

conCiencia de tren



CONOCIENDO LAS PRINCIPALES
INNOVACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS
DEL FERROCARRIL



El proyecto **“conCiencia de Tren: Acercando la ciencia y la tecnología del ferrocarril a la ciudadanía”** está impulsado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, está financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) del Ministerio de Ciencia e Innovación en el marco de las Ayudas para el Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de la Innovación del año 2020.

“conCiencia de Tren” tiene como objetivo fomentar el conocimiento de la cultura científica, tecnológica y de innovación de la sociedad española utilizando como eje vertebrador algo tan cotidiano como el transporte ferroviario. Una gran mayoría de personas en España ha utilizado alguna vez “el tren” o “el metro” para moverse de un punto a otro, sin ser conscientes del amplio desarrollo tecnológico, de investigación e innovación que está detrás del funcionamiento del mismo y que en algunos casos es puntero dentro del sector ferroviario español.

Por ello, el proyecto pretende despertar la curiosidad científica de la sociedad transformando la visión del sistema ferroviario, a través de la ciencia, tecnología e innovación que han sido necesarias para su desarrollo, acompañándoles en el proceso desde los antiguos carruajes al moderno sistema ferroviario, así como los actuales avances científicos y tecnológicos desarrollados por parte de entidades españolas que impactarán la movilidad del futuro. Para ello se han utilizado formatos y herramientas útiles para acercar la actividad investigadora y científico-tecnológica a la sociedad. Para ello, se han creado nuevos soportes sugestivos, cercanos y eficaces que puedan ser aprovechados para establecer puentes entre los desarrollos científico-tecnológicos y de innovación del sector ferroviario español y, el público general. Todo el material generado está disponible en la página web www.ffe.es/concienciadentren.

Durante el desarrollo del proyecto **“conCiencia de Tren”** se persigue cumplir los siguientes objetivos:

- Acercar la ciencia, tecnología y actividad investigadora y de innovación del Sector Ferroviario a la sociedad española y atraer talento al modo ferroviario.
- Fomentar el reconocimiento del ferrocarril como ejemplo de los valores que aportan los avances científico-tecnológicos y de innovación al bienestar social y económico.
- Dar a conocer los desarrollos científico-tecnológicos y de innovación desarrollados por entidades y centros de investigación españoles y fomentar vocaciones en el ámbito ferroviario.
- Fomentar las vocaciones científicas y el espíritu innovador entre los estudiantes, fundamentalmente entre las jóvenes y las niñas, animándolas a decantarse por disciplinas relacionadas con la investigación e innovación en el ferrocarril (STEAM).
- Transmitir a la ciudadanía el papel del ferrocarril como modo respetuoso con el medio ambiente dotándoles de la base científica y de innovación detrás de esta afirmación.

EL FERROCARRIL ES UN SISTEMA FORMADO POR DISTINTOS SUBSISTEMAS QUE HACEN QUE FUNCIONE COMO UN TODO. ESTOS SUBSISTEMAS SON:



EL FERROCARRIL ES :

**SOSTENIBLE / SEGURO / CONECTADO / CÓMODO /
RÁPIDO / FIABLE**

El ferrocarril está en constante proceso de innovación científico-tecnológica y desarrollo. Los proyectos ferroviarios innovadores, junto con la digitalización de las operaciones y al empleo de la capacidad de procesamiento de la inteligencia artificial entienden la movilidad como un elemento de cohesión social y crecimiento económico, dando soluciones a problemas reales y garantizando un sistema de transportes y logística rápido, eficiente, sostenible, seguro, conectado y resiliente, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. El ferrocarril es uno de los instrumentos para la consecución de los mismos siendo el futuro modo de transporte vertebrador del territorio y el más sostenible y ecológico.



Infraestructura

Los elementos que componen la infraestructura son:

1 LA PLATAFORMA DE LA VÍA es la superficie modificada para asentar las vías. Está formada por la infraestructura de la vía y la superestructura de la vía.

La **infraestructura de vía** es el conjunto de obras de tierra y fábrica necesarias para la adecuación del terreno. Estas acciones servirán para construir la plataforma sobre la que se apoya la **superestructura de vía**, que es por donde circulan los trenes

La infraestructura de vía se divide en:

- Estructura de asiento son las obras para conseguir las cotas o alturas por las que circulará el tren. La estructura de asiento puede ser en terraplén cuando se rellena el terreno o, de cortes o trincheras cuando lo que se hace es excavar el terreno.
- Las obras de fábrica son las que buscan dar respuesta a problemas derivados de la orografía del terreno y pueden ser:

- PUNTES
- VIADUCTOS:
- TÚNELES
- PONTONES
- PASOS A NIVEL
- MUROS
- DRENAJES
- SUBBALASTO

La superestructura de vía se compone de:

- **BALASTO:** es la grava que, formando una capa, se extiende bajo otros componentes que integran la vía férrea para asentar y sujetar las traviesas que soportan los carriles.
- **TRAVIESAS:** son el elemento de apoyo sobre el que se atornillan los carriles pudiendo ser de madera, hormigón o metal.
- **SUJECIONES:** elementos que fijan el carril a la traviesa.
- **JUNTAS AISLANTES:** permiten la unión de dos segmentos de carriles. Estas juntas son las que forman los circuitos de vía que se usan en la señalización.
- **CARRILES:** cada una de las barras perfiladas de hierro o acero que, formando dos líneas paralelas, sirven de soporte y guía de los trenes y como conductor de las corrientes eléctricas.
- **La vía en placa** Su colocación se realiza sin balasto, sobre una placa de hormigón.

1 INSTALACIONES FERROVIARIAS

Son dispositivos, aparatos y sistemas que permiten el servicio ferroviario y las edificaciones que los albergan. Estas instalaciones pueden ser de electrificación, de señalización y seguridad, y las de comunicaciones.

También son instalaciones ferroviarias los espacios y edificios como:

- ESTACIONES.
- TERMINALES LOGÍSTICAS O DE CARGA.
- TALLERES.

La innovación científico-tecnológica del ferrocarril en las infraestructuras busca:

- **Mayor Sostenibilidad.** La orografía existente en nuestro país ha supuesto un reto y un desafío a la ingeniería en España, haciendo que se desarrollen innovaciones tecnológicas en la construcción de infraestructuras ferroviarias. La mejora en la construcción de los nuevos trazados y las variantes de los ya existentes, han hecho que los trenes puedan circular de manera más rápida y “recta”, optimizándose así la gestión de la operación ferroviaria.
- **Integración** paisajística, ambiental y urbanística. La innovación tecnológica también ha buscado soluciones para que el impacto sobre la fauna, la flora y el paisaje sea mínimo.
- **Seguridad.** El ferrocarril es uno de los modos de transporte más seguro tanto en el transporte de viajeros como de mercancías. La innovación tecnológica trabaja para lograr soluciones seguras, por ejemplo, reduciendo los accidentes en los pasos a nivel, que son los puntos de intersección entre los vehículos, las personas y el ferrocarril.
- **Confort.** La innovación en las soldaduras de los carriles de las vías, la tecnología usada en la construcción de los cambios de vía y en las nuevas líneas con vía en placa de hormigón, hacen que disminuyan las vibraciones y traqueteos de los vehículos al circular, así como los ruidos interiores y exteriores.



ALGUNAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LAS INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

- **Sistemas auxiliares de detección**

Son aparatos que detectan y alertan de incidencias que puedan surgir en la vía en tiempo real y que puedan afectar a las condiciones óptimas del trazado, la infraestructura, incluso del estado de los trenes. Esta información la reciben los CTC o Centros de Tráfico Centralizado. Estos sistemas permiten adaptar las circulaciones de los trenes a las condiciones del entorno, proteger el trazado de agresiones, y corregir lo que pueda afectar a la calidad del servicio, mediante un mantenimiento preventivo dinámico.

- **El tercer carril.**

Es una solución innovadora para hacer compatible y simultánea la explotación ferroviaria de tráficos de trenes de viajeros y de mercancías, en dos anchos de vía diferentes. En España, el tercer carril permite la circulación de trenes de viajeros y mercancías con velocidades superiores a 200 km/h.

PROYECTOS INNOVADORES EN EL ÁMBITO DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

- **AEROTRAVIESA.** Se trata de un diseño innovador de las traviesas con forma geométrica, lo que evita que los trenes que pasan a muy alta velocidad levanten las piedras de balasto a su paso, evitando así los daños en la parte inferior de los trenes y mejorando el mantenimiento de los vehículos y la seguridad de los mismos.

- **LIFE IMPACTO CERO** o barreras anticolidión de aves. Se trata de un elemento visual en los márgenes de ciertos puntos de la plataforma ferroviaria, que será percibido por las aves como un obstáculo en su vuelo, lo que hace que corrijan su trayectoria.

- **Proyecto SIMPLE – Digitalización de las mercancías.**

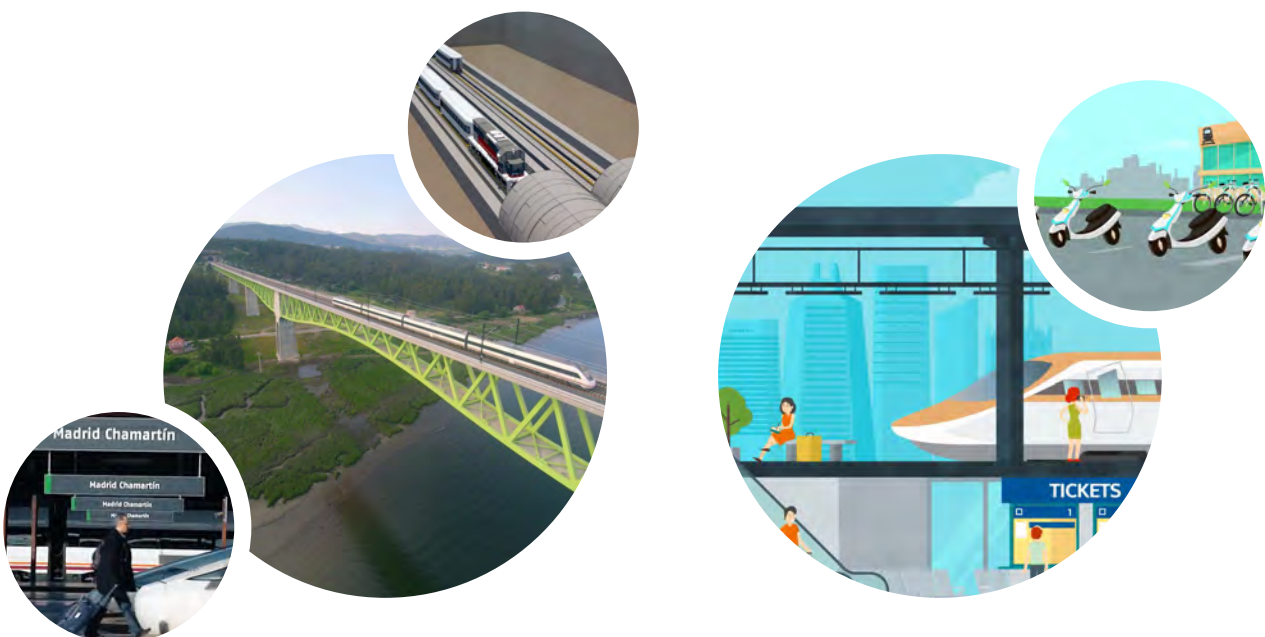
Este proyecto español de vanguardia internacional es una plataforma tecnológica que recopila toda la información de la cadena logística en la nube, y asegura la interoperabilidad entre los diferentes modos y nodos de transporte de mercancías nacionales y su integración a nivel internacional.



ALGUNAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA ESPAÑOLA

En España tenemos algunas de las grandes construcciones de récord como los dos Viaductos del Ulla, que son el más largo de Europa y el más alto de España con una altura de pila de 117m, o el Túnel de Guadarrama, que con una longitud de 28 km es el 5º túnel ferroviario más largo del mundo.

- **La Variante de Pajares.** Mediante la construcción de una nueva línea con tres túneles, se redujo la distancia a recorrer pasando de 82,5 km a 49,7 km.
- **El túnel de Atocha-Chamartín.** Se trata de un túnel urbano con doble vía y ancho internacional. Tiene una longitud de 6,8 kilómetros y conecta la circulación de alta velocidad ferroviaria que pasa por Madrid uniendo el norte y sur de España. Además, este túnel une las estaciones de alta velocidad de Madrid-Puerta de Atocha con Madrid-Chamartín, favoreciendo la interoperabilidad.
- Proyectos como **Smart Station** que prevé el desarrollo de una estación inteligente, en el que se da importancia a la conexión de la estación con la ciudad, contemplando criterios de eficiencia energética y conectividad con el viajero. el Proyecto Ecomilla que tiene como objetivo fomentar una movilidad sostenible en la primera y última milla de los viajeros, desde el origen inicial a la estación y desde la estación al destino final.



Material rodante

El material rodante ferroviario son todos los tipos de vehículos dotados de ruedas capaces de circular sobre una vía férrea, y cuyo principal objetivo es transportar distintos tipos de carga, incluidas personas.

La innovación científico-tecnológica en el ferrocarril ha trabajado para conseguir:

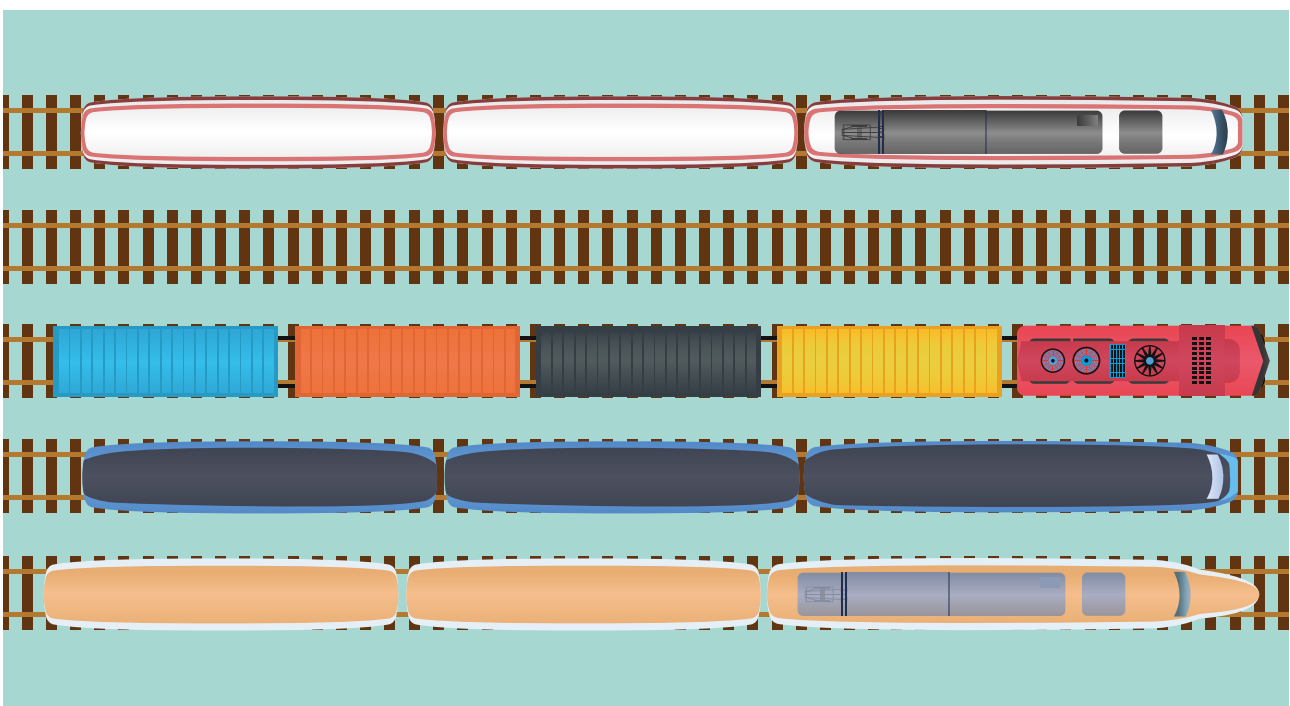
- **Mayor SOSTENIBILIDAD.** El ferrocarril desarrolla vehículos con una tracción más ecológica, contribuyendo a la descarbonización de los transportes y más concretamente del ferrocarril como medio de transporte con cero emisiones de CO₂.

Se optimizan tanto el número de circulaciones, como la capacidad de transporte de los vehículos, el ahorro de energía, el uso de la infraestructura, los horarios y el tiempo de viaje.

- **Mayor VELOCIDAD.** La ligereza de los materiales avanzados en los vehículos, la innovación en la fabricación aditiva o impresión industrial de piezas 3D, junto con innovaciones en la aerodinámica, han hecho que los vehículos ferroviarios sean capaces de alcanzar velocidades muy altas y reducir los tiempos de viaje.

- **VERSATILIDAD.** Se ajusta a la demanda y necesidades del cliente, tanto en los servicios de cercanías de las ciudades, como en las líneas de alta velocidad o los tráficós de las terminales logísticas portuarias.

El material móvil ferroviario se ha adaptado a situaciones puntuales e inmediatas como pueden ser las emergencias sanitarias y humanitarias.



INNOVACIONES EN EL DISEÑO DEL MATERIAL RODANTE

La innovación y la tecnología también se han centrado en mejorar los diseños de las locomotoras, los coches y vagones. Los nuevos diseños tienen en cuenta el estudio de la aerodinámica y la dinámica ferroviaria, para contrarrestar las fuerzas a las que el ferrocarril se enfrenta al circular.

En el diseño de los trenes también se tiene en cuenta el confort del viajero, pasando de los asientos de madera, a otros en los que la aplicación de los estudios sobre ergonomía y nuevos materiales hacen que la experiencia del viajero sea más agradable.

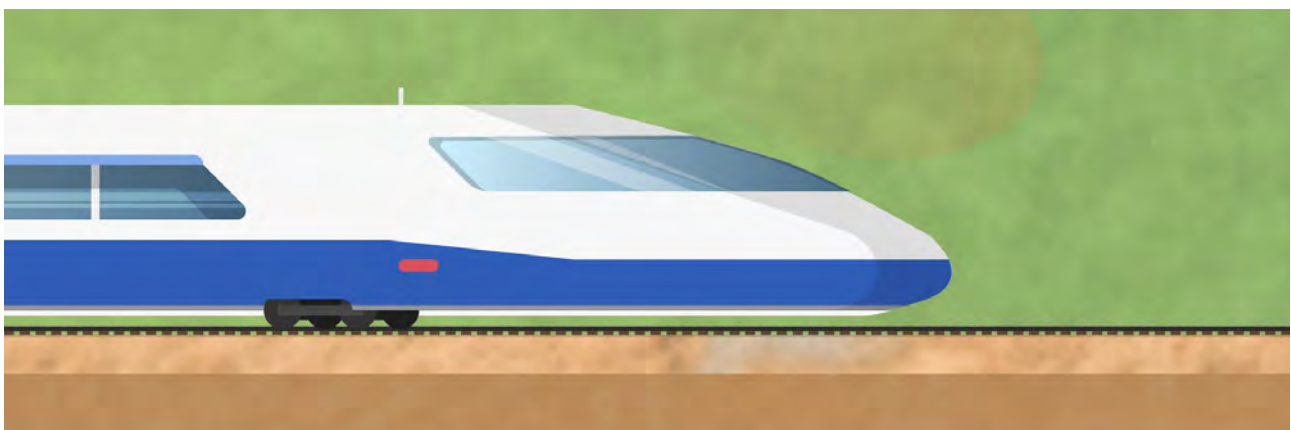
En la misma línea, los trenes incorporan mejoras en la conexión a través de internet a bordo de tal manera que cada uno de los pasajeros puede disfrutar de su ocio a medida.



DE LA REPARACIÓN POR AVERÍA AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

El mantenimiento preventivo y predictivo de la infraestructura y del material rodante persigue aumentar la disponibilidad de los vehículos y tener siempre la infraestructura a punto. Para ello se incorporan nuevas herramientas tecnológicas que permiten conocer en tiempo real, a través de la toma de decenas de miles de datos, el comportamiento de todos los sistemas de los trenes en operación.

Posteriormente se realiza un análisis descriptivo, se generan alarmas de actuación inmediata y se crean modelos que permiten llevar a cabo un mantenimiento predictivo de los trenes.



ALGUNAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN EL MATERIAL RODANTE

EL FRENO REGENERATIVO. TRENES DE TRACCIÓN ELÉCTRICA

Los Trenes eléctricos son los que usan energía eléctrica para su funcionamiento y son capaces de, a través del Freno regenerativo, comportarse como generadores durante el proceso de frenado, transformando parte de la energía cinética y potencial en energía eléctrica.

Además, el hecho de que estén conectados mediante el pantógrafo a la catenaria y por ello a una red de energía eléctrica, hace que esta energía pueda emplearse para:

- El propio tren, para dar energía a todos sus sistemas eléctricos (iluminación, aparatos de climatización)
- El sistema ferroviario, para su uso en otros trenes que circulan por la misma vía, para la señalización, para dar luz en las instalaciones ferroviarias...
- La red eléctrica pública para su uso en puntos de recarga de vehículos eléctricos, son los conocidos como FERROLINERAS y METROLINERAS

EL TREN DE TRACCIÓN DE PILA DE HIDRÓGENO

La electricidad que usan estos trenes, proviene de un proceso de transformación del hidrógeno contenido en unos depósitos y el oxígeno existente en el ambiente. Esta energía se almacena en unas baterías que alimentan al tren. Durante este proceso se genera vapor de agua que se expulsa al exterior.

EL TREN DE TRACCIÓN DE GAS LICUADO

El uso de Gas Licuado contribuye a reducir la contaminación medioambiental, y reduce los costes operativos por ser más barato que los combustibles derivados del petróleo. Además, es una alternativa en tramos no electrificados.



CIRCULACIÓN DE TRENES CON DISTINTOS ANCHOS DE EJES.

Debido a las diferencias existentes en la red ferroviaria española y en otros países, surgió la necesidad de desarrollar intercambiadores y vehículos capaces de variar los anchos de los ejes de las ruedas de los trenes.

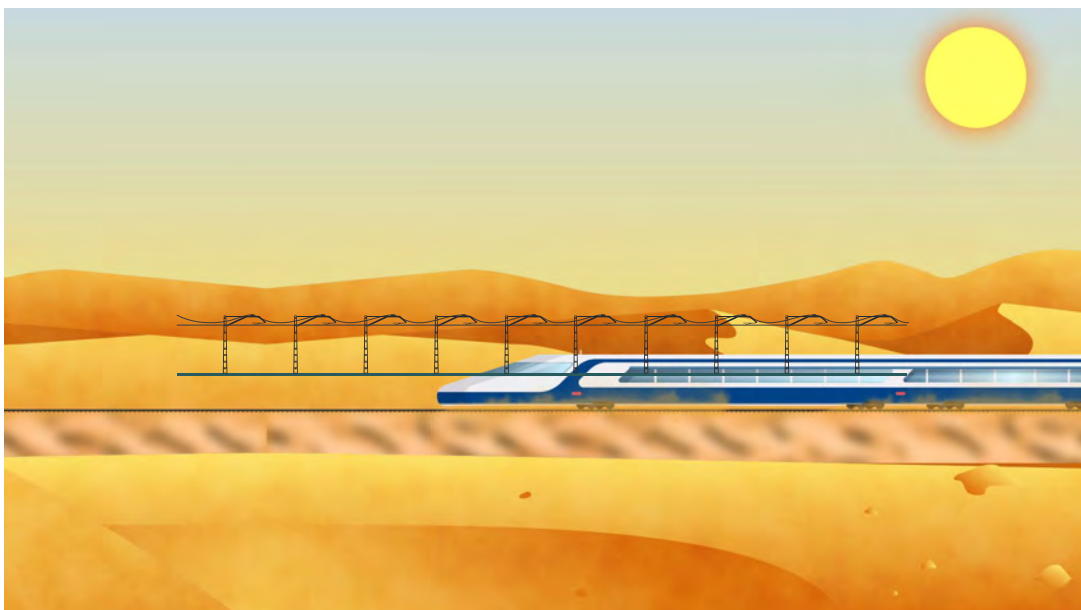
Uno de los últimos desarrollos tecnológicos son los bogies de ejes de ancho variable para vagones de mercancías. Los hay con dos tipos de medida de rueda, dependiendo del tipo de vagones de mercancías en el que vayan.

Estos dos desarrollos tecnológicos permiten una mayor versatilidad de los tráficos ferroviarios permitiendo conseguir la interoperabilidad ferroviaria nacional e internacional.

EL TREN DEL DESIERTO

La industria ferroviaria española trabajó en diferentes innovaciones poniendo en marcha el tren del desierto. Éste se trataba de un proyecto cuyo objetivo era la puesta en servicio de un tren de alta velocidad, con una velocidad de servicio de 300 Km/h, mitigando las condiciones extremas del desierto que puedan afectar a la infraestructura, las comunicaciones, el material rodante y el confort de los viajeros.

Para ello se incorporaron más de 30 tecnologías adicionales específicamente desarrolladas para este proyecto.



El objetivo de la señalización es dar información exacta sobre la localización de los trenes en la vía, la velocidad a la que se puede circular con total seguridad y la situación en la que se encuentran los tramos de vía en cada momento.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA SEÑALIZACIÓN

1. El Puesto central de circulación es el encargado de la gestión del tráfico entre las estaciones. A estos puestos llega toda la información de las instalaciones de seguridad existentes en su zona de supervisión de la vía, y gestionan las operaciones de regulación del tráfico.

Las instalaciones de seguridad son:

- **Equipos de detección de tren**, que determinan la presencia del tren en un tramo determinado de la vía, denominado **circuito de vía o cantón**.

- **Enclavamiento o puestos de operación local**. Es el sistema que asegura la circulación de un tren: estableciendo, accionando los desvíos y supervisando un determinado movimiento o ruta del tren. El administrador ferroviario desde el cuadro de mandos podrá visualizar el estado, realizar las órdenes de movimiento y gobernar cada elemento de circulación. Estos elementos son:

Las **señales ferroviarias**, las **agujas** y los **pasos a nivel**

- **Equipo de bloqueo**. Es el sistema que asegura la circulación de trenes entre los puntos establecidos en el enclavamiento.

2. El tráfico ferroviario circula coordinadamente por una red inmensa en la que diariamente se producen cientos de cruces de trenes, salidas y llegadas a estaciones. **Los Centros de Gestión de Tráfico** controlan y coordinan el tráfico ferroviario.

La señalización y comunicación en el ferrocarril están relacionadas con la **explotación ferroviaria**. Esta es el conjunto de técnicas, medios y modos que garantizan la circulación de trenes con seguridad y fluidez, y que encaminan cada tren hacia su destino según el horario establecido.

Los movimientos que sigue un tren en su trayecto vienen definidos por una **gráfica de espacio-tiempo**, en la que se mide el tiempo planificado y los puntos kilométricos de paso del tren. Esta gráfica se denomina **malla de explotación**. En estas mallas se representan los distintos trenes de una misma línea.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

ERTMS: Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario

En cada país, los sistemas de señalización y comunicaciones, tanto de los trenes como de la infraestructura, tienen unas especificaciones propias. Para conseguir una interoperabilidad, es decir, que los trenes puedan circular por todo el territorio único europeo, se desarrolla el Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario (ERTMS).

El “ERTMS” es un sistema de Control Automático de Trenes que permite su circulación por las redes europeas sin necesidad de cambiar locomotoras y maquinistas en las fronteras. Es, en esencia, un mecanismo que permite la comunicación entre el tren y la vía y los centros de control de tráfico ferroviario, activando ciertas acciones de forma automática en caso de que sean necesarias.

Sistema satélite GALILEO

El sistema satélite Galileo es una iniciativa en la que participa España y que consiste en el desarrollo de un sistema de posicionamiento de trenes con gran fiabilidad y eficiencia, gracias a la integración de los sistemas por satélite con el ERTMS. GALILEO permitirá la mejora de los sistemas de posición real de los trenes con la creación de balizas de posicionamiento virtuales, aumentando las prestaciones de seguridad y eficiencia del sistema ERTMS.

Conducción automática de trenes

Mediante las comunicaciones entre el equipamiento del tren y de la vía, se puede gestionar el tráfico de trenes localizándolo en todo momento, mejorando la fiabilidad, puntualidad y frecuencia de los trenes, así como reduciendo su consumo energético, gracias a una gestión inteligente de la energía de tracción y de frenado.

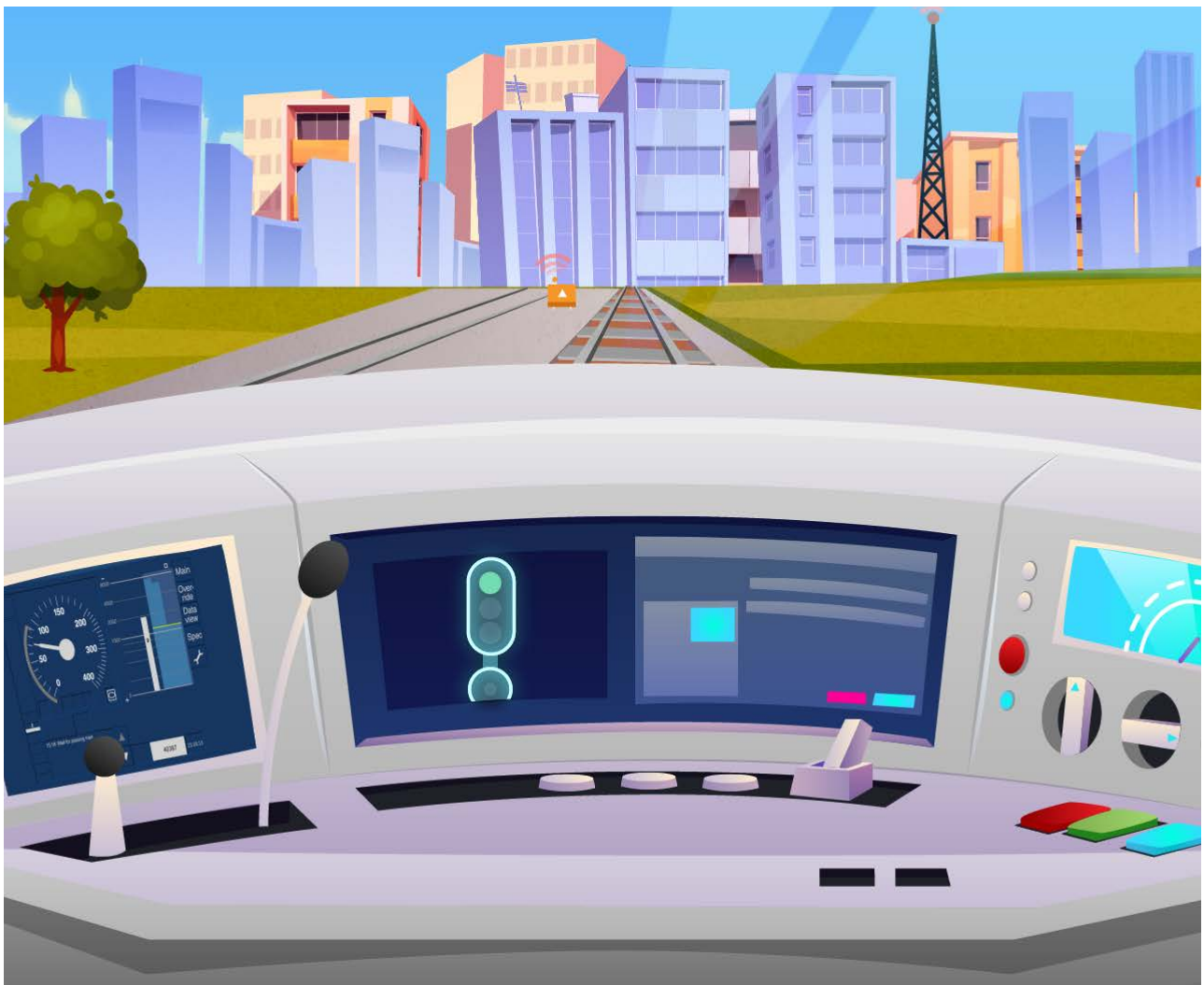


INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN GESTIÓN FERROVIARIA

SISTEMA avanzado de gestión integrada del tráfico ferroviario daVinci

Es un sistema de gestión integrada del tráfico que puede adaptarse a cualquier red ferroviaria. Con esta herramienta, el administrador ferroviario desde su ordenador y con este sistema podrá:

1. Monitorizar el tráfico ferroviario y prever desviaciones.
2. Automatizar las operaciones de control de tráfico.
3. Generar planes de explotación con criterios de eficiencia.
4. Permitir la integración con otros módulos y sistemas de operación.
5. Controlar de forma continua y total la circulación, planificación y gestión de incidencias.



Proyecto Óptima

El objetivo del proyecto ÓPTIMA es diseñar y desarrollar una plataforma de comunicación que conecte y gestione los distintos servicios que ofrece los sistemas operativos multimodales, apoyándose en las aplicaciones TMS o de sistema de gestión de tráfico.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN EL ANÁLISIS DE OCUPACIÓN E INFORMACIÓN

El transporte metropolitano lleva a cabo un proyecto piloto en el que a través de la sensorización de los coches de metro, calcula su nivel de ocupación y los clasifica en una escala del 1 al 4.

Esta información se mostrará en el andén para que los viajeros decidan a qué vagón acceder optimizando la ocupación de los trenes y mejorando el confort de los viajeros.

Otros metros han implementado un sistema de control automático de ocupación de las estaciones, mediante un dispositivo de observación de vídeo que realiza un análisis del volumen de viajeros en cada una de las paradas de la línea.

De esta forma, el gestor del metropolitano conocerá en tiempo real el número de viajeros que hay en los andenes y vestíbulos de todas las estaciones y podrá reaccionar adaptando el servicio a las necesidades de la demanda de manera más ágil y fiable.

14

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN COMUNICACIONES FERROVIARIAS

La llegada del **sistema de móviles 5G**: facilitará la implementación del FRMCS (Futuro Sistema Móvil de Comunicaciones Ferroviarias). Este es el sistema mundial de telecomunicaciones que se está diseñando con la cooperación de numerosas empresas del sector ferroviario.

- Permitiendo a los servicios logísticos avanzados optimizar el espacio de almacenamiento y aumentar la eficiencia en el uso de las instalaciones.
- Facilitando la gestión del tráfico en tiempo real, mediante la ubicación de los trenes y una comunicación constante y de muy rápida respuesta.
- Posibilitando la conexión entre el tren y el centro de mando, bien como red de comunicación principal o como respaldo a la comunicación por fibra óptica.
- Proporcionando un mantenimiento mediante el análisis de datos con el fin de detectar fallos antes de que se produzcan y abre la oportunidad de desarrollar herramientas avanzadas (como dispositivos de realidad aumentada) que incrementan la efectividad del mantenimiento.
- Y en el futuro posibilitando el desarrollo de nuevas formas de conducción automática.



conCiencia de tren

CONOCIENDO LAS PRINCIPALES
INNOVACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS
DEL FERROCARRIL



FUNDACIÓN DE LOS
FERROCARRILES
ESPAÑOLES



MUSEO DEL FERROCARRIL DE MADRID



Museu del Ferrocarril de Catalunya
a Vilanova i la Geltrú
MNACTEC

Con la colaboración de:



FECYT
INNOVACIÓN

www.ffe.es/concienciadentren