Señalización y sistemas de explotación

Ferrocarriles
Grado en Ingeniería Civil

Luigi dell'Olio
Borja Alonso Oreña
José Luis Moura Berodia

Este tema se publica bajo Licencia:
Creative Commons BY-NC-SA 4.0.

Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- La señalización ferroviaria
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- Enclavamientos
- Protección Automática de Trenes (ATP)

Índice

- **Introducción a la seguridad ferroviaria**
- La señalización ferroviaria
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- Enclavamientos
- Protección Automática de Trenes (ATP)

Seguridad

Definición de ***Seguridad***

La ausencia de *riesgo* inaceptable de daño.

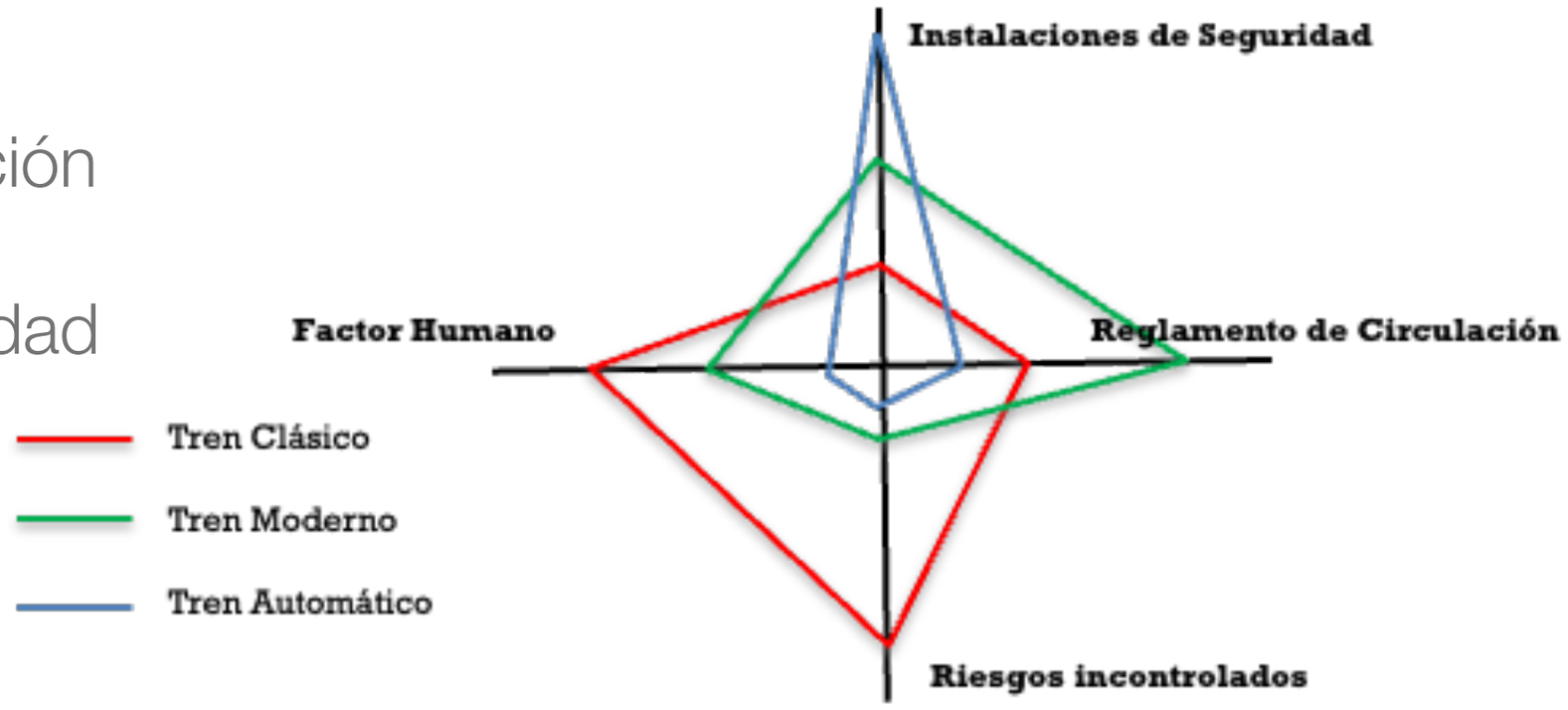
Riesgo: La frecuencia de ocurrencia de accidentes o incidentes que provoquen daño (causado por un ***peligro***) y la gravedad del daño.

Peligro: Una circunstancia que puede provocar un accidente, también llamado fuente de riesgo, según la UNE ISO 31000, es un elemento que, por sí solo o en combinación con otros, presenta el potencial intrínseco de engendrar un riesgo.

Seguridad

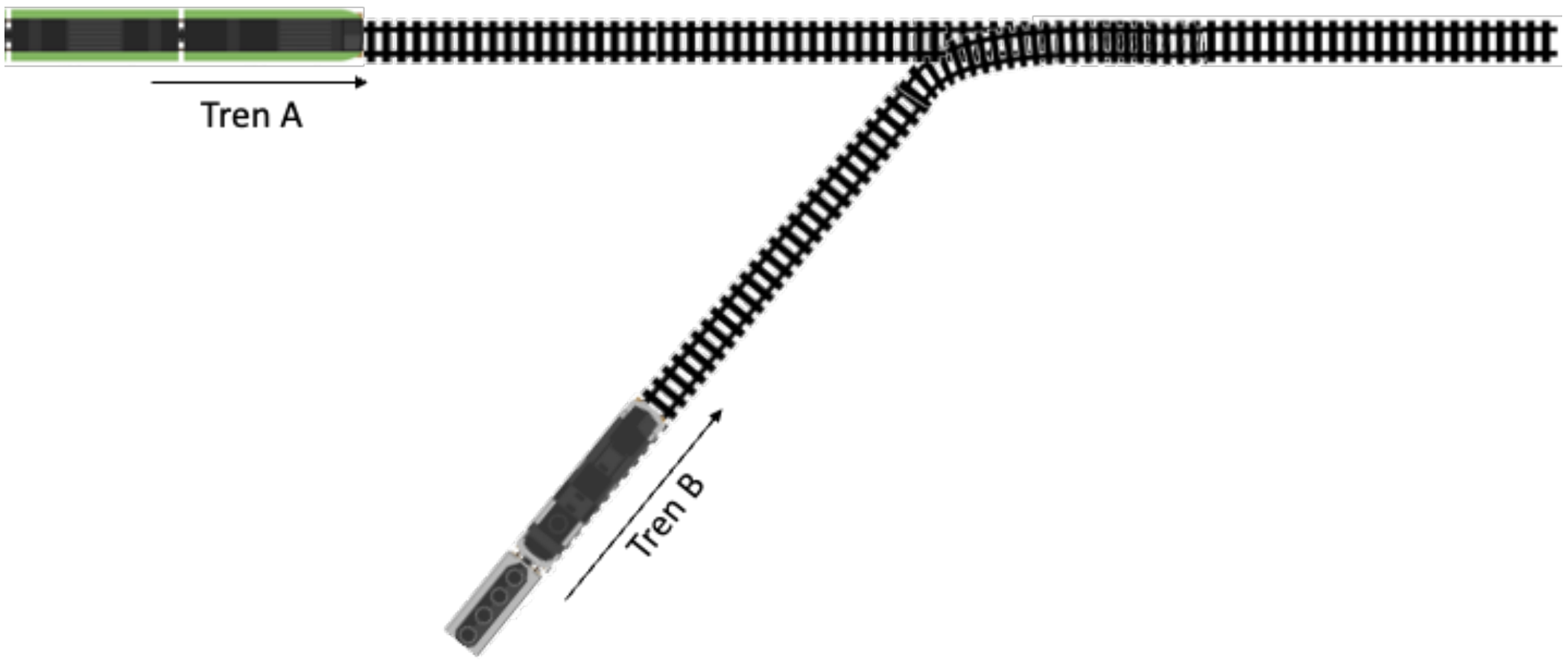
Desde sus inicios, la seguridad en la circulación ferroviaria se ha basado en cuatro componentes.

- Reglamento de Circulación
- Instalaciones de Seguridad
- Factor Humano
- Riesgos incontrolados

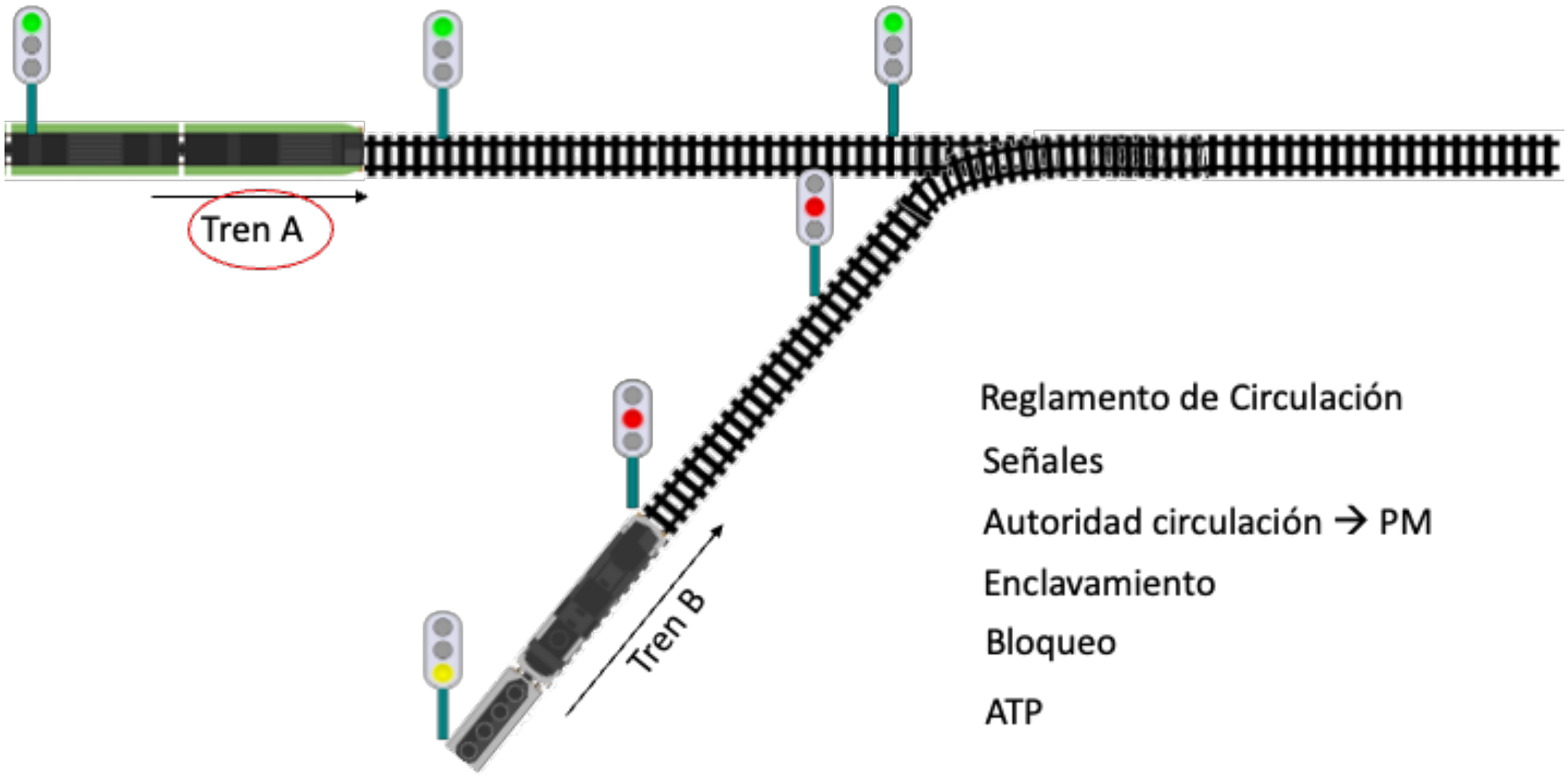


Paralelamente al incremento de la velocidad, se han ido mejorando y adaptando las instalaciones para minimizar riesgos incontrolados y participación humana.

Seguridad



Seguridad



Reglamento de Circulación

Señales

Autoridad circulación → PM

Enclavamiento

Bloqueo

ATP

Seguridad

- El nivel de seguridad de los transportes ferroviarios de UE es, en general, muy bueno. Los accidentes ferroviarios se producen raras veces, pero cuando se producen atraen atención mediática.

- Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, se aprueba el Reglamento sobre seguridad en la circulación en la Red Ferroviaria de Interés General, adaptando la normativa española a la Directiva 2004/49/CE sobre la seguridad de ferrocarriles comunitarios (y las modificaciones introducidas por la Directiva 2004/51/CE).

- Reglamento UE nº402/2013 sobre Metodologías Comunes de Seguridad, armoniza los procedimientos y métodos para llevar a cabo la evaluación de riesgos y para aplicar las medidas de control (de riesgos) siempre que un cambio de las condiciones de funcionamiento o un nuevo material suponga nuevos riesgos en la infraestructura o en los servicios.

- Real Decreto 664/2015 de 17 de julio, se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria

Seguridad

- Para explotar la red ferroviaria en condiciones de seguridad es preciso dotar a la red ferroviaria de una serie de **señales**, que vayan indicando al maquinista de los posibles obstáculos o incidencias, así como de las velocidades e instalaciones de vía presentes en el itinerario.

- Antes de autorizar la marcha, hay que fijar la posición de los aparatos de vía y las señales que los protegen. Se crea una relación de dependencia entre la posición de los dispositivos de accionamiento, barreras, señales: **enclavamiento**.

- Además de la señalización, se necesitan equipos de **bloqueo** entre dos estaciones y que permiten la salida del tren al trayecto.

- Además, existen sistemas de supervisión, del cumplimiento de la señalización, que se engloban balo las siglas **ATP** (“Automatic Train Protection”).

- Existen otros sistemas denominados **ATO** (“Automatic Train Operation”) de conducción automática, pero siempre es supervisado por los sistemas ATP.

Seguridad

« *Accidente* »

Un suceso repentino, no deseado ni intencionado, o una cadena de sucesos de ese tipo, de consecuencias perjudiciales.

Colisiones

Descarrilamientos

Accidentes en pasos a nivel

Daños causados a personas por material rodante en movimiento

Incendios

Otros

Seguridad

« *Accidente* »

Descarrilamiento de TGV Dúplex en Francia por deslizamiento de un talud en la línea de alta velocidad París-Estrasburgo (2020)

Seguridad

« Accidente »

Terremoto

Descarrilamiento de Shinkansen s/100 en Japón por terremoto en la línea del Joetsu (2004)

Seguridad

« *Accidente* »

Fallo de material
(incendio a bordo)

Incendio de ICE 3 en Alemania por fallo de un equipo técnico embarcado. Línea de alta velocidad Colonia-Frankfurt (2018)

Seguridad

« *Accidente* »

Fallo de la infraestructura

Descarrilamiento de UT 446 por caída de talud a la vía. Línea R4 de Barcelona, zona de Manresa (2011)

Seguridad

« Accidente »

Sabotaje

INFRAESTRUCTURAS

Adif confirma de forma oficial que el descarrilamiento del tren en Torrijos fue de forma "intencionada"

Imagen de la pieza utilizada para sabotear la línea. CANAL EXTREMADURA

La compañía **Adif** ha confirmado que el descarrilamiento del tren Madrid-Zafra que se produjo este pasado lunes cerca de la estación de **Torrijos** se debió a la colocación "intencionada" de un fragmento de carril en la vía, por lo que este mismo martes

Descarrilamiento de automotor s/599 por existencia de pieza en vía. Línea Madrid-Caceres, estación de Torrijos (2019)

Seguridad

« Accidente grave »

Cualquier colisión o descarrilamiento de trenes con el resultado de al menos un víctima mortal o de cinco o más heridos graves o grandes daños al material rodante, a la infraestructura o al medio ambiente, o cualquier otro accidente similar, con un efecto evidente en la normativa de seguridad ferroviaria o la gestión de la seguridad; por “grandes daños” se entenderán daños cuyo coste pueda evaluar inmediatamente el organismo de investigación en al menos un total de 2 M€.

Seguridad

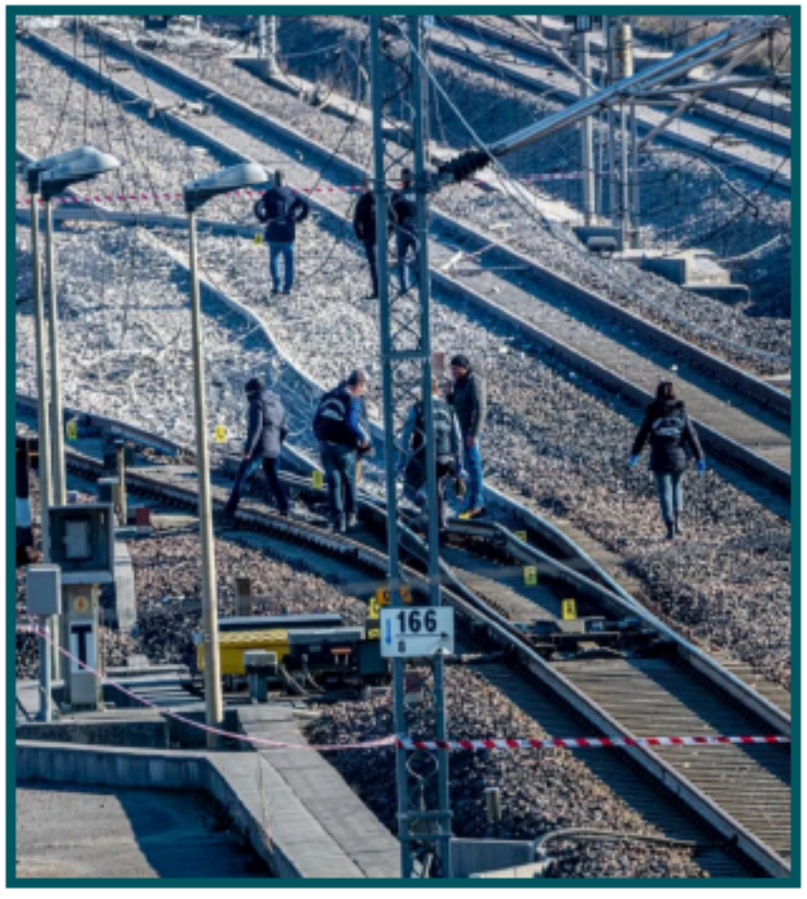
« Accidente grave »

Fallo humano (CMS)

Colisión por cola de dos trenes de mercancías (Arévalo, línea Madrid-Irún) (2010)

Seguridad

« *Accidente grave* »



Descarrilamiento de tren Frecciarossa 1000 9595 (Milán – Salerno) (2020)

Seguridad

« Accidente grave »

Fallo de material (rodadura)

Descarrilamiento de tren ICE 884 Múnich-Hamburgo (Eschede, 1998)

Seguridad

Seguridad

« *Incidente* »

Cualquier incidencia, distinta de un accidente o un accidente grave, asociada al funcionamiento de los trenes y que afecte a la seguridad de funcionamiento.

Seguridad

« Incidente »

Fallo de material

Desprendimiento de pantógrafo en UT 465, Madrid (2021)

Seguridad

La seguridad en el FFCC

Seguridad operacional (*Safety*)

Seguridad frente a actos ilícitos (*Security*)

Ciberseguridad

Seguridad

Principales causas de accidentes (2019)

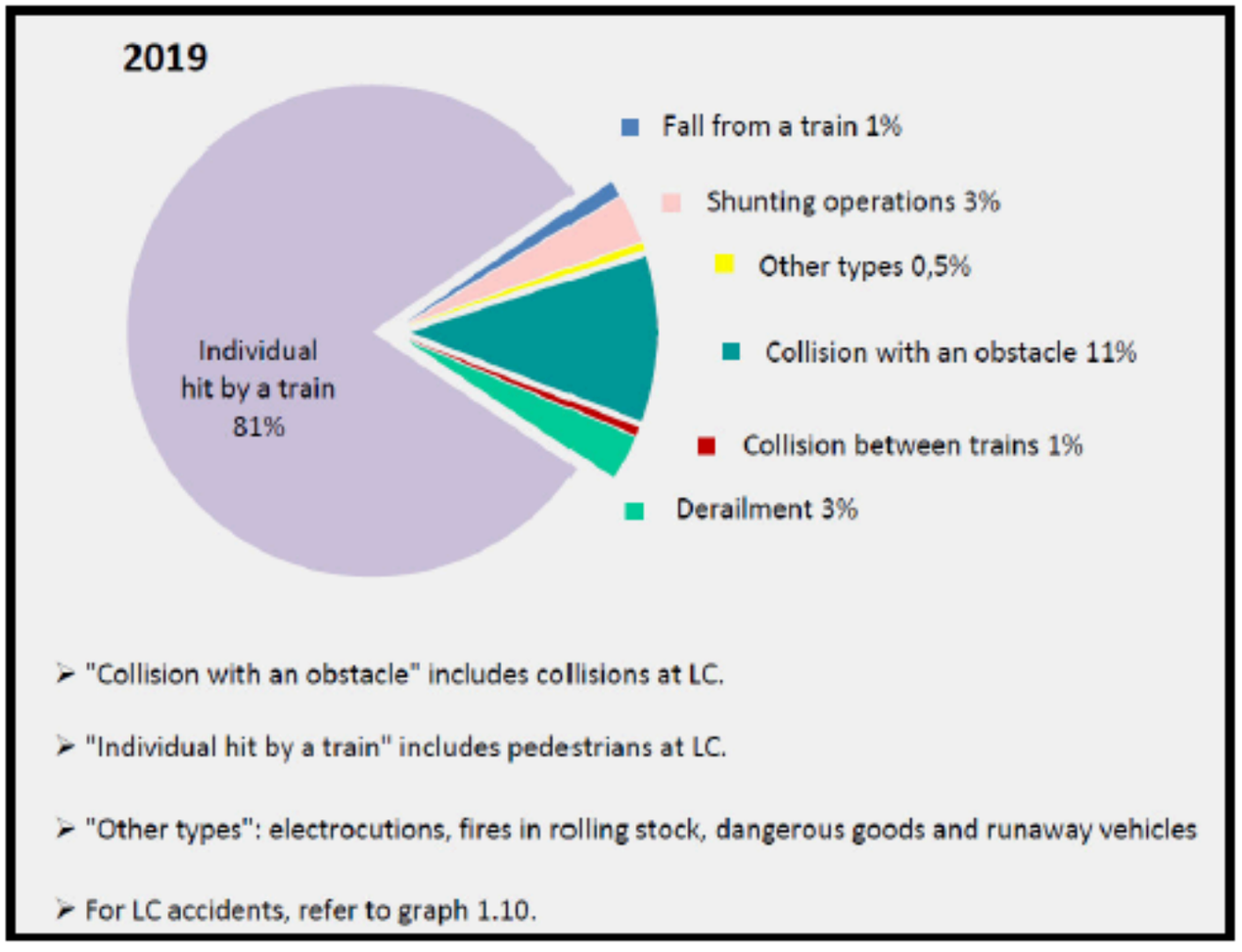
- De acuerdo al **UIC Safety Report 2020**, *terceras partes* son responsables de más del 90% de los accidentes ferroviarios *(causas externas)*.
- La causa más común es el **acceso no autorizado a la infraestructura**.
- Las *causas internas* se refieren tanto al administrador de la infraestructura como a las empresas ferroviarias. El **factor humano** es responsable del mayor porcentaje.

2019	Causes at first level	Causes at second level	
EXTERNAL CAUSES 91,9%	THIRD PARTIES 90,4%	Trespassing	75,3%
		Vehicle (LC accident)	7,8%
		Pedestrian (LC accident)	5,1%
		Pedestrian on public railway area	1,6%
		Other or not specified	0,6%
	WEATHER & ENVIRONMENT 1,5%	Environment	1,1%
		Weather	0,4%
INTERNAL CAUSES 7,7%	INFRASTRUCTURES 1,9%	Tracks and structures	1,0%
		Energy system	0,5%
		Other or not specified	0,4%
	ROLLING STOCK 1,3%	Running gear	0,7%
		Other or not specified	0,6%
	HUMAN FACTORS (Railway staff & subcontractors) 3,7%	Track and switch maintenance staff	0,5%
		Traffic operating and signalling staff	0,6%
		Train drivers	1,1%
		Other or not specified	1,6%
	RAILWAY USERS 0,7%	Passengers	0,7%
		Other or not specified	0,0%
CAUSES NOT IDENTIFIED			0,5%

Seguridad

Tipos de accidentes (2019)

- La práctica totalidad de accidentes **(81%)** se refieren a **golpes/impactos** individuales del tren.
- La **colisión con obstáculos** es el segundo tipo de accidentes **(11%)**
- El **descarrilamiento** supone un **3%** y la **colisión entre trenes** un **1%**.



[Fuente: UIC Safety Report 2020]

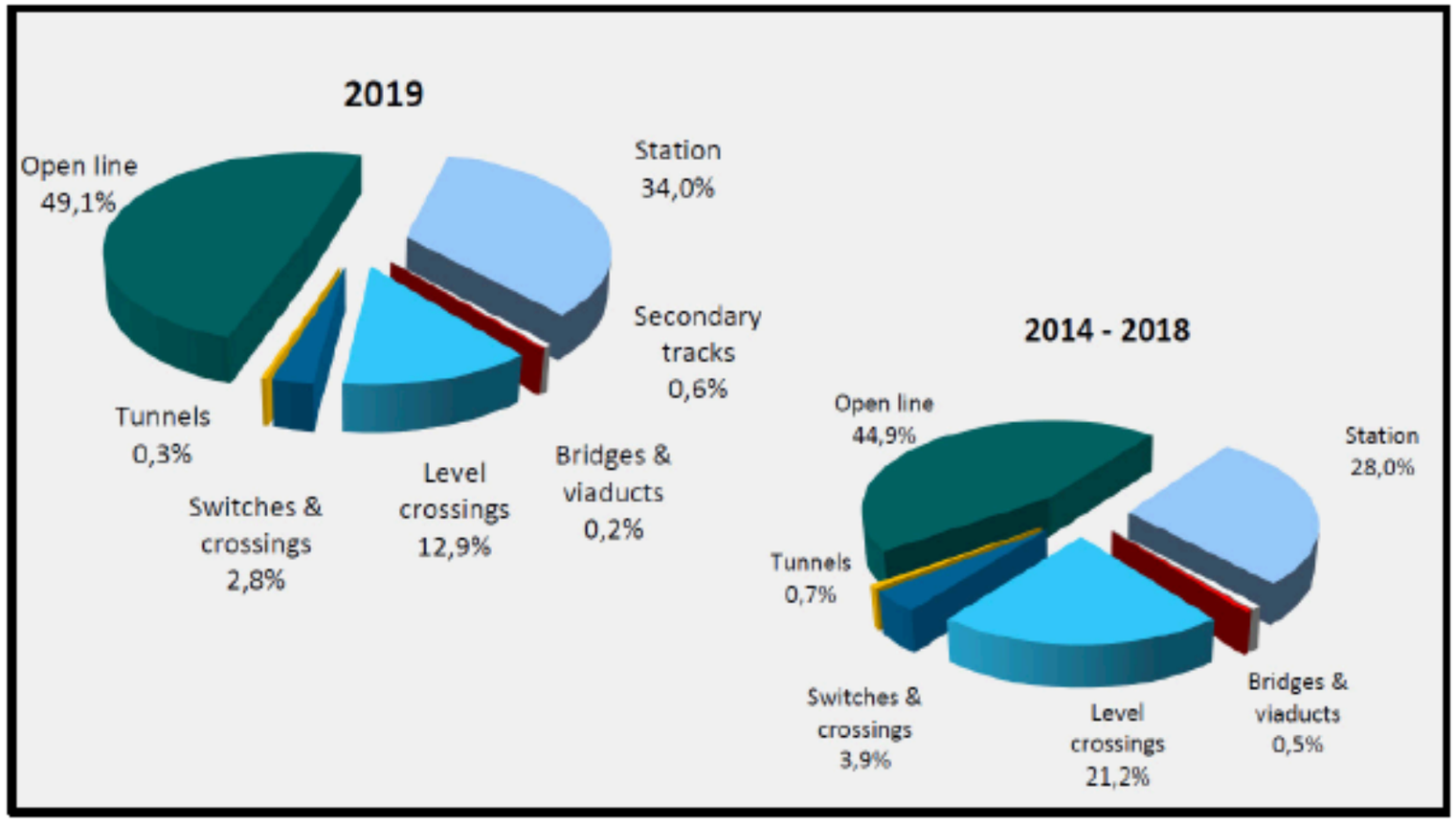
Seguridad

Lugar de producción de accidentes (2019)

- La mitad de los accidentes se producen en **zona de trayecto a cielo abierto**.

- Las **estaciones** y los **pasos a nivel** son los siguiente lugares en los que se producen más accidentes.

- El porcentaje de accidentes en **zona de desvíos** no sobrepasa el **3%**.



[Fuente: UIC Safety Report 2020]

Seguridad

Fases del proceso: La evaluación del riesgo

La valoración del riesgo

Estimación explicita del riesgo

		I	II	III	IV
		Insignificante (IN)	Marginal (MA)	Crítico (CR)	Catastrófico (CA)
A	Frecuente (FR)	Indeseable (INS)	Intolerable (INT)	Intolerable (INT)	Intolerable (INT)
B	Probable (PR)	Tolerable (TO)	Indeseable (INS)	Intolerable (INT)	Intolerable (INT)
C	Ocasional (OC)	Tolerable (TO)	Indeseable (INS)	Indeseable (INS)	Intolerable (INT)
D	Remoto (RE)	Despreciable (DES)	Tolerable (TO)	Indeseable (INS)	Indeseable (INS)
E	Improbable (IMP)	Despreciable (DES)	Despreciable (DES)	Tolerable (TO)	Indeseable (INS)
F	Increíble (INC)	Despreciable (DES)	Despreciable (DES)	Despreciable (DES)	Tolerable (TO)

Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- **La señalización ferroviaria**
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- Enclavamientos
- Protección Automática de Trenes (ATP)

La señalización ferroviaria

- Objetivos:
  - Proporcionar seguridad en la circulación de los trenes
  - Alcanzar la máxima eficiencia posible del tráfico ferroviario, logrando regularidad y la capacidad de transporte que se necesita para cubrir la demanda de la línea correspondiente.
- Ambos objetivos son contrapuestos…

La señalización ferroviaria

- Funciones básicas:
    - Evitar la colisión o alcance entre trenes o entre un tren y un objeto caído a la vía.
    - Autorizar la marcha de los trenes sólo si se ha establecido un itinerario y éste es compatible con todos los condicionantes a ser considerados en cada caso.
    - Evitar descarrilamientos debidos a velocidad inadecuada.
    - Autorizar la marcha del tren sólo si está plenamente identificada la autoridad que emite la orden.
    - Utilizar las señales e indicaciones para no rebasar la velocidad máxima de seguridad.
    - Disponer de uno o más modos degradados de funcionamiento y de planes de emergencia para prestar los servicios de apoyo en caso de necesidad.

La señalización ferroviaria

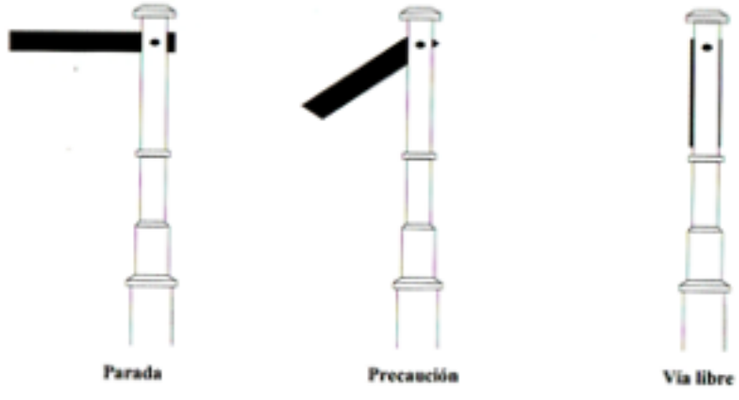
- En los primeros tiempos del ferrocarril las líneas eran poco numerosas y se circulaba a velocidad baja. El maquinista no recibía ninguna información mientras circulaba → accidentes.

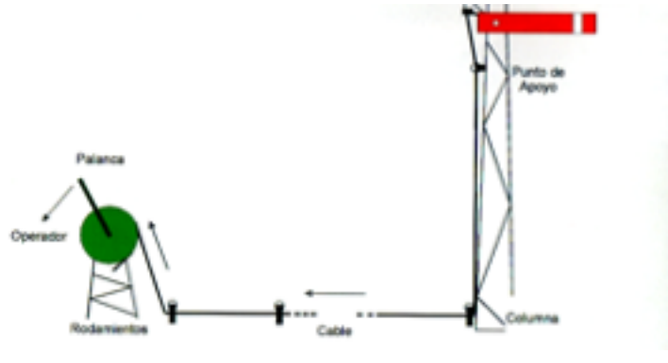
- En los puntos peligrosos se ubicaban agentes que con las manos o banderines hacían señales a los trenes.

- **Guardavías**: personas que, conociendo la posición de los trenes, autorizaban su puesta en circulación.

- **Guardagujas**: personas que tiene a su cargo la maniobra de agujas y señales, así como su mantenimiento.

- Con el tiempo, aumentaron el tráfico y la velocidad → necesidad de refuerzo: **señales mecánicas → señales eléctricas y luminosas**.





La señalización ferroviaria

- **Señal**: representación visual de un aviso, una orden o un estado que permite el control de la circulación.

- Clasificación atendiendo a su ubicación:

    - **Fijas**: las que, de un modo permanente o temporal, están instaladas en puntos determinados de la vía o de las estaciones.

    - **Portátiles**: las que se pueden utilizar o hacer por el personal en cualquier momento o lugar.

    - **Señales de los trenes**: las que éstos llevan en cabeza y cola.

- Las señales fijas están instaladas a la derecha de la vía en el sentido de la marcha, en caso de **vía única**. En **vía doble**, con circulación por la izquierda, están instaladas a la izquierda o encima de la vía. En **vía doble banalizada**, están instaladas en el lado exterior de la vía, para ambos sentidos de circulación.

La señalización ferroviaria

Clasificación atendiendo a su CONTENIDO:

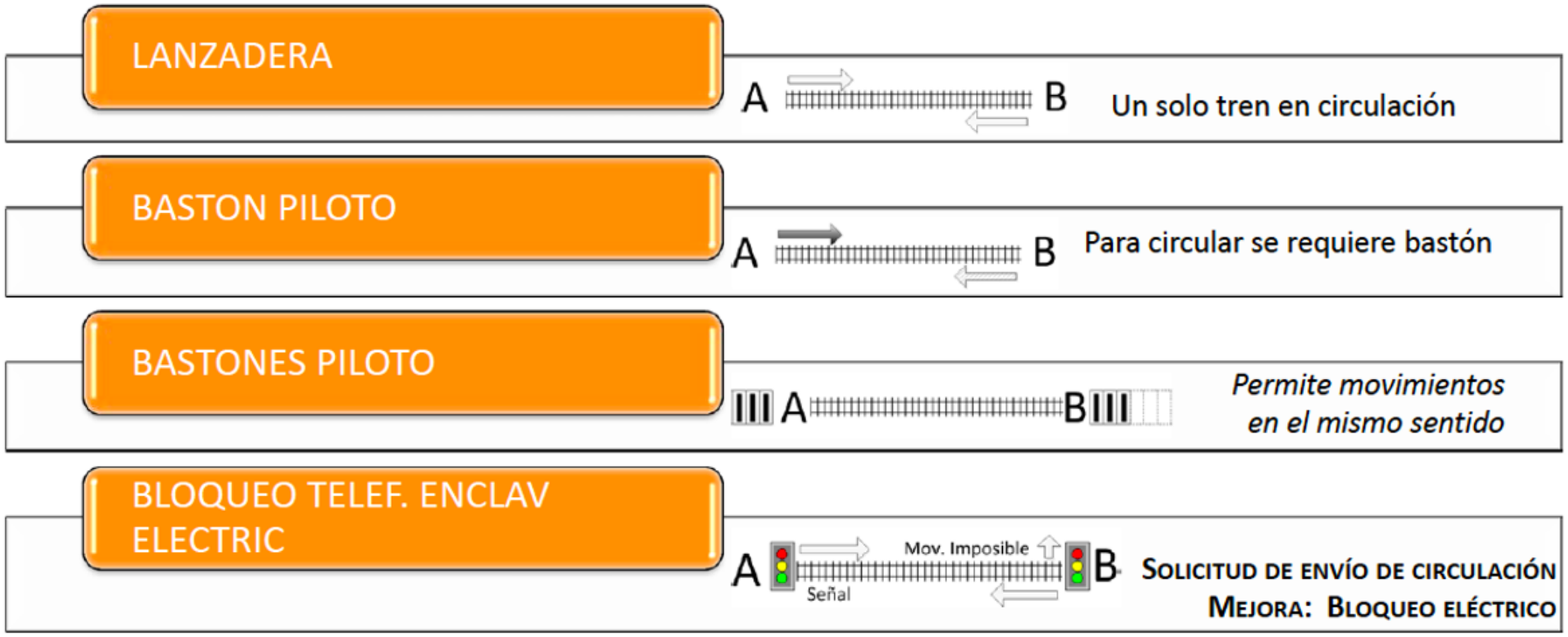
- **Fundamentales**: regulan la marcha
  - verde→vía libre
  - verde destellante→vía libre condicional
  - amarillo→anuncio de parada
  - rojo→parada
- **Indicadoras**: informan de pasos por vía directa o desviada y entrada y salida de estaciones, postes kilométricos o hectométricos, aproximación a P.N., etc.
- **Limitación de velocidad**

Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- La señalización ferroviaria
- **Sistemas de explotación: Bloqueo**
- Enclavamientos
- Protección Automática de Trenes (ATP)

El Bloqueo

- DEFINICIÓN (i):
  - Se llama Bloqueo a la **relación de dependencia que se establece entre dos estaciones colaterales** para poder expedir circulaciones desde cada una de ellas hacia la otra, mediante la **reserva de un tramo de vía para una circulación**.



Bloqueo telefónico

- Se trata del sistema más intuitivo y el que menos instalaciones implica, ya que el cantón abarca toda la longitud de la vía entre estaciones colaterales abiertas (dotadas con personal de circulación).

- Para establecer un BT entre dos estaciones colaterales, es obligatorio el acuerdo entre los jefes de circulación de éstas.

- Este acuerdo, que normalmente se hace por teléfono a través de las líneas propias del ferrocarril, debe quedar reflejado en un documento denominado telefonema, en el que se anotan los datos del tren que va a circular, la hora de salida de la estación expendedora y el nombre de los agentes que han intervenido en el acuerdo.

- El BT es el que más personal requiere. Actualmente no se instala en ninguna línea como elemento principal.

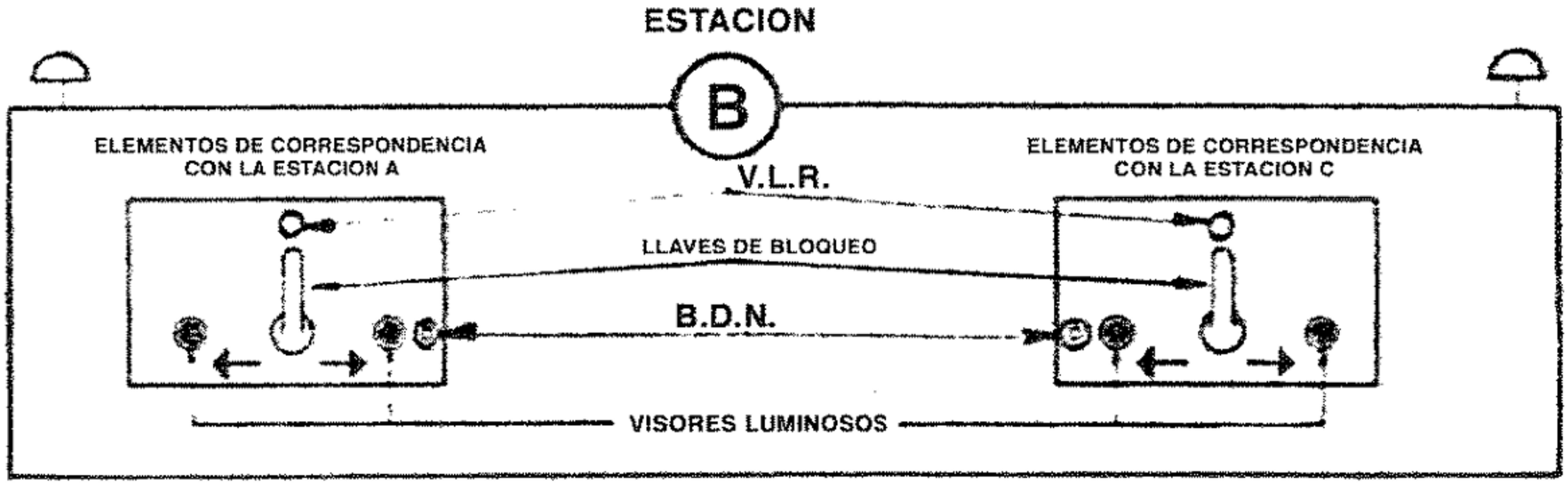
Bloqueo eléctrico-manual

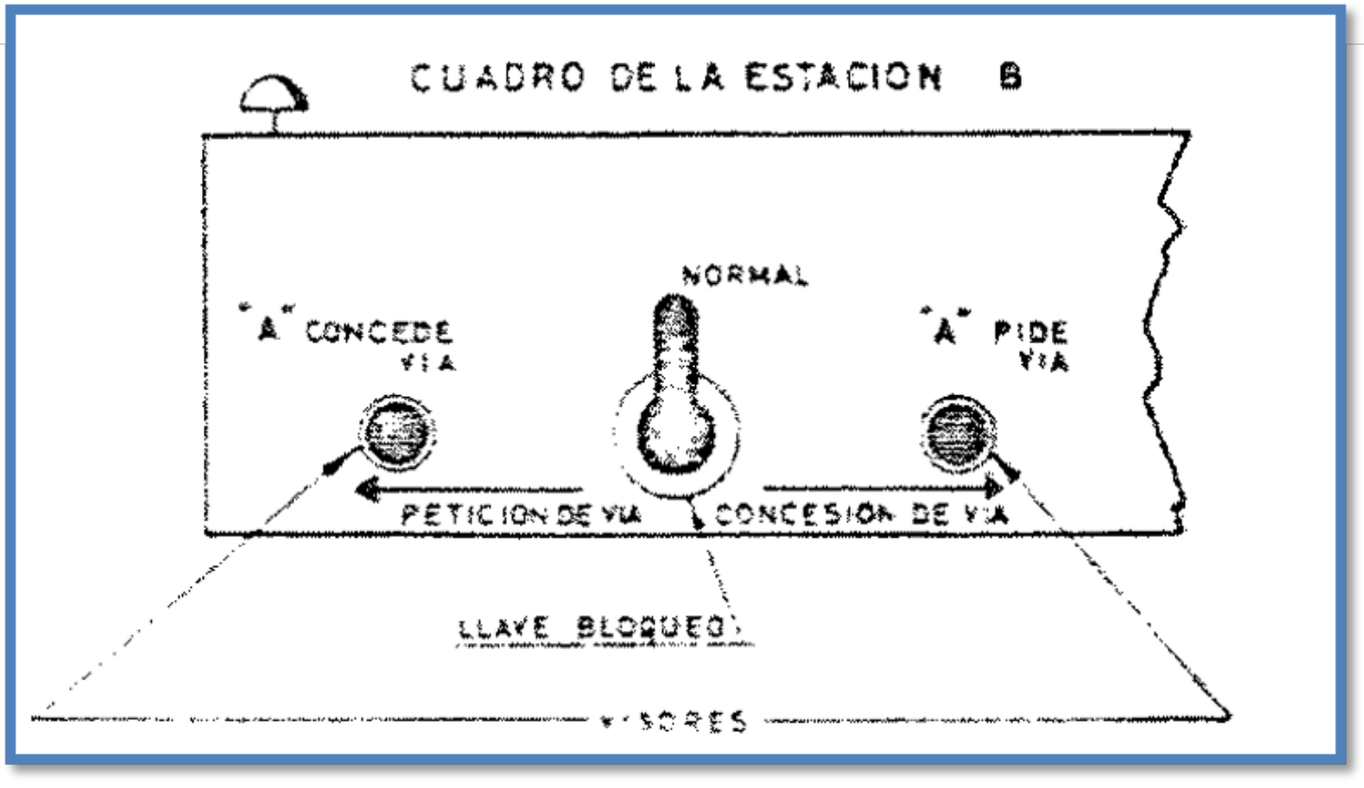
- El bloqueo de vía se realiza por los jefes de circulación mediante un dispositivo eléctrico.

- En cada una de las estaciones, el jefe de circulación dispone de un cuadro de mando en el que, sobre un esquema de las vías de que se compone la estación (más las de llegada y salida), tiene instalados los elementos necesarios para establecer el bloqueo.

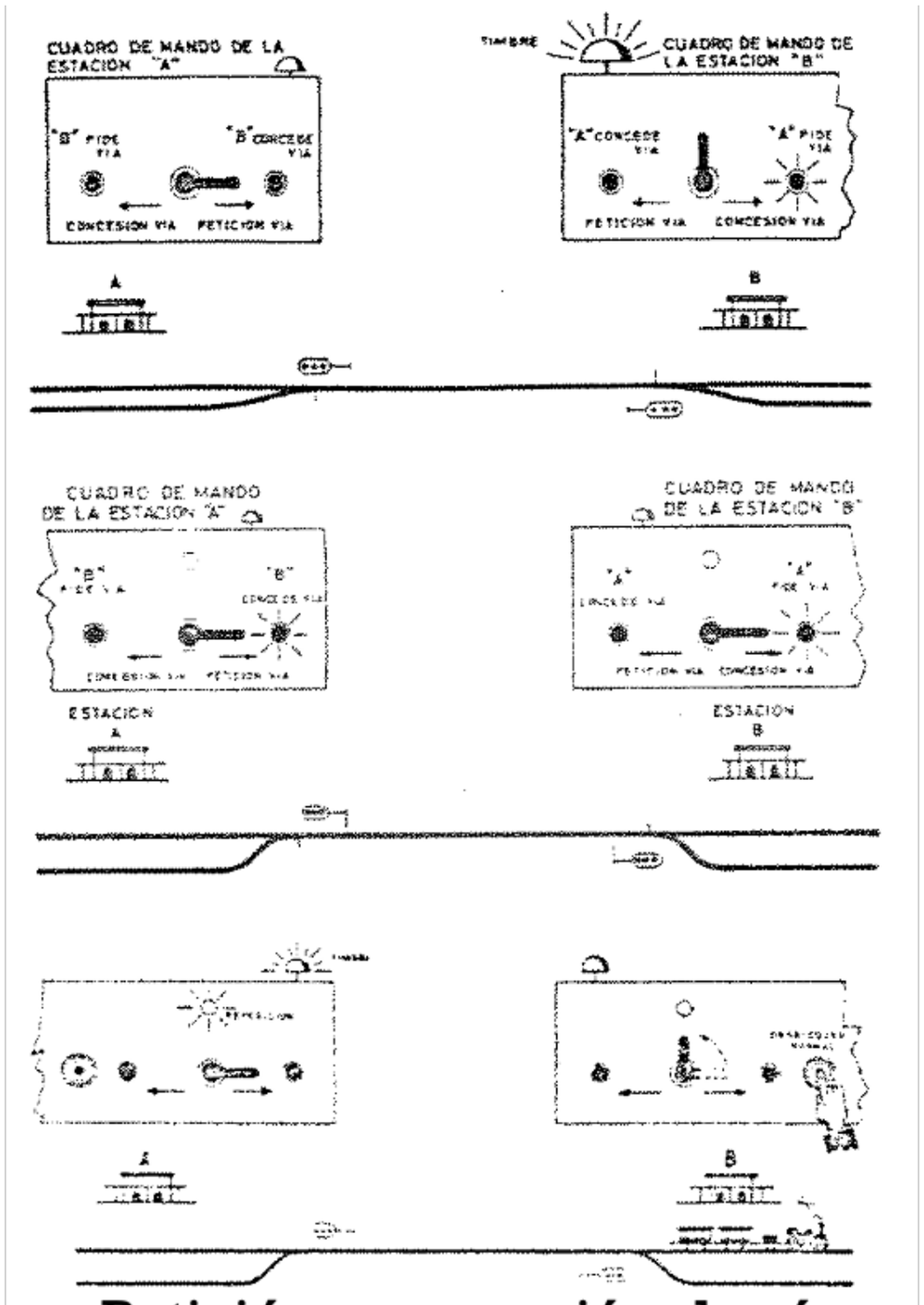
- Aunque el accionamiento es manual, la comunicación entre las señales de salida de las estaciones es eléctrica.

Bloqueo eléctrico-manual

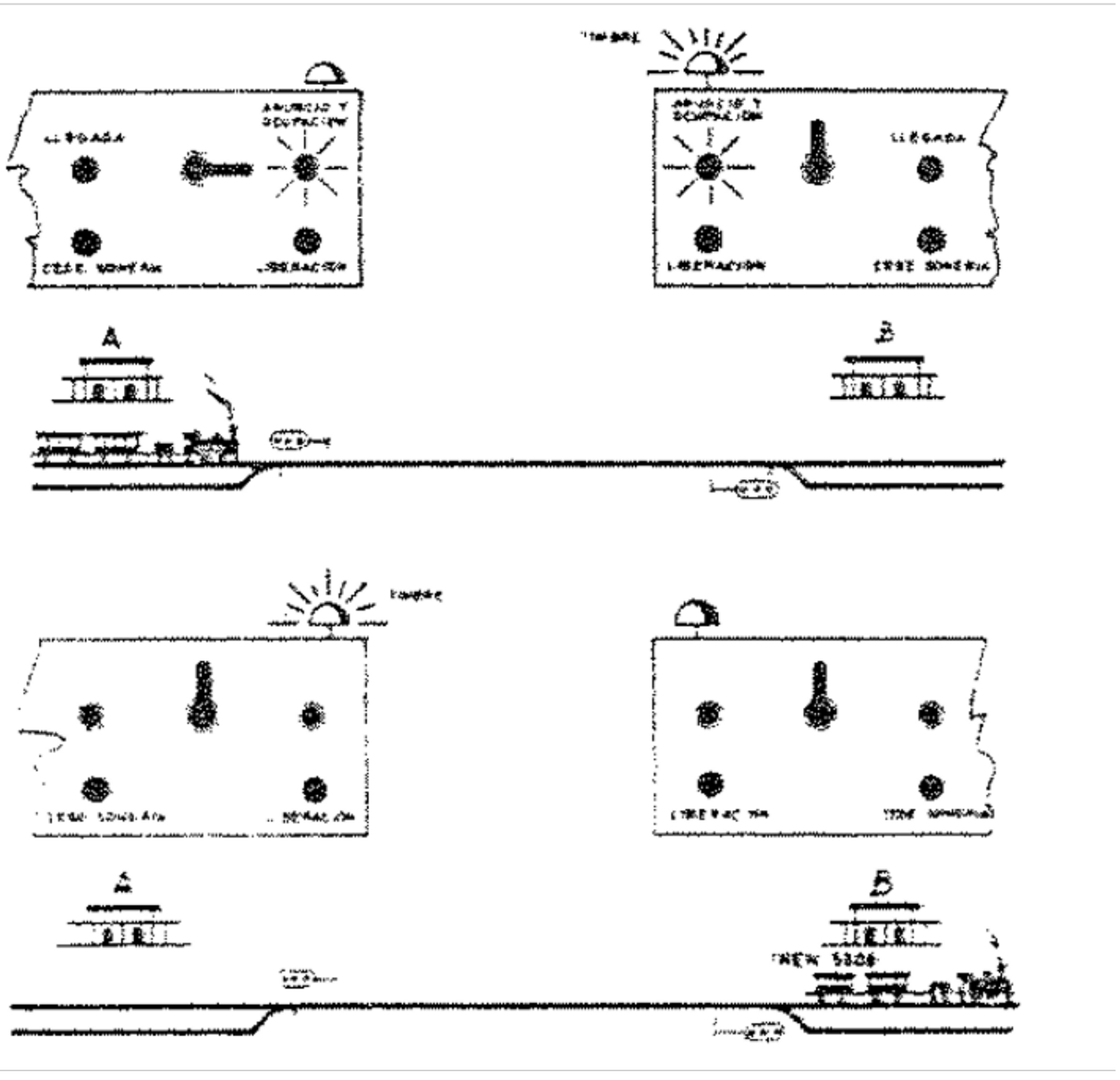




Bloqueo eléctrico-manual



Petición y concesión de vía



Toma de vía

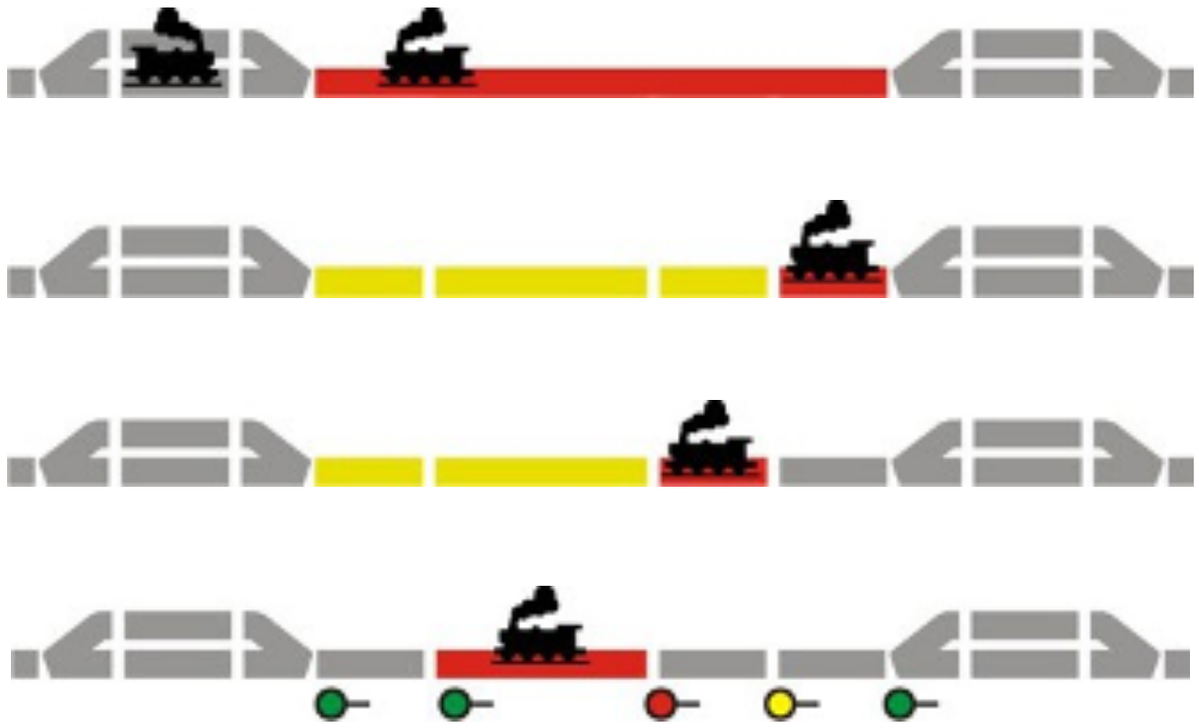
El Bloqueo automático

- La distancia de seguridad entre los trenes que circulan en un mismo sentido debe ser suficiente para que el tren que circula tras el primero pueda detenerse dentro de ese espacio de separación, incluso si, circulando a máxima velocidad, rebasa una señal de parada y automáticamente entra en funcionamiento el freno de emergencia.

- Esta función de la señalización permite asegurar la práctica imposibilidad de una colisión con el tren precedente, por alcance, ante un fallo de la conducción.

- Surge así la tradicional señalización basada en señales luminosas en las entradas a los **cantones** y estaciones.

- Un cantón es un tramo de vía férrea en el que normalmente no puede haber más de un tren, para así evitar una colisión entre dos de ellos.



El Bloqueo automático

- En la operación por sistema de cantón fijo éstos están limitados por las señales, que proporcionan autorización de movimiento para entrar en cada cantón.

- Para que una señal esté en verde y permita la entrada al cantón, se deben cumplir una serie de condiciones:

  - El tren precedente debe haber despejado el cantón.
  - El tren precedente debe haber despejado la longitud de solapamiento después de la siguiente señal.
  - El tren precedente debe estar protegido de los seguidores por una señal de parada.
  - El tren debe estar protegido contra los movimientos opuestos.

El Bloqueo automático

- Cuanto mayor sea el número de cantones en un trayecto, mayor será el número de trenes que puedan circular por él, aumentando la capacidad de tráfico.

- Por lo tanto, todos los esfuerzos deben dirigirse a reducir la longitud de los cantones, siendo condición imprescindible, que la distancia entre señales sea tal que el maquinista tenga tiempo suficiente para poder detener el tren dentro del mismo cantón.

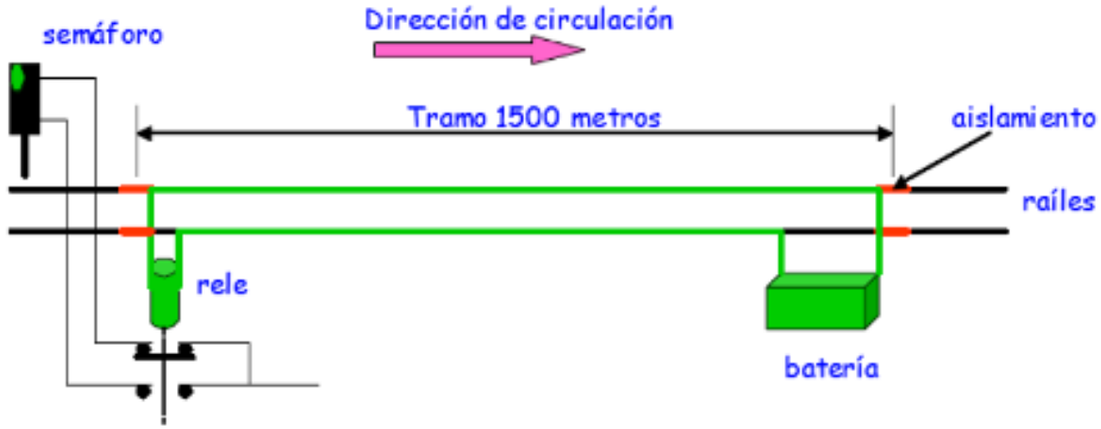
- La longitud mínima del cantón dependerá de:

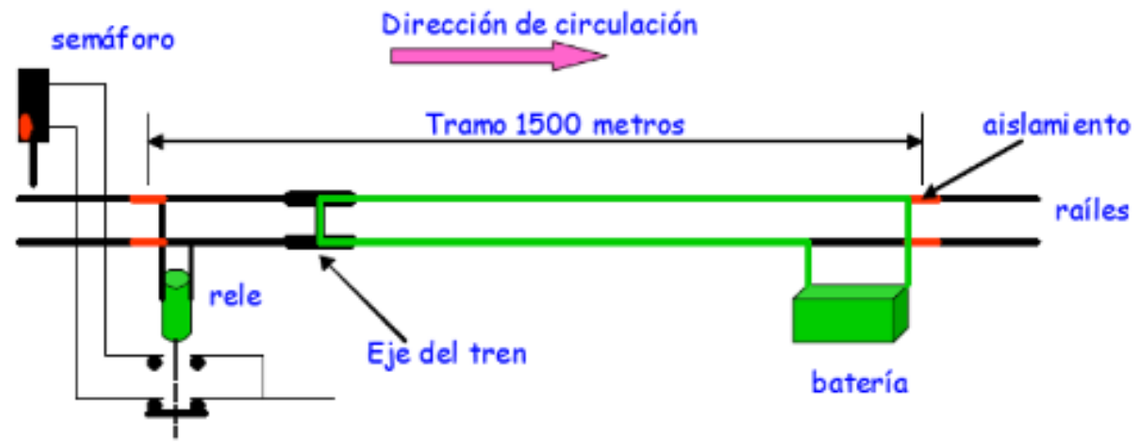
- Distancia de frenado, función del tipo de tren y de la velocidad de circulación establecida para el trayecto.

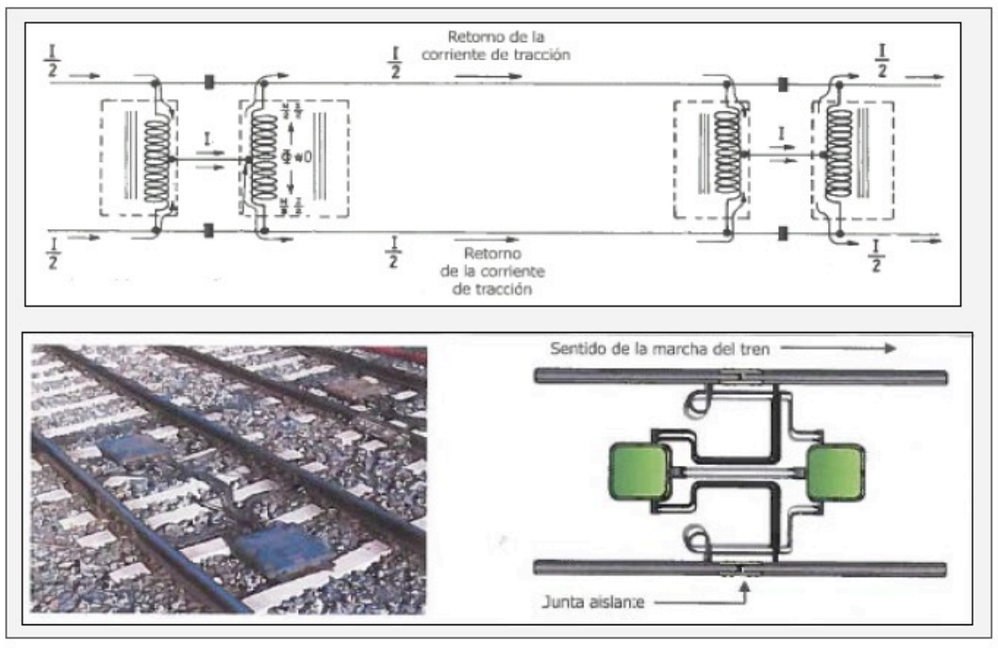
- El tiempo necesario para que, una vez que el Puesto de Mando esté informado de la posición del tren y, confirmada ésta, se pueda accionar la señal correspondiente.

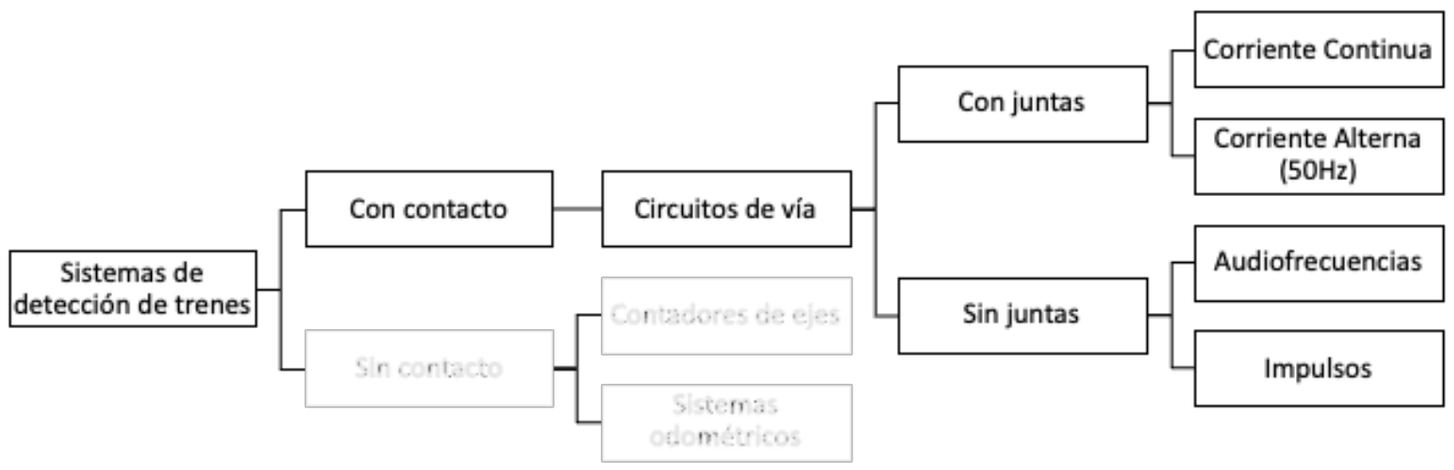
Circuitos de vía

- Un circuito de vía es un circuito eléctrico instalado en un tramo de vía en el que se utilizan los carriles como conductores. El objeto de un circuito de vía es detectar la presencia de vehículos en el tramo de vía en el que se ha instalado, aprovechando la derivación que provocan en el circuito los ejes de los vehículos ferroviarios.



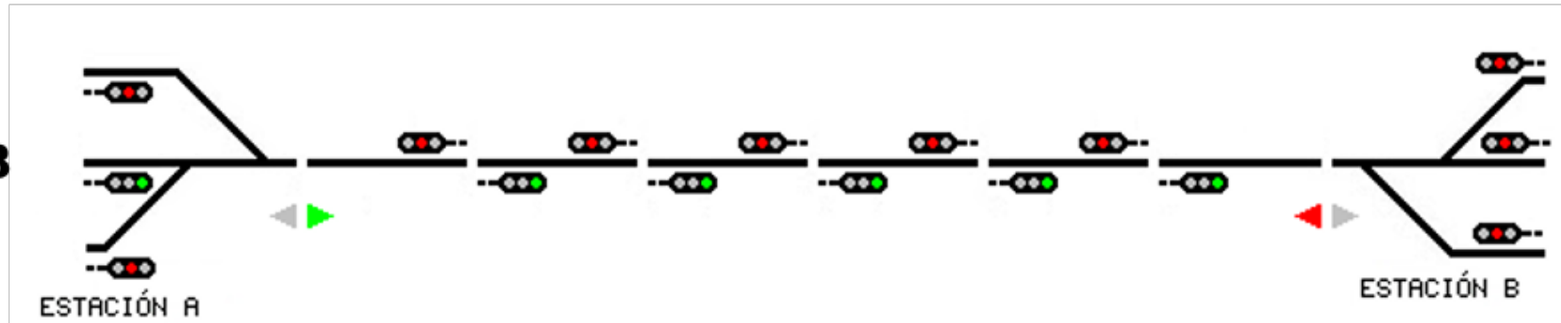




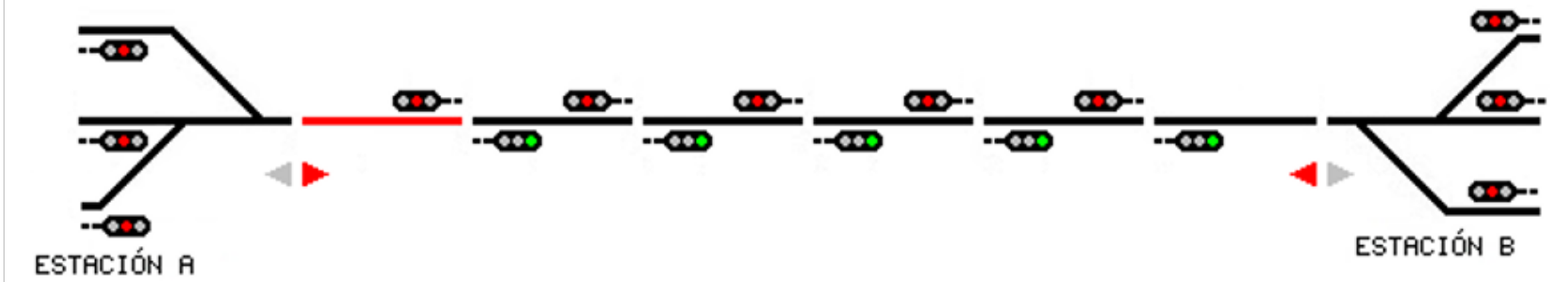


El Bloqueo automático: BAU

Bloqueo establecido A-B

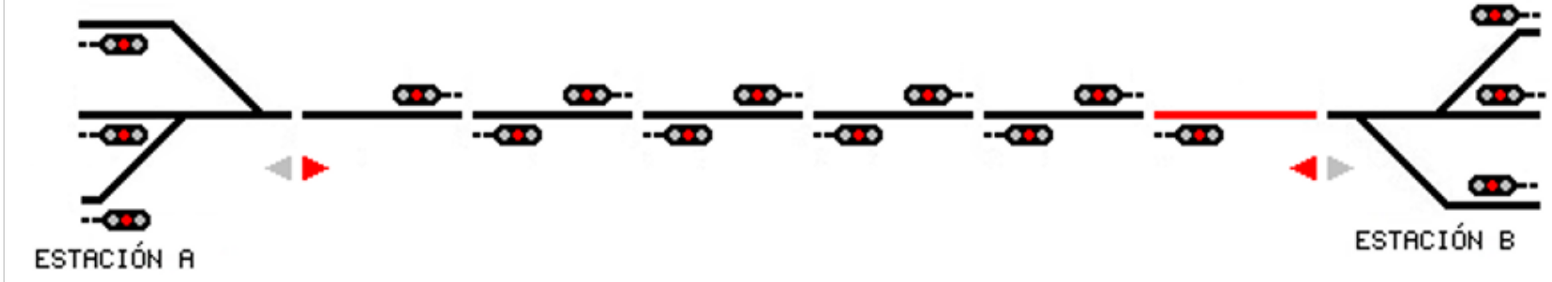


El tren sale de A

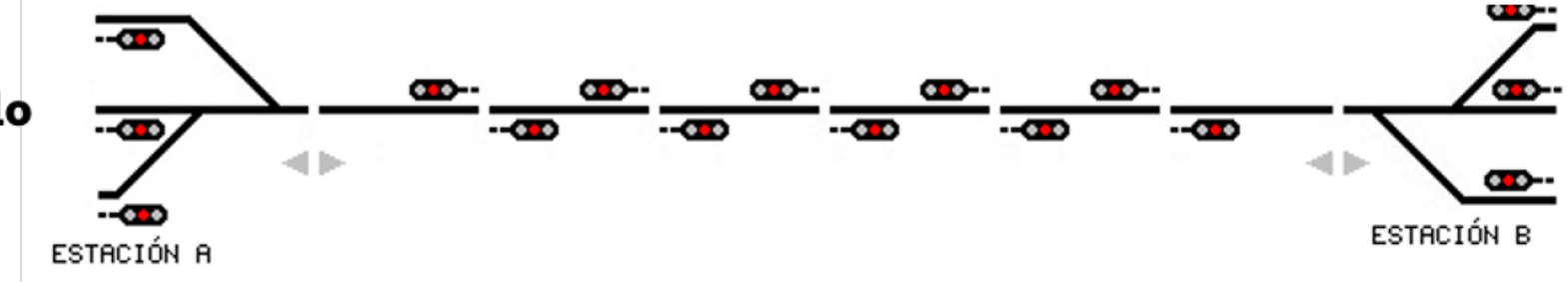


El tren avanza

El tren entrando en B

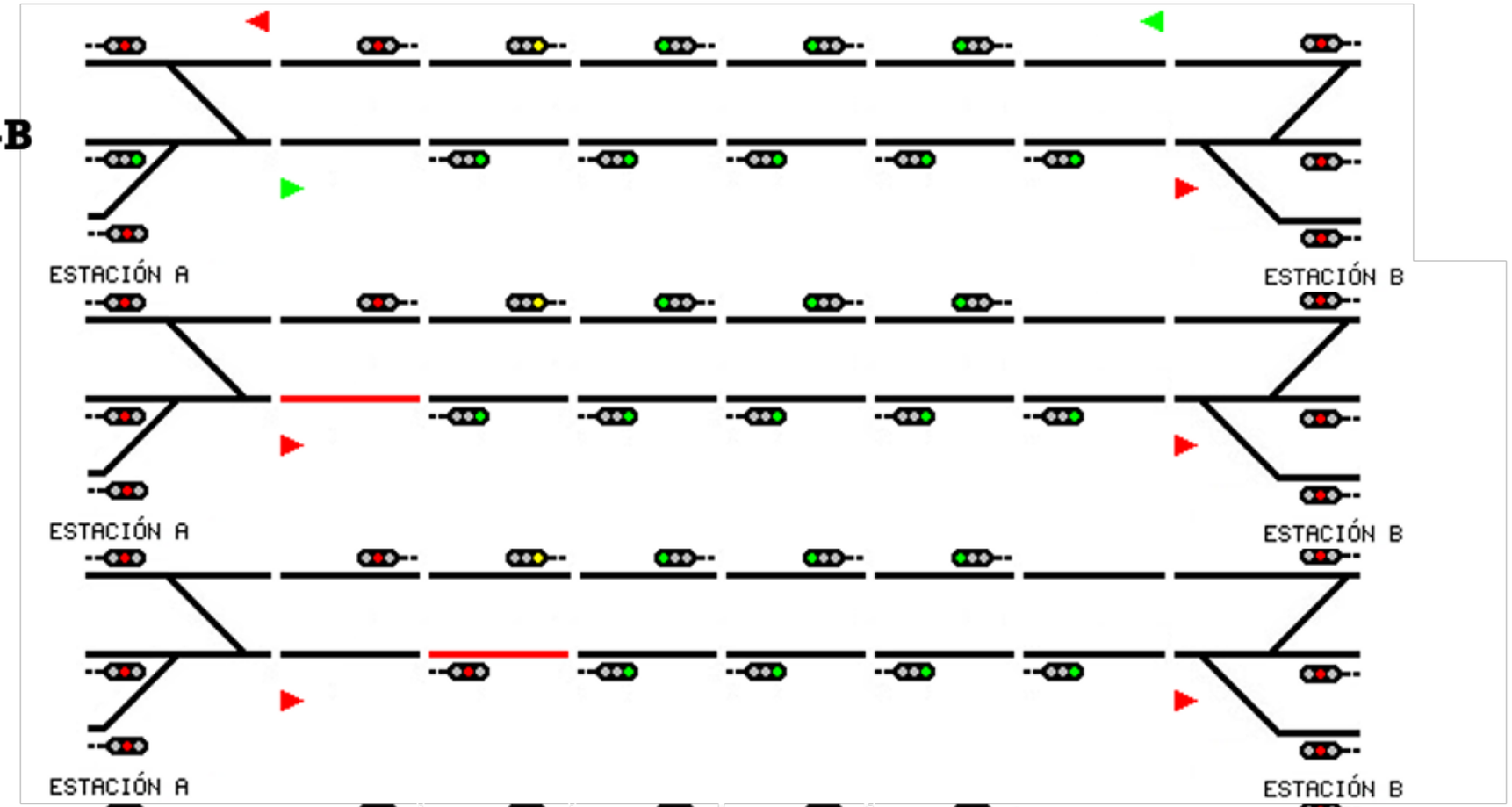


Trayecto desbloqueado



El Bloqueo automático: BAB

Bloqueo establecido A-B



El tren sale de A

El tren avanza

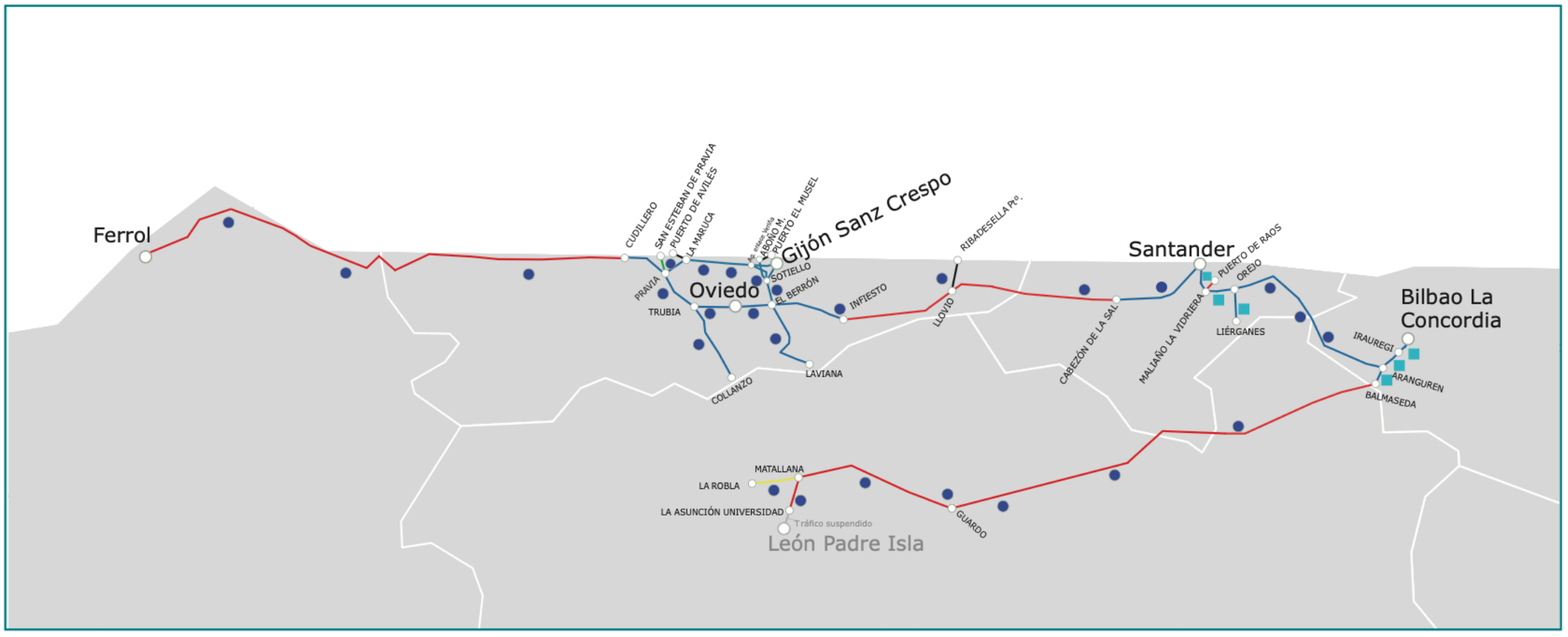
El tren entrando en B

Trayecto desbloqueado

Sistemas de Bloqueo

Bloqueo y sistemas de seguridad de las Líneas de Ancho Métrico

7 MAPA

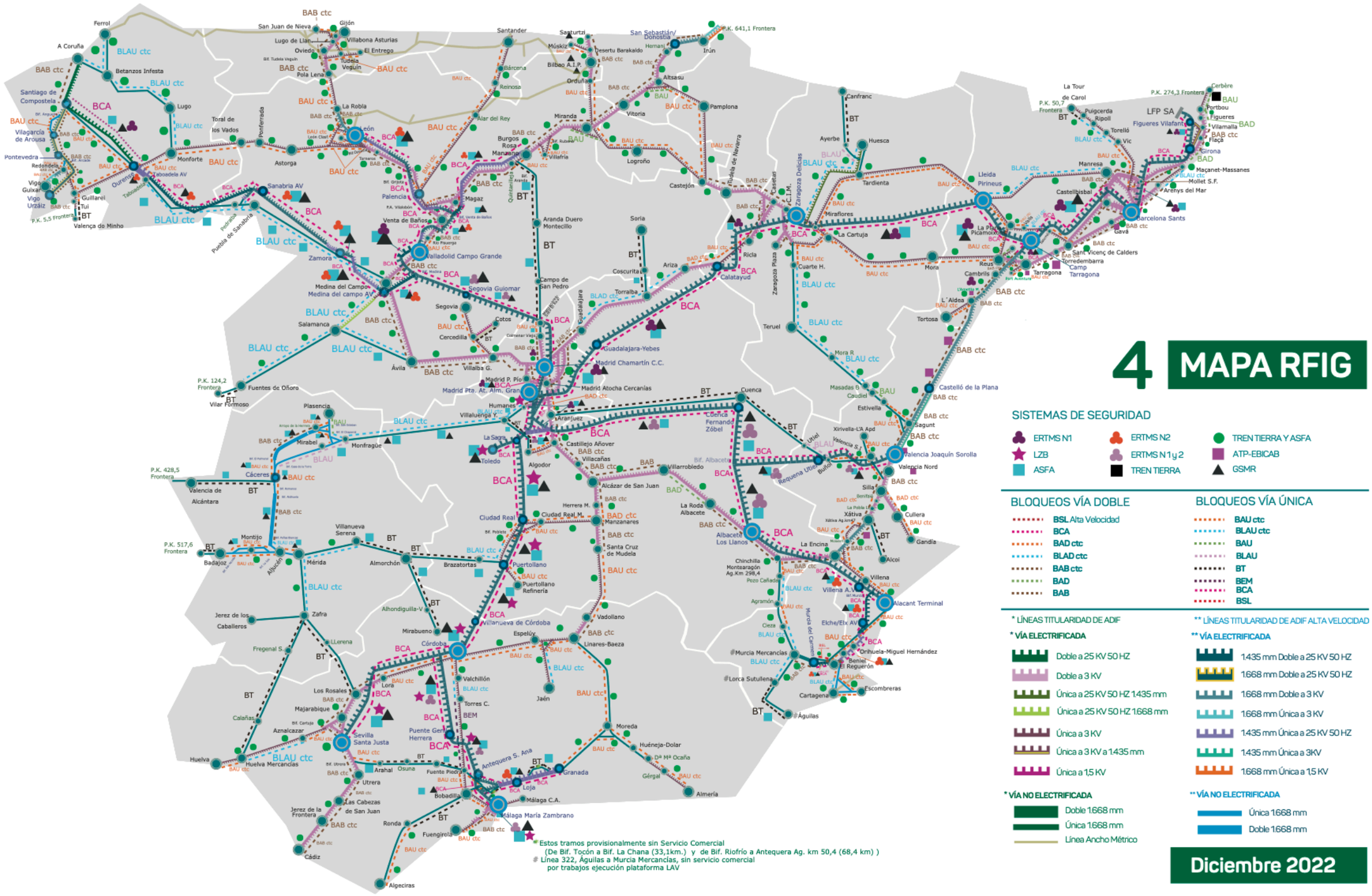


Octubre 2022

- B.T. BLOQUEO TELEFÓNICO
- B.A.U./B.A.D/B.A.B Bloqueo automático + CTC
- B.A.U. Bloqueo automático
- B.E.M. Bloqueo eléctrico manual
- Otros procedimientos (regulado por consigna)

- LÍNEAS ANCHO MÉTRICO Excepto línea 116 Cotos-Cercedilla
- ASFA (analógico)
- ASFA (digital)
- ESTACIONES

Sistemas de Bloqueo



4 MAPA RFIG

SISTEMAS DE SEGURIDAD

- ERTMS N1
- ERTMS N2
- TREN TIERRA Y ASFA
- LZB
- ERTMS N1 y 2
- ATP-EBICAB
- ASFA
- TREN TIERRA
- GSMR

BLOQUEOS VÍA DOBLE

- BSL Alta Velocidad
- BCA
- BAD ctc
- BLAD ctc
- BAB ctc
- BAD
- BAB

BLOQUEOS VÍA ÚNICA

- BAU ctc
- BLAU ctc
- BAU
- BLAU
- BT
- BEM
- BCA
- BSL

* LÍNEAS TITULARIDAD DE ADIF

*** VÍA ELECTRIFICADA**

- Doble a 25 KV 50 HZ
- Doble a 3 KV
- Única a 25 KV 50 HZ 1.435 mm
- Única a 25 KV 50 HZ 1.668 mm
- Única a 3 KV
- Única a 3 KV a 1.435 mm
- Única a 1,5 KV

*** VÍA NO ELECTRIFICADA**

- Doble 1.668 mm
- Única 1.668 mm
- Línea Ancho Métrico

** LÍNEAS TITULARIDAD DE ADIF ALTA VELOCIDAD

**** VÍA ELECTRIFICADA**

- 1.435 mm Doble a 25 KV 50 HZ
- 1.668 mm Doble a 25 KV 50 HZ
- 1.668 mm Doble a 3 KV
- 1.668 mm Única a 3 KV
- 1.435 mm Única a 25 KV 50 HZ
- 1.435 mm Única a 3KV
- 1.668 mm Única a 1,5 KV

**** VÍA NO ELECTRIFICADA**

- Única 1.668 mm
- Doble 1.668 mm

Diciembre 2022

Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- La señalización ferroviaria
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- **Enclavamientos**
- Protección Automática de Trenes (ATP)

Enclavamientos

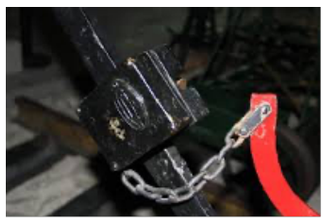
- El **enclavamiento** es la relación de dependencia entre la posición de los dispositivos de accionamiento de aparatos de vía, barreras, etc y sus correspondientes señales, que deben ser accionados en un determinado orden con objeto de garantizar la seguridad de las circulaciones autorizadas en una estación.

- Los principios básicos son los siguientes:

  - No se podrá efectuar la apertura de una señal para autorizar un movimiento antes de haber puesto todos los aparatos de la ruta en la posición correspondiente.

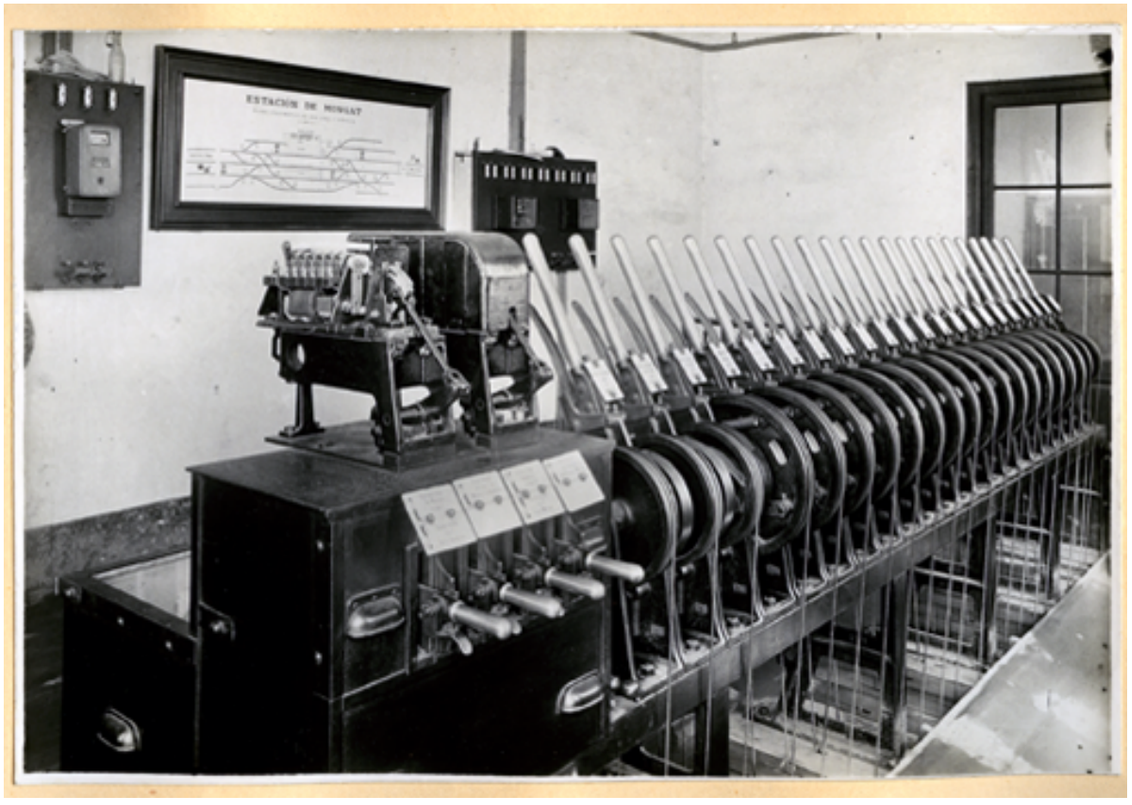
  - No se podrá cambiar la posición de ningún aparato relacionado con una ruta estando abierta la señal que autoriza la misma.

  - No se podrá realizar la apertura de una señal para autorizar un movimiento incompatible con otro ya autorizado.



Enclavamientos

- **Enclavamiento mecánico** de concentración de palancas:
    - Surgen con el desarrollo del transporte ferroviario aumento del tamaño de estaciones. Mayor distancia de desplazamiento para acceder al punto donde está la cerradura.
- Se desarrollan sistemas para realizar a distancia estas maniobras, desde un puesto central donde se concentran todos los mandos. Así se materializa las relaciones (mecánicas) entre las palancas de maniobra de los aparatos de vía y señales y la posición de estos elementos, a través de las transmisiones que los enlazan.



Enclavamientos

Enclavamientos eléctricos

- Son puestos de control con accionamientos a distancia mediante circuitos eléctricos. Las señales mecánicas pasan a ser eléctricas, y los accionamientos de los aparatos de vía se sustituyen por motores eléctricos.

- El aparato central del enclavamiento eléctrico pasa a constar de:

    - Mesa de enclavamientos

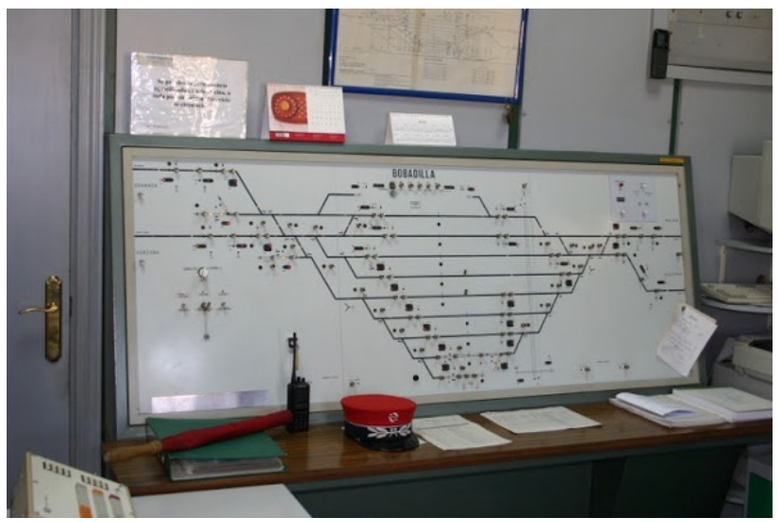
    - Cuarto de relés.

- Ventajas:

    - Mayor rapidez en la transmisión de órdenes y en las comprobaciones.

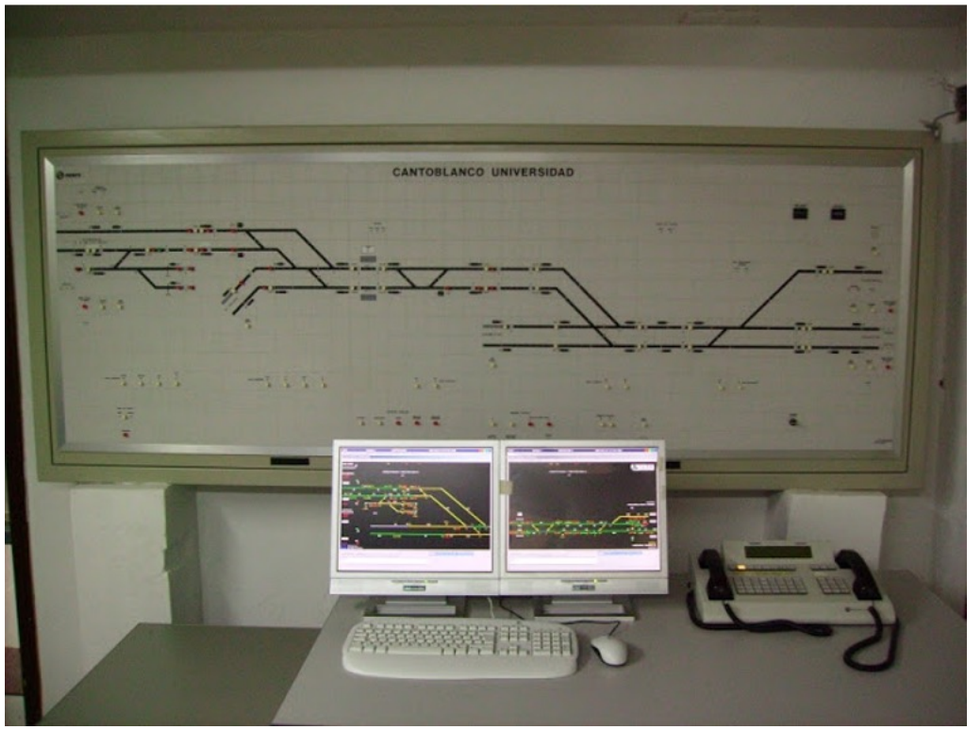
    - No tienen limitaciones físicas de distancia o alineación.

    - El establecimiento de las rutas se agiliza notablemente.

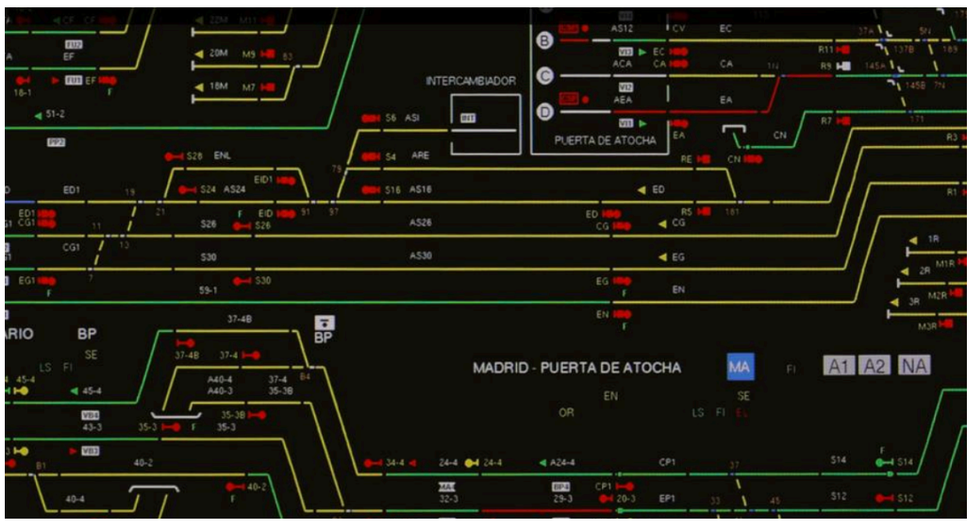


Enclavamientos electrónicos

- El CTC permite gobernar desde un puesto único o enclavamiento central, el tráfico de una zona o línea(s) ferroviaria(s), mediante el intercambio continuo de información entre los aparatos de vía, los trenes y el enclavamiento.



- Elementos necesarios:
  - Enclavamientos eléctricos en las estaciones.
  - BA entre estaciones.
  - Un sistema de comunicaciones que enlace el Puesto Central con el resto de elementos.



Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- La señalización ferroviaria
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- Enclavamientos
- **Protección Automática de Trenes (ATP)**

Índice

- Introducción a la seguridad ferroviaria
- La señalización ferroviaria
- Sistemas de explotación: Bloqueo
- Enclavamientos
- **Protección Automática de Trenes (ATP)**

Sistemas ATP: ASFA

- El sistema **ASFA** (Anuncio de Señales y Frenado Automático) es un sistema de señalización en cabina y ATP, instalado en la mayoría de líneas RENFE, FEVE y AVE.

- Al conductor le sirve de recordatorio de las condiciones de señalización y le obliga a responder a los aspectos restrictivos.

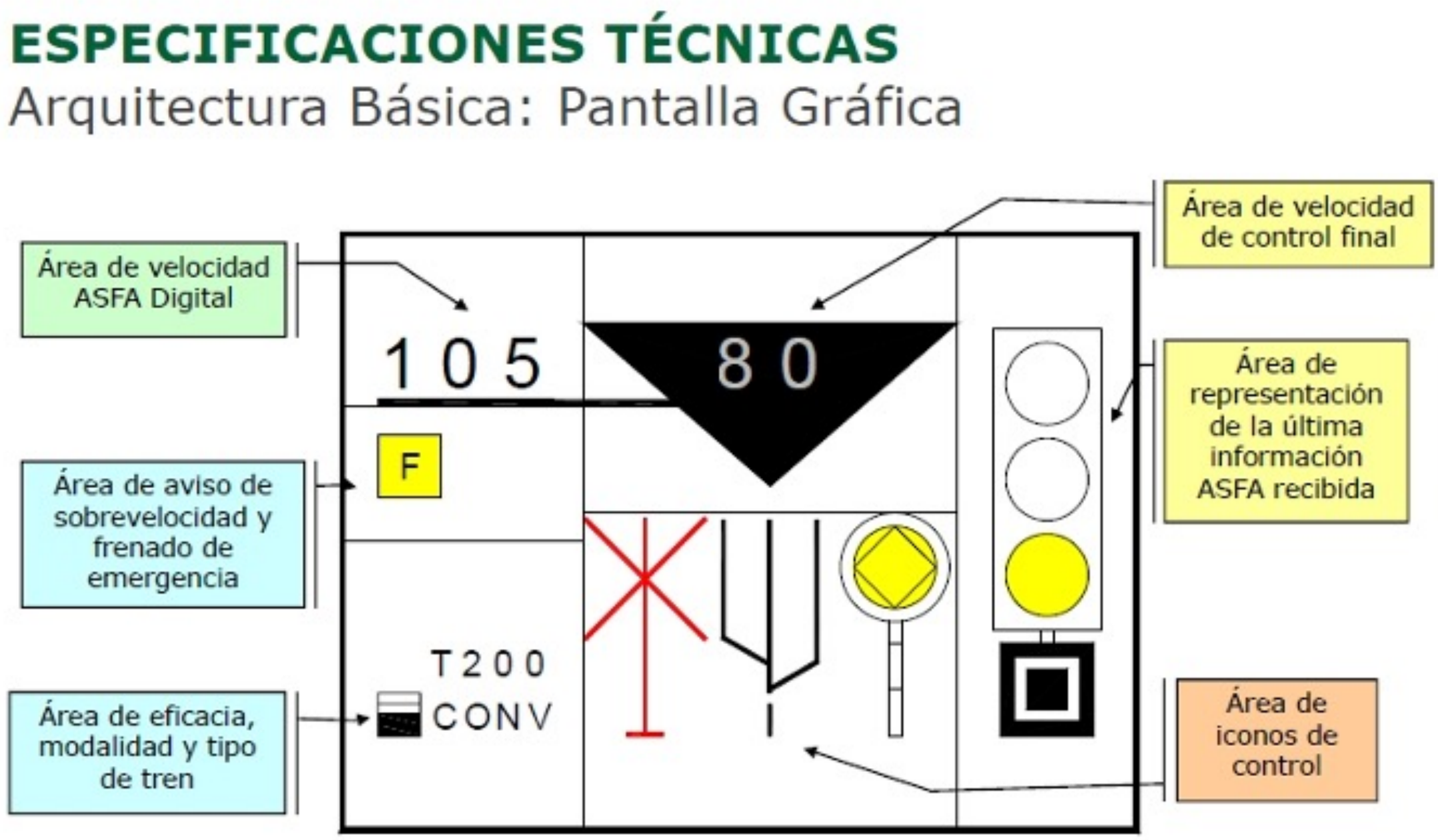
- Se basa en unas balizas ubicadas entre carriles, que reproducen la indicación de la señal. La primera baliza (baliza previa) se sitúa unos 300 metros antes de la señal, y la segunda baliza (baliza de señal) prácticamente a la altura de la señal (5-7 m).

- Dos componentes:

  - Equipo instalado en vía: balizas y armarios de conexión.

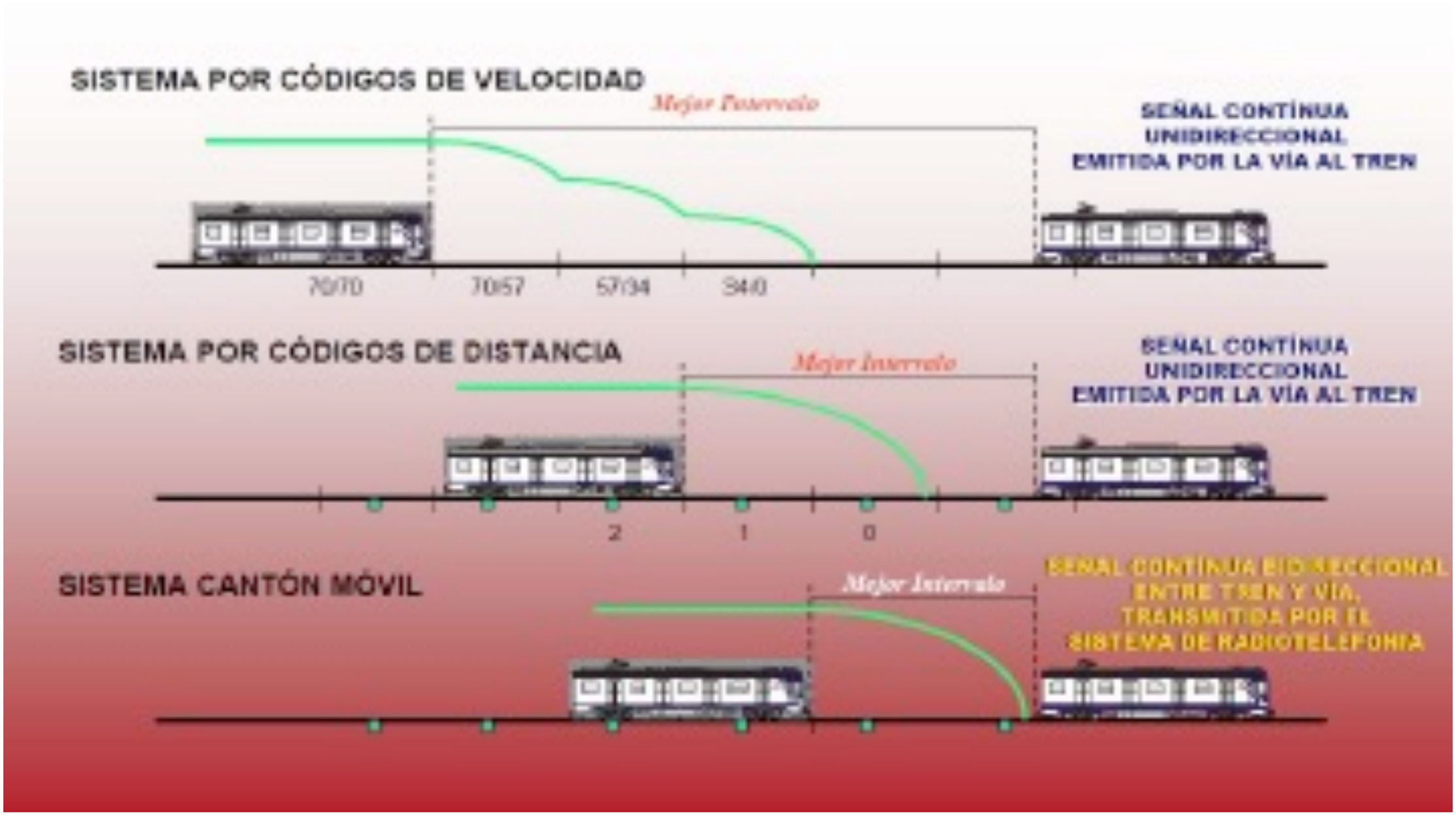
  - Equipo instalado en tren: detector o captador de señal, armario de control y panel indicador. Conectado con los dispositivos de frenado del tren, tacógrafo, registrador de eventos, etc.

Sistemas ATP: ASFA Digital

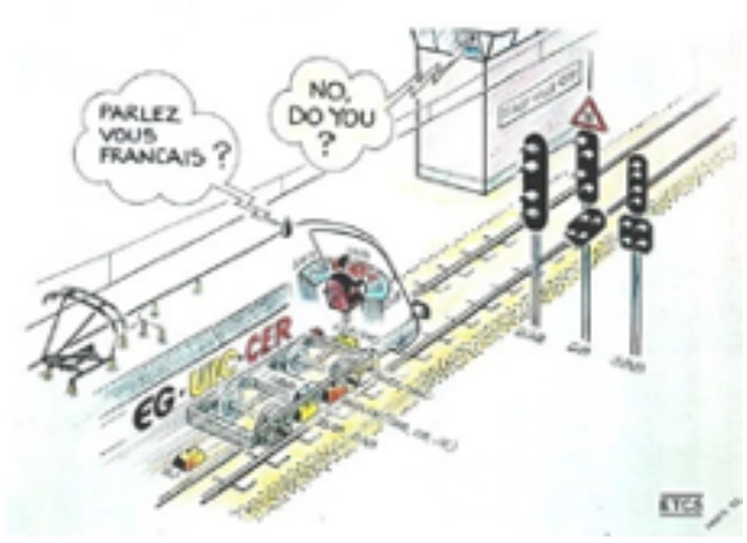


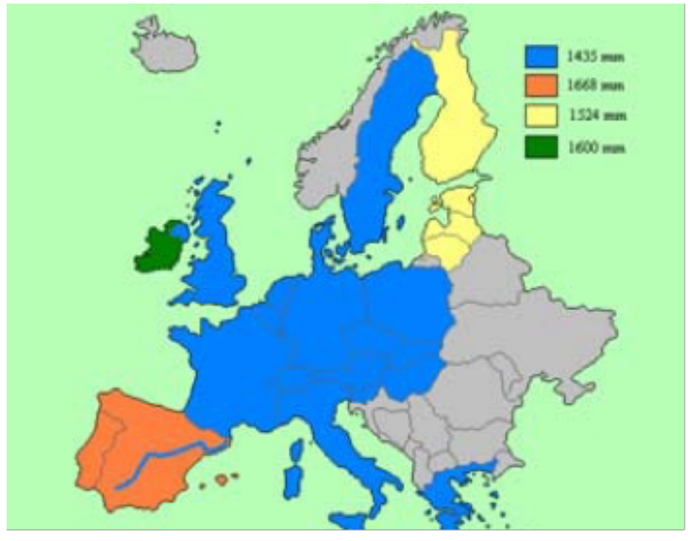
Sistemas ATP: ASFA

Sistemas ATP

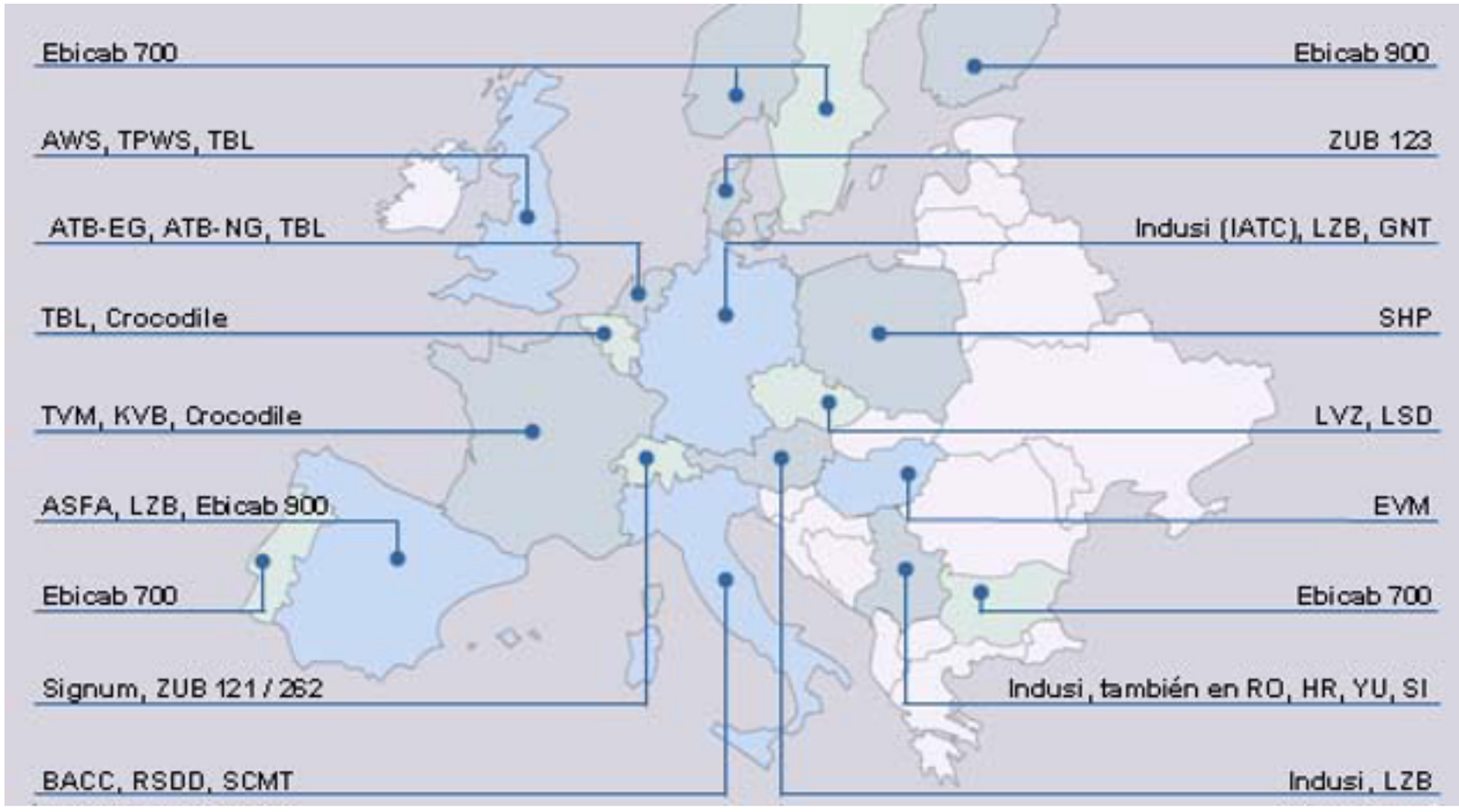


Sistemas ATP: ERTMS





Ancho de vía *Electrificación*



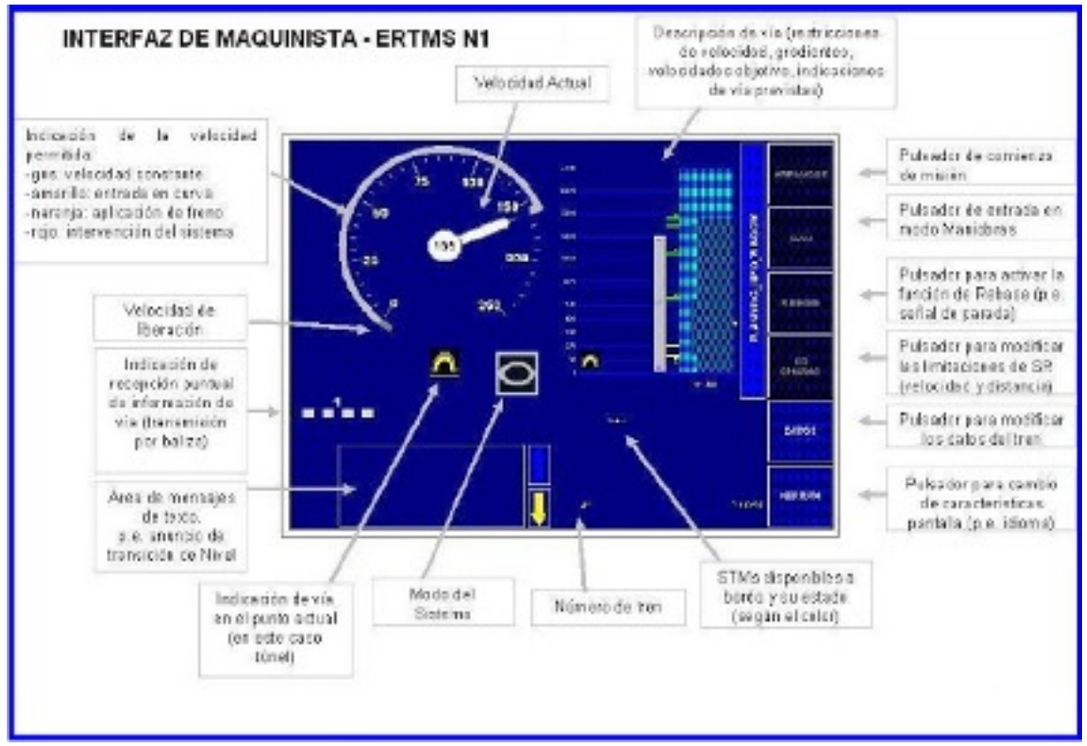
Sistemas ATP: ERTMS

- ERTMS (European Rail Traffic Management System) es el sistema europeo de control , comando y señalización de trenes, creado a comienzos de la década de los 90.

- Dos subsistemas:

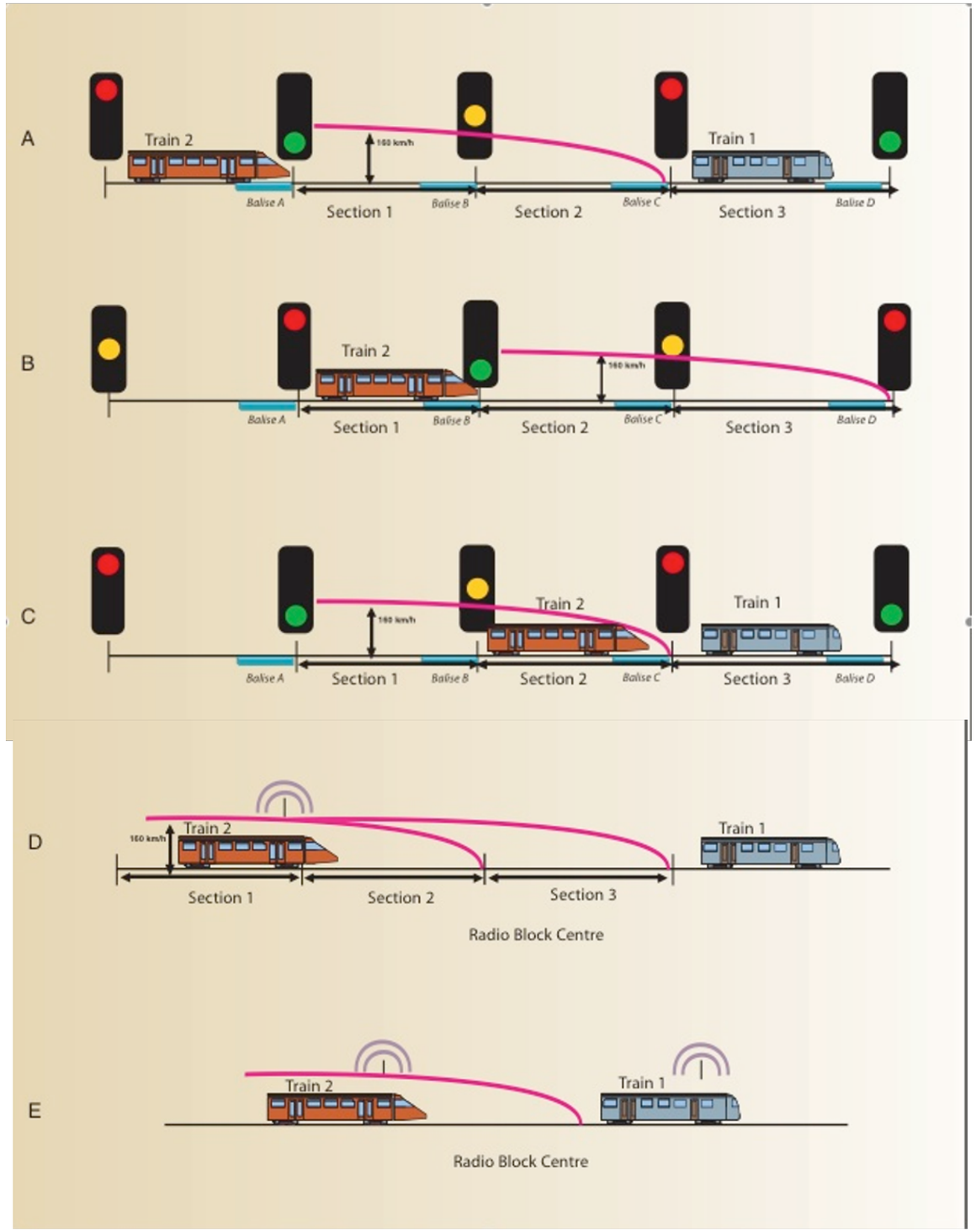
  - **GSM-R** (Global System for Mobile communication – Rail) basado en la tecnología GSM estándar pero usando frecuencias específicas del sector ferroviario y con ciertas funciones avanzadas. Este es el sistema de telecomunicaciones que permite intercambiar información (voz y datos) entre los equipos terrestres y los embarcados.

  - El **ETCS** (European Train Control System), con el que se transmite información de tierra al tren. Un ordenador a bordo (Eurocab) compara la velocidad del tren con la velocidad máxima autorizada en el tramo correspondiente y, en caso necesario, frena automáticamente el tren.



Sistemas ATP: ERTMS

- NIVELES DE IMPLEMENTACIÓN:
  - Depende del equipamiento instalado.
  - Nivel 0: ETCS limitado a vigilancia de la velocidad máxima puntual.
  - Nivel 1: Transmisión puntual por las EUROBALIZAS y equipo ETCS que calcula y supervisa la velocidad.
  - Nivel 2: Supervisión continua de la velocidad y transmisión de posicionamiento vía GSM-R.
  - Nivel 3: Nivel 2 sin circuitos de víaà cantones móviles. Todavía en desarrollo.



Sistemas ATP: ERTMS

Sistemas ATP: ERTMS

Bibliografía

- Díaz de Villegas, J.M. (2003) Ferrocarriles. Apuntes de clase. E.T.S. Ing. Caminos, Canales y Puertos Santander.
- García Álvarez, A. (2022) Manual de ferrocarriles. El sistema ferroviario español. Ed. Garceta.
- https://www.adif.es/sobre-adif/conoce-adif/declaracion-sobre-la-red
- González, F.J. (2009) Señalización ferroviaria: del guardagujas a la operación sin conductor
- Lopez Pita, A. (2008) Explotación de líneas de ferrocarril. Ediciones UPC. Barcelona.
- Losada, C.A. (2009) Señalización Ferroviaria: La interoperabilidad y el sistema ERTMS. I Jornadas de Tecnología Ferroviaria, Noviembre 2009.
- Melis, M & Gonzalez, F.J. (2008) Ferrocarriles Metropolitanos. Tranvías, metros ligeros y metros convencionales. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Madrid.
- Montes Ponce de León, F. (2011) Los sistemas de control de tráfico y señalización en el ferrocarril. Publicaciones de la Universidad Pontificia de Comillas