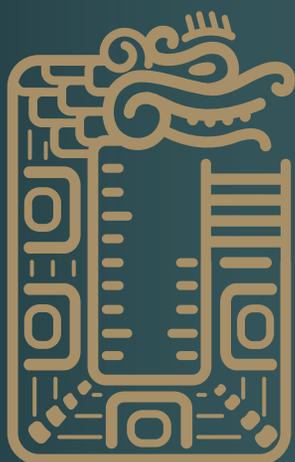


**KAANBAL**

**PROGRAMA DE  
TRANSFERENCIA  
DE CONOCIMIENTO**

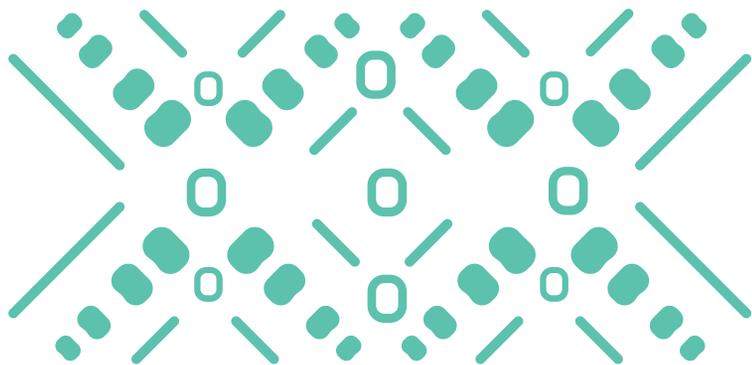


**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

**Lección 4**



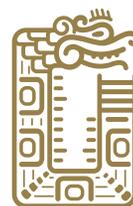
**Lección 4**



*CURSO 9*

# ***Material Rodante***

*con Isaac Fonseca Monrreal*



**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

# ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Estaciones fijas de comunicación</i>	4
<i>Imagen 2: Estaciones móviles de comunicación</i>	5
<i>Imagen 3: Sistema de Transmisión Tren Tierra</i>	5
<i>Imagen 4: Sistema de TETRA</i>	6
<i>Imagen 5: Sistema WiFi a bordo de los trenes</i>	7
<i>Imagen 6: Sistema de Control, Mando y Señalización</i>	7
<i>Imagen 7: Banderines que se utilizaban como señal ferroviaria</i>	8
<i>Imagen 8: Banderines que se utilizaban como señal ferroviaria</i>	8
<i>Imagen 9: Aparato de vía manual con contrapeso</i>	9
<i>Imagen 10: Garrotero realizando un cambio de dirección de vía</i>	9
<i>Imagen 11: Sistema de enclavamientos antiguo</i>	10
<i>Imagen 12: Mesa de Enclavamiento mecánico de los años 80's</i>	10
<i>Imagen 13: Enclavamiento eléctrico</i>	11
<i>Imagen 14: Enclavamiento electrónico para alta velocidad</i>	11
<i>Imagen 15: Sistema de bloquea en vía única</i>	12
<i>Imagen 16: Bloque Telefónico; envío de telefonema por sistema de radio</i>	12
<i>Imagen 17: Bloque automático de vía en una dirección</i>	13
<i>Imagen 18: Bloque automático de vía en una dirección</i>	13
<i>Imagen 19: Aparato de vía manual con contrapeso</i>	14
<i>Imagen 20: Aparato de vía electromecánico</i>	14
<i>Imagen 21: Señales ferroviarias</i>	15
<i>Imagen 22: Señal ferroviaria verde</i>	15
<i>Imagen 23: Señal ferroviaria amarilla</i>	16
<i>Imagen 24: Señal ferroviaria verde amarilla</i>	16
<i>Imagen 25: Señal ferroviaria roja</i>	16
<i>Imagen 26: Detector de viento lateral</i>	17
<i>Imagen 27: Detector de caída de Objetos en vía</i>	17
<i>Imagen 28: Detectores de cajas calientes</i>	18
<i>Imagen 29: ATP, Sistema de protección de trenes, diagrama</i>	18
<i>Imagen 30: Sistema de Operación Automática de Trenes (ATO)</i>	19
<i>Imagen 31: Sistema ERTMS</i>	19
<i>Imagen 32: Balizas y conmutables</i>	20
<i>Imagen 33: LEU entrelazado</i>	20
<i>Imagen 34: Sistema GSM-R en Cabina de Tren</i>	21
<i>Imagen 35: Centro de Bloqueo por Radio (RBC, Radio Block Center)</i>	21
<i>Imagen 36: EVC Computadora Vital Europea</i>	21
<i>Imagen 37: Sistema de comunicaciones Euroradio</i>	21
<i>Imagen 38: Dispositivo Hombre Máquina</i>	22
<i>Imagen 39: ERTMS Nivel 0</i>	23
<i>Imagen 40: EERTMS Nivel 1</i>	23
<i>Imagen 41: EERTMS Nivel 2</i>	24
<i>Imagen 42: EERTMS Nivel 3</i>	24

## Lección 4

# SISTEMAS DE CONTROL, MANDO, SEÑALIZACIÓN Y COMUNICACIONES

En esta lección, nos adentraremos en el análisis de los sistemas que son requeridos por el material rodante para poder tener una interacción durante la circulación de forma segura, a fin de lograr un control de los trenes a lo largo de la vía, además, el participante reconocerá los sistemas de control, mando y señalización y comunicación que existen a nivel internacional, así mismo identificaremos que tipo de sistemas son los que tiene Tren Maya.

### Sistemas de Comunicación a bordo del Material Rodante

El reglamento de radiocomunicaciones de la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) define como un servicio móvil al sistema de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres fijas o móviles únicamente.

Todo el sistema de comunicaciones móviles consta de los siguientes elementos:

- Estaciones fijas (BS).
- Estaciones móviles (MS).
- Equipos de control.

### Estaciones fijas (BS)

Una estación fija es aquella en la que el sistema de radio se encuentra directamente desde una unidad de control situada en un punto de control especificado. El control puede ser local o remoto mediante líneas físicas o radioenlaces. Las estaciones fijas están constituidas por equipos receptores, sistemas y elementos de conexión.

### Imagen 1: Estaciones fijas de comunicación



## Estaciones móviles (MS)

Una estación móvil es una estación radioeléctrica del servicio móvil prevista para su utilización en movimiento o que efectúa paradas en puntos intermedios, incluye a los equipos portátiles o de mano (son aquellos que cargan el personal que lo requiere de acuerdo con sus funciones) y en los denominados equipos porta-móviles (que pueden instalarse temporalmente en los Trenes).

### **Imagen 2: Estaciones móviles de comunicación**



Fuente: Elite Comunicación. (s.f.). Comunicación profesional. Elite Comunicación. <https://www.elitecomunicacion.es/com-prof.html>

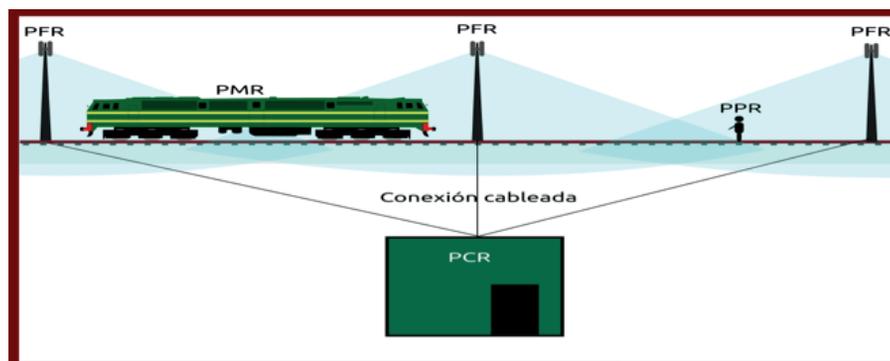
## Transmisión Tren-Tierra

La transmisión Tren-Tierra se debe realizar en una banda en específica en una frecuencia promedio de 400 MHz misma que es reservada por la entidad responsable de cada país de las Telecomunicaciones, en México es el (Instituto Federal de Telecomunicaciones).

El canal telefónico se transmite por técnicas de FM (Frecuencia Modulada) y de preferencia debe tener un ancho de banda de 25 KHz.

Cada puesto fijo en promedio puede emitir en tres frecuencias determinadas que deben repetirse en el espacio, por lo que es fundamental tener en cuenta las posibles interferencias a la hora de realizar la planificación de cobertura.

### **Imagen 3: Sistema de Transmisión Tren Tierra**



Fuente: Trenvista. (s.f.). Tren-tierra: La radiotelefonía ferroviaria. Trenvista. <https://www.trenvista.net/a-fondo/tren-tierra-radiotelefonia-ferroviaria/>

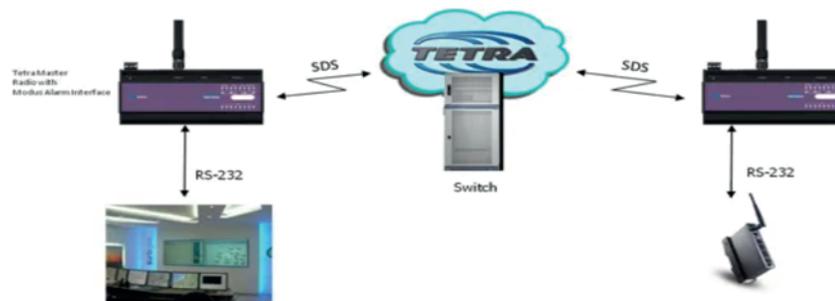
## Sistema TETRA

El sistema Terrestrial Trunked Radio (TETRA) es un estándar que ha reunido propuestas de operadores de redes, administraciones nacionales, fabricantes de equipos y usuarios de servicios móviles para establecer una norma abierta para las comunicaciones móviles digitales profesionales. Es un sistema de comunicaciones móviles utilizado en las comunicaciones tren-tierra de los trenes metropolitanos.

## Transmisión TETRA

Trabaja, generalmente, en la banda de frecuencias de 400 MHz, habitualmente reservada para comunicaciones críticas de seguridad, aunque también hay implementaciones en la banda de 800 MHz (depende de la regulación de cada país).

### Imagen 4: Sistema de TETRA



Fuente: Becolve. (n.d.). ¿Qué es TETRA (Terrestrial Trunked Radio)? Becolve. <https://becolve.com/blog/que-es-tetra-terrestrial-trunked-radio/>

## Sistema WIFI

El acrónimo WIFI proviene de Wireless Fidelity: marca comercial de Wireless Ethernet Compatibility Alliance. Se trata de la Implementación inalámbrica de red de área local.

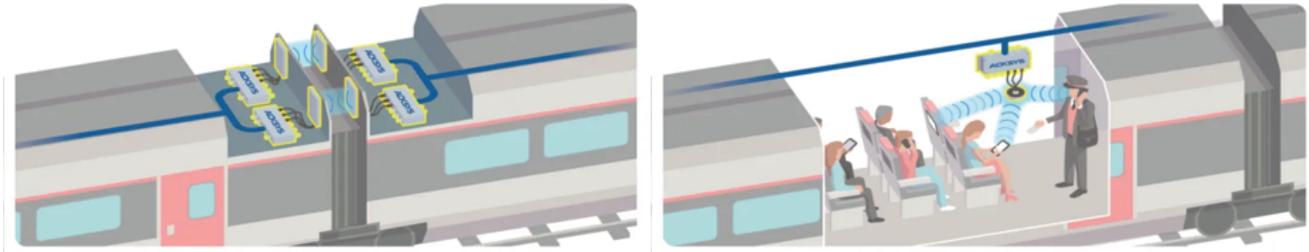
Las aplicaciones WIFI en el entorno ferroviario, es utilizado en trenes metropolitanos que transcurren por túneles, dado el poco alcance de estos sistemas, lo que proporciona un entorno de cobertura muy controlado. Los sistemas de transmisión WIFI se distribuyen por los túneles, estaciones y dependencias técnicas, conectándose por fibra óptica las estaciones emisoras.

Esta aplicación soporta los servicios críticos de comunicaciones de señalización Comunicación Basada en Control de Trenes (CBTC). También ofrece servicios multimedia no críticos entre tren y puesto de mando.

- Videovigilancia.
- Información al pasajero.
- Distribución de contenidos multimedia.

- Comunicaciones de voz.
- Diagnóstico del tren.
- Acceso a Internet de los viajeros.

### **Imagen 5: Sistema WiFi a bordo de los trenes**



Fuente: Becolve. (s.f.). Soluciones de conectividad inalámbrica para trenes. Becolve. <https://becolve.com/blog/soluciones-de-conectividad-inalambrica-para-trenes/>

## **Sistemas de Control, Mando y Señalización**

El primer sistema de señalización se basó en horarios fijos de circulación y las indicaciones del estado de ocupación de la vía las transmitían las personas. La vía se dividía en secciones pequeñas con pocos kilómetros, actualmente se conocen como “cantones”, y éstas se protegían con trabajadores de las compañías ferroviarias, los responsables de circulación (RC), cuyas indicaciones transmitían al personal de conducción las condiciones de la siguiente sección.

### **Imagen 6: Sistema de Control, Mando y Señalización**



Fuente: Ineco. (s.f.). Nace una nueva diplomatura de especialización en control, mando y señalización. En Ineco. <https://www.ineco.com/ineco/comunicacion/noticias/nace-una-nueva-diplomatura-de-especializacion-en-control-mando-y-senalizacion>

Las primeras señales fueron banderines de color rojo, que, desplegados en una posición determinada, indicaban parada. Sin embargo, a medida que los trenes fueron evolucionando, aumentando su velocidad y capacidad de transporte, el sistema de señalización existente comenzó a quedarse obsoleto y así emergieron las primeras señales mecánicas a pie de vía.

**Imagen 7: Banderines que se utilizaban como señal ferroviaria, Señal de tren absoluta**



Fuente: Esacademic.com. (s.f.). Regalo corporativo. Enciclopedia Universal. <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1428832>

Las señales semafóricas surgen poco tiempo después de la introducción de las primeras señales a pie de vía y aún se pueden advertir en numerosos puntos de la red ferroviaria.

**Imagen 8: Banderines que se utilizaban como señal ferroviaria, Señal de tren absoluta**



Fuente: Beseler Hermosilla, N. (s.f.). Memorias ferroviarias y la historia del ferrocarril en la Región de La Araucanía. DocPlayer. Disponible en <https://docplayer.es/43654050-Nelson-beseler-hermosilla-memorias-ferroviarias-y-la-historia-del-ferrocarril-en-la-region-de-la-araucania.html>.

En paralelo se desarrollaron los primeros aparatos de vía, que permiten desviar la trayectoria de los trenes manualmente, aumentando así la capacidad y agilidad de las circulaciones.

### **Imagen 9: Aparato de vía manual con contrapeso**



Fuente: iStock. (s.f.). Fotos de railway semaphore. iStockphoto. <https://www.istockphoto.com/es/fotos/railway-semaphore>

De la aparición de los primeros desvíos, cuyo accionamiento y el de su señal asociada tenía que ser realizado por una persona, surge la figura del “Garrotero” como se le dice en México.

### **Imagen 10: Garrotero realizando un cambio de dirección de vía**



Fuente: Debate. (2016). Trabajar en las vías del tren es muy fácil. Debate. <https://www.debate.com.mx/guamuchil/Trabajar-en-las-vias-del-tren-es-muy-facil-20161107-0102.html>.

## **El Enclavamiento**

El enclavamiento es el sistema de seguridad más importante del conjunto de la señalización ferroviaria. Es el cerebro que recibe la información de los elementos de campo:

- Circuitos de vía.
- Aparatos de vía.
- Pasos a nivel.
- Entre otros.

La procesa y envía una serie de órdenes a estos para permitir o no, establecer un itinerario entre estaciones o movimiento, dentro de la propia estación de un determinado tren.

## **Imagen 11: Sistema de enclavamientos antiguo**



Fuente: Network Rail. (s.f.). IMG-2909. Network Rail Media Centre. <https://www.networkrailmediacentre.co.uk/resources/img-2909>

### **Enclavamientos mecánicos**

Se basaban en sistemas mecánicos, los movimientos se ejercían a través de palancas y cables. Las relaciones entre los elementos de campo se establecían a través de una cerradura mecánica y en otros casos con candados.

## **Imagen 12: Mesa de Enclavamiento mecánico de los años 80's**



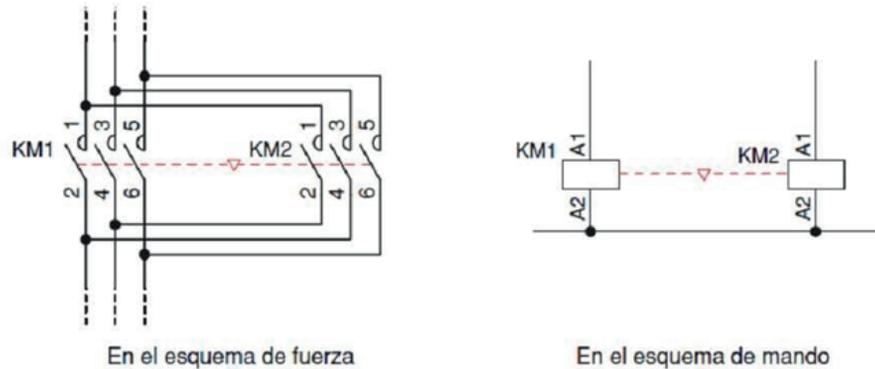
Fuente: Museu del Ferrocarril de Catalunya. (n.d.). Mesa de enclavamientos. Museu del Ferrocarril de Catalunya. <https://audioguia.museudelferrocarril.org/cas/02/Mesa-enclavamientos.asp>

### **Enclavamientos eléctricos**

Los enclavamientos mecánicos sentaron las bases de la lógica, estableciendo secuencias para que los itinerarios fueran seguros, sin embargo, con el desarrollo del Tren, el aumento de la velocidad y la frecuencia era necesario disponer de un sistema más rápido que pudiera ejecutar todos los movimientos desde un mismo lugar y de manera automática. Además, se eliminaba parte del factor humano, reduciéndose así la probabilidad de fallo del sistema en conjunto.

Estos enclavamientos que ocupaban edificios completos estaban divididos en módulos repartidos de tal manera que cada uno representaba un elemento de campo, al que estaba asociado e identificado mediante un código específico.

### Imagen 13: Enclavamiento eléctrico



Fuente: <https://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/04/sistema-de-enclavamiento-mecanicos-y.html>

### Enclavamientos electrónicos

A medida que la tecnología en el sector ferroviario fue en aumento, se comenzaron a instalar los primeros enclavamientos de esta tecnología, basados en microprocesadores donde la lógica residía en la programación de estos.

### Imagen 14: Enclavamiento electrónico para alta velocidad



Fuente: ADIF Alta Velocidad. (2024). ADIF Alta Velocidad pone en servicio el nuevo enclavamiento electrónico de la estación de Cáceres. <https://www.adifaltavelocidad.es/-/adif-alta-velocidad-pone-en-servicio-el-nuevo-enclavamiento-electronico-de-la-estacion-de-caceres>

### Sistemas de Bloqueo

El bloqueo es un sistema o proceso cuyo objetivo es garantizar que los trenes que circulen por la misma vía, en el mismo sentido, lo hagan separados a una distancia segura que impida su alcance, y que cuando un tren circule por una vía, no circule otro en sentido contrario por la misma vía.

Se tiende a confundir el bloqueo con el enclavamiento, o como parte de este sistema, sin embargo, son conceptos distintos con funciones diferenciadas. El enclavamiento establece su relación de dependencia con los elementos de campo (señales, motores y circuitos de vía) y es a través del bloqueo cuando establece su relación de dependencia con otra estación.

## Imagen 15: Sistema de bloquea en vía única



Fuente: Como funcionan los trenes. (2012, noviembre 2). Seguimos con los bloqueos. Blogspot. <https://comofuncionanlostrenes.blogspot.com/2012/11/seguimos-con-los-bloqueos.html>

## Tipos de Bloqueo

La diferencia entre los bloqueos radica principalmente en la infraestructura, si es de vía doble o vía única y si está equipada o no con los sistemas de señalización oportunos que soporten bloqueos automáticos más avanzados.

## Bloqueo Telefónico

El bloqueo telefónico, es aquel que garantiza la relación de dependencia entre dos estaciones colaterales mediante el acuerdo, vía llamada telefónica, de los responsables de circulación correspondientes.

Existen unos mensajes prefijados, llamados telefonemas, que facilitan su labor y deben ser utilizados para las comunicaciones del bloqueo.

## Imagen 16: Bloque Telefónico; envío de telefonema por sistema de radio

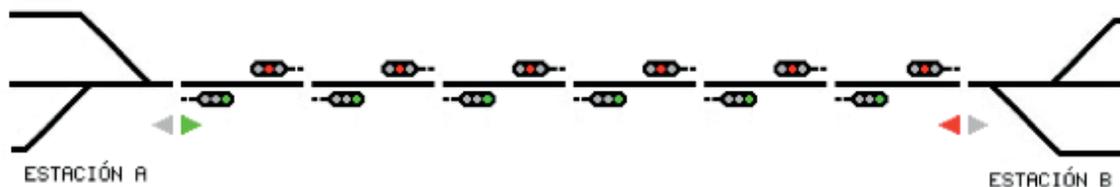


Fuente: Mundo Ferroviario. (s.f.). Tren tierra: La radiotelefonía ferroviaria española. <http://www.mundo-ferroviario.es/index.php/dossier/19893-tren-tierra-la-radiotelefonia-ferroviaria-espanola>

## Bloqueo de Control Automático (BCA)

Los bloqueos de control automático determinan la posición (cantón) en que se encuentra el tren en un determinado momento, permitiendo al enclavamiento realizar rutas seguras que serán establecidas por los responsables de circulación u operadores de la banda de regulación que corresponda.

## Imagen 17: Bloque automático de vía en una dirección



Fuente: Como funcionan los trenes. (2012). Seguimos con los bloqueos. <https://comofuncionanlostrenes.blogspot.-com/2012/11/seguimos-con-los-bloqueos.html>

## Bloqueo de Cantón Móvil (BCM)

Si la tecnología permite una comunicación bidireccional entre los trenes, el enclavamiento y la supervisión continua de la velocidad, podríamos pensar que se pueden eliminar los cantones y crearlos de manera virtual, para que la distancia entre trenes fuera la necesaria para detenerlos con seguridad, en cada momento.

Esto sólo es posible si se conoce la posición exacta de cada tren en cada instante, con una gran precisión (del orden de centímetros), y además en tiempo real, conociéndose este aspecto como la integridad del tren. Actualmente este tipo de bloqueo se utiliza principalmente en los trenes urbanos (metros), donde la posición del tren se transmite por radio.

## Imagen 18: Bloque automático de vía en una dirección



Fuente: Como Funcionan Los Trenes. (2012). Seguimos con los bloqueos. <https://comofuncionanlostrenes.blogspot.-com/2012/11/seguimos-con-los-bloqueos.html>

## Elementos instalados en campo

Dentro de los elementos instalados en campo para el control del material rodante, encontramos los siguientes:

## Aparatos de vía

La interfaz principal entre el subsistema infraestructura y el subsistema CMS son los motores que desplazan las agujas de los desvíos para colocarlos en la posición correcta al paso de una circulación.

En el momento de la aparición de dichos motores, los accionamientos eran manuales y consistían en un sistema de palanca que, accionada manualmente, colocaba el desvío en su posición correspondiente, en la que se mantenía gracias a un contrapeso.

### **Imagen 19: Aparato de vía manual con contrapeso**



Fuente: Ferropedia. (s.f.). Marmita. Ferrocarriles Wiki. <https://ferrocarriles.fandom.com/wiki/Marmita>

Se distinguen dos tipos de accionamiento comúnmente extendidos en las redes ferroviarias a nivel mundial: los accionamientos electromecánicos y los electrohidráulicos.

La diferencia entre ellos radica en la manera en la que se realiza la transmisión desde el motor eléctrico hacia la barra de tracción. En los electromecánicos, la transmisión se basa en un sistema de engranajes y un embrague, encargado de asegurar que no se transmiten sobreesfuerzos a la barra de tracción, de manera que, si un obstáculo no permite realizar el movimiento completo, con cerraduras y comprobación, el embrague limitará la fuerza aplicada y, al expirar el tiempo de acople, volverá a su posición inicial.

### **Imagen 20: Aparato de vía electromecánico**

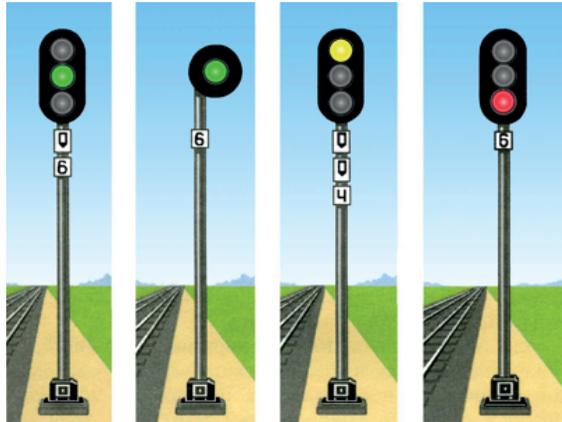


Fuente: Autodidacta en Geomática. (2017). Calificación de aparatos de vía. Autodidacta en Geomática. <https://autodidactaengeomatica.blogspot.com/2017/11/calificacion-de-aparatos-de-via.html>

## Las señales

En la mayoría de las redes ferroviarias, las señales son el modo de comunicación del enclavamiento con el conductor del tren. En función del estado de la señalización, el enclavamiento otorgará un aspecto concreto a cada señal, que le dará, a su vez, la información necesaria al maquinista para actuar en consecuencia.

### **Imagen 21: Señales ferroviarias**



Fuente: Optolov. (s.f.). ¿Qué significa el semáforo azul en el ferrocarril? Señales de vía. <https://optolov.ru/es/living-room-design/chto-oznachaet-sinii-semafor-na-zheleznoi-doroge-putevye-signaly.html>

Los aspectos más relevantes son vía libre (verde), anuncio de parada (amarillo), anuncio de precaución (amarillo + verde) y parada (rojo).

El aspecto verde (como indica su nombre) indica vía libre, es decir, que el itinerario está establecido y el siguiente cantón está libre, por lo que se puede proceder con normalidad la marcha.

### **Imagen 22: Señal ferroviaria verde**



Fuente: Depositphotos. (s.f.). Traffic light shows green signal on railway [Fotografía]. Depositphotos. <https://depositphotos.com/mx/photo/traffic-light-shows-green-signal-on-railway-118509974.html>

El aspecto amarillo (anuncio de parada) indica que el maquinista debe estar en disposición de parar ante la señal siguiente, que presumiblemente estará en rojo, por lo que debe ir disminuyendo la velocidad del tren.

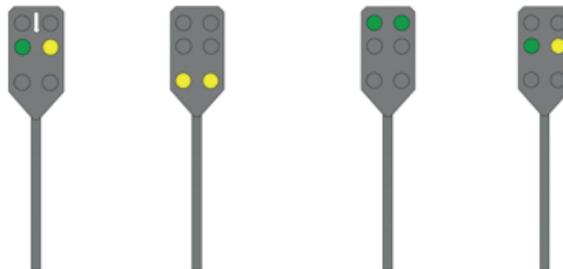
### **Imagen 23: Señal ferroviaria amarilla**



Fuente: Longfin Media. (2022). Railroad signals pole with railway signal lights. Shutterstock. <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/railroad-signals-pole-railway-signal-lights-2149812651>

El aspecto verde - amarillo se corresponde con la indicación de anuncio de precaución y da la información al maquinista de que el siguiente desvío está en posición invertida, es decir, que el tren tomará el desvío.

### **Imagen 24: Señal ferroviaria verde amarilla**



Fuente: S-Bahn Hamburg. (2016.). Gestoertes Signal. S-Bahn Hamburg. <https://s-bahn.hamburg/magazin/s-bahn/betrieb-und-technik/gestoertes-signal.html>

Para finalizar con los aspectos de señales, el rojo se corresponde con el aspecto de parada ante la señal que el maquinista debe detener su marcha.

### **Imagen 25: Señal ferroviaria roja**



Fuente: Depositphotos. (s.f). Similar images: 118509974. Depositphotos. <https://depositphotos.com/mx/similar-imag-118509974.html?qview=145770269>

## Los detectores de apoyo a la explotación

En las vías de alta velocidad, están instalados detectores que contribuyen a aumentar la seguridad de la operación ferroviaria, se destacan los siguientes:

### Detectores de Viento Lateral (DVL)

Se encuentran instalados principalmente en viaductos, terraplenes y puntos estratégicos de las líneas de alta velocidad y su función principal es transmitir, al centro de control y al enclavamiento, las condiciones meteorológicas existentes en cada momento. Si se supera alguno de los umbrales establecidos, se establecerá, a través de un algoritmo, una limitación temporal de velocidad (LTV) para el tramo que corresponda.

#### **Imagen 26: Detector de viento lateral**



Fuente: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. (s.f.). DVL. <https://www.adif.es/-/dvl>

### Detectores de Caída de Objetos (DCO)

Los detectores de caída de objetos se encuentran instalados en todos los pasos superiores de las líneas de alta velocidad y constan de un sistema formado por barreras y un cable de fibra óptica que, al recibir un impacto considerable, se secciona, perdiendo la comunicación con el enclavamiento y transmitiendo a este la información de que algún objeto ha caído sobre la vía para que ordene la parada inmediata de los trenes que se encuentran en circulación.

#### **Imagen 27: Detector de caída de Objetos en vía**



Fuente: Insa Metal. (s.f). Detectores de caída de objetos. Insa Metal. <https://insametal.es/dcos-detector-de-caida-de-objetos/detectores-caida-de-objetos-insametal-6/>

## Los detectores de apoyo a la explotación

Son unos sensores instalados sobre el balasto que se encargan de medir la temperatura de las cajas de grasa, ruedas y frenos de los trenes para evaluar su rendimiento y su capacidad de seguir funcionando con normalidad. Están instalados tanto en líneas de alta velocidad como en líneas de mercancías con pendientes pronunciadas.

### **Imagen 28: Detectores de cajas calientes**



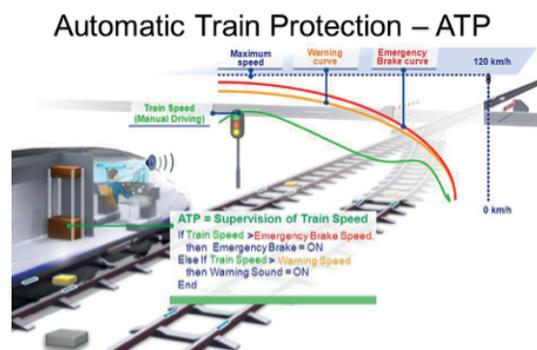
Fuente: Mafex. (2024). Finalización del proyecto de detección de cajas calientes en Marruecos por ITSS, fabricante del sistema DCC Pegasus. Mafex Magazine. <https://magazine.mafex.es/finalizacion-del-proyecto-de-deteccion-de-cajas-calientes-en-marruecos-por-itss-fabricante-del-sistema-dcc-pegasus/>

## Sistemas de protección del tren Protección Automática de Trenes (ATP)

Los sistemas de protección automática de trenes (ATP, Automatic Train Protection) asisten al personal de conducción y le indican las acciones que deben tomar en cada momento y si no ejecutan, el sistema activará automáticamente el freno de emergencia. En estos sistemas, el conductor del tren siempre debe iniciar:

- La marcha.
- Parar el tren en las estaciones deseadas.
- Abrir y cerrar puertas.

### **Imagen 29: ATP, Sistema de protección de trenes, diagrama**



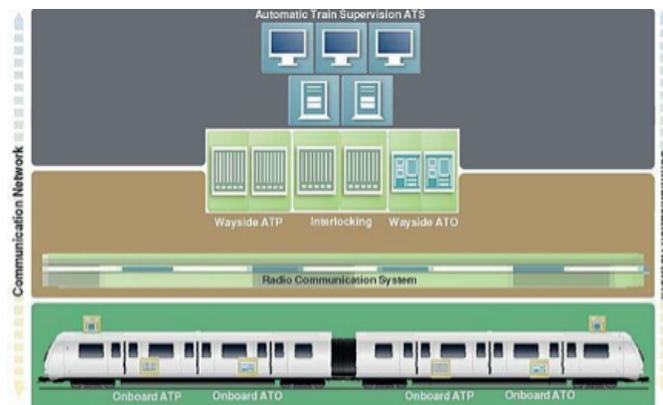
Fuente: Steve Lyons Fund. (s.f). ATP automatic train protection. <https://bshopfr.stevelyonsfund.org/category?name=atp%20automatic%20train%20protection>

## Operación Automática de Trenes (ATO)

Los sistemas de operación automática de trenes (ATO, Automatic Train Operation) están implantados sobre todo en material rodante urbano, basados en sistemas CBTC donde la comunicación entre el tren y la vía es continua.

En este nivel, el personal de conducción mantiene distintos niveles desde el más básico (donde el tren inicia la marcha y se detiene en las estaciones automáticamente, pero debe haber un maquinista que abra y cierre puertas y supervise el funcionamiento global) hasta el nivel donde el tren realiza todas las operaciones por sí mismo y no es necesario que haya ningún tipo de personal a bordo.

### **Imagen 30: Sistema de Operación Automática de Trenes (ATO)**



Fuente: Wikiwand. (s.f.). Sistema CBTC. Wikiwand. [https://www.wikiwand.com/es/Sistema\\_CBTC](https://www.wikiwand.com/es/Sistema_CBTC)

## Sistema ERTMS

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 31: Sistema ERTMS**



Fuente: Alstom. (2018). Alstom suministrará los sistemas embarcados de señalización en la flota ferroviaria noruega. Alstom. <https://www.alstom.com/es/press-releases-news/2018/6/als-tom-suministrara-los-sistemas-embarcados-de-senalizacion-en-la-flota-ferroviaria-noruega>

## Equipamiento en vía

### Equipamiento en vía

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

### Baliza

Es un sistema que se energiza al pasar la antena del tren sobre él, enviando información al sistema embarcado. Dependiendo de la información que sean capaces de transmitir, son de un tipo u otro.

### **Imagen 32: Balizas y conmutables**



Fuente: La Voz de Galicia. (2023). ERTMS controla en cada momento la velocidad de los trenes y funciona en el Eje Atlántico y Angrois. [https://www.lavozdegalicia.es/noticia/galicia/2023/08/31/ertms-controla-momento-velocidad-trenes-funciona-eje-atlantico-angrois/0003\\_202308G31P5994.htm](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/galicia/2023/08/31/ertms-controla-momento-velocidad-trenes-funciona-eje-atlantico-angrois/0003_202308G31P5994.htm)

### Unidad Electrónica de Vía (LEU, Lineside Electronic Unit)

Su misión es la de recibir información del sistema de señalización (enclavamiento y otros sistemas) y seleccionar la información que ha de enviar a las balizas para ser luego transmitida al tren.

### **Imagen 33: LEU entrelazado**



Fuente: Mermec Group. (s.f.). Nivel I ERTMS/ETCS. Mermec Group. <https://www.mermecgroup.com/es/proteger/sistemas-atpatc/629/nivel-1-ertmsetcs.php>

## Comunicación por radio (GSM-R)

El sistema GSM-R es la red de comunicación por radio utilizada para intercambiar mensajes de manera bidireccional, en ERTMS N2, entre los sistemas a bordo o embarcados y el RBC.

### **Imagen 34: Sistema GSM-R en Cabina de Tren**



Fuente: Funkwerk. (s.f.). Radio de tren GSM-R. Funkwerk. <https://funkwerk.com/es/radio-de-tren-gsm-r/>

## Centro de Bloqueo por Radio (RBC, Radio Block Center)

Es un sistema basado en microprocesadores que crea los mensajes que deben ser enviados a los trenes en función de la información que recibe de los otros sistemas (enclavamientos, circuitos de vía, bloqueos, etc.) y de los sistemas embarcados con los que ha establecido comunicación a través de GSM-R.

### **Imagen 35: Centro de Bloqueo por Radio (RBC, Radio Block Center)**



Fuente: Modern Railways. (2024). Digital signalling and control. Modern Railways. <https://www.modernrailways.com/article/-digital-signalling-and-control>

## Equipamiento a bordo (embarcado) European Vital Computer (EVC)

Es el sistema más importante del sistema embarcado (Eurocabina), ya que es un sistema basado en microprocesadores, diseñado con los mismos requisitos que los enclavamientos (SIL 4, fail safe, CENELEC), que procesa toda la información recibida y efectúa los cálculos necesarios para una protección, operación y supervisión segura del tren.

### **Imagen 36: EVC Computadora Vital Europea**



Fuente: Mermec Group. (s.f). Nivel 2 ERTMS/ETCS. Mermec Group. <https://www.mermecgroup.com/es/proteger/sistemas-atpatc/630/nivel-2-ertmsetcs.php>

### **Sistema de comunicaciones**

Se utiliza para la comunicación entre el EVC y el RBC y se compone de un módulo de comunicaciones seguras y datos (llamado Euroradio). La red de comunicación utilizada es el GSM-R.

### **Imagen 37: Sistema de comunicaciones Euroradio**



Fuente: Rail Engineer. (s.f). The connected asset: When a cab radio is not just a cab radio. Rail Engineer. <https://www.railengineer.co.uk/the-connected-asset-when-a-cab-radio-is-not-just-a-cab-radio/>

### **Driver Machine Interface (DMI)**

El interfaz conductor - máquina se ha diseñado específicamente para facilitar la conducción al personal asignado. Su distribución y simbología están estandarizados para que puedan ser utilizados en cualquier país y el personal esté familiarizado con él.

### **Imagen 38: Dispositivo Hombre Máquina**



Fuente: Mermec Group. (n.d.). Nivel 2 ERTMS/ETCS. Mermec Group. <https://www.mermecgroup.com/es/proteger/sistemas-atpatc/630/nivel-2-ertmsetcs.php>

## Niveles

Los diferentes niveles de ERTMS son una forma de expresar el tipo de equipamiento a bordo y en vía instalado. Las definiciones de nivel están determinadas por el equipamiento en vía utilizado, por la manera de comunicación entre el equipamiento embarcado y los equipos de vía y por las funciones que es capaz de desarrollar el sistema.

### 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.

#### **Imagen 39: ERTMS Nivel 0**

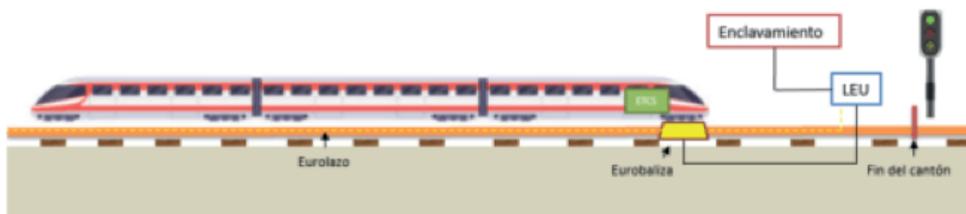


Fuente: Mundo Ferroviario. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros. Mundo Ferroviario. <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

### Nivel 1

El nivel 1 de ERTMS es un sistema de señalización de supervisión continua de la velocidad y transmisión puntual de la información cuya instalación debe realizarse sobre el sistema nacional de señalización existente.

#### **Imagen 40: ERTMS Nivel 1**

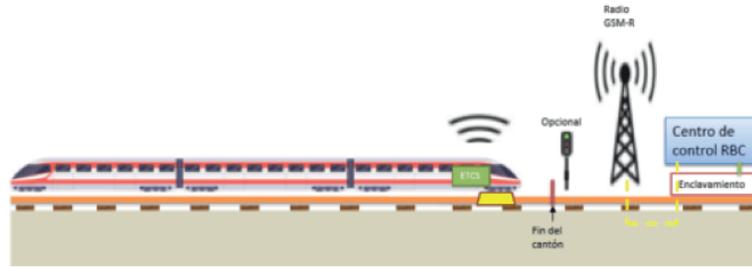


Fuente: Mundo Ferroviario. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros. Mundo Ferroviario. <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

### Nivel 2

El nivel 2 es un sistema de señalización basado en comunicaciones por radio y es instalado sobre un sistema de señalización existente. La comunicación entre el equipamiento de vía y el embarcado se realiza a través de Euro radio (GSM-R) y

## Imagen 41: EERTMS Nivel 2

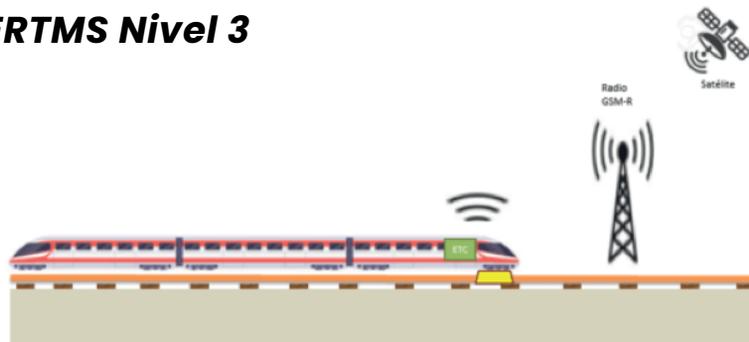


Fuente: Mundo Ferroviario. (2021). ERTMS: El sistema europeo que México ha implementado en proyectos ferroviarios de pasajeros. Mundo Ferroviario. <https://mundoferroviario.lat/2021/11/30/ertms-el-sistema-europeo-que-mexico-ha-implementado-en-proyectos-ferroviarios-de-pasajeros/>

## Nivel 3

En este nivel la señalización vertical es completamente eliminada y se emplea exclusivamente señalización en cabina, así como en nivel 2 utiliza un sistema de comunicación por medio de GSM-R. Además de las eurobalizas para ajustar la posición exacta del tren, este tipo de posicionamiento se da por satélite como GPS, y en este caso se sabe en cada instante donde se localiza el tren.

## Imagen 42: EERTMS Nivel 3



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

## El Sistema CBTC

El sistema CBTC se divide, a su vez en los siguientes subsistemas:

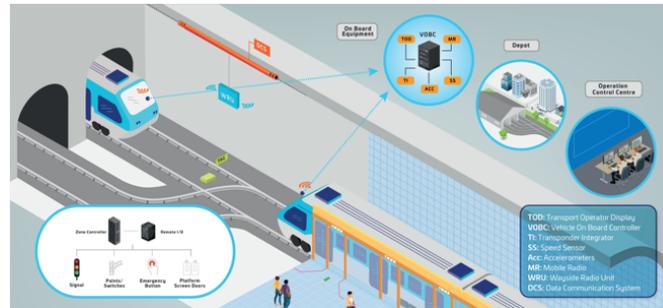
### • **Subsistema de control de operaciones**

Se encarga del control de la explotación y de la supervisión de la línea en tiempo real. Se ubica en un puesto central y la información se muestra a través de un Centro de Control Centralizado (CTC) o un Centro de Regulación de la Circulación (CRC), donde los operadores pueden gestionarlo.

### • **Subsistema de vía**

Garantiza la explotación de los trenes en un área determinada y se corresponde con el equipamiento instalado en las cabinas de señalización o salas técnicas, se incluye también dentro de este sistema el equipo de transmisión de información puntual, que dispone de un transmisor en vía y un receptor a bordo cuyo objetivo es sincronizar la localización del tren.

## Imagen 43: Sistema CBTC



Fuente: Goodsifyet. (s.f). Product details. Goodsifyet. [https://goodsifyet.shop/product\\_details/24477296.html](https://goodsifyet.shop/product_details/24477296.html)

Los transportes metropolitanos donde generalmente se utilizan las soluciones CBTC, se operan con diferentes grados de automatización GoA (Grade of Automation) que surge de los niveles de intervención y responsabilidad del personal de conducción con respecto a la operación de los trenes.

### GoA 0

El nivel más básico se correspondería con una conducción de marcha a la vista, sin ninguna ayuda por parte del sistema, ni siquiera un sistema de protección del tren. Este tipo de sistemas se sigue manteniendo en los antiguos tranvías, donde la señalización no está relacionada con la circulación.

### GoA 1

Se considera el primer nivel de automatización, en el que el sistema proporciona protección automática frente a colisiones con otros trenes y errores de conducción por parte del maquinista, como saltarse una señal en rojo. Como se observa en la imagen, las labores de iniciar la marcha (Setting train in motion), detener la marcha (Stopping train), cerrar/abrir puertas (Door closure) y operación en caso de avería (Operation in event of Disruption) debe realizarlas el personal de conducción.

### GoA 2

Este nivel sigue precisando de personal de conducción, pero el sistema ya realiza por sí mismo el arranque y parada de los trenes en las estaciones y puntos en los que sea requerido, siendo el primer nivel de operación automática del tren. El personal de conducción debe estar a bordo de la cabina para supervisar el funcionamiento del sistema, abrir y cerrar puertas y para actuar en caso de avería o emergencia.

### GoA 3

En estos sistemas el personal de conducción en cabina no es necesario. Sin embargo, es preciso que vaya personal a bordo del tren para realizar la apertura y cierre de puertas y para actuar en caso de avería o emergencia. El tipo de operación del tren es "driverless" (sin conductor).

## GoA 4

El último nivel de automatización se corresponde con la operación del tren de forma autónoma (UTO, Unmanned Train Operation), donde el sistema realiza todas las operaciones por sí mismo, apertura y cierre de puertas y actuación frente a emergencias. Puede ir personal a bordo del tren, pero para tareas de servicios al cliente, ya que no es necesario para una operación segura de las circulaciones. En caso de avería del sistema, se podría operar manualmente como un vehículo con nivel GoA 0.

**Imagen 44: Niveles GoA del sistema CBTC**

Grade of Automation	Type of train operation	Setting train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of Disruption
GoA 1 	ATP with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA 2 	ATP and ATO with driver	Automatic	Automatic	Driver	Driver
GoA 3 	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
GoA 4 	UTO	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

ATP - Automatic Train Protection      ATO - Automatic Train Operation

Fuente: Rail System. (s.f). Metro automation. Rail System. <https://railsystem.net/metro-automation/>

## Bibliografía

Tema	Recomendación
Material Rodante Lección 1	ERA   European Union Agency for Railways. Reglamento (UE) No 1302/2014 de la Comisión de 18.11.14 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante «locomotoras y material rodante de viajeros» del sistema ferroviario en la Unión Europea.
	Villén J, La pastora C. El ferrocarril regional y las comunidades autónomas. Ponencia en el Congreso Ferroviaria 98. 1998.
	García A, Cillero A, Jericó P. Operación de trenes de viajeros. Claves para la gestión avanzada del ferrocarril. Colección técnica. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2011.
	Martínez JC. Tecnologías específicas de electrificación en ferrocarriles de Alta Velocidad. Colección técnica. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2011.
	Artículo La digitalización del ferrocarril, Ignacio Jorge Iglesias Díaz
	Ingeniería Ferroviaria, Francisco Javier González Fernández, Julio Fuentes Losa, UNED