

Cátedra Adif - UPM



Seminario técnico

Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial

ETSICCP. Madrid, 26 de mayo de 2026

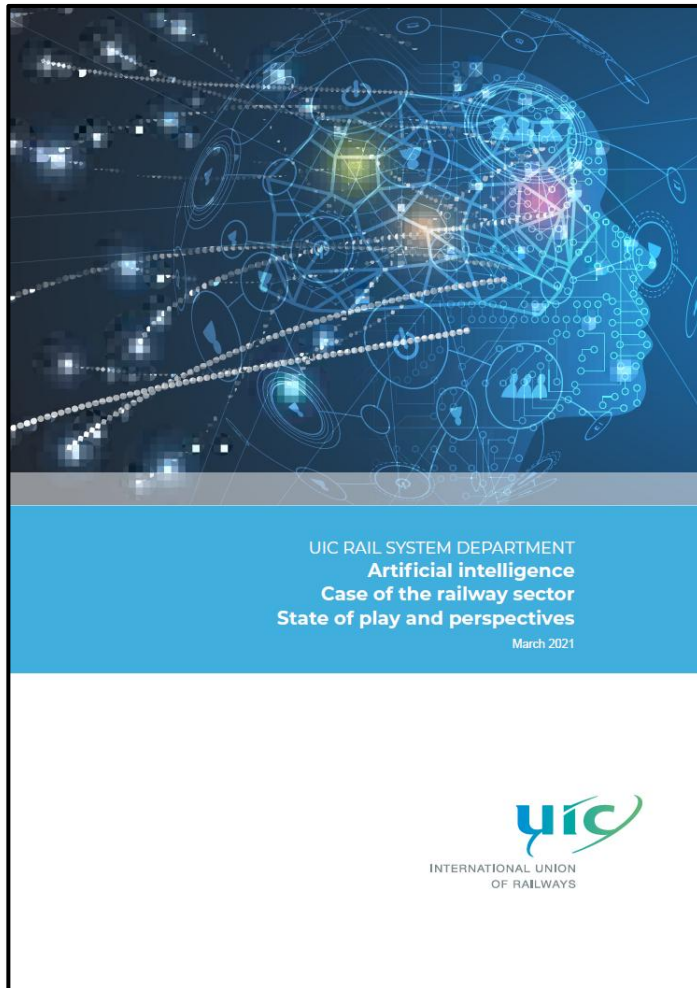


Reflexiones sobre la IA en el ámbito ferroviario

José Conrado Martínez

Subdirector de Innovación Estratégica, Adif

Repaso de antecedentes (1)



Artificial intelligence Case of the railway sector State of play and perspectives (UIC, 2021)

Descarga en:

https://uic.org/IMG/pdf/artificial_intelligence_case_of_the_railway_sector_state_of_play_and_perspectives.pdf

- La inteligencia artificial aún no se ha implementado de forma generalizada en el sector ferroviario europeo
- Casos de uso recogidos:
 - **Reconocimiento de imágenes** en la lucha contra el terrorismo
 - **Chatbots y asistentes virtuales** para pasajeros
 - **Predicción de ventas de billete** mediante aprendizaje automático
 - **Robótica** (estaciones de ferrocarril, trenes –limpieza– y almacenes)
 - **Mantenimiento predictivo** (material rodante e infraestructura)

Repaso de antecedentes (2)

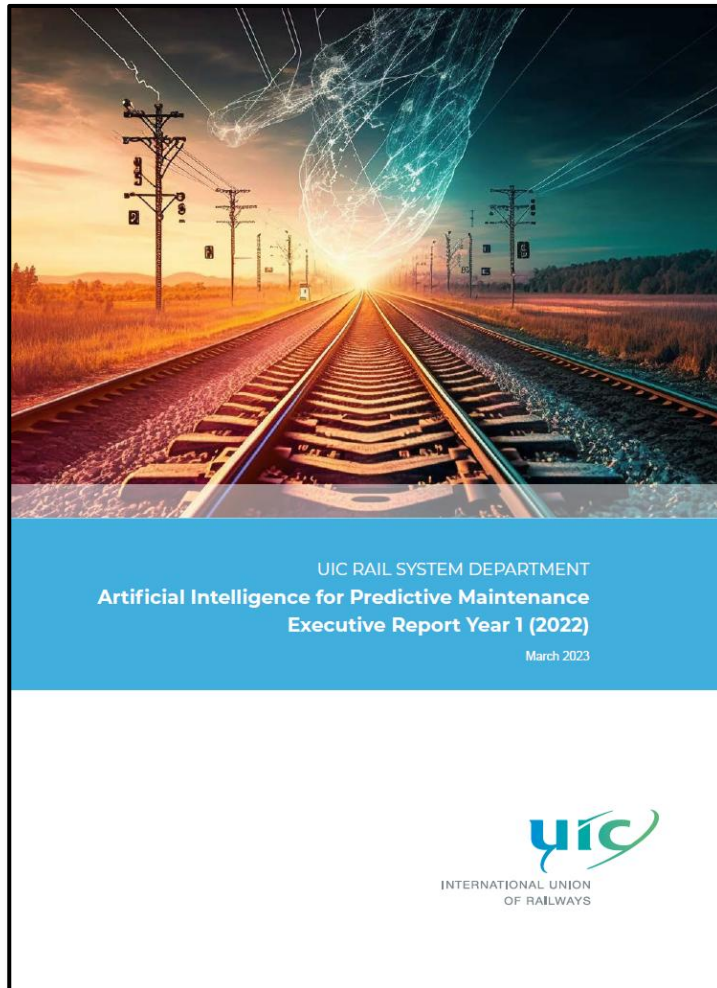


A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems (Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 140, 2022, 103679, ISSN 0968-090X)

Descarga en: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103679>.

- La IA todavía se encuentra en su etapa inicial en el sector ferroviario
- Los principales esfuerzos de investigación se han centrado en la IA para el **mantenimiento y la inspección**
- **Evolución desde enfoques reactivos a predictivos**, conectados y más eficientes, que optimicen recursos y que se anticipen a las incidencias operativas
- Investigación futura centrada en el desarrollo de aplicaciones avanzadas de IA para la **toma de decisiones**

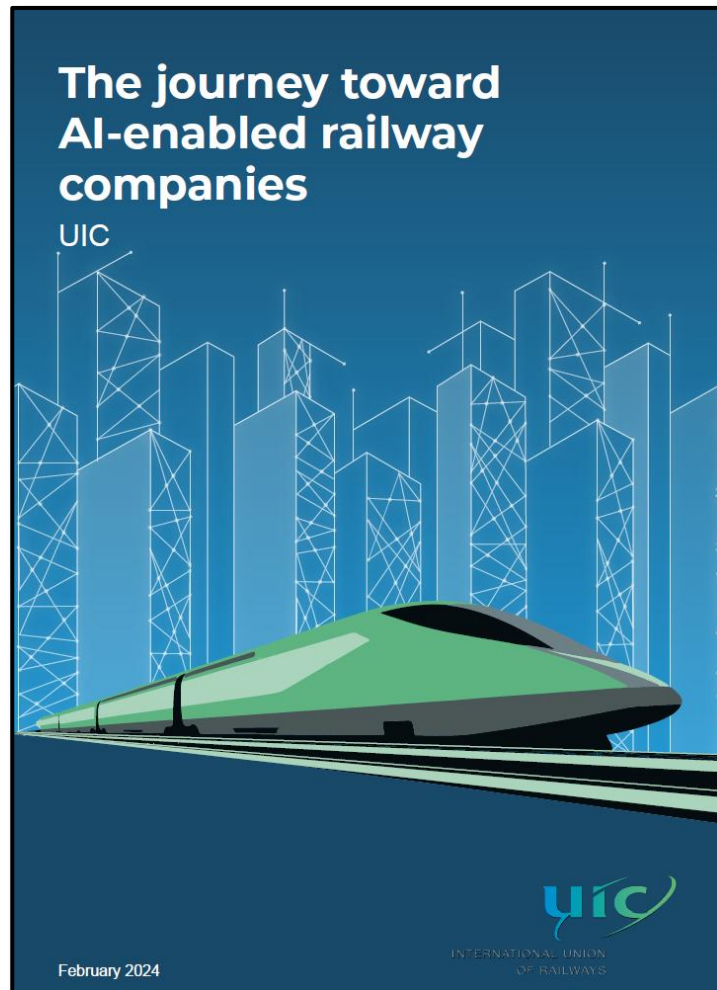
Repaso de antecedentes (3)



Artificial Intelligence for Predictive Maintenance (UIC, 2022)

- Selección de datos (datos correctos y acuerdos adecuados sobre ellos)
- Metodología de IA (aprendizaje automático supervisado antes de probar el no supervisado) e IA confiable y explicable
- Comenzar con la definición de un caso de uso de priorización empresarial para facilitar una transición fluida desde la prueba de concepto (POC) hasta la puesta en marcha
- Mejor colaboración entre las diferentes áreas afectadas de las empresas ferroviarias

Repaso de antecedentes (4)

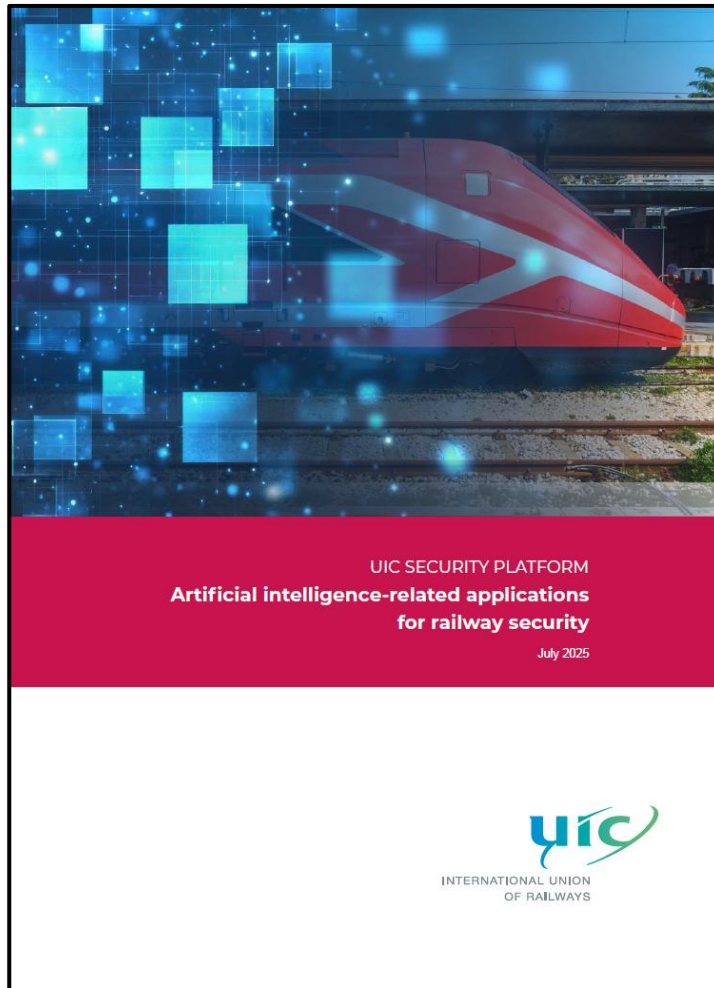


The journey toward AI-enabled railway companies (UIC, 2024)

Descarga en: https://uic.org/com/IMG/pdf/uic_layout_web_05032024.pdf

- La IA está transformando radicalmente la forma en que las compañías ferroviarias planifican y prestan sus servicios, ayudándolas a optimizar la capacidad y mejorar la experiencia del cliente
- Los primeros esfuerzos se han centrado en: **seguridad, puntualidad e interacción con el cliente**. Nuevas oportunidades debido a la rápida evolución de la tecnología
- Priorizar casos de uso que satisfacen una necesidad clara en lugar de desarrollar tecnología por el mero hecho de desarrollarla
- **El despliegue exitoso de la IA requerirá seis componentes:** una hoja de ruta estratégica, competencias y roles específicos para la IA, un modelo operativo, tecnología, datos y gestión de la adopción y el cambio

Repaso de antecedentes (5)



Artificial intelligence-related applications for railway security (UIC, 2025)

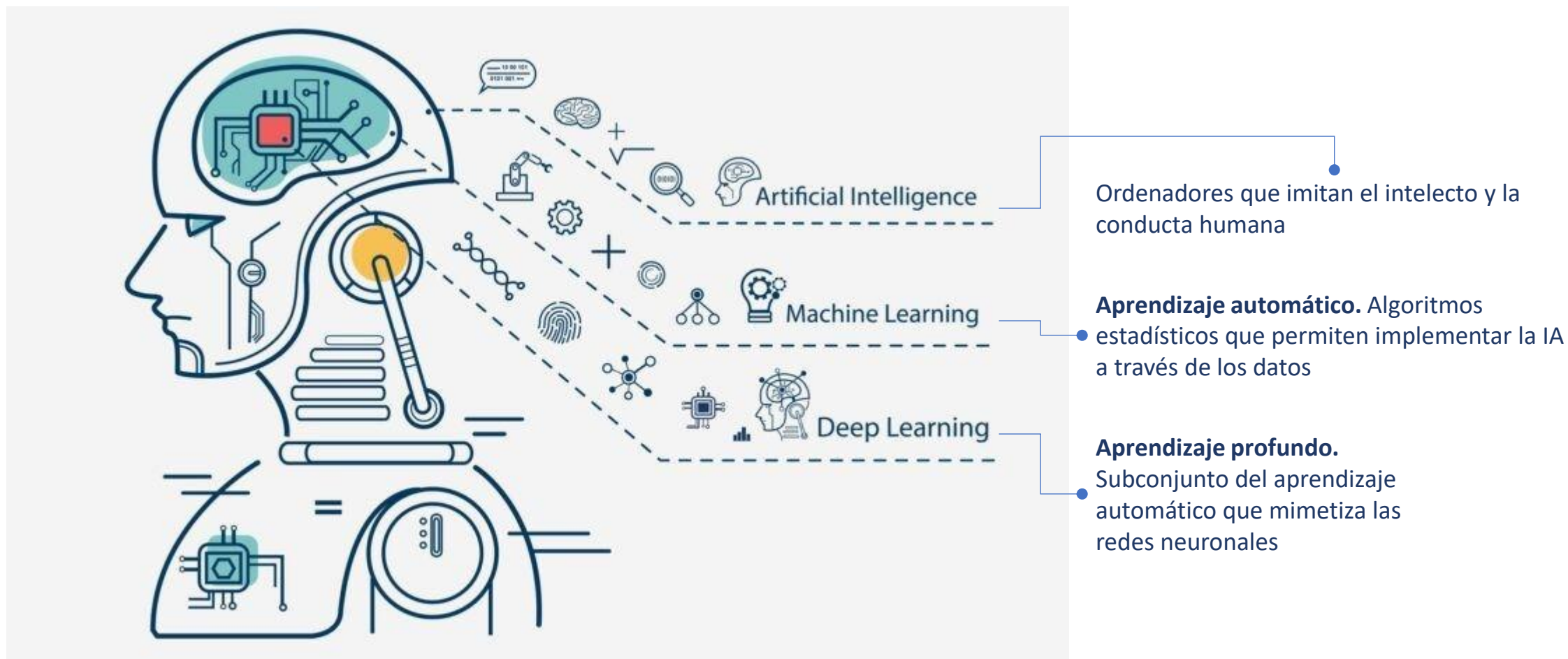
Descarga en: https://uic.org/IMG/pdf/artificial_intelligence-related_applications_web.pdf

- Invertir en aplicaciones de IA para la seguridad no puede considerarse una simple actualización tecnológica, sino una estrategia clave para las compañías ferroviarias
- El transporte ferroviario puede considerarse menos maduro que otros sectores críticos en lo que respecta a las pruebas y el despliegue de tecnologías basadas en IA en el ámbito de la seguridad física (esto puede deberse principalmente a la necesidad de cumplir con estrictas normas y políticas de seguridad)
- La aceptación pública del uso de sistemas de IA para la seguridad ferroviaria constituye otro factor fundamental que permitirá su posible implementación en los próximos años

Resumen general

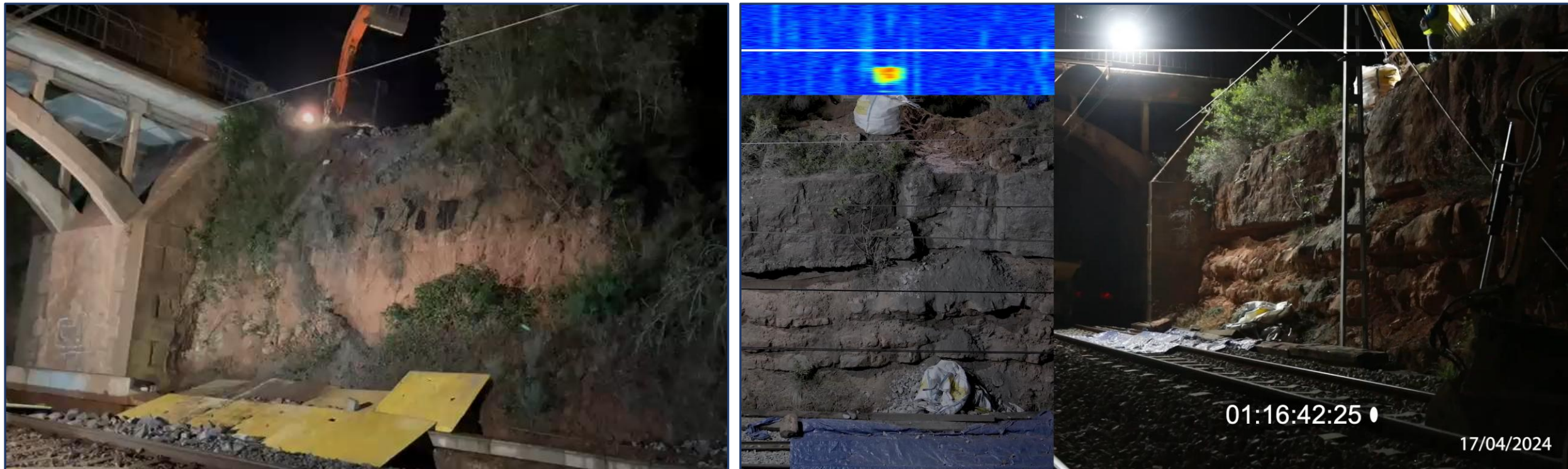
- La IA todavía se encuentra en una **etapa inicial** en el sector ferroviario
- Su incorporación (y otras tecnologías) en la infraestructura ferroviaria debe responder a una premisa clara: **aportar valor tangible y medible al negocio**. No se trata únicamente de digitalizar por el hecho en sí mismo, sino de identificar qué procesos generan mayor retorno y cómo escalarlos sin comprometer la operativa
- Los principales esfuerzos de investigación se han centrado en la IA para el **mantenimiento y la inspección**
- A futuro: desarrollo de aplicaciones avanzadas de IA (**toma de decisiones**, gestión de la incertidumbre, etc.)
- Su adopción implica **retos que exceden la dimensión tecnológica**, lo que requiere una revisión de procesos (ej. RRHH)

¿Qué “tipo” de IA se emplea?



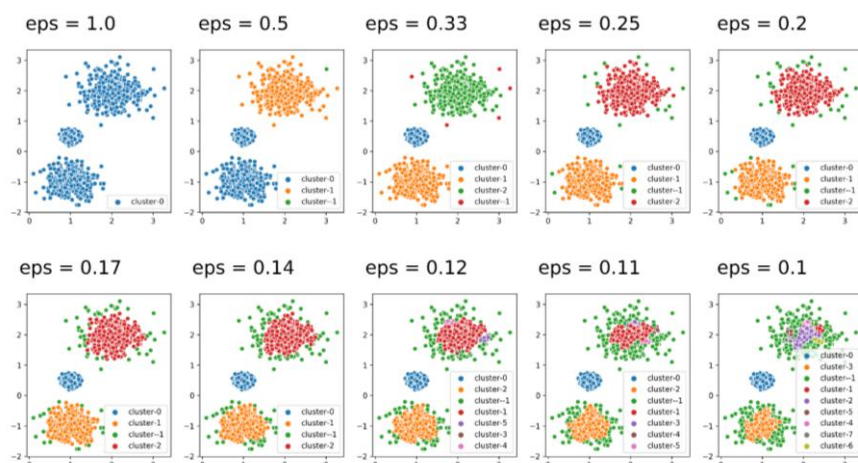
Uso de aprendizaje automático

Ejemplo: DETECCIÓN DE DESPRENDIMIENTOS DE TALUDES EN EL ÁMBITO DE LA VÍA EMPLEANDO TECNOLOGÍA DAS (FIBRA ÓPTICA) ⇒ **Machine Learning apoyado en generación de datos sintéticos** para crear registros temporales realistas, basados en los datos reales ya medidos. Esto permite ampliar el registro de datos, y así mejorar la calibración y robustez en el entrenamiento de modelos. También se permite simular desprendimientos con diferentes parámetros

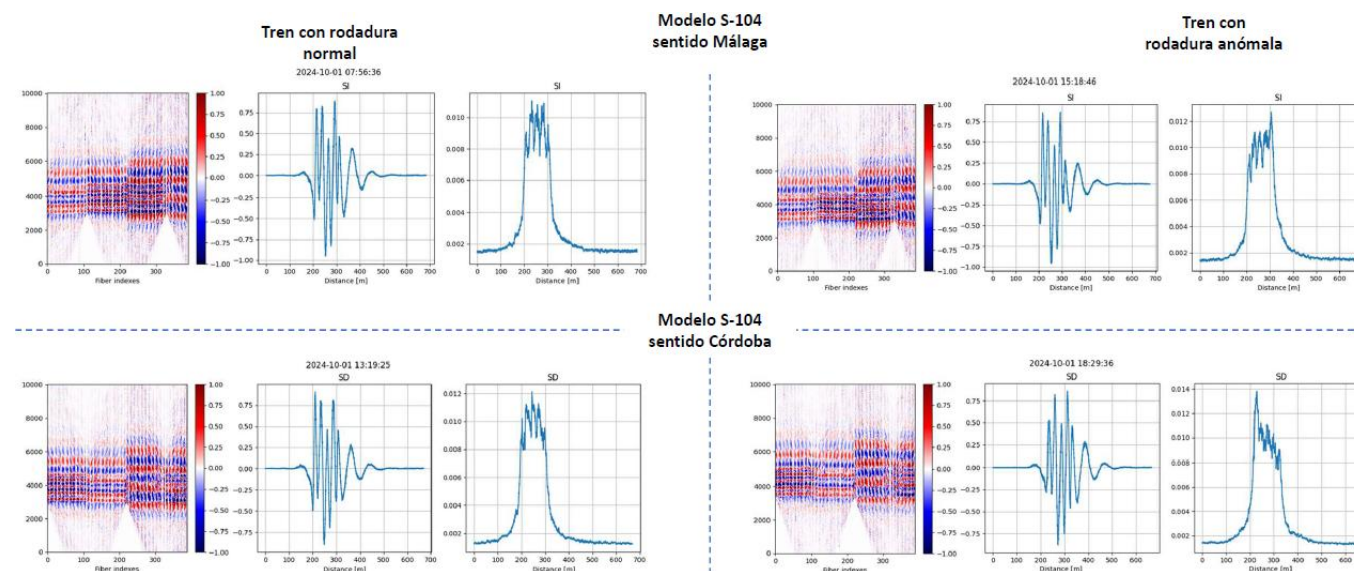


Uso de aprendizaje automático

Ejemplo: DETECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE TREN EN SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y MONITORIZACIÓN DE PUENTES Y VIADUCTOS $\Rightarrow$ **Machine Learning** para entrenar modelos que permitan reconocer los trenes típicos por la posición de sus ejes (esta función ha cobrado especial relevancia para este tipo de supervisión)

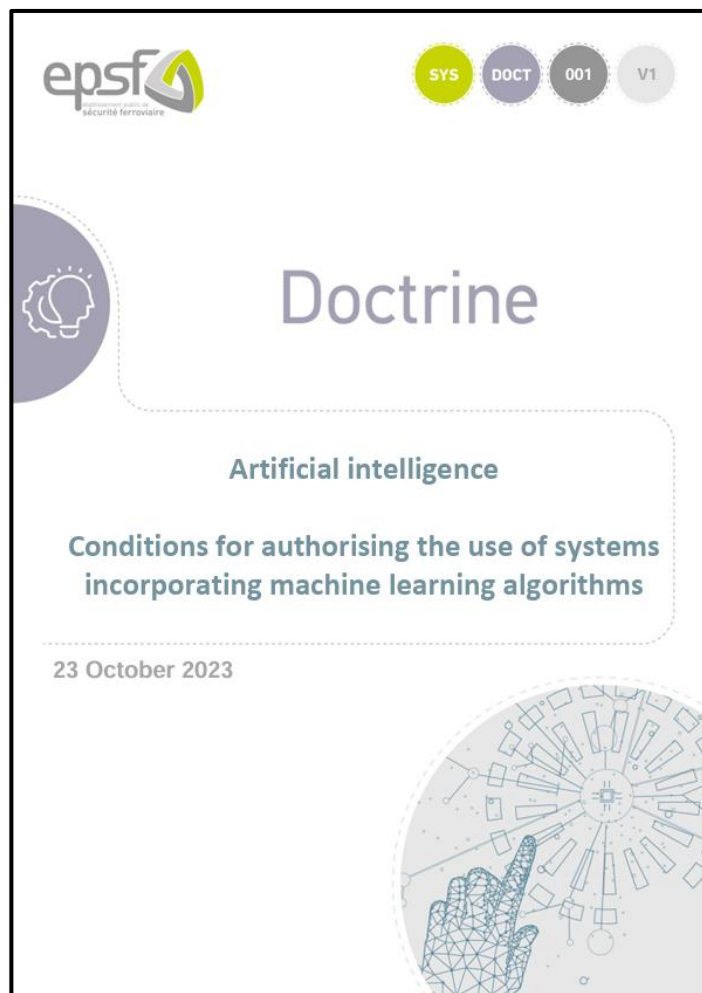


Caso 1: Diferenciación del modelo de tren a partir de los datos obtenidos por galgas situadas en la estructura (algoritmo DBSCAN)



Caso 2: Diferenciación del modelo de tren a partir de su señal acústica registrada por la fibra en diferentes puntos de la estructura. Señal acústica única para cada modelo de tren, a partir de su construcción (número de coches, bogies, separaciones entre elementos clave, etc.)

¿Regulación del aprendizaje automático?



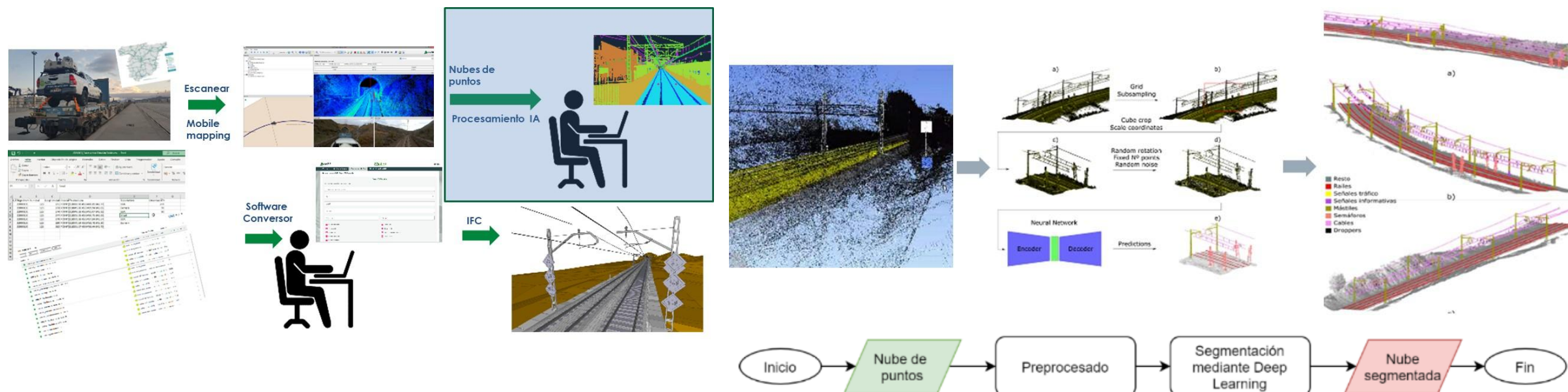
Conditions for authorizing the use of systems incorporating machine learning algorithms (EPSF, 2023)

Descarga en: https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2024-09/SYS-DOCT-001-V1%20-%20Artificial%20intelligence_EN.pdf

Este documento se redactó como parte de un grupo de trabajo interno del Organismo Público de Seguridad Ferroviaria (EPSF) francés (*refleja únicamente su postura*). Constituye una reflexión inicial sobre las condiciones bajo las cuales los modelos de inferencia derivados de algoritmos de aprendizaje automático podrían autorizarse para aplicaciones relacionadas con la seguridad en el sistema ferroviario

Uso de aprendizaje profundo

Ejemplo: DIGITALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA LINEAL EN FORMATO IFC (BIM) A PARTIR DE LA CAPTURA MASIVA DE DATOS RECOGIDOS POR LA TECNOLOGÍA *MOBILE MAPPING*. Además de **Machine Learning**, se aplica **Deep Learning** para la segmentación de imágenes (se clasifica cada píxel de una imagen en categorías específicas, utilizando redes neuronales convolucionales para comprender la información visual con alta precisión)



Próximos pasos

- Asentar conceptos y estrategias
- Nuevas aplicaciones con **IA generativa** (a priori, y tras un análisis de vigilancia tecnológica rápido, no se identifican un número elevado de casos representativos)
- El uso de la **robótica ferroviaria** y la **IA generativa** tiene el potencial de aumentar la automatización de los procesos de inspección, lo que se traduce en una mejor gestión de activos y un ahorro significativo de costes
- **¿Inteligencia artificial cuántica (IA Cuántica) en el ferrocarril?** Combina la computación cuántica con algoritmos de IA para resolver problemas complejos a velocidades inalcanzables para ordenadores clásicos

Cátedra Adif - UPM



Seminario técnico

Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial

ETSICCP. Madrid, 26 de mayo de 2026



GRACIAS

Por su atención

CONTACTO

José Conrado Martínez

Adif

jcmartinez@adif.es