



# “Aplicación de las NUEVAS TECNOLOGÍAS de la IA al ferrocarril”

Sesión 2ª “Expectativas desde los administradores de infraestructura y empresas operadoras.  
Beneficios y dificultades de su introducción”

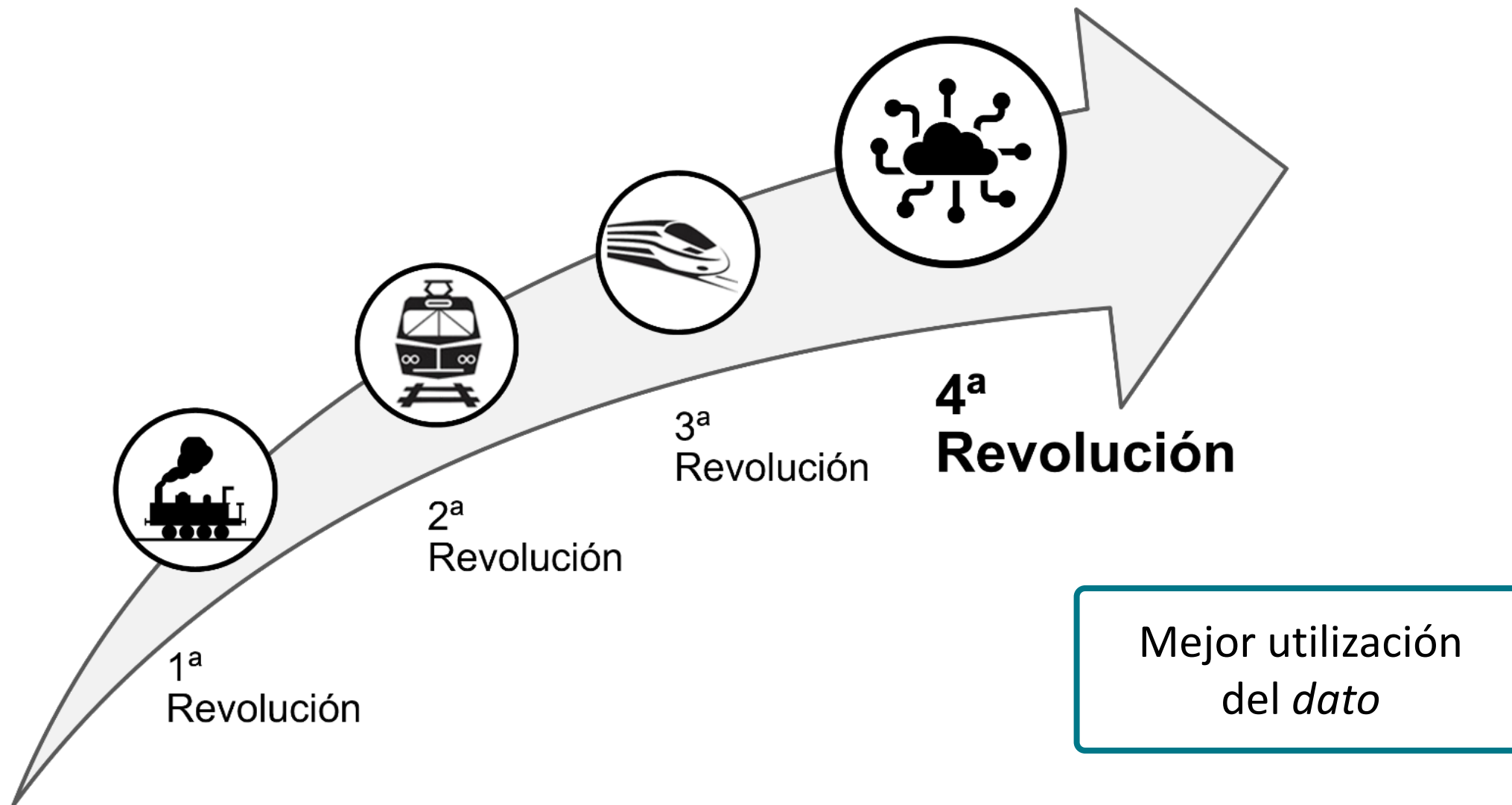
Martes 29 de octubre de 2024. COMILLAS ICAI

José Conrado Martínez Acevedo. ADIF ([jcmartinez@adif.es](mailto:jcmartinez@adif.es))



# Contexto actual

## 4ª revolución tecnológica FFCC: Digitalización a todos los niveles



Fuente: ADIF\_JCMA©



# Contexto actual

## Ámbitos afectados por la revolución digital

### Ámbitos (caso del IM)

Energía eléctrica de tracción

Mantenimiento de infraestructura

Seguridad operacional

Seguridad y protección civil

Estación de viajeros

Terminal y gestión logística

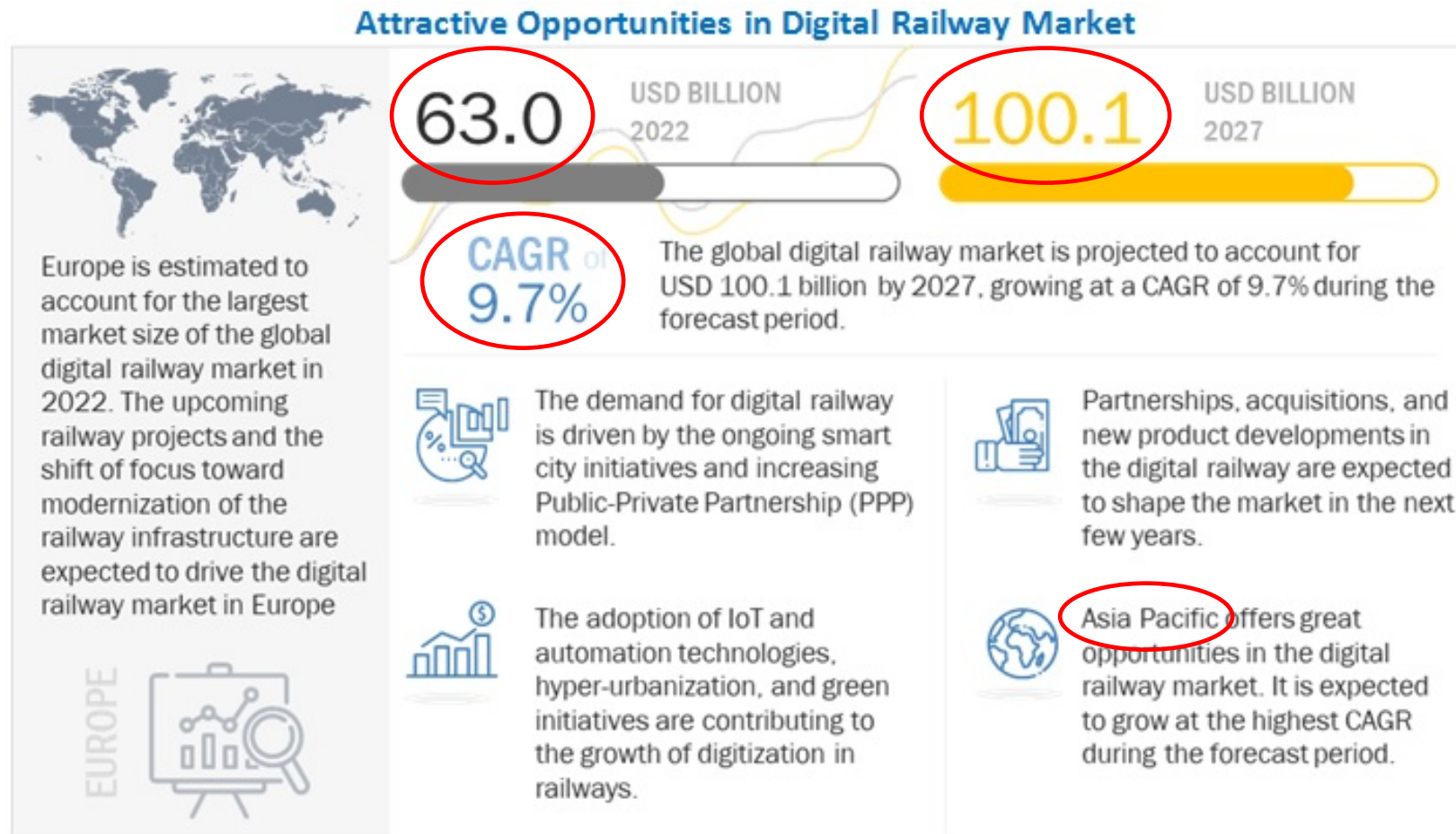
Gestión de tráfico

Fuente: ADIF\_JCMA



# Contexto actual

## Estimación de la evolución del “mercado ferroviario digital” en los próximos años (hasta 2027)



**Mayor amenaza de ciberataques (y por tanto mayor necesidad de inversión en este campo) a medida que el sistema ferroviario se vuelve “digital”**

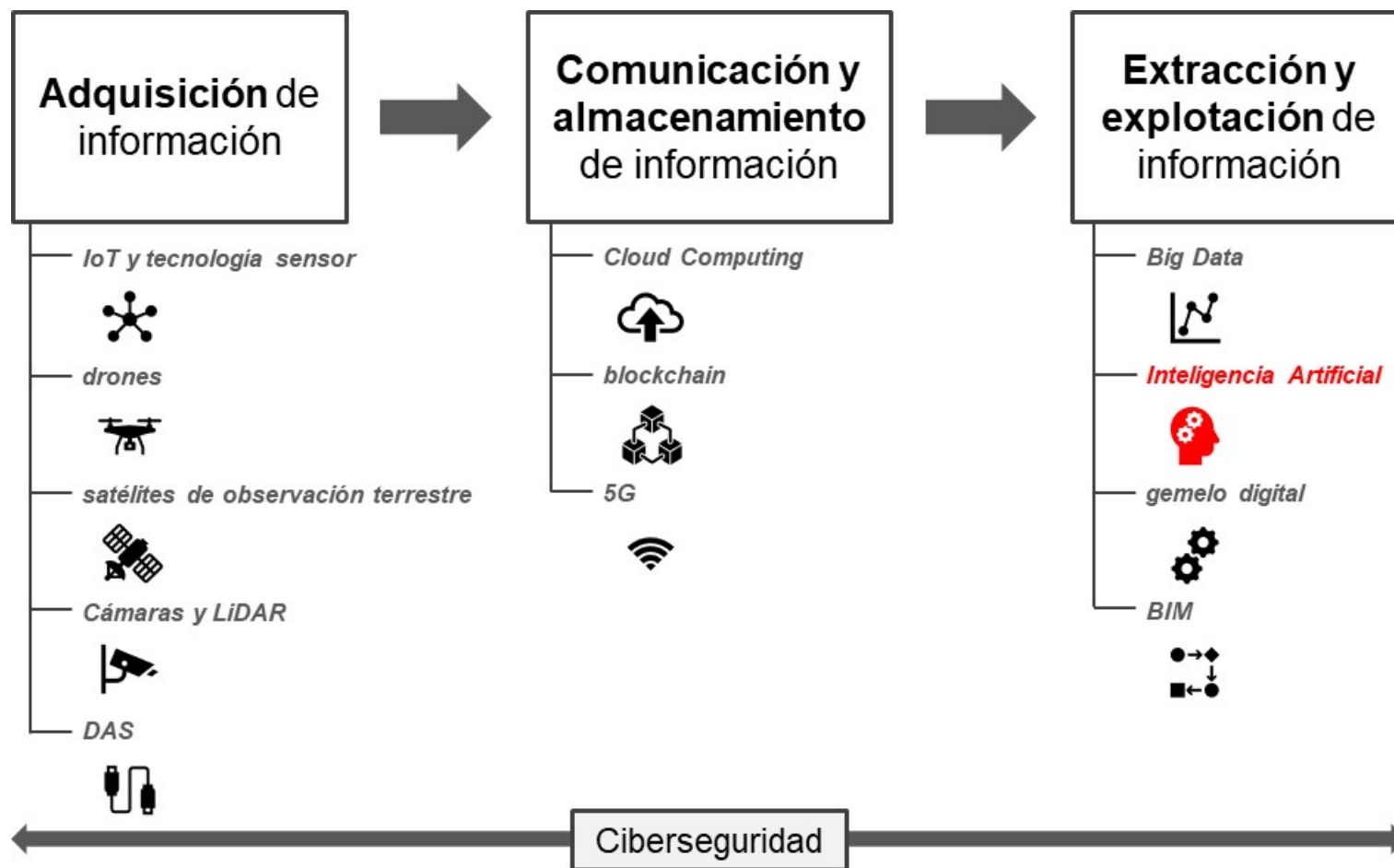
**Los ámbitos del mantenimiento predictivo y de los sistemas de información al viajero serán los que más crezcan, anualmente, en el periodo de análisis considerado (2022-2027)**

Fuente: MarketsandMarkets™



# Contexto actual

## Tecnologías habilitadoras (no exclusivas) empleadas en ADIF/ADIF AV



Fuente: ADIF\_JCMA©



# Contexto actual

## Innovación e IA en ADIF/ADIF AV



Iniciativas Estratégicas relacionadas con IA





### IA “transversal”

#### Proyecto 1 (FP1-MOTIONAL)

*Operaciones  
ferroviarias digitales*

**Desarrollar la intermodalidad**, con nuevas soluciones y aplicaciones digitales que permitan **automatizar** la gestión de las **operaciones** ferroviarias en los **puestos de mando**.



#### Proyecto 2 (FP2-R2DATO)

*Nuevo ERTMS*

**Evolucionar el sistema ERTMS** de cara a profundizar en la **digitalización** de los **servicios ferroviarios**.



#### Proyecto 3 (FP3-IAM4RAIL)

*Infraestructura  
digital*

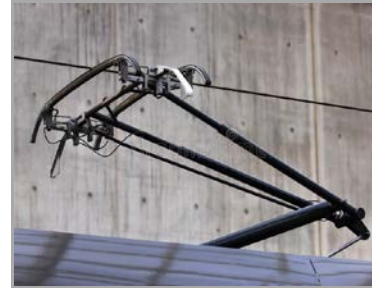
**Aportar** una mayor **digitalización** a la **infraestructura** en lo referido a la gestión, control, mantenimiento y reparación de los **activos ferroviarios**.



#### Proyecto 4 (FP4-RAIL4EARTH)

*FFCC sostenible*

**Aportar** un mayor grado de **sostenibilidad** al ferrocarril en los siguientes ámbitos: material rodante, infraestructura, estaciones y todos sus subsistemas relacionados.



#### Proyecto 5 (FP5-TRANS4M-R)

*Tecnología en  
Mercancías*

**Desarrollar nuevas tecnologías** para la digitalización y automatización de las **mercancías ferroviarias**.



#### Proyecto 6 (FP6-FutuRe)

*Tecnología para el  
FFCC regional*

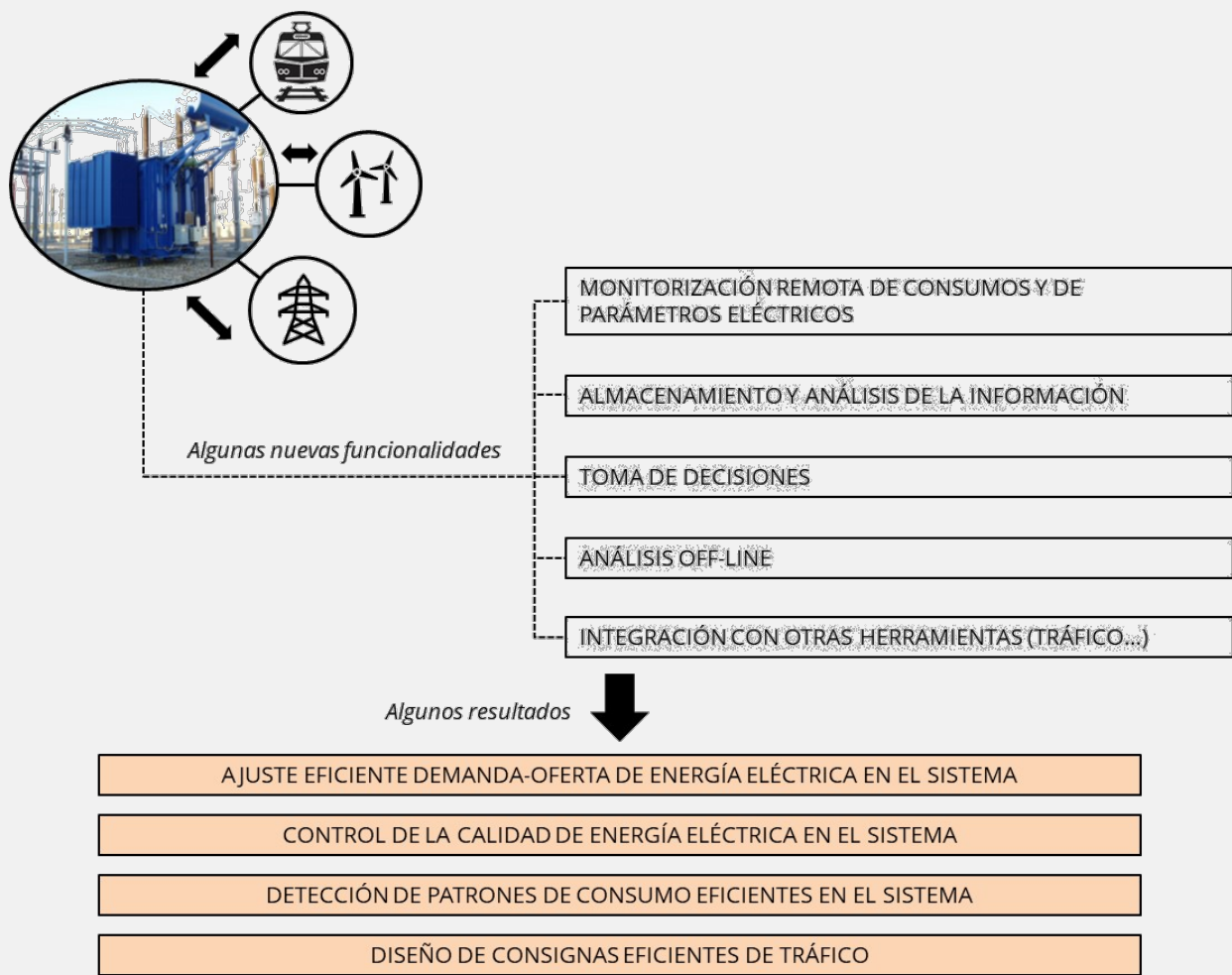
**Proporcionar innovaciones** en requisitos técnicos, metodologías, soluciones, desarrollos y servicios **para hacer que el ferrocarril regional sea rentable**.





# (IA) Energía eléctrica de tracción

Objetivo principal: *Transformar la “Red Eléctrica de Tracción Convencional” a una “Red Inteligente”*



## Red Eléctrica de Tracción de nueva generación (Railway Smart Grid)

Buenas capacidades y oportunidades para **reducir el consumo de energía**. Promueve la evolución hacia tecnologías más sostenibles que comprenden la incorporación en la red de recursos de generación distribuidos (EERR), la utilización eficiente de la energía de frenado de los trenes y los sistemas de almacenamiento de energía en tierra.

IA: **Aprendizaje automático**, ...

Fuente: ADIF\_JCMA©



# (IA) Energía eléctrica de tracción



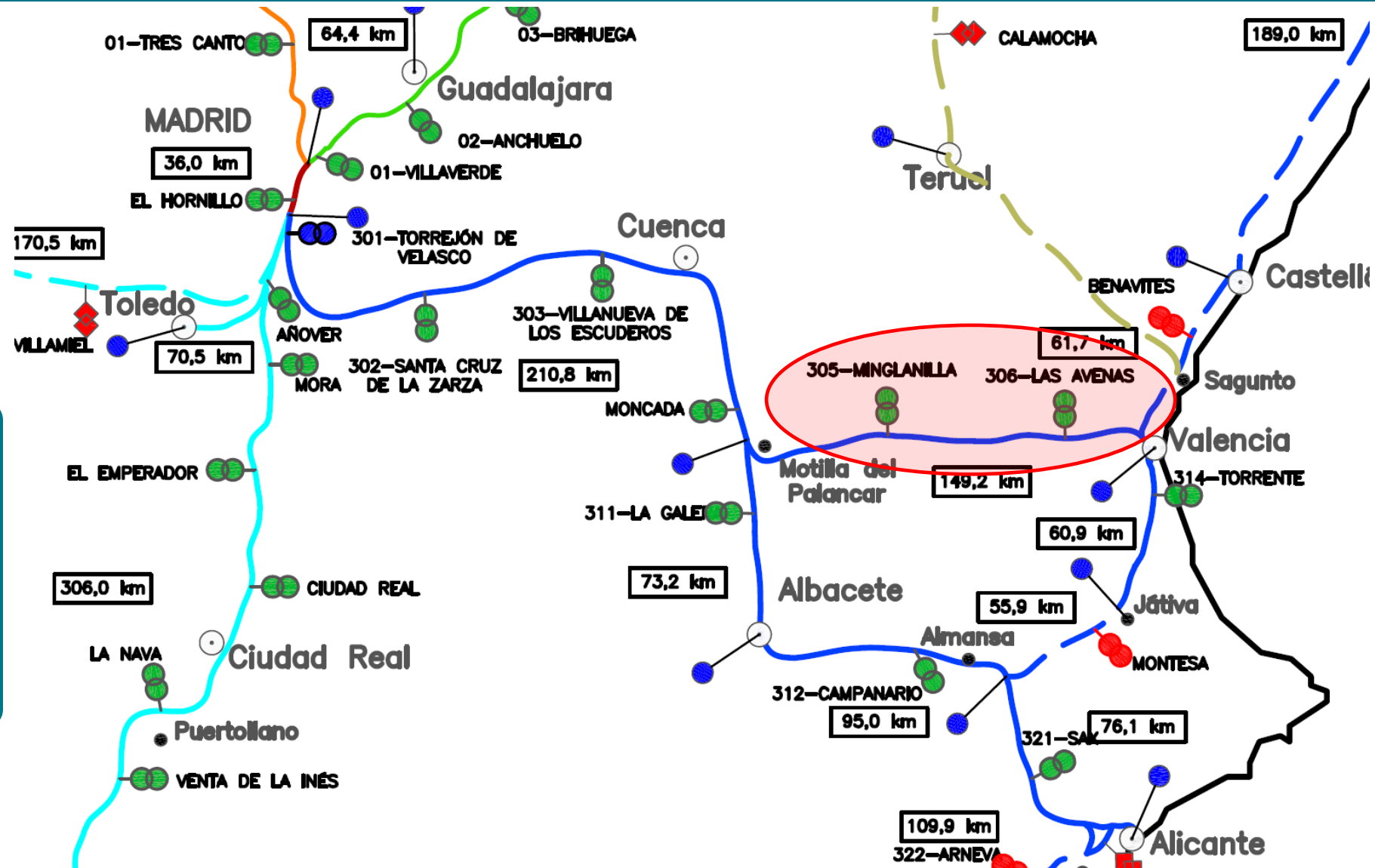
## Proyecto RSG (Railway Smart Grid)

NTT DATA  
amplía)))  
iiot

CAF  
TURNKEY  
ENGINEERING

**Primer proyecto  
Piloto** en un trayecto  
de 150 km de la Línea  
de Alta Velocidad  
Madrid-Levante

Fuente: ADIF

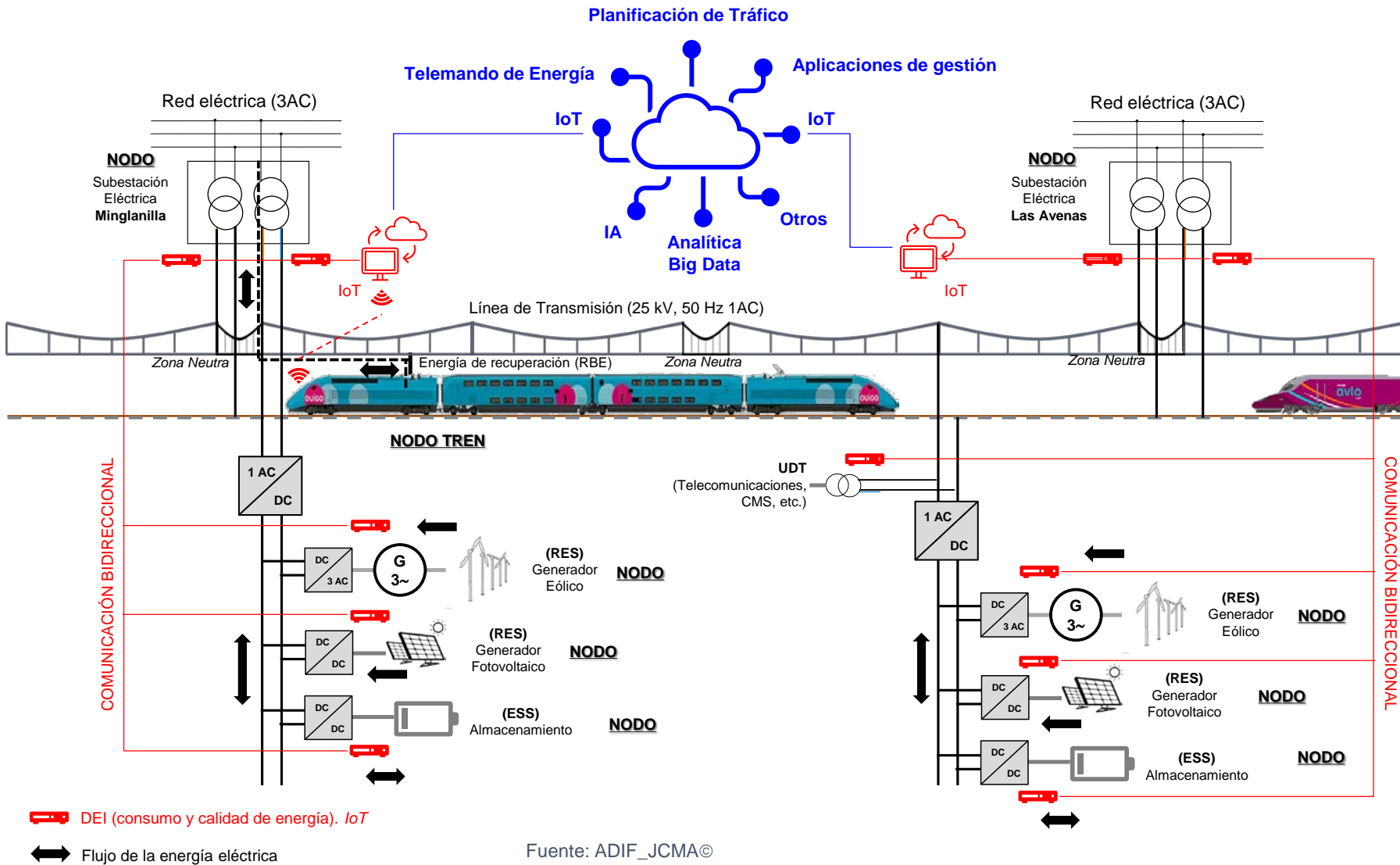




# (IA) Energía eléctrica de tracción



## Proyecto RSG (Railway Smart Grid)

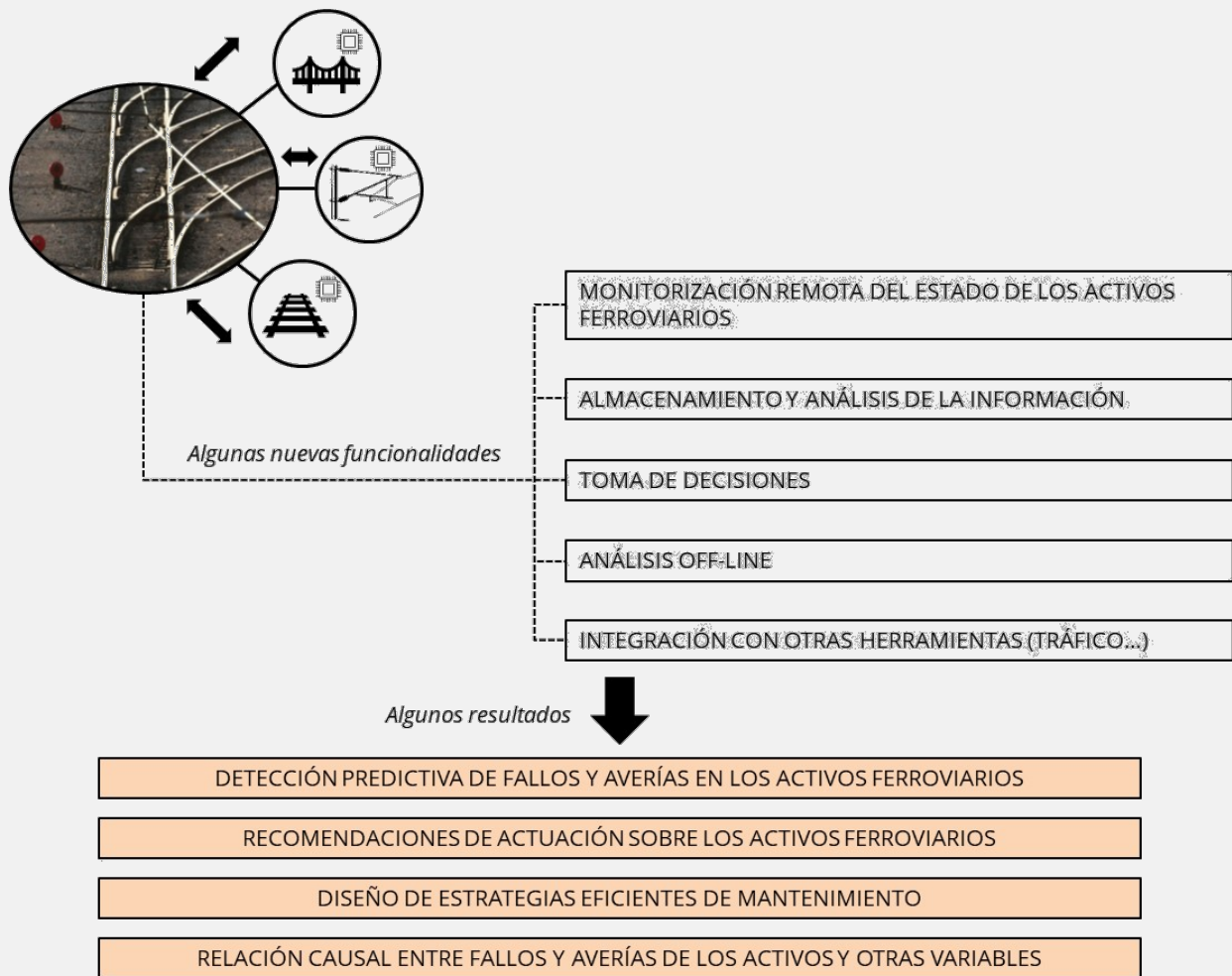


- Optimización energética de los consumos de tracción.
- Consumos anómalos de instalaciones.
- Regímenes de carga de las instalaciones.
- Optimización uso/explotación de los transformadores de tracción.
- Localización de faltas eléctricas-Función oscilo.
- Contaminación eléctrica (armónicos) producidos por el material rodante.
- Integración de Energías Renovables y almacenamiento.



# (IA) Mantenimiento de Infraestructura

Objetivo principal: *Migrar a un “Mantenimiento basado en el estado del activo”*



Fuente: ADIF\_JCMA©

## Mantenimiento predictivo

### Actuación sobre el activo cuando éste lo necesita *(ni demasiado pronto ni demasiado tarde)*

La generación de datos en tiempo real mediante sensores, creando históricos con los que se desarrollen modelos de predicción de fallos de funcionamiento, es una de las principales estrategias en el mantenimiento de la infraestructura. Las máquinas aprenden y detectan problemas de forma autónoma, mostrando alarmas, indicando cuándo se tiene que actuar o, en casos extremos, detener de forma preventiva la operación ferroviaria.

**IA: Aprendizaje automático, Redes neuronales, ...**

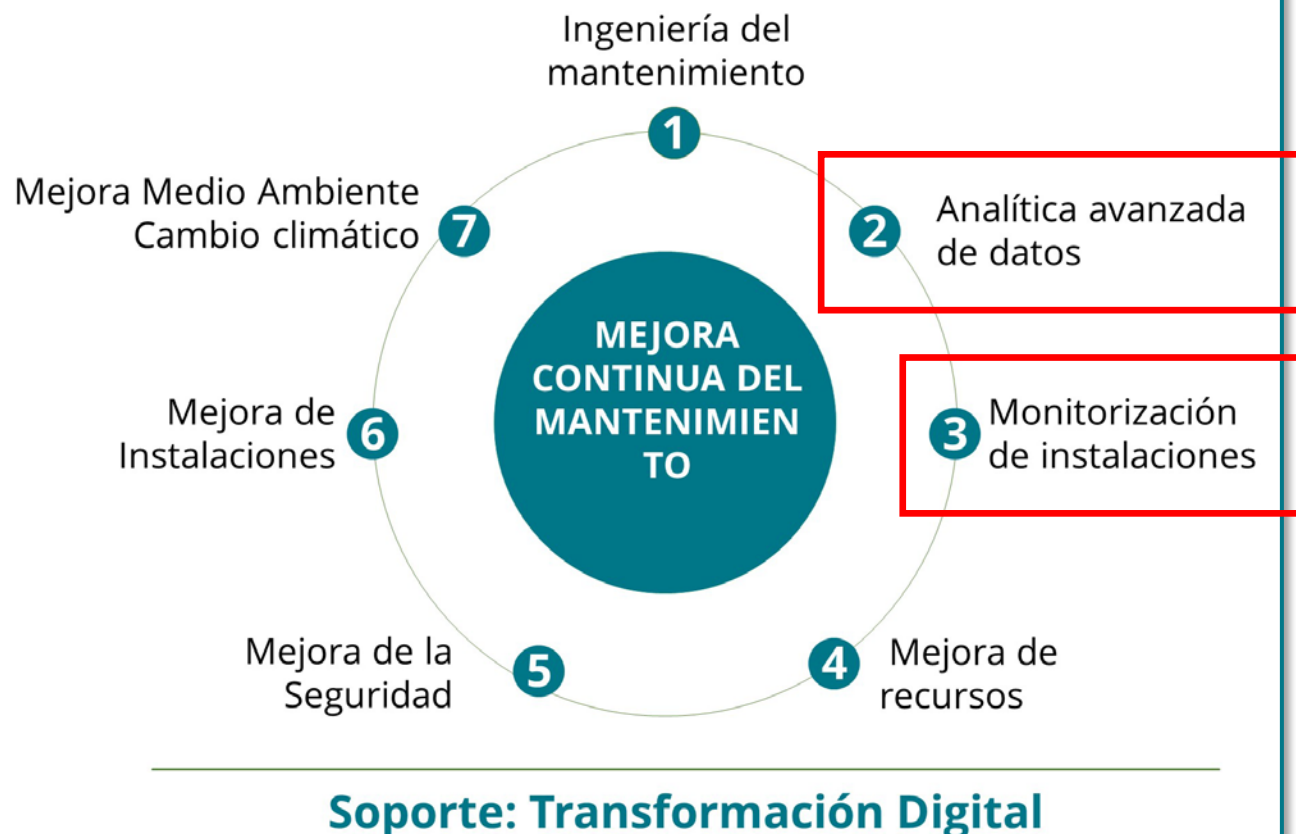


## Nuevo modelo de mantenimiento



### Estrategia de ADIF

PE 2030 – Planes de Acción



**Objetivo:** Mantenimiento basado en la condición del activo (CBM)

Fuente: ADIF. Mantenimiento©



## Analítica avanzada de datos

### Herramienta de Analítica Avanzada de datos para la toma de decisiones del Mantenimiento:

- Modelos predictivos.
- Optimización de las actividades cíclicas.
- Recomendaciones de sustituciones.
- Grandes renovaciones.

### Laboratorio de Datos del Mantenimiento:

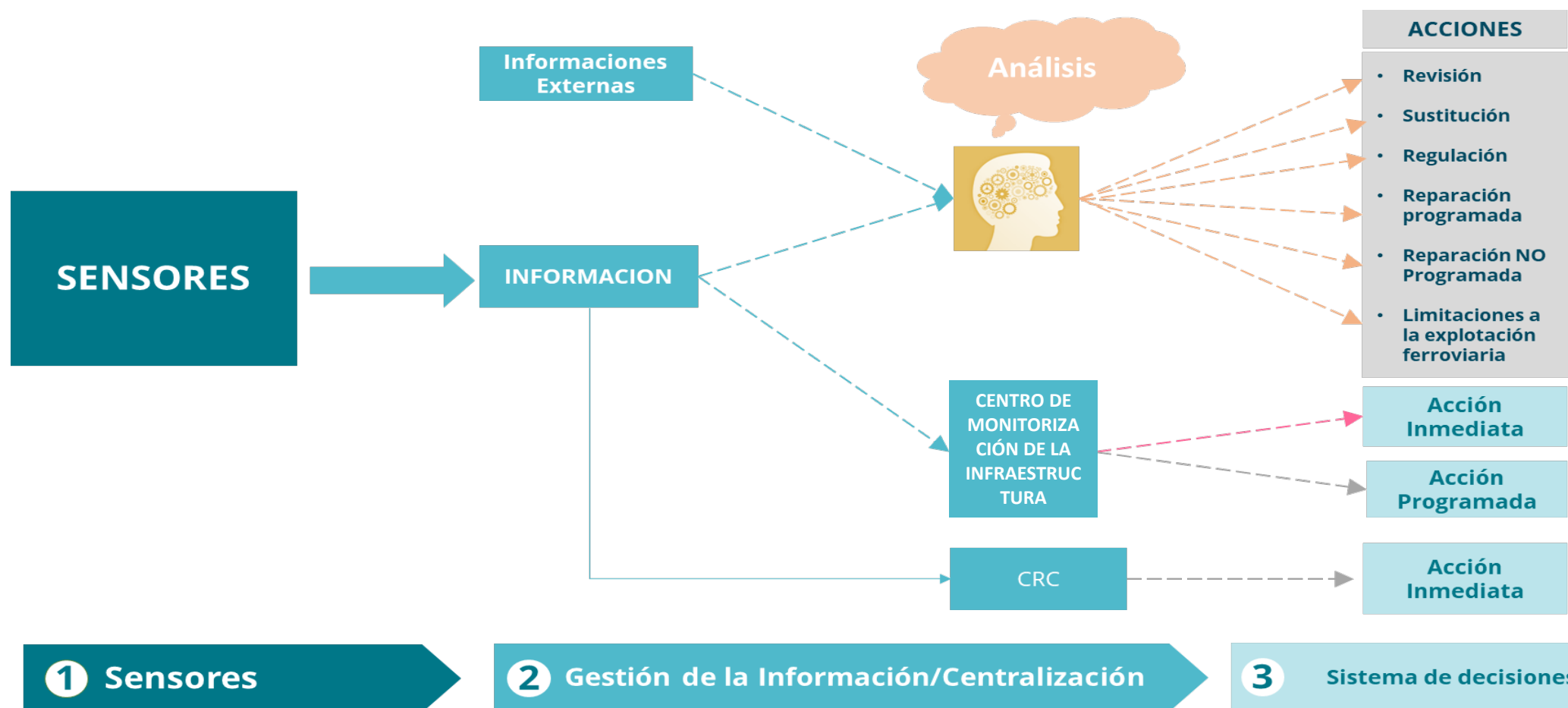
- Análisis de incidencias, análisis climatológicos.
- Mapa de temperaturas.
- Contingencias de la Red.



Fuente: ADIF. Mantenimiento



## Monitorización (planteamiento)



Fuente: ADIF. Mantenimiento©





**Prototipo de Centro de  
Monitorización: Centro de  
Tecnologías Ferroviarias**





### Monitorización de vía



**3** demostradores

### Monitorización de aparatos de vía



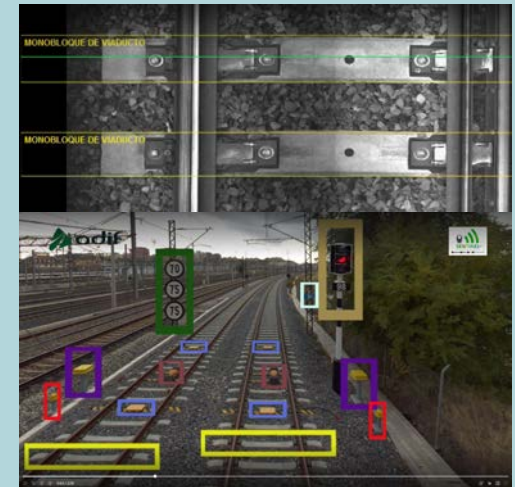
**6** demostradores

### Monitorización de plataforma



**6** demostradores

### Monitorización (variada)

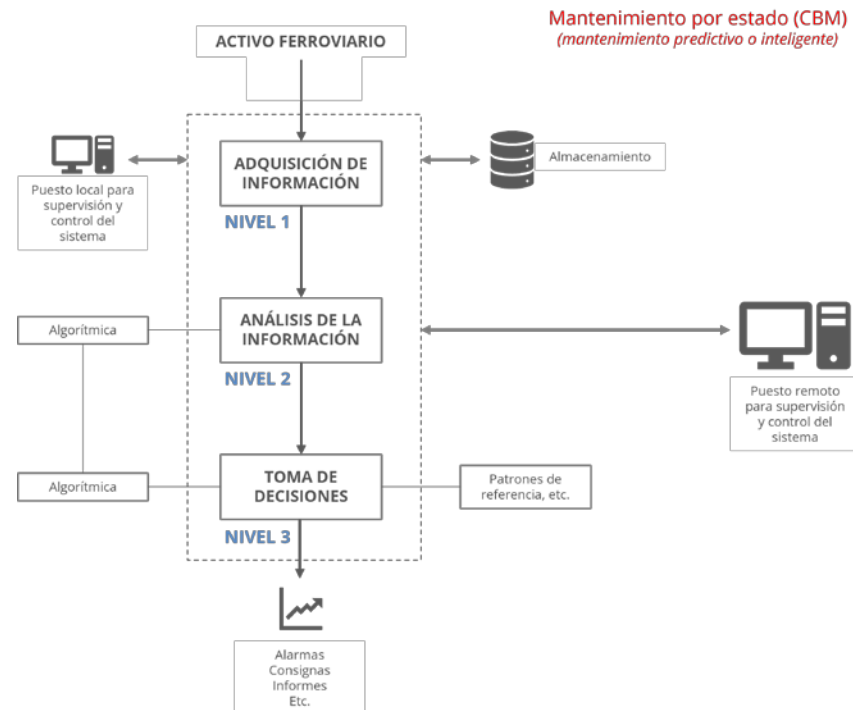


**6** demostradores





**Sistema de mantenimiento predictivo *KONUS Switch*** de desvíos que utiliza dispositivos IoT e IA basados en acelerometría para supervisar y analizar de manera continua el estado de los componentes del desvío (accionamiento, corazón, espadín, etc.). Sistema muy poco intrusivo que se instala directamente sobre una traviesa.





# (IA) Mantenimiento de Infraestructura

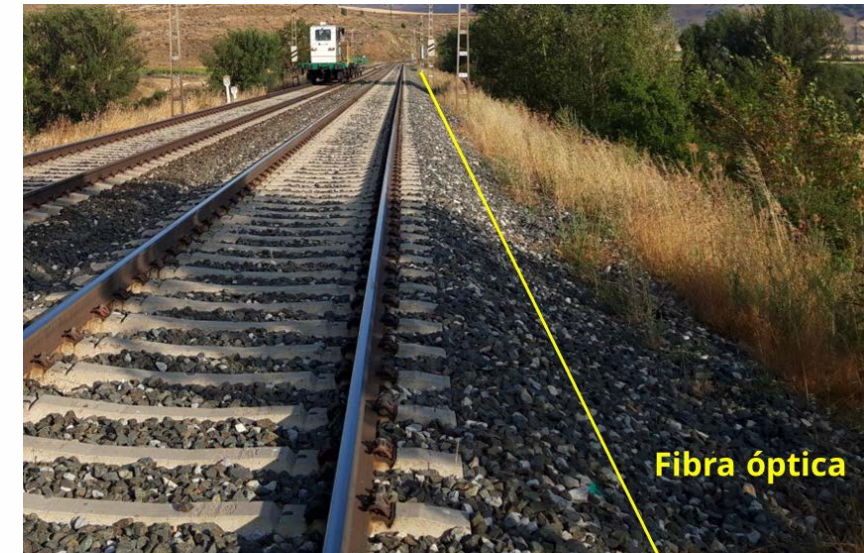
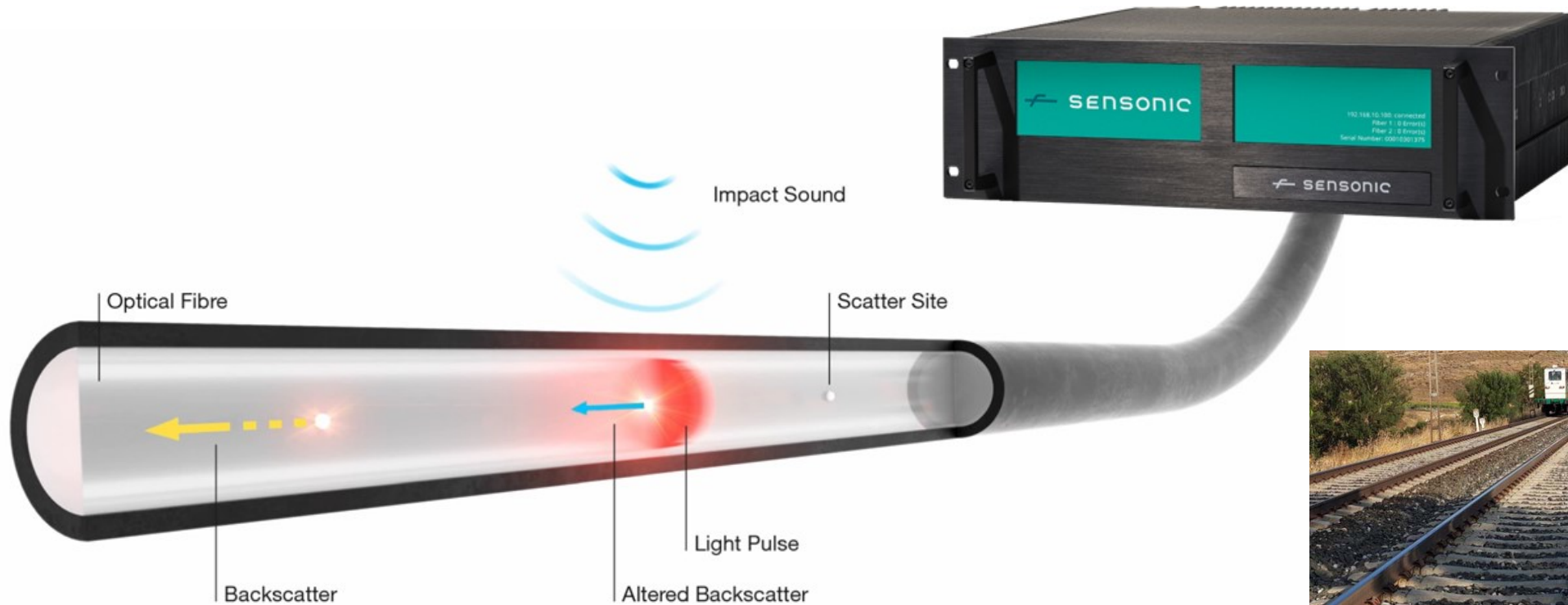


## Monitorización (I+D+i con tecnólogos)

MONITORIZACIÓN	DEMOSTRADOR	ACRÓNIMO	ÁMBITO	TECNÓLOGO/S	OBJETIVO	APLICACIÓN RED
VÍA	Monitorización de carril con Fibra Óptica	CARRIL ROTO 1	Propio	<b>SONSONIC</b>	Mantenimiento de carril	CONVENCIONAL
	Monitorización de carril con tecnología acústica	CARRIL ROTO 2	Propio	<b>REVENGA</b> <b>RailAcoustic®</b>	Mantenimiento de carril	CONVENCIONAL
	Monitorización de vía (e interacción con vehículo)	ERJU_FP3_1	Europe's Rail JU	<b>indra</b>	Mantenimiento de vía	Laboratorio
APARATOS DE VÍA	Monitorización de corazón	SMAN CROSSING	CPI	<b>amurrio</b> <b>tecnalia</b>	Mantenimiento predictivo corazón al manganeso	CONVENCIONAL
	Monitorización de corazón	ERJU_FP3_2	Europe's Rail JU	<b>voestalpine</b>	Mantenimiento predictivo corazón al manganeso	CONVENCIONAL
	Monitorización de desvío e integración con TMS	ERJU_FP3_3	Europe's Rail JU	<b>indra</b>	Mantenimiento predictivo motor	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de desvío e integración con TMS	ERJU_FP3_4	Europe's Rail JU	<b>Hitachi Rail STS</b>	Mantenimiento predictivo motor	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de desvío e integración con TMS	ERJU_FP3_5	Europe's Rail JU	<b>Hitachi Rail STS</b>	Mantenimiento predictivo motor	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de desvío	ERJU_FP3_6	Europe's Rail JU	<b>voestalpine</b>	Mantenimiento predictivo de la timonería	ALTA VELOCIDAD
PLATAFORMA	Monitorización de viaducto	SMAN BRIDGE	CPI	<b>sener</b> <b>UPTECH</b>	Mantenimiento predictivo estructura	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de viaducto	SMAN BRIDGE	CPI	<b>ines</b> <b>TWave</b> <b>IC</b> <b>OMMATIDIA</b>	Mantenimiento predictivo estructura	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de viaducto	ERJU_FP3_7	Europe's Rail JU	<b>CEDEX</b> <b>ineco</b> <b>cemosa</b> <b>COMSA</b>	Mantenimiento predictivo apoyos POT	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de viaducto	ERJU_FP3_8	Europe's Rail JU	<b>ineco</b>	Mantenimiento predictivo estructura	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de ladera	ERJU_FP3_9	Europe's Rail JU	<b>CEDEX</b>	Mantenimiento predictivo de ladera	CONVENCIONAL
	Monitorización de ladera	ERJU_FP3_10	Europe's Rail JU	<b>CEDEX</b>	Mantenimiento predictivo de ladera	CONVENCIONAL
VARIADA	Monitorización embarcada de activos	TRACK VIEW	Propio	<b>inSITU</b>	Identificación de activos	COMPLETA
	Monitorización de barrera de PaN e integración con TMS	ERJU_FP3_11	Europe's Rail JU	<b>enyse</b>	Mantenimiento predictivo de barrera	CONVENCIONAL
	Monitorización de material rodante (viajeros)	ERJU_FP3_12	Europe's Rail JU	<b>CAF</b>	Mantenimiento predictivo de infraestructura (interacción vehículo)	CONVENCIONAL
	Monitorización de material rodante (viajeros)	ERJU_FP3_13	Europe's Rail JU	<b>Talgo</b>	Mantenimiento predictivo de infraestructura (interacción vehículo)	ALTA VELOCIDAD
	Monitorización de material rodante (viajeros, mercancías)	ERJU_FP3_14	Europe's Rail JU	<b>CAF</b>	Mantenimiento predictivo de infraestructura (interacción vehículo)	CONVENCIONAL
	Monitorización de material rodante (viajeros, mercancías)	ERJU_FP3_15	Europe's Rail JU	<b>ALSTOM</b>	Mantenimiento predictivo de infraestructura (interacción vehículo)	CONVENCIONAL



 **SENSONIC**







1

Medición continua de la **vibración** al paso de los trenes.

2

Establecimiento de una **huella de referencia**.

3

**Comparación** de la vibración de cada paso de tren con la de referencia a lo largo del tiempo.

4

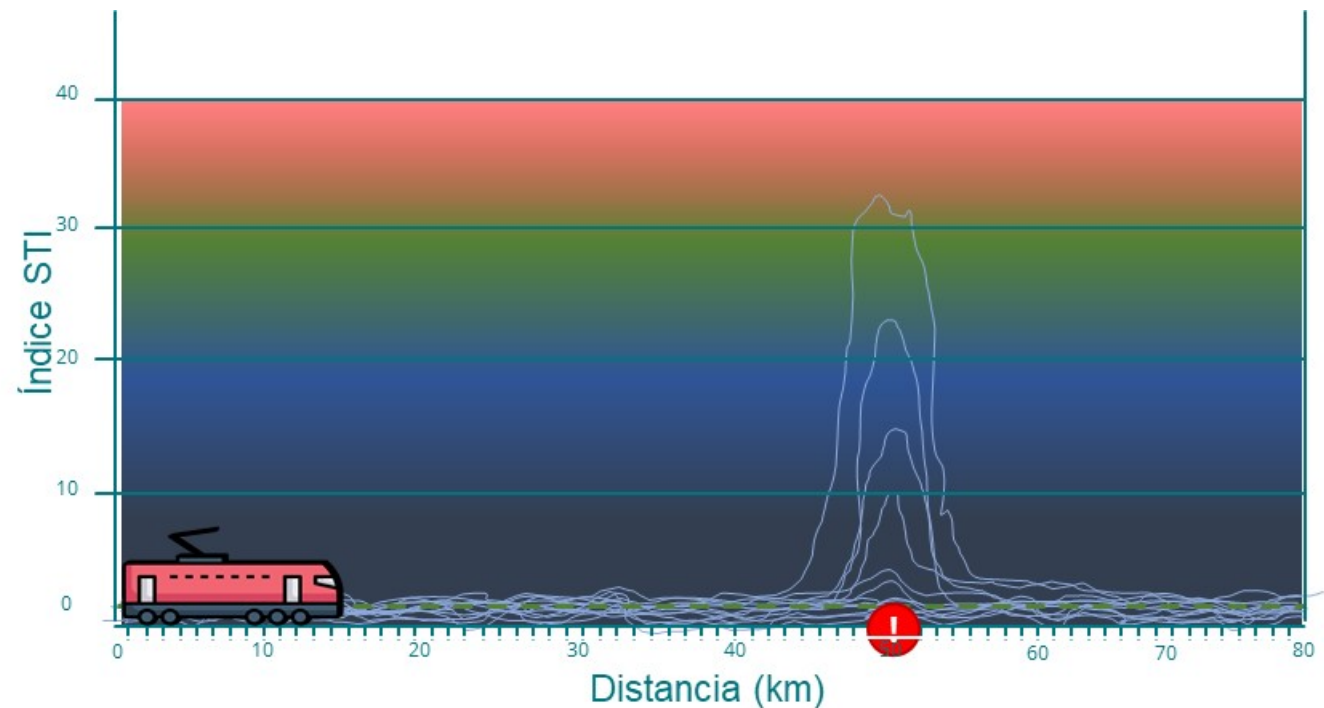
Detección de desviaciones graduales o espontáneas → Posible defecto de la vía.

5

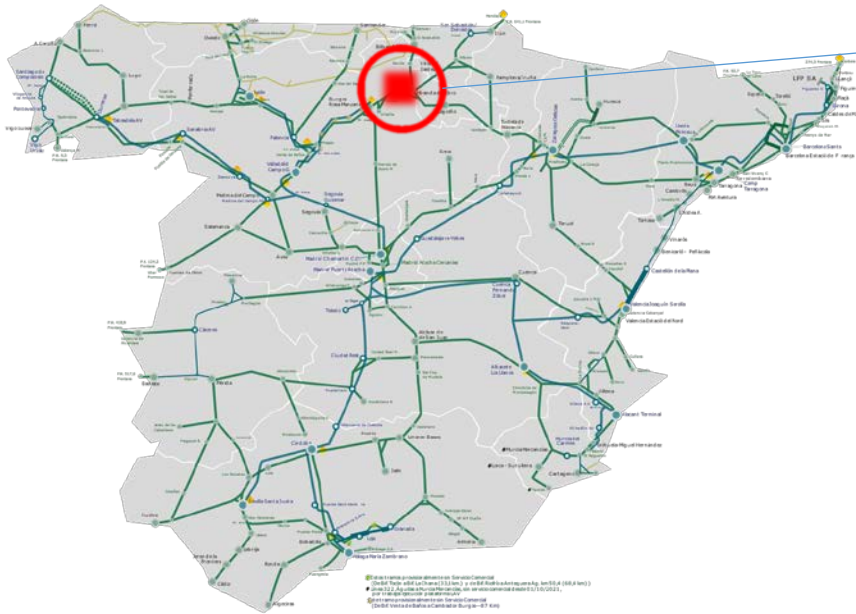
Informe periódico.

6

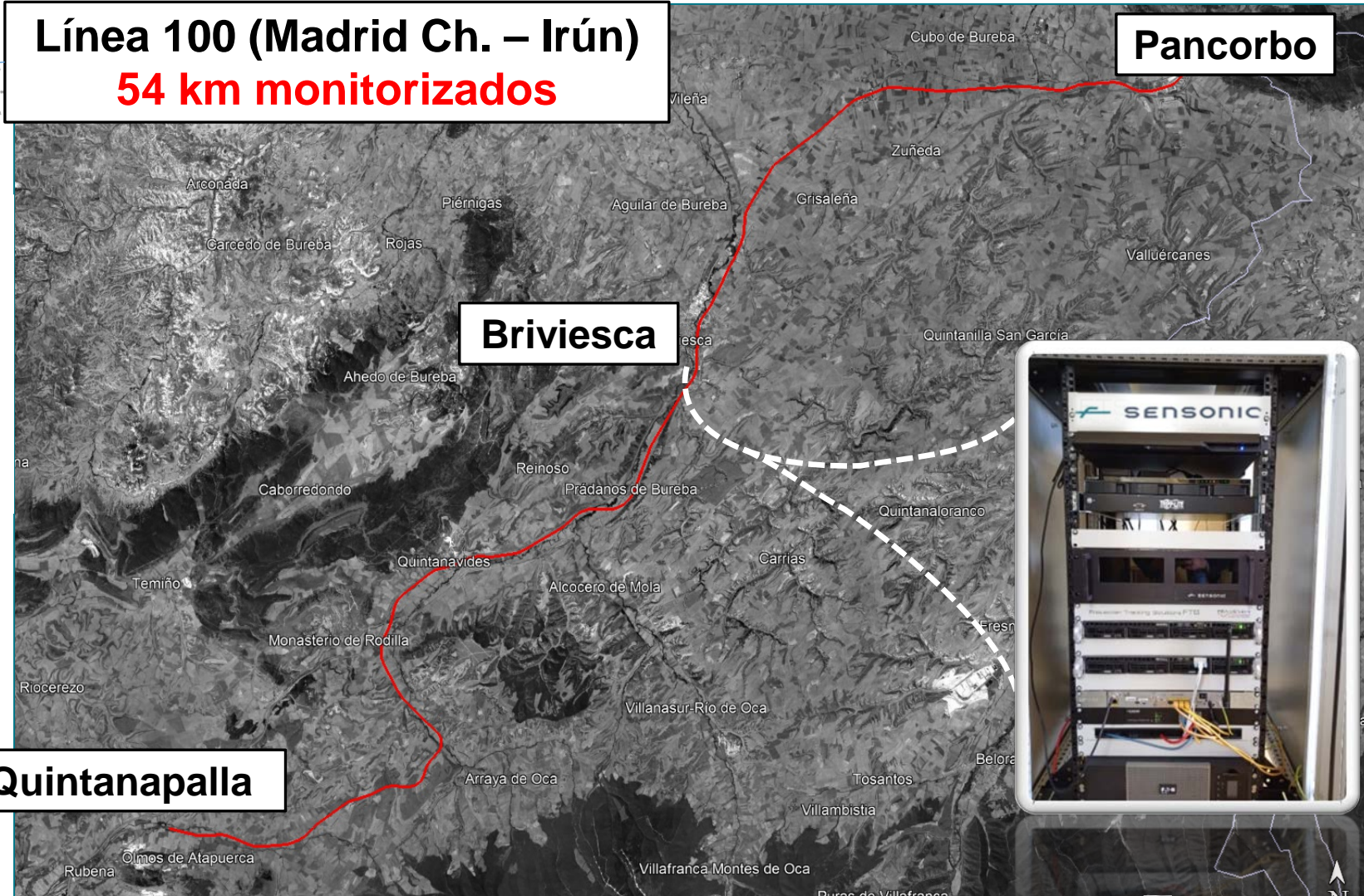
Definición de **medidas de mantenimiento**.







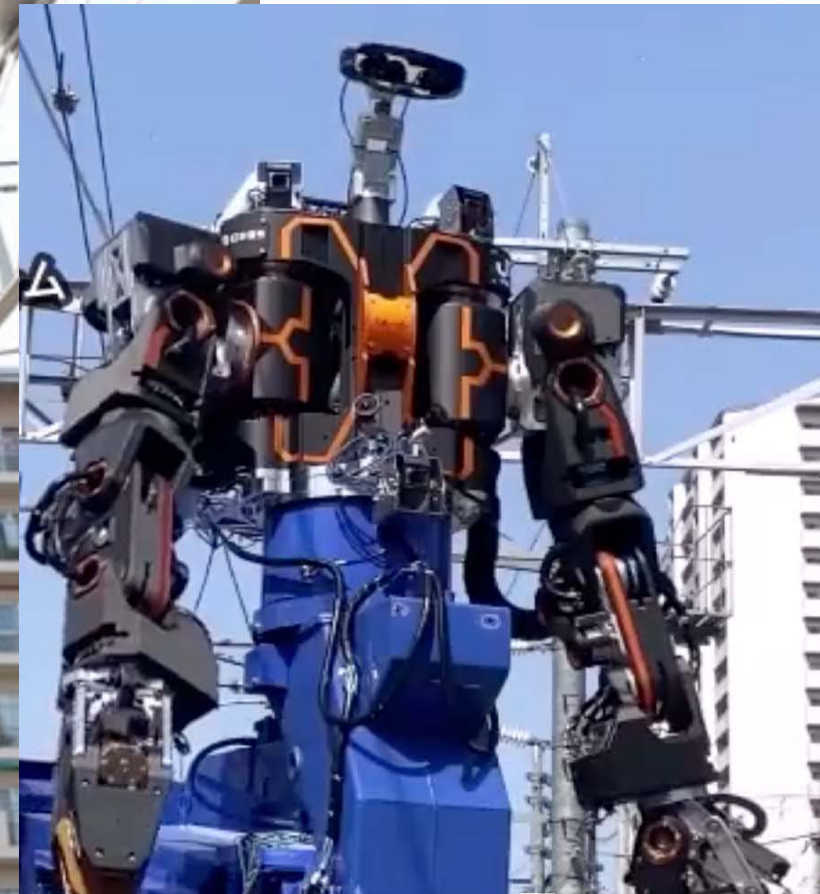
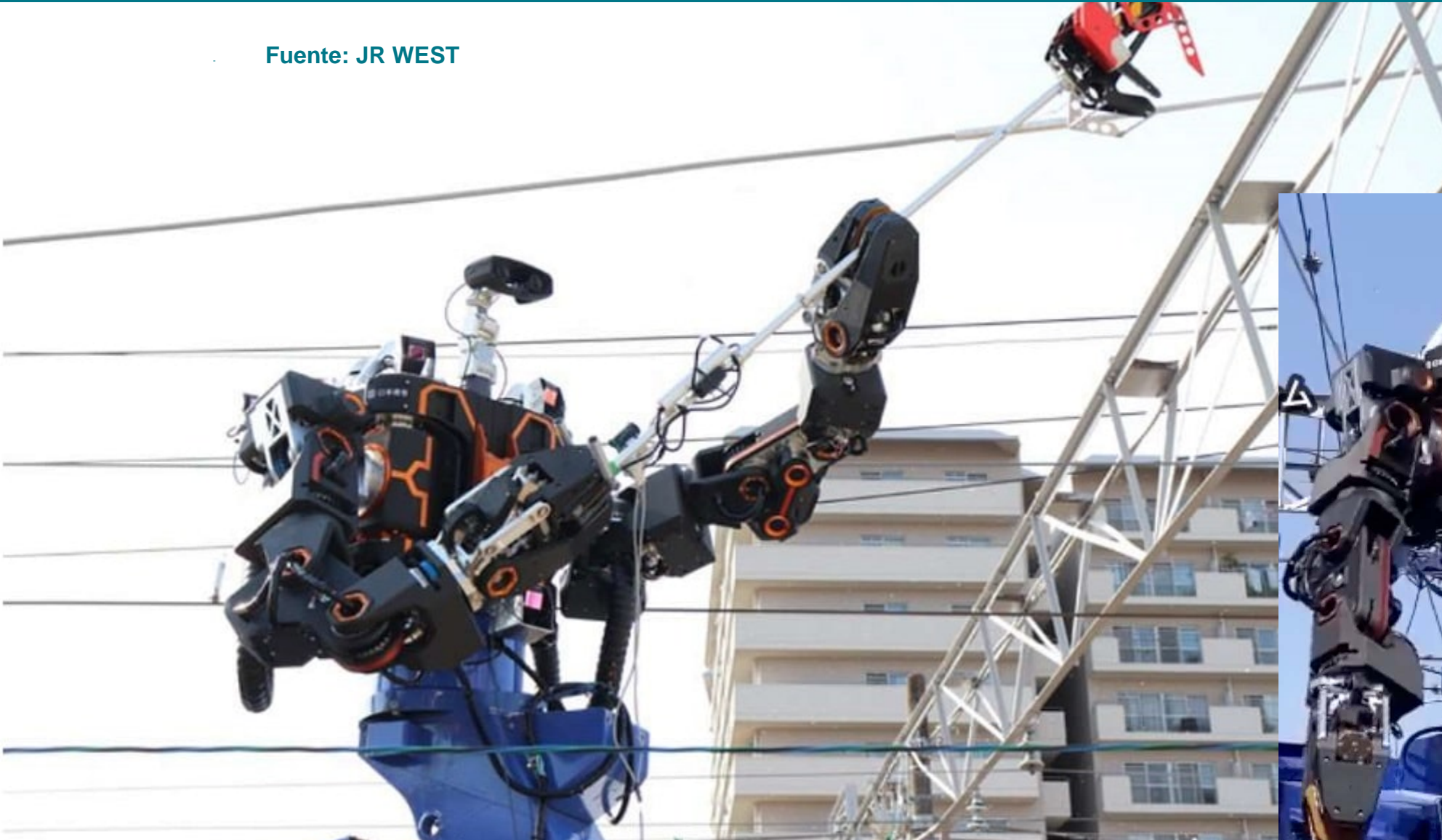
**Línea 100 (Madrid Ch. – Irún)**  
**54 km monitorizados**



- Núm. interrogadores: 1.
- Núm. de fibras conectadas: 2.
- Fibra 1 (Quintapalla–Briviesca): 30,98 kilómetros.
- Fibra 2 (Briviesca–Pancorbo): 22,69 kilómetros.



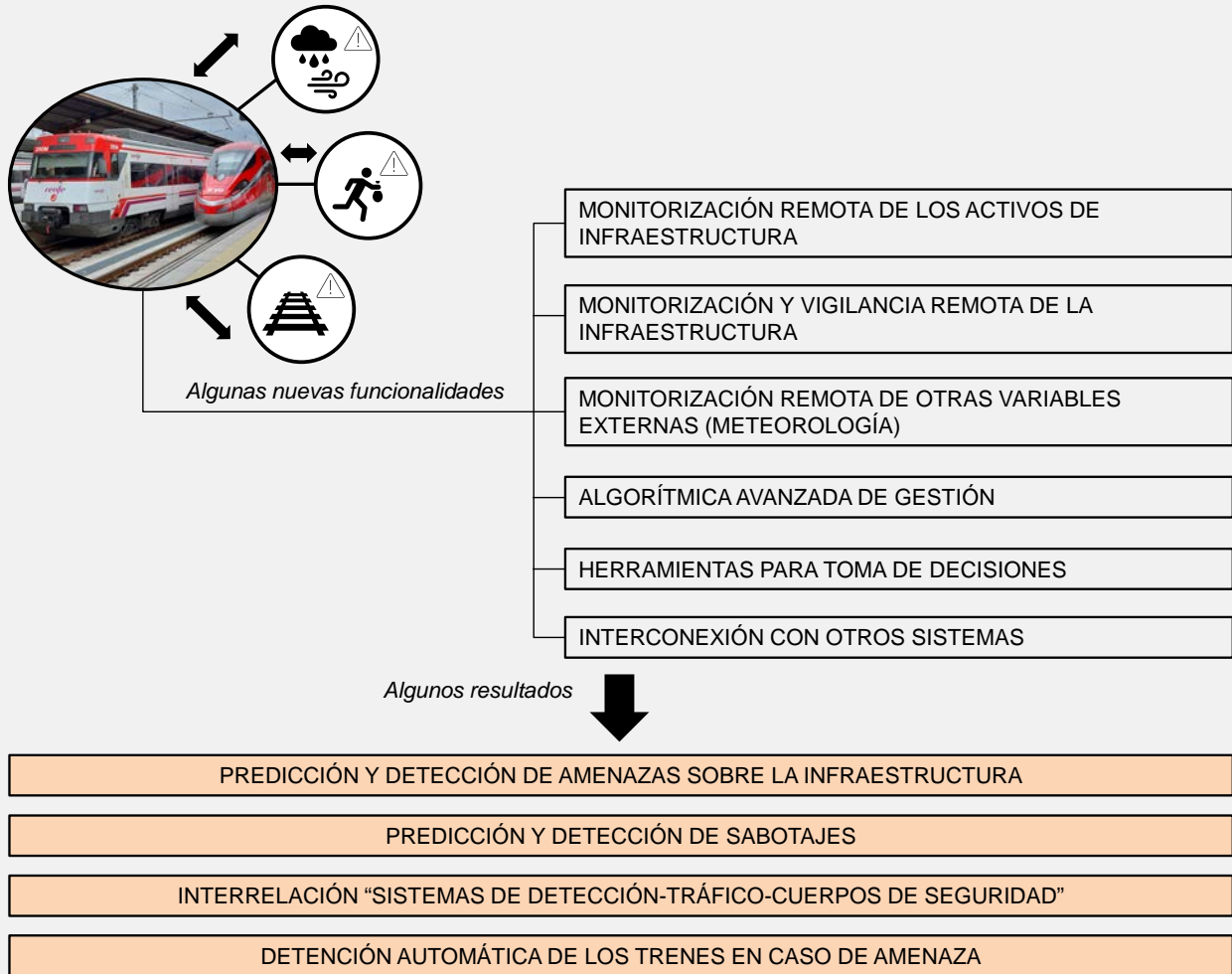
Fuente: JR WEST





# (IA) Seguridad operacional & Seguridad y Protección Civil

Objetivo principal: *Nuevos sistemas de seguridad*



## Nuevos sistemas de seguridad

**Aplicar la digitalización a otros procesos relacionados con nuevos sistemas de seguridad:**

desarrollo de tecnologías para estimar el daño causado por desastres naturales en tiempo real. Otro ejemplo es el desarrollo de mejores sensores que permitan detectar la caída temprana de objetos a las vías, la rotura predictiva del carril o la detección de posibles sabotajes en la infraestructura.

**IA: Aprendizaje automático, Redes neuronales, ...**

Fuente: ADIF\_JCMA©

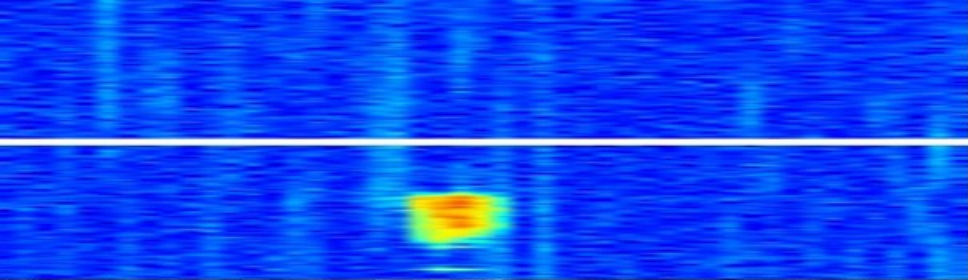


indra



**Línea Soria-Castejón (sin tráfico)**  
**Primeros ensayos**





01:16:42:25 ●

Línea 220 (Lleida-L'Hospitalet de Llobregat)  
30 km monitorizados

17/04/2024



## Algunos ejemplos I+D+i: análisis avanzado de imágenes procedentes de cámaras en estaciones

- La necesidad de la utilización de IA surge del objetivo de revisar todas las imágenes en tiempo real, ya que esto es inviable desde el punto de vista de la vigilancia humana (más de 3.000 cámaras distribuidas en las distintas estaciones). Por otra parte, debe considerarse la precisión que pueden ofrecer los algoritmos a la hora de analizar de forma repetitiva los aspectos para los que han sido diseñados y su capacidad de aprendizaje adaptándose a las variaciones que se pueda encontrar.
- Funcionalidad de los algoritmos:
  - Conteo y aglomeraciones.** Recuento de personas visibles en una escena.
  - Bultos abandonados.** Se basa en el análisis de portador del objeto, el tiempo que permanece abandonado y la distancia a la que se encuentran.
  - Actitudes anómalas.** Cubre un gran número de funcionalidades de seguridad, desde el análisis de trayectorias hasta la detección de uso de objetos de movilidad personal.
  - Seguimiento de personas de interés.** Sin utilización de NINGUNA característica biométrica.



Fuente: ADIF. Seguridad y Autoprotección©



Algunos ejemplos I+D+i: análisis avanzado de imágenes procedentes de cámaras en infraestructura





# (IA) Reflexiones

- **Revolución tecnológica:** Estamos mejorando nuestra gestión mediante la incorporación de nuevas tecnologías habilitadoras (p.ej. IA).
- Impulso a la **tecnología IA:** implica el desarrollo de una “red inteligente” basada en la conectividad, la sensorización y el uso de dato, tareas en las que nos encontramos trabajando.
- No hay que añadir, sino cambiar.
- No todo “funciona” (coste-beneficio).
- **La integración** en los procesos, en la organización, etc., es un reto.



# SG-8

## Introducir casos de uso de Inteligencia Artificial en aplicaciones de seguridad operacional del sistema ferroviario

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) son prometedoras, permitiendo abordar múltiples desafíos ferroviarios. Se pueden esperar investigaciones futuras encaminadas a desarrollar aplicaciones avanzadas de IA, en la toma de decisiones, para abordar la incertidumbre y los nuevos desafíos de ciberseguridad o para el desarrollo de herramientas que ayuden a los expertos en certificación en su tarea de analizar y evaluar la seguridad ferroviaria de un sistema ferroviario. Respecto a esta última función, cabe destacar que dichos expertos utilizan uno o más métodos de seguridad para identificar situaciones peligrosas, las causas de los peligros, los accidentes potenciales y la gravedad de las consecuencias que resultarían. Así, el objetivo principal es justificar y garantizar que la arquitectura de diseño del sistema sea segura y no presente riesgos particulares para los usuarios o el medio ambiente.

**El objetivo es identificar métodos y técnicas de IA para ayudar a comprender el problema del análisis de seguridad y la certificación de sistemas de alto riesgo, como los sistemas ferroviarios.**

<https://www.adif.es/sobre-adif/idi/retos>





# SV-14

## Introducir casos de uso de Inteligencia Artificial en aplicaciones de operación y mantenimiento del sistema ferroviario

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) son prometedoras, permitiendo abordar múltiples desafíos ferroviarios. Se pueden esperar investigaciones futuras encaminadas a desarrollar aplicaciones avanzadas de IA, en la toma de decisiones de las operaciones de mantenimiento o para el desarrollo de herramientas que ayuden a los agentes de circulación a resolver escenarios operativos afectados por incidencias en tiempo real.

**El uso de métodos y técnicas de IA para recomendar a los agentes de tráfico itinerarios alternativos o qué acciones pueden hacer más segura la resolución de la incidencia, minimizando al mismo tiempo el impacto en la operación, son planteamientos de alto interés.**

La identificación de casos de uso de la IA sería el principal objetivo para alcanzar en este reto, analizando las necesidades y recursos que se precisan en su consecución.

<https://www.adif.es/sobre-adif/idi/retos>





# SS-5

## Introducir casos de uso de Inteligencia Artificial en aplicaciones aplicadas a la sostenibilidad del sistema ferroviario.

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) son prometedoras, permitiendo abordar múltiples desafíos ferroviarios. En el ámbito de la sostenibilidad puede ayudar a mejorar la eficiencia energética en edificios e infraestructuras al predecir patrones de uso de energía y optimizar el consumo de energía. También puede identificar áreas de desperdicio de energía y sugerir formas de reducirlo. Otra aplicación sería ayudar al desarrollo de fuentes de energía renovables, como la eólica y la solar, al predecir la producción de energía, optimizar el rendimiento y mejorar el mantenimiento. En consonancia con el reto SS-2, la IA ayudará a crear redes energéticas más inteligentes mediante el análisis de datos de sensores, medidores y otros dispositivos. Además, la IA puede ayudar a mejorar la gestión de residuos mediante el análisis de datos sobre la producción, recogida y eliminación de residuos. Esto puede ayudar a las estaciones y bases de mantenimiento a optimizar sus sistemas de gestión de residuos, reducirlos y aumentar las tasas de reciclaje.

**La identificación de casos de uso de la IA sería el principal objetivo para alcanzar en este reto, analizando las necesidades y recursos que se precisan en su consecución.**

<https://www.adif.es/sobre-adif/idi/retos>



Genérico





El próximo 13 de noviembre de 2024 se realizará una Consulta Preliminar al Mercado (CPM) en el Centro de Tecnologías Ferroviarias de ADIF, sobre **la aplicación de la IA en la gestión del tráfico ferroviario.**



