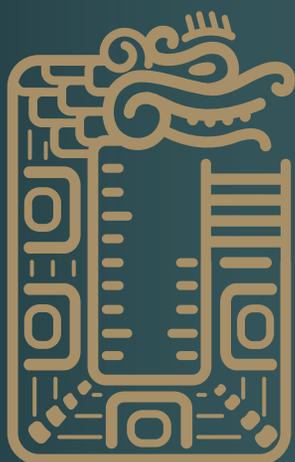


KAANBAL

**PROGRAMA DE
TRANSFERENCIA
DE CONOCIMIENTO**

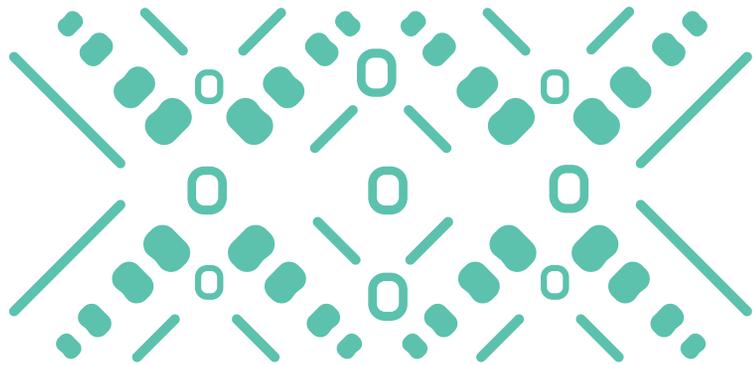


**TREN
MAYA**
TSÍIMIN K'ÁAK

Lección 6



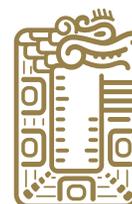
Lección 6



CURSO 6

Control de Mando y Señalización

con Isaac Fonseca Monrreal



**TREN
MAYA**
TSÍIMIN K'ÁAK

ÍNDICE DE IMÁGENES

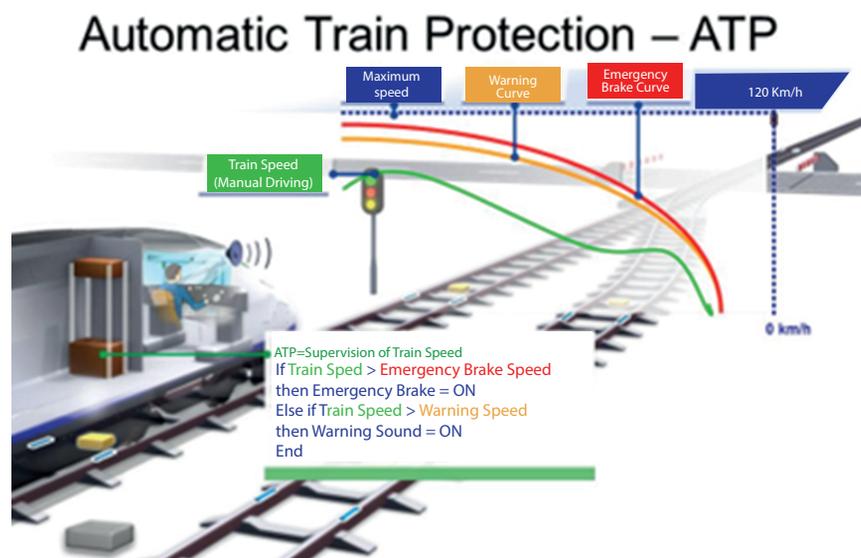
<i>Imagen 1: Sistema de Protección de Trenes ATP</i>	.....	4
<i>Imagen 2: Diagrama ATO</i>	.....	5
<i>Imagen 3: ERTMS Nivel 0</i>	.....	8
<i>Imagen 4: ERTMS Nivel 1</i>	.....	9
<i>Imagen 5: ERTMS Nivel 2</i>	.....	9
<i>Imagen 6: ERTMS Nivel 3</i>	.....	10
<i>Imagen 7: Modo FS</i>	.....	11
<i>Imagen 8: Modo OS</i>	.....	12
<i>Imagen 9: Modo LS</i>	.....	12
<i>Imagen 10: Modo SR</i>	.....	13
<i>Imagen 11: Shunting</i>	.....	13
<i>Imagen 12: Arquitectura y componentes</i>	.....	14
<i>Imagen 13: Eurobaliza nivel 1</i>	.....	15
<i>Imagen 14: Euroballiza nivel 2</i>	.....	16

Lección 6

SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL TREN

El ATP funciona monitoreando continuamente la velocidad y la posición de un tren, y comparando esta información con los límites de velocidad y otros parámetros de seguridad predefinidos para la vía. Si el tren excede los límites de velocidad o se aproxima demasiado a otro tren, el ATP activará automáticamente los frenos del tren para evitar una colisión o cualquier otro tipo de accidente.

Imagen 1: Sistema de Protección de Trenes ATP



Steve Lyons Fund. (n.d.). ATP automatic train protection. Recuperado de <https://bshopfr.stevelionsfund.org/category?name=atp%20automatic%20train%20protection>

Hay varios tipos de ATP que se utilizan en diferentes redes ferroviarias en todo el mundo, incluidos:

1. **ATP de Línea Fija:** Este tipo de ATP utiliza balizas colocadas a lo largo de la vía para transmitir señales de velocidad y otros datos al equipo a bordo del tren.
2. **ATP Basado en Satélites:** Algunos sistemas de ATP utilizan señales de posicionamiento global (GPS) para determinar la ubicación y velocidad del tren, en lugar de depender de balizas fijas en la vía.
3. **ATP Continuo:** Este tipo de ATP monitorea continuamente la velocidad y la posición del tren y ajusta automáticamente la velocidad para garantizar que el tren permanezca dentro de los límites de seguridad en todo momento.

El ATP es una medida que garantiza la seguridad de la operación ferroviaria, especialmente en entornos donde los trenes circulan a altas velocidades o en condiciones de alta demanda de tráfico. Al prevenir colisiones y otros accidentes, el ATP ayuda a proteger la vida de los pasajeros y del personal ferroviario, así como a salvaguardar los activos y la infraestructura ferroviaria.

El ATO se encarga de controlar la velocidad, la aceleración, el frenado y la detección de obstáculos, entre otras funciones, sin necesidad de intervención humana directa. Esto puede lograrse a través de varios métodos, como el control basado en señales fijas a lo largo de la vía, sistemas de comunicación inalámbrica o sistemas de posicionamiento global (GPS).

Imagen 2: Diagrama ATO



Wikiwand. (n.d.). Sistema CBTC [Imagen]. Wikiwand, de https://www.wikiwand.com/es/Sistema_CBTC

El ATO puede clasificarse en diferentes niveles de automatización, según el grado de intervención humana requerida:

- 1. ATO Nivel 0:** En este nivel, el conductor opera el tren de forma manual en todo momento, pero puede recibir asistencia de sistemas como el frenado automático de emergencia.
- 2. ATO Nivel 1:** En este nivel, el sistema ATO controla la velocidad del tren, pero el conductor sigue siendo responsable de la supervisión y operación general del tren, incluido el frenado y la apertura/cierre de puertas.
- 3. ATO Nivel 2:** En este nivel, el sistema ATO asume el control de la velocidad y la posición del tren, mientras que el conductor sigue supervisando las operaciones y está preparado para intervenir si es necesario.

4. ATO Nivel 3: En este nivel, el ATO se hace cargo de todas las funciones de conducción, incluida la supervisión de la vía, la detección de obstáculos y el control del tren, sin necesidad de intervención del conductor. Sin embargo, un operador humano puede estar presente para hacerse cargo en caso de emergencia.

5. ATO Nivel 4: En este nivel, la operación del tren es completamente automatizada y no se requiere intervención humana en condiciones normales de operación. No obstante, un operador humano puede intervenir en situaciones excepcionales o de emergencia.

El ATO puede mejorar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de la red ferroviaria al reducir los errores humanos, optimizar la operación de los trenes y aumentar la frecuencia y la capacidad de la línea, sin embargo, requiere una alta capacitación y estudio del nivel a implementar.

ERTMS Sistema de gestión de tráfico ferroviario

A finales de los 80 la palabra interoperabilidad se comenzaba a escuchar en los foros del parlamento y si, se quería alcanzar algún día, un sistema común de transporte para toda la Unión Europea; debían de eliminarse, sin lugar a duda, los problemas relativos al ancho de vía, electrificación y sistemas de señalización (TVM, KVB, INDUSI, LZB, TBL, ATB, ATB-NG).

En el año 1989 se produce un paso hacia adelante que determinará el futuro de la señalización ferroviaria, la Comisión Europea (CE) decide iniciar un proyecto de investigación para analizar los problemas de la señalización y control del tren. Al año siguiente, el European Rail Research Institute (ERRI) crea un grupo de expertos (A200) con el objetivo de desarrollar los requisitos de un sistema de control europeo común.

El 23 de julio de 1996 se aprueba la directiva relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y se sientan las bases de las especificaciones técnicas de interoperabilidad que deben cumplir todos los subsistemas instalados en los estados miembros de la UE.

En el año 1998 se constituye UNISIG (un consorcio empresarial formado por Alstom, Ansaldo STS, Bombardier, Siemens, Thales, CAF y AŽD Praha) para desarrollar las especificaciones técnicas del ERTMS/ETCS.

El ERTMS (European Rail Traffic Management System) es un sistema de gestión del tráfico ferroviario que se utiliza principalmente en Europa y está diseñado para mejorar la interoperabilidad y la seguridad en las redes ferroviarias. Funciona integrando tres principales subsistemas:

- **ETCS (European Train Control System):** Este es el corazón del ERTMS. El ETCS reemplaza los sistemas de señalización ferroviaria tradicionales basados en señales físicas en las vías. Utiliza tecnología de comunicación digital para enviar información directamente al tren, permitiendo que los trenes sean controlados de manera más precisa y segura.
- **GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway):** Es un sistema de comunicaciones móviles diseñado específicamente para las necesidades de las operaciones ferroviarias. Proporciona la comunicación entre la infraestructura ferroviaria y los trenes, así como entre los sistemas de control y mando.
- **GSM-R FTN (Future Train Network):** Es una evolución planificada de GSM-R que proporcionará una mayor capacidad y funcionalidad a medida que el sistema ERTMS se expanda y se actualice.

El funcionamiento básico del ERTMS implica que los datos sobre la velocidad máxima permitida, la posición de otros trenes y la distancia hasta la próxima señal de peligro se envían continuamente desde la infraestructura a bordo de los trenes a través de comunicaciones inalámbricas. Esto permite que los trenes adapten su velocidad automáticamente de acuerdo con las condiciones de la vía y las circunstancias del tráfico, asegurando así una operación más segura y eficiente.

El ERTMS no solo mejora la seguridad y la eficiencia del sistema ferroviario al eliminar las dependencias de señales físicas que pueden ser difíciles de interpretar o que pueden causar errores humanos, sino que también facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas ferroviarios en toda Europa al estandarizar las tecnologías de control y comunicación utilizadas.

El ERTMS (European Rail Traffic Management System) define varios niveles que especifican el grado de implementación y funcionalidad del sistema de control de trenes. Estos niveles están diseñados para adaptarse a diferentes tipos de líneas ferroviarias y necesidades operativas.

Los tres niveles del ERTMS son:

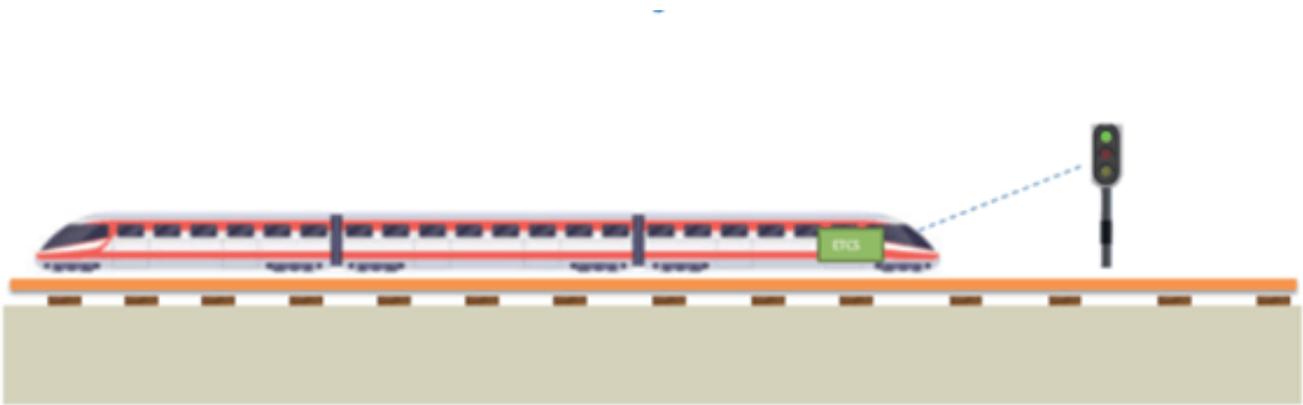
1. ERTMS Nivel 0 (ETCS Nivel 0):

- El nivel 0 aplica a trenes que tienen equipado ERTMS embarcado, pero que circulan por líneas que no tienen ERTMS, ni sistema nacional instalado o, bien, que la supervisión de la velocidad no puede llevarse a cabo.

En nivel 0 no se tendría ningún tipo de sistema de protección del tren y el maquinista dependería completamente de la señalización lateral para obtener las autorizaciones de movimiento.

- Equipamiento de vía: no se instala ningún tipo de equipamiento de vía (excepto las eurobalizas necesarias para anunciar las transiciones entre niveles).
- Funciones del ERTMS en vía: ninguna.
- Equipamiento a bordo: ETCS con antena para lectura de eurobalizas.
- Funciones del ERTMS a bordo: supervisión de la velocidad máxima del tren, en función de los datos de tipo de tren introducidos. Lectura de eurobalizas para transiciones de nivel.

Imagen 3: ERTMS Nivel 0

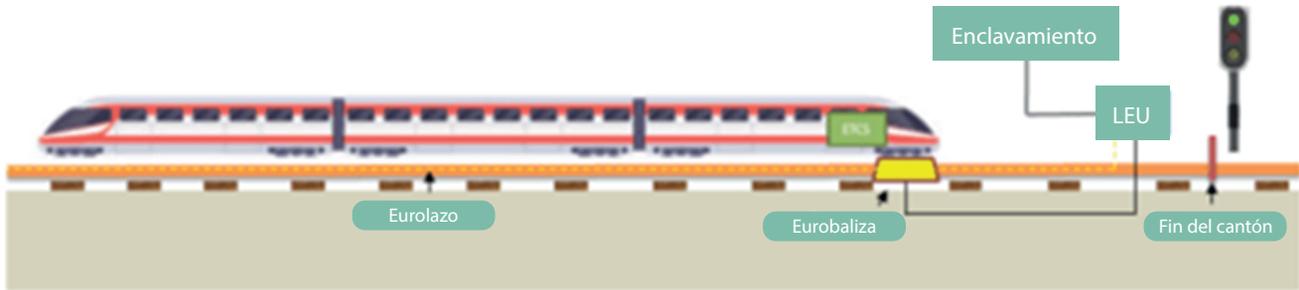


Mundo Ferroviario. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros. Recuperado de <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

2. ERTMS Nivel 1 (ETCS Nivel 1):

- Descripción: En este nivel, las eurobalizas (balizas colocadas a lo largo de la vía) transmiten información vital al tren utilizando tecnología de comunicación inductiva. Esta información incluye la velocidad máxima permitida y los estados de las señales.
- Funcionamiento: El sistema ETCS Nivel 1 controla la velocidad del tren asegurando que no exceda los límites establecidos por la señalización y otros parámetros de seguridad. Las eurobalizas proporcionan actualizaciones periódicas a medida que el tren avanza por la vía.

Imagen 4: ERTMS Nivel 1

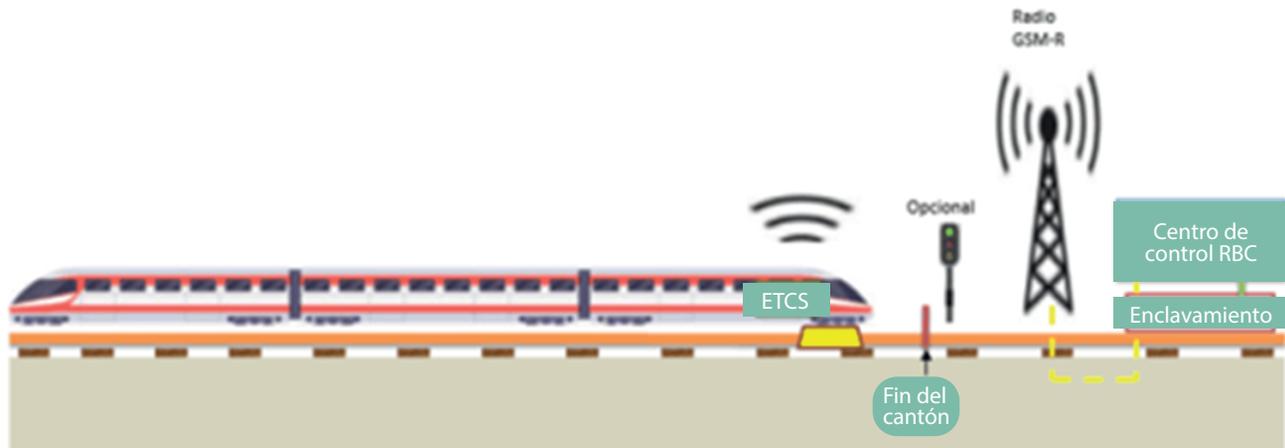


Mundo Ferroviario Latam. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros [Imagen]. Recuperado de <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

3. ERTMS Nivel 2 (ETCS Nivel 2):

- Descripción: En este nivel, la infraestructura de la vía no utiliza eurobalizas físicas para transmitir datos al tren. En su lugar, se utilizan bucles inductivos (euroloops) instalados en la vía que transmiten continuamente datos al tren.
- Funcionamiento: El sistema ETCS Nivel 2 ofrece una comunicación continua y más precisa entre la infraestructura y el tren, permitiendo un control más avanzado de la velocidad y otras funciones de seguridad. Esto facilita una gestión más eficiente del tráfico ferroviario y una mayor capacidad de la línea.

Imagen 5: ERTMS Nivel 2



Mundo Ferroviario Latam. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros [Imagen]. Recuperado de <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

4. ERTMS Nivel 3 (ETCS Nivel 3):

- Descripción: En este nivel, la información se transmite de manera virtual a través de comunicaciones de radio continuas entre la infraestructura y el tren. No se utilizan señales fijas ni eurobalizas físicas.
- Funcionamiento: El sistema ETCS Nivel 3 es el más avanzado, ya que permite una mayor flexibilidad y capacidad para gestionar múltiples trenes en una misma vía. Utiliza sistemas de comunicación basados en radio, como GSM-R, para proporcionar actualizaciones continuas sobre la velocidad y otras condiciones operativas.

Imagen 6: ERTMS Nivel 3



Mundo Ferroviario Latam. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros [Imagen]. Recuperado de <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

Cada nivel del ERTMS tiene sus propias características y ventajas, adaptándose a diferentes necesidades y condiciones de las líneas ferroviarias. La elección del nivel adecuado depende de factores como la capacidad de la línea, la complejidad de la red y los requisitos de seguridad y eficiencia operativa.

El ERTMS (European Rail Traffic Management System) define varios modos de operación que especifican cómo interactúan los trenes y la infraestructura ferroviaria bajo diferentes condiciones y configuraciones del sistema.

Los modos de operación principales del ERTMS:

1. Modo P (Permanente):

En este modo, el ERTMS está activo continuamente en el tren y la infraestructura ferroviaria. Se utiliza en líneas de alta velocidad y líneas principales donde se requiere un control continuo y preciso de la velocidad y la seguridad del tren.

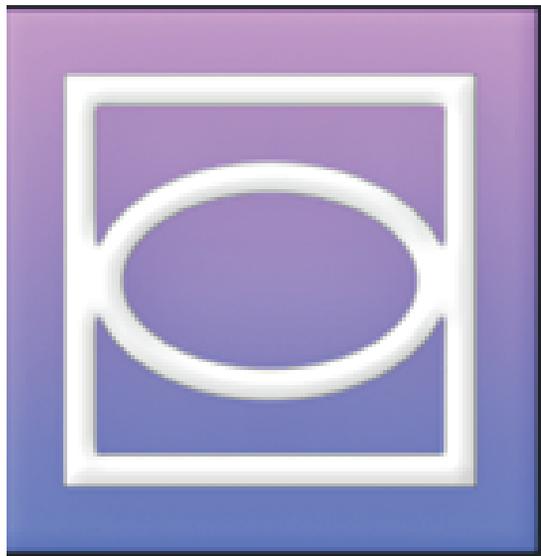
2. Modo S (Supervisión):

El modo S se utiliza cuando el ERTMS está supervisando y controlando el tren, pero el conductor puede tomar el control manual si es necesario. Este modo permite una transición suave entre la operación automática y el control manual en situaciones específicas, como zonas de construcción o áreas donde las señales tradicionales están en uso.

3. Modo FS (Funcionamiento Supervisado):

En el modo FS, el tren opera con el ERTMS supervisando el cumplimiento de las señales y los límites de velocidad, pero el conductor tiene un control limitado sobre el tren. Este modo se utiliza en áreas donde la supervisión del sistema es crítica, pero se permite cierto nivel de intervención del conductor.

Imagen 7: Modo FS

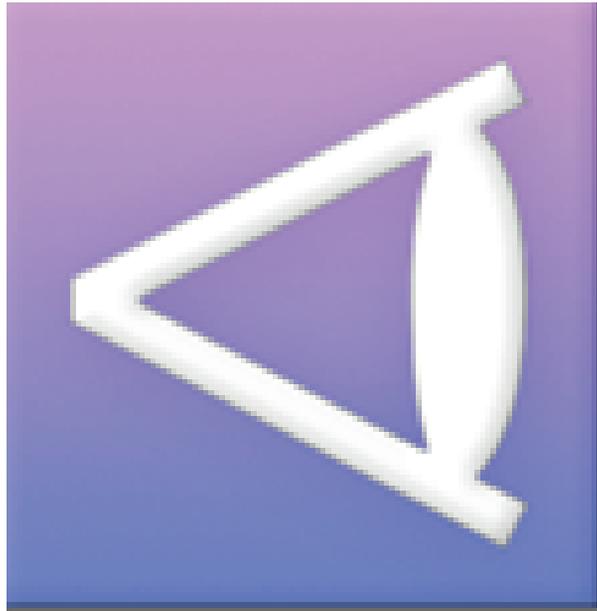


Mundo Ferroviario Latam. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros [Imagen]. Recuperado de <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

4. Modo OS (Funcionamiento Ocasional):

El modo OS se utiliza cuando el tren opera con el ERTMS ocasionalmente activo, principalmente en líneas donde el sistema no está completamente implementado o en rutas menos críticas donde el control automático no es siempre necesario.

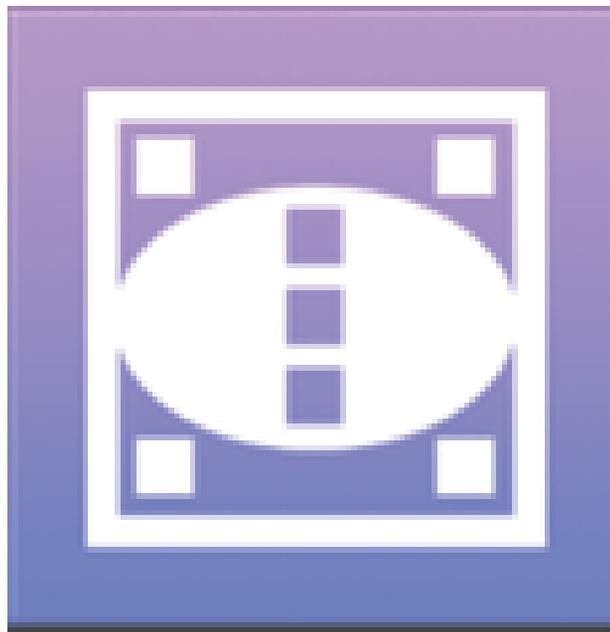
Imagen 8: Modo OS



5. Modo LS (Línea de Sombra):

Este modo se utiliza en casos excepcionales donde el tren opera sin el ERTMS debido a fallos o interrupciones del sistema. En este modo, el tren puede operar con señalización tradicional y procedimientos manuales hasta que se restaure el sistema ERTMS.

Imagen 9: Modo LS



6. Modo SR (Línea de Sombra):

Se utiliza cuando el sistema no ha reconocido la ruta. Por ejemplo, al inicio de la marcha, al rebasar una señal o una EOA o tras un fallo en la información proveniente del equipamiento en vía. El sistema debe supervisar una velocidad límite que coincidirá con el valor nacional correspondiente y la distancia a recorrer en modo SR (si se precisa).

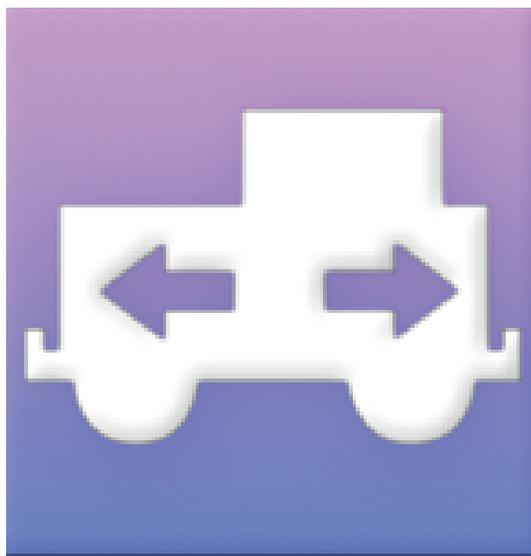
Imagen 10: Modo SR



7. Shunting (SH, Maniobras):

Permite al personal de conducción realizar los movimientos de maniobras que son necesarios. El sistema debe supervisar una velocidad límite, correspondiente al valor nacional (España, 30 km/h) y a las órdenes de parada del equipamiento de vía. En este modo, la supervisión es parcial, por lo que la responsabilidad recae en el personal de conducción.

Imagen 11: Shunting

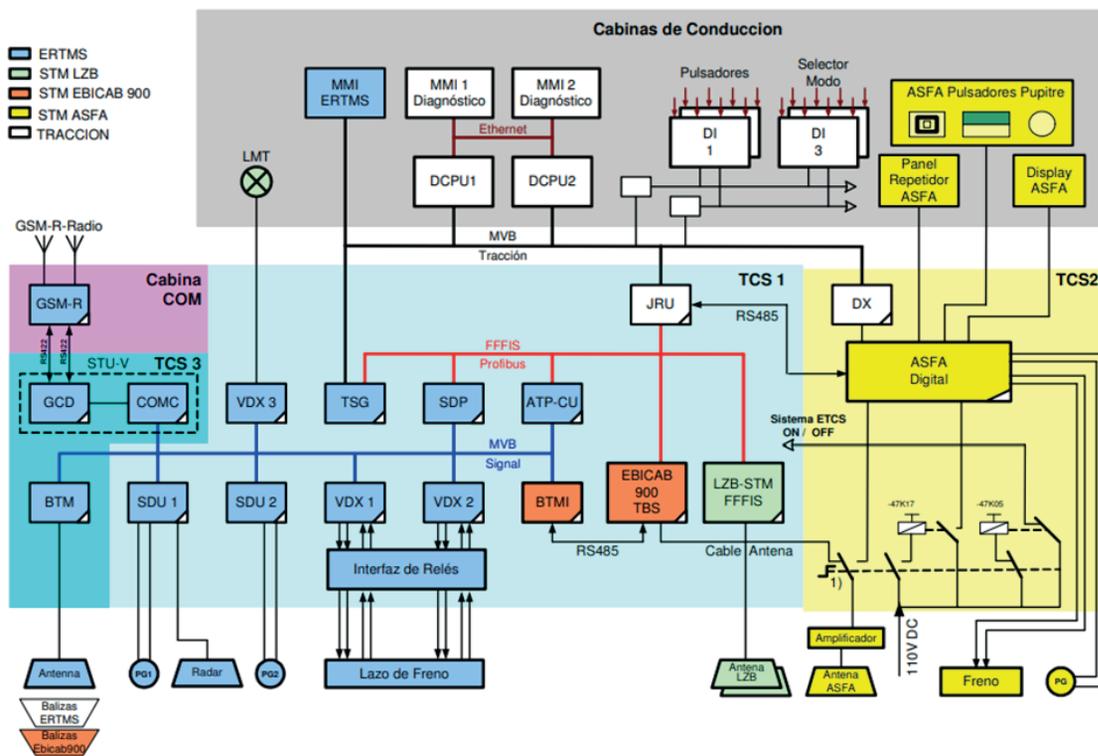


Estos modos de operación del ERTMS permiten adaptar el control y la supervisión del tren según las condiciones específicas de la línea ferroviaria y los requisitos operativos, garantizando al mismo tiempo una operación segura y eficiente del sistema ferroviario en toda Europa y más allá.

Arquitectura y Componentes

El sistema ERTMS, debido a la naturaleza de sus funciones, está dividido entre el subsistema en tierra (equipo en vía) y el subsistema a bordo del tren (equipo embarcado)

Imagen 12: Arquitectura y componentes



Holgado-Tello, F. P., Chacón-Moscoso, S., Barbero-García, I., & Vila-Abad, E. (2010). Polychoric versus Pearson correlations in exploratory and confirmatory factor analysis of ordinal variables. CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/30043091.pdf>

Equipamiento en vía

El equipamiento instalado en vía depende, fundamentalmente, del nivel que desee instalar, además, puede estar compuesto por los siguientes elementos:

Eurobalizas: Las eurobalizas son dispositivos instalados en las vías del tren para proporcionar información clave a los trenes equipados con el sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System). Estas balizas son esenciales para la operación del ETCS (European Train Control System), que es parte del ERTMS.

Existen dos tipos principales de eurobalizas:

1. **Eurobalizas de nivel 1 (Fijas):** Son balizas que se colocan a lo largo de las vías y transmiten datos al tren a medida que este se aproxima. Utilizan tecnología de inducción inductiva para comunicarse con el tren. Estos datos incluyen información sobre la velocidad máxima permitida, cambios en la señalización, y otros parámetros esenciales para la conducción segura y eficiente.

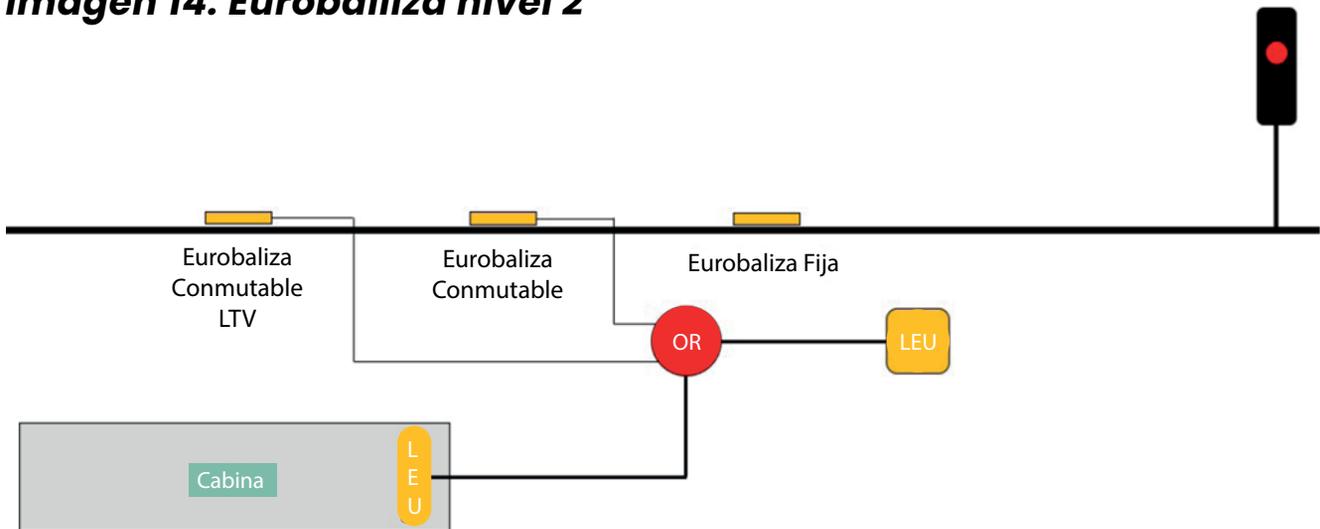
Imagen 13: Eurobaliza nivel 1



Fuente: Costa, R y Villalba, M. (2018). "The application of the upcoming standard on ATO over ETCS". Recuperado: <https://tecnica-vialibre.es/ficharticulo.asp?item=189>

2. **Eurobalizas de nivel 2 (Euroloop o Conmutables):** A diferencia de las eurobalizas de nivel 1, las eurobalizas de nivel 2 no están instaladas a lo largo de la vía. En su lugar, utilizan bucles inductivos (o "euroloops") ubicados en la vía para transmitir datos al tren. Estos bucles inductivos están conectados al sistema de vía y permiten una comunicación continua con los trenes que pasan por encima de ellos.

Imagen 14: Euroballiza nivel 2



Fuente: elaboración propia

Ambos tipos de eurobalizas son esenciales para el funcionamiento del ETCS, ya que proporcionan la información necesaria para que el sistema controle automáticamente la velocidad y la operación del tren, garantizando así un nivel alto de seguridad y eficiencia en las operaciones ferroviarias.

Unidad Electrónica de Vía (LEU, Lineside Electronic Unit)

La Unidad Electrónica de Vía (LEU, Lineside Electronic Unit) es un componente clave dentro del sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System). Esta unidad se instala a lo largo de la vía y tiene como función principal interactuar con los trenes equipados con el ETCS (European Train Control System).

Algunos puntos clave sobre la LEU:

- 1. Función:** La LEU actúa como un nodo de comunicación entre la infraestructura ferroviaria y los trenes. Su principal tarea es transmitir información crítica, como los datos de velocidad máxima permitida, cambios en la señalización, y otras instrucciones relevantes al tren a medida que este se aproxima a la zona cubierta por la LEU.
- 2. Comunicación:** Utiliza tecnología de comunicación inalámbrica o cableada para interactuar con los trenes. La LEU envía datos a bordo del tren a través de señales específicas que son interpretadas por el equipo instalado en el tren, permitiendo así que el sistema ETCS ajuste la velocidad y la operación del tren de acuerdo con las condiciones de la vía.

3. **Implementación:** La LEU se instala estratégicamente a lo largo de la vía, generalmente en puntos críticos como estaciones, cambios de vía, señales avanzadas, y zonas donde se requiere una gestión precisa del tráfico ferroviario.
4. **Interoperabilidad:** Al igual que otros componentes del ERTMS, la LEU está diseñada para mejorar la interoperabilidad entre diferentes redes ferroviarias dentro de la red ferroviaria, permitiendo una operación segura y eficiente de los trenes en toda la región.

La Unidad Electrónica de Vía (LEU) desempeña un papel fundamental en la implementación y operación del sistema ERTMS al proporcionar información crítica y mejorar la comunicación entre la infraestructura ferroviaria y los trenes equipados con el ETCS.