de la adopción de esta solución, está basada en las necesidades de explotación, operación y coste económico, que son fundamentales para FGC. Son los siguientes:

- Incremento del control y la supervisión de los trenes, del Maquinista y la mejora del confort de los viajeros.
- Tener un sistema de protección del tren normalizado a nivel estándar europeo. También se tiene la posibilidad de interoperabilidad entre trenes de otras Administraciones que puedan circular por la línea en cuestión y que estén equipados con ERTMS/ETCS Nivel-1.
- No interrumpir el servicio de trenes durante la instalación del nuevo sistema.
- Mantener las instalaciones actuales, sin tener que hacer grandes modificaciones en las mismas.
- Que el coste económico de la instalación del nuevo sistema esté dentro de un orden de magnitud de mercado, respecto a otros sistemas menos competitivos y más caros.
- Mejorar el control sobre los equipos para poder diagnosticar las averías lo más rápido posible.

A continuación tenemos la situación de la línea Llobregat-Anoaia de FGC en el plano de la Red Metropolitana de Transporte de Barcelona, así como sus 22 estaciones ordenadas (de Plaza España a Martorell Enllaç). También podemos ver el tipo de material móvil que circula por esta línea; UTE 213.

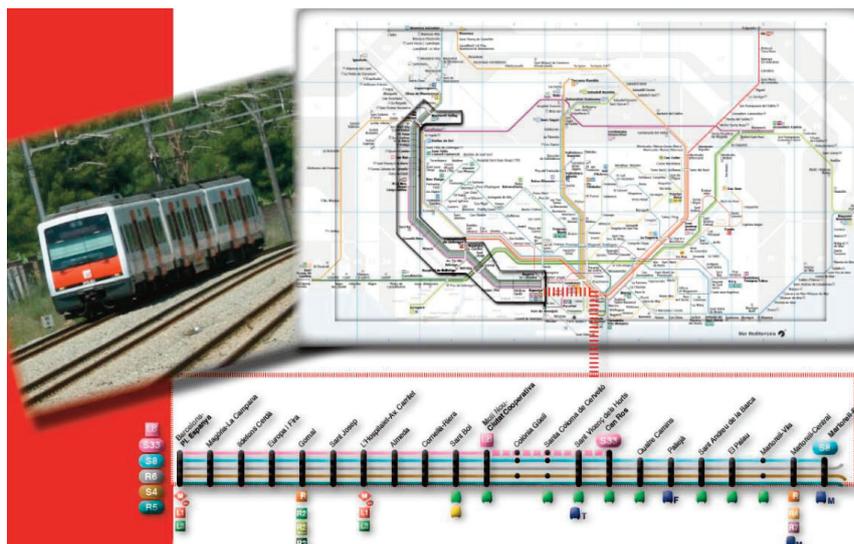


Fig. 1. Situación de la línea Llobregat-Anoia de FGC

3. Instalaciones que se desarrollan en este proyecto

- Sustituir los Enclavamientos de Módulos Geográficos por Enclavamientos Electrónicos en las estaciones de Cornellá, Gornal, Hospitalet y Sant Vicenç dels Horts. Este cambio se efectúa como consecuencia de que la interface entre el Enclavamiento de Módulos Geográficos y los equipos ERTMS/ETCS Nivel-1 tendría un coste prácticamente igual que si sustituimos el Enclavamiento de Módulos Geográficos por Enclavamientos Electrónicos (ENCE) directamente. Este cambio también mejorará el mantenimiento de los citados ENCE i del servicio, ya que podrán ser tele-comprobados desde el Centro de Mantenimiento de Sant Boi.



Fig.2. Cabina de relés de un Enclavamiento de Módulos Geográficos

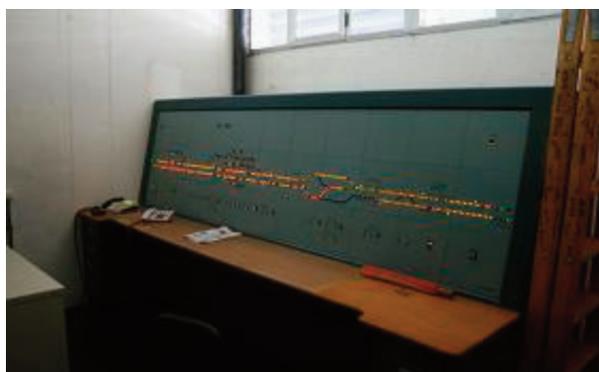


Fig. 3. Puesto de mando Local (PML) del Enclavamiento de Sant Boi

- El cambio de los Enclavamientos de Módulos Geográficos por ENCE también implica la sustitución de los Puestos de Mando Locales (PML) por los Puestos de Operación Locales Videográficos (PLO), es especial en Sant Boi que hay un ENCE y tenemos un PML. Este también se cambiará por un PLO.

- Para efectuar el cambio de los Enclavamientos de Módulos Geográficos por ENCE se tiene que aplicar una estrategia controlada y supervisada por FGC y que

implica bastante trabajo nocturno dentro de la habitación del Enclavamiento.

- Se prepararán las habitaciones del ENCE para que se puedan instalar y montar los equipos de ERTMS/ETCS Nivel-1 y quede espacio suficiente para que el personal de Mantenimiento tenga un lugar de trabajo amigable y saludable.

- Se montarán los componentes necesarios de protecciones y seccionamientos para alimentar los equipos de ERTMS/ETCS Nivel-1, desde las salidas del SAI, que en estos momentos existen en las habitaciones de los Enclavamientos.

- En aquellas Dependencias Técnicas de Enclavamiento en que el SAI no tenga la potencia necesaria para alimentar los equipos ERTMS/ETCS Nivel-1, se cambiarán por otro que tenga la potencia adecuada. Si en el Enclavamiento de Módulos Geográficos no se tuviera SAI se montaría uno nuevo para alimentar el ENCE y los equipos de ERTMS/ETCS Nivel-1.

- Se tendrá en cuenta los ENCE que no tengan aire acondicionado para efectuar la instalación de los equipos necesarios para mantener la temperatura del ENCE dentro de los márgenes de temperatura adecuados y recomendados por el tecnólogo.

- Se montarán los equipos ERTMS/ETCS Nivel-1 en las Dependencias Técnicas donde están situados los ENCE y habilitadas para poder inquirir los mencionados equipos. Antes se habrán hecho las modificaciones de obra civil e instalaciones para que sea posible la instalación de los citados equipos ERTMS/ETCS Nivel-1.

- Se hará la instalación de los equipos de comunicación (switch, router, etc.), dentro de la dependencia técnica mediante una red Ethernet TCP/IP, por la comunicación interna de los equipos del sistema ERTMS/ETCS Nivel-1, los cuales se conectarán a la Red Privada de Señalización de comunicación interna de FGC, a partir de los switches correspondientes y compuesta por dos redes de fibra óptica redundantes de diferente recorrido. Estas dos redes de fibra óptica darán soporte a las comunicaciones redundantes de la Red Privada de Señalización que aglutinará todo el sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 y los bloqueos entre ENCE. Esta comunicación aglutina también la comunicación con el PCE (Puesto de Control del ERTMS), situado en el CCI (Centro de Control Integrado) de Rubí.

- Se efectuará la instalación de los cables de comunicación y de alimentación (amplificadores, y regeneradores de señal) en función de la distancia entre el LEU y la baliza conmutable, que interconectan los LEU's situados en las dependencias técnicas del ENCE, con las balizas conmutables situadas en la vía, la baliza fija no necesita ningún tipo de conexión. Los cables de comunicaciones que unen el LEU con la baliza conmutable se denomina interface "C".

- Se montarán las balizas conmutables y fijas en la caja de la vía a la distancia de la señal correspondiente y reglamentada por las normas UNISIG (Nombre dado al conjunto de empresas de tecnología de Señalización y Protección del Tren que participaron en la redacción de las Directivas ERTMS/ETCS).

- Se efectuará el montaje e instalación de los equipos que componen el PCE, Puesto de Control del ERTMS/ETCS Nivel-1, en el CCI (Centro de Control Integrado) de Rubí.

- También se montarán los equipos ERTMS/ETCS Nivel-1 a bordo del Material Móvil (ETCS, antena, odómetros, etc.) que circulan por esta línea de Llobregat- Anoia, en convivencia con el equipo FAP. Se montará el DMI (IHM).

- Obra civil auxiliar para reparar y condicionar las canalizaciones, zanjas, arquetas por donde tenga que hacerse el tendido de los cables de Protección del Tren del sistema ERTMS/ETCS Nivel-1.

4. Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 para FGC

El Nivel-1 del sistema ERTMS/ETCS es un sistema de control de trenes con transmisión puntual y protección continua. La comunicación con el tren es unidireccional, es decir, el tren solo recibe información de las balizas. Los parámetros básicos que este sistema transmite al tren son:

- Autorización de Movimiento (MA), dentro del MA está situada la distancia objetivo.
- Velocidad máxima.
- Gradiente de la vía.
- Geometría de la plataforma.
- Próximo grupo de balizas.
- Otras posibles funcionalidades que es la Administración Ferroviaria la que tiene que escogerlas para su explotación y operación.

4.1. Equipos que conforman el Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1

Los equipos que conforman este sistema podemos dividirlos en 2:

- Equipos de Campo: instalados en Dependencias Técnicas o en vía.
- Equipos Embarcados: instalados a bordo del tren.

Equipos de Campo:

A continuación tenemos de forma esquemática todos los equipos de campo que forman el Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 así como su conexión a la Red Privada de Señalización. Los Enclavamientos Electrónicos (ENCE) también los ponemos ya que aunque no son equipamiento ERTMS/ETCS Nivel-1 en sí, son imprescindibles para su funcionamiento.

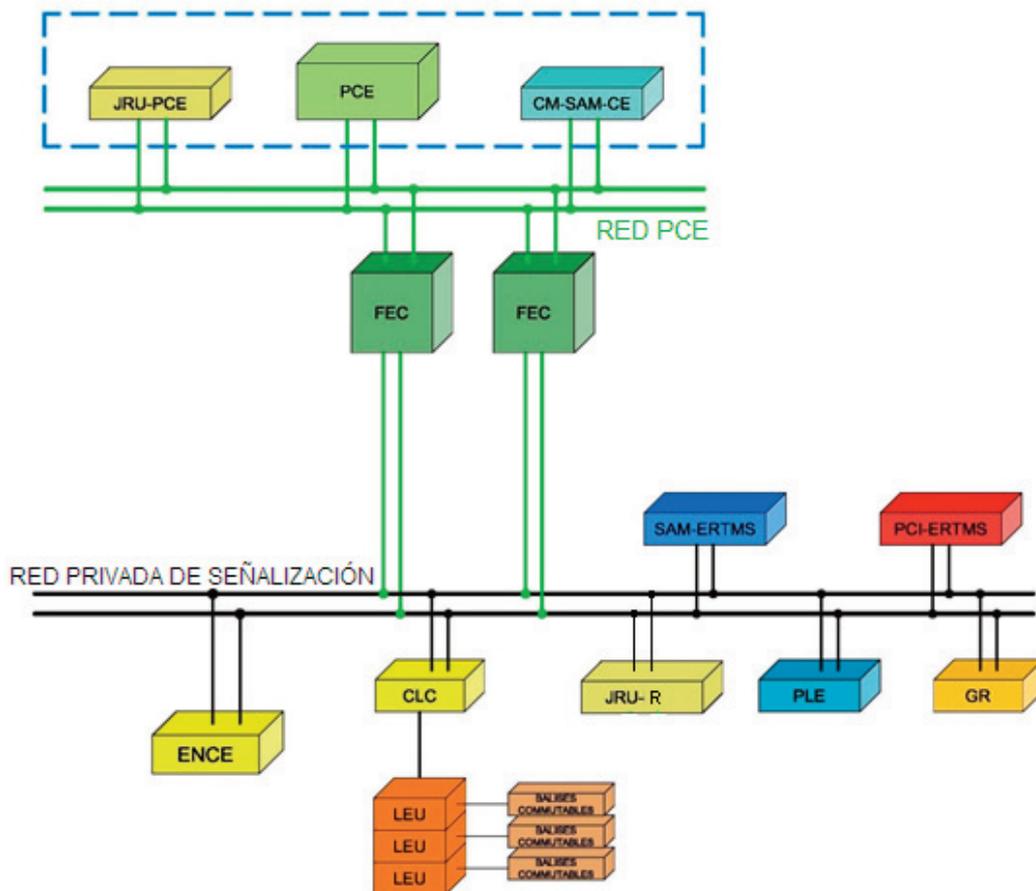


Fig. 4. Esquema de equipos que conforman el sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 y sus comunicaciones

- Baliza: es energizada por la antena del tren a 27 MHz. Envía un telegrama que es captado por la antena del tren. Tenemos 2 tipos de balizas:

- Fijas: no varían la información, siempre es la misma. Nos dan información que no varía, como puede ser el PK en que nos encontramos o gradiente de la vía (entre otros).

- Conmutables: transmiten información variable recibida del LEU. La información puede provenir del ENCE o de los Puestos de Mando Local o Central. Suelen dar información acerca de Autorizaciones de Movimiento (MA), Fin de Autorización de Movimiento (EOA), Limitaciones Temporales de Velocidad (LTV), entre otros.



Fig. 5. Baliza

- LEU: Codificador de Balizas. Es el responsable del envío a las balizas conmutables de los telegramas que éstas han de enviar al tren. Recibe la información a través del CLC, la cual viene del ENCE y del GR. Cada LEU controla hasta 4 balizas conmutables.

- CLC: Controlador Centralizado de LEU's. Governa de forma centralizada los LEU's instalados bajo la cobertura de un mismo ENCE. Recibe la información del estado de los equipos de campo de señalización desde el ENCE, y la distribuye a los LEU's que tiene conectados. Un CLC puede controlar hasta 12 LEU's.

- SAM-R: Sistema de Ayuda al Mantenimiento de ERTMS/ETCS Nivel-1. Permite la monitorización de los equipos ERTMS Nivel-1 situados en la Dependencia Técnica.

- PCI-ERTMS: Equipo de Interface de Comunicaciones. A través de él, es Puesto de Mando Central (PCE) se comunica con los equipos locales; con GR y con PLE (Puesto de mando Local).

- JRU-R: Registrador jurídico de los eventos que puedan ocurrir en los siguientes equipos: CLC, PLE, GR y LEU.

- GR: Gestor de ERTMS. Es el responsable de la activación o actualización de la LTV's. Recibe las órdenes tanto del PCE como del PLE.

- PLE: Puesto de Mando Local. Gestiona la zona que le ha estado asignada, que es la misma que la del ENCE. Está pensado para coger el control del GR y del CLC en caso de que se pierda la comunicación con el Puesto Central, o se averíe alguno de los equipos del PCE, por tanto, tiene la misma funcionalidad que el PCE pero en su zona asignada. Se le puede adjudicar el mando desde el PCE o por emergencia.

- PCE: Puesto de Mando Central de ERTMS. Es un sistema de control centralizado para efectuar la supervisión y mando del Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 desde un único punto.

- Permite la representación del estado de los equipos del sistema instalados en campo a través de la Red Privada de Señalización.

- Capaz de gestionar las LTV's mediante el GR, así como acceder a los SAM's locales y a los PLE's distribuidos a lo largo de la línea.

- Tiene información sobre las órdenes, comprobaciones y alarmas de los equipos del Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1.

- Esta situado dentro del CCI (Centro de Control Integrado), que FGC tiene en la localidad de Rubí (Barcelona).



Fig. 6. Simulación del Puesto de Mando Central de ERTMS (PCE) en el CCI de FGC

Equipos de a bordo:

A continuación tenemos, en modo esquemático, los equipos que lleva embarcados el tren:

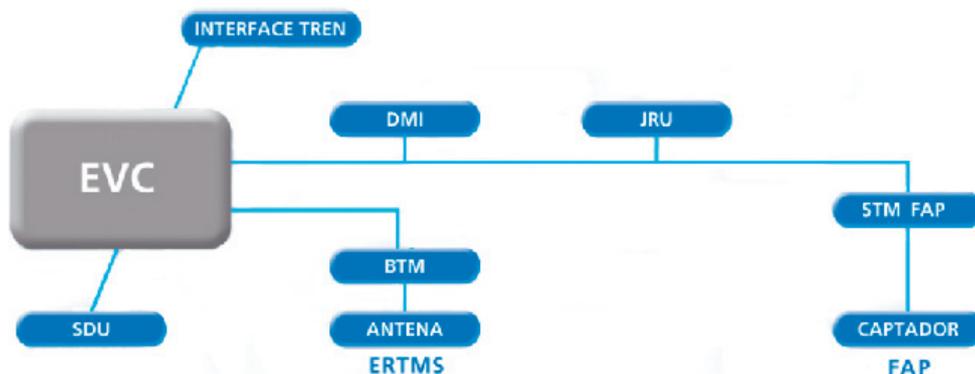


Fig. 7. Equipos embarcados en el tren (ETCS)

- EVC: European Vital Computer. Es el corazón del sistema ETCS. Es un conjunto de procesadores vitales que recibe toda la información exterior (proveniente de balizas) así como la del interior del tren (diferente sensorica instalada a bordo). Se encarga de procesar dichas informaciones y da las instrucciones pertinentes (curvas de frenado, freno de emergencia, generación de alarmas, etc.). La información relevante la representa en el DMI para la atención del Maquinista.

- Odómetro.

- DMI: Drive Machine Interface. Es el interface con el Maquinista.



Fig. 8. Situación del DMI en (izquierda) Unidad 213 de FGC y (derecha) en Locomotora Diesel de FGC

Son los 2 tipos de material móvil que circulan por la línea.

- JRU: Registrador Jurídico. Registra todos los datos que pasan por el EVC
- BTM: Equipo decodificador de los mensajes que recibe la antena del tren.
- Interface Tren: Interface con los circuitos principales y auxiliares del tren (alimentaciones, activación del freno y de la tracción, etc.) y con el EVC.

5. Redes de comunicación del Sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 para FGC

Podemos distinguir tres tipos red, cada una de ella con sus particularidades. Veámoslas:

1. Red Local ENCE:

Esta red es una doble red LAN con dos Switches redundantes, en forma de anillo, y comunica los equipos que están dentro de cada enclavamiento (ENCE, CLC, LEU's, SAM-R, PLE, JRU-R y en el enclavamiento de Sant Boi también GR y PCI). La estructura se repite en cada uno de los enclavamientos.

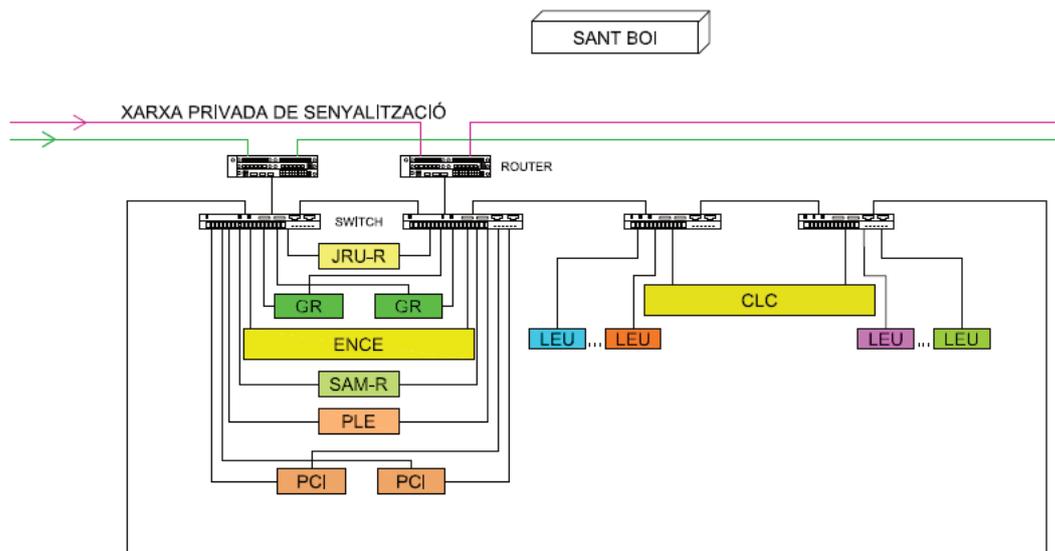


Fig. 9. Ejemplo de red local del ENCE de Sant Boi, en el cual es donde más equipos encontramos conectados

2. Red Privada de Señalización:

Esta red está formada por 2 canales de comunicación redundantes y de fibra óptica, que recorren la línea entre Pl.España y Martorell Enllaç. Sirve para comunicar los equipos de ERTMS/ETCS Nivel-1 que se encuentran dentro de un enclavamiento, con otros equipos que están dentro de otros enclavamientos (también de ERTMS/ETCS Nivel-1), o para comunicar también con el CCI.

3. Red local del PCE:

Esta red es una doble red LAN con 2 switches redundantes que se encuentran en el Centro de Control Integrado (CCI), y que la forman PCE, SAM-CE, CM, JRU-CE.

Una vez llegan los 2 canales de comunicación de la Red Privada de Señalización mediante los cables de fibra óptica y con la información de los equipos ERTMS/ETCS Nivel-1, estos se conectan cada uno a un router (1, 2), y cada uno de ellos se conecta a 2 switches (3, 4). Se mantiene el criterio de redundancia de equipos y de canales.

Los switches (3, 4) se conectan a los servidores que hacen la función de Front End de comunicaciones y desde este equipo a los switches 1 y 2 que son los que conforman la LAN del PCE. Estos dos switches reciben la información de todos los equipos que conforman el PCE.

Dentro del CCI se ubica también el CTC (Telecontrol de Tráfico), el cual puede intercambiar información con el PCE y viceversa, pero nunca se podrán enviar órdenes de un sistema al otro. La comunicación entre las LAN del CTC y la del PCE se hace con los equipos SIE (Servidor de Interface Externo), que forma un firewall para evitar intrusiones de personas no autorizadas.

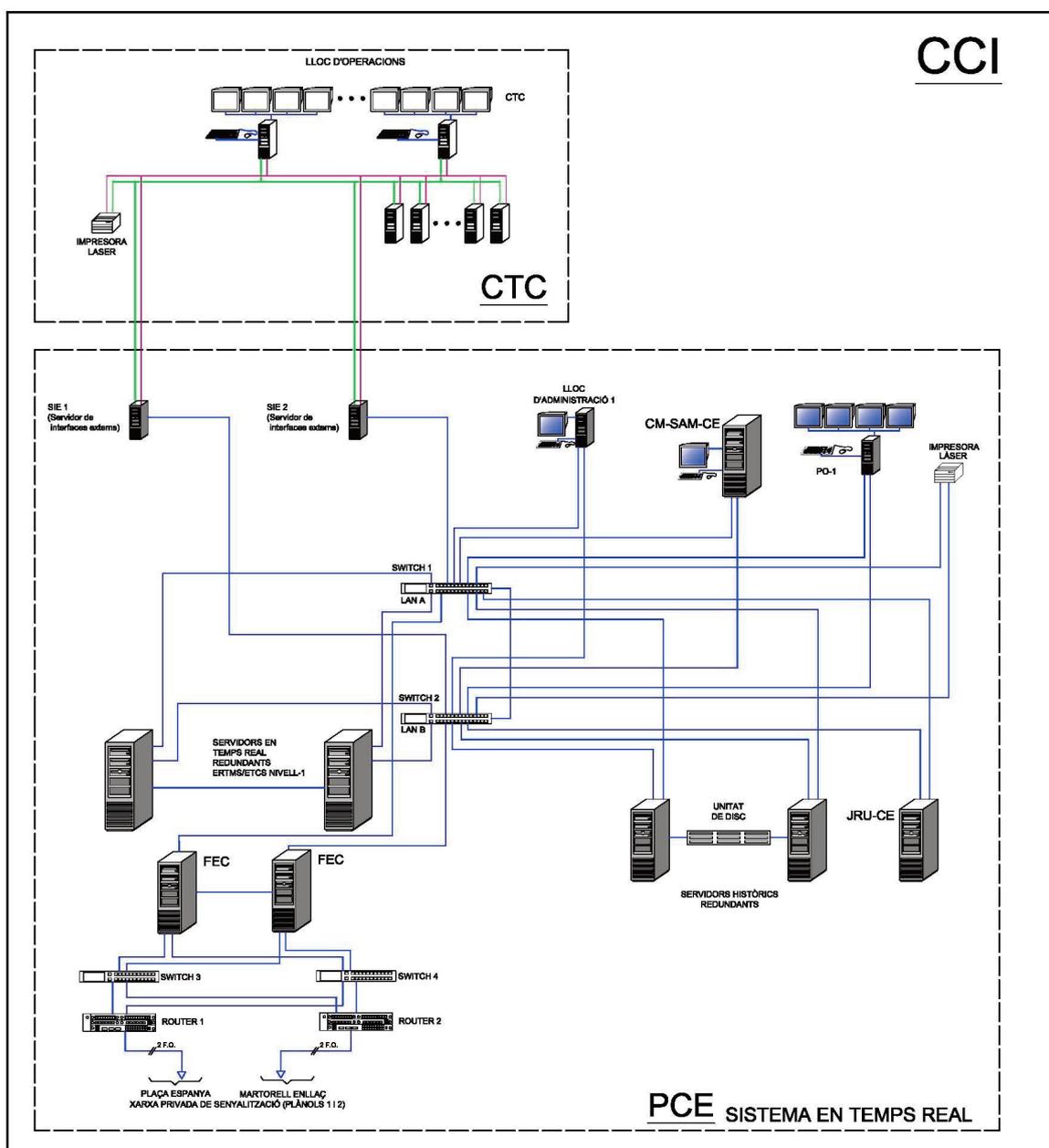


Fig. 10. Esquema de la red local del PCE (dentro del CCI)

6. Implantación del sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 a FGC

6.1. Datos de partida

Partimos de una línea que dispone de un sistema de señalización y protección del tren (FAP), el cual convivirá con el nuevo sistema ERTMS/ETCS Nivel-1. La implantación de los equipos nuevos se hará de acuerdo con lo que ya está instalado actualmente. Se respetará la disposición de los diferentes elementos de vía (señales, accionamientos de aguja, balizas FAP, circuitos de vía, etc.)

Tenemos un total de 12 enclavamientos, controlando 244 señales repartidas en 33 km de vía.

FGC no dispone de ninguna normativa propia sobre el sistema ERTMS/ETCS Nivel-1 ya que en ninguna de sus líneas está instalado este sistema. Por tanto, para este proyecto se han utilizado las normas UNISIG y las normas que exige ADIF para sus líneas.

6.2. Ubicación de las balizas

Aplicando las normas UNISIG y de ADIF, nos queda que una distancia mínima entre balizas de 2,3m. Como la distancia entre traviesas es de 60cm., la distancia entre balizas será de 2,4m., equivalente a 4 traviesas.

En señales de entrada, salida y de trayecto nos queda:

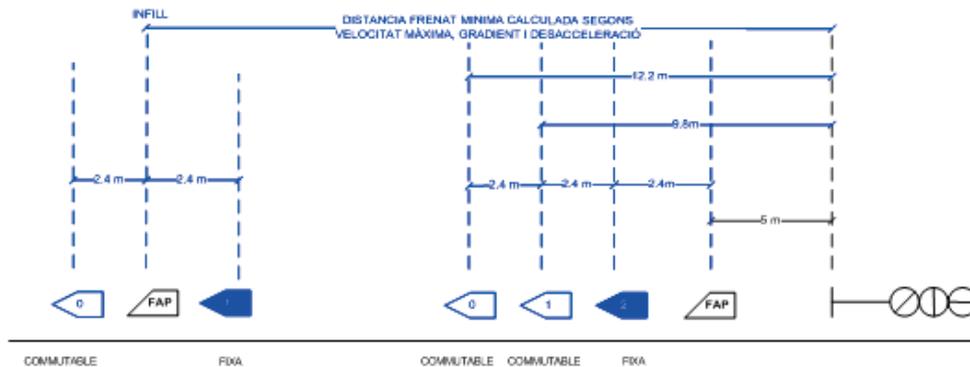


Fig. 11. Ubicación de las balizas FAP, fijas y conmutables

Otro aspecto importante para este proyecto son los puntos de transición entre los sistemas FAP y ERTMS/ETCS Nivel-1, conocidos como NIVEL STM.

En estos puntos se introduce un cambio de sistema de protección el cual hace que los equipos embarcados conmuten de sistema de Protección del Tren de manera automática.

Para hacer el cambio de sistema FAP a ERTMS/ETCS Nivel-1 y de ERTMS/ETCS Nivel-1 a FAP se han generado unas transiciones de acuerdo con las reglas de ingeniería UNISIG. Por el sistema FAP se han utilizado las reglas de Adif ya que la funcionalidad del sistema de Protección del Tren que utiliza Adif (ASFA) es el mismo que el de FGC (FAP). Sólo se diferencian con las distancias de pie de señal y la baliza previa.

Transición de FAP a ERTMS/ETCS Nivel-1

Los criterios que se han utilizado para realizar la transición entre sistemas son los siguientes:

- El anuncio de transición desde FAP a ERTMS/ETCS Nivel-1 se dará mediante un telegrama en un Grupo de Balizas (BG) fijas o conmutables, previo al Grupo de Balizas (BG) de señal principal, estas BG previas son las que dan el orden al tren para efectuar el cambio de modos de conducción y de protección del tren.

- La distancia entre balizas que tienen que dar el orden del tren por el cambio del sistema de conducción y de protección del tren será la distancia desde la señal principal y el BG asociado a la baliza previa de FAP, más 50m para situar la baliza fija o conmutable que es la que dará el orden al tren de cambio de sistema de conducción y de protección del tren. Por ejemplo, si la distancia escogida al punto de información de orden es de 300m la distancia entre anuncio y orden será de 350m.

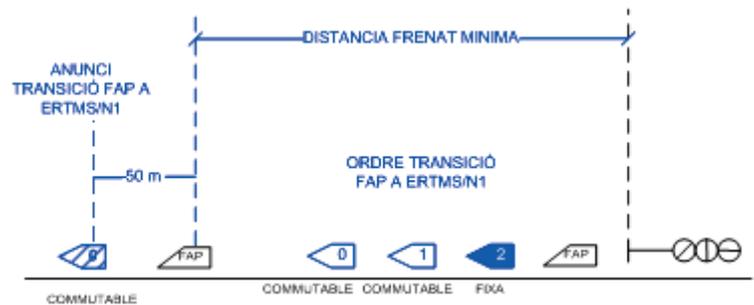


Fig. 12. Esquema de las distancias y situación de las balizas

- La orden de transición se dará en el Grupo de Balizas (BG) de la señal principal, además también tendrá que enviar una Autorización de Movimiento (MA), una LTV si la explotación de FGC la cree necesaria o una Limitación Permanente de Velocidad (LPV) para poder hacer la transición de modos de conducción y de protección del tren, así como todas las características de la vía, velocidad máxima del tren, gradiente de vía, geometría de la vía, etc., necesarias para efectuar la conducción en ERTMS/ETCS Nivel-1.

Transición ERTMS/ETCS Nivel-1 a FAP

Los criterios que se han utilizado para realizar la transición entre sistemas son los siguientes:

- El anuncio de transición desde FAP a ERTMS/ETCS Nivel-1 se dará mediante un telegrama en un Grupo de Balizas (BG) fijas o conmutables, previo al Grupo de Balizas (BG) de señal principal, estas BG previas son las que dan el orden al tren para efectuar el cambio de modos de conducción y de protección del tren.

- La orden de anuncio de cambio de sistema de conducción y de protección del tren mediante el BG, se efectuará como mínimo a una distancia entre balizas del BG del orden de 5 segundos a la velocidad máximo del tramo donde se efectúe la transición.

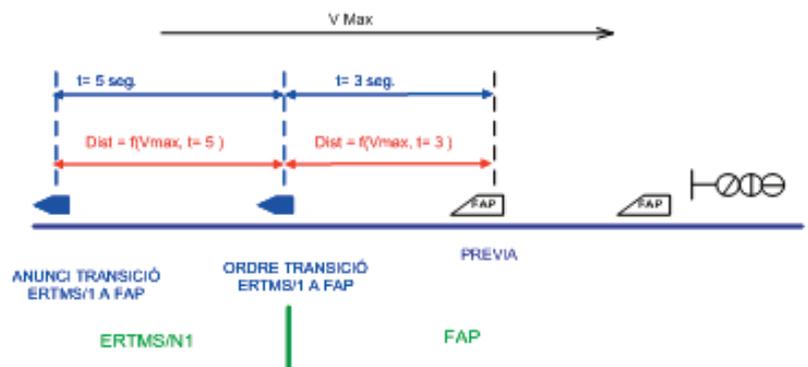


Fig. 13. Esquema de las distancias y situación

- La orden de transición mediante el BG, se efectuará a la distancia en la que el Maquinista pueda ver la indicación del foco de la señal principal. Esta señal tendrá una baliza FAP de señal y baliza de FAP previa.

- La orden de transición se efectuará a una distancia mínima recorrida en 3 segundos a la velocidad máxima del tramo, antes de la baliza previa FAP de la señal principal asociada.

Restricciones de distancia LEU-Baliza

Tenemos 3, que varían según la distancia. Si la distancia es inferior a 1500m. el cable de interface “C” se conecta directamente a la caja de bornes de la baliza. Si la distancia está entre 1500m. y 4000m. se instala un amplificador de señal, y si la distancia es superior a 4000m. se colocará un regenerador de señal a 1500m. del LEU así como un amplificador a pie de baliza.

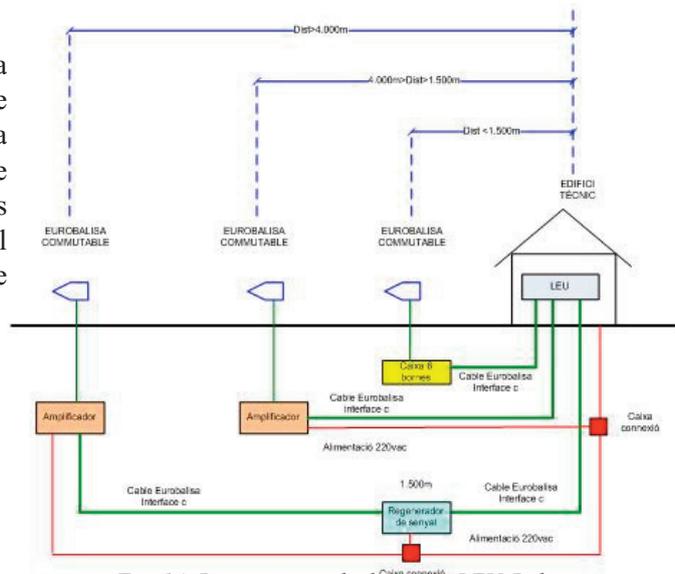


Fig. 14. Restricciones de distancia LEU-Baliza

7. Mediciones. Cantidad de equipos

Tabla 1. Cantidad necesaria de los principales elementos del sistema ERTMS/ETCS Nivel-1

Eurobaliza Fija	379	LEU	146	PCI	2
Eurobaliza Conmutable	572	CLC	17	PCE	1
Cable interface "C" interior	130915 m	SAM-R	12	SAM-CE	1
Cable interface "C" exterior	430410 m	JRU-R	12	JRU-CE	1
Caja conexión eurobaliza	457	PLE	12	ENCE	4
Cajas amplificadoras señal	116	GR	2	Router / Switch	52 / 26

8. Presupuesto

Tabla 2. Presupuesto de la Configuración e Implantación del Sistema ERTMS / ETCS Nivel-1.

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	31.210.467,18 €
15% de Beneficio Industrial y Gastos Generales	4.681.570,10 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	35.892.037,28 €
18% de IVA	6.460.566,71 €
TOTAL PRESUPUESTO	42.352.603,99 €

9. Conclusiones

El resultado de este Proyecto nos ha permitido confirmar los objetivos expresados anteriormente:

- Incremento del control y la supervisión de los trenes, del Maquinista y la mejora del confort de los viajeros.
- Tener un sistema de protección del tren normalizado a nivel estándar europeo. También se tiene la posibilidad de interoperabilidad entre trenes de otras Administraciones que puedan circular por la línea en cuestión y que estén equipados con ERTMS/ETCS Nivel-1.
- No interrumpir el servicio de trenes durante la instalación del nuevo sistema.
- Mantener las instalaciones actuales, sin tener que hacer grandes modificaciones en las mismas.
- Que el coste económico de la instalación del nuevo sistema esté dentro de un orden de magnitud de mercado, respecto a otros sistemas menos competitivos y más caros.
- Mejorar el control sobre los equipos para poder diagnosticar las averías lo más rápido posible.

Por estas razones recomendamos la implantación del Sistema de Protección del Tren ERTMS/ETCS Nivel-1 en el tramo Pl. España-Martorell Enllaç de la línea Llobregat-Anoia de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

10. Referencias

- [1] Apuntes de Enric Domínguez Saura de la asignatura Señalización y Protección del Tren del Máster en Sistemas Ferroviarios y Tracción Eléctrica (EPSEVG-UPC).
- [2] Planos de la línea Llobregat-Anoia facilitados por Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.
- [3] Documentación aportada por la empresa DIMETRONIC sobre sus equipamientos de ERTMS/ETCS Nivel-