

Cátedra Adif - UPM



Seminario técnico

Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial

ETSICCP. Madrid, 26 de mayo de 2026



Inteligencia Artificial aplicada al ferrocarril: retos y oportunidades

Marcos García Alberti

Profesor Titular de Universidad, ETSICCP-UPM

¿Que es la Inteligencia Artificial ?

“It is the science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs. It is related to the similar task of **using computers to understand human intelligence**, but AI does not have to confine itself to methods that are biologically observable.” (McCarthy ,1956)¹

“La inteligencia artificial son un **sistema de software** y posiblemente también de hardware diseñados por humanos que, ante un objetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital: percibiendo su entorno, a través de la **adquisición e interpretación de datos estructurados o no estructurados**, razonando sobre el conocimiento, procesando la información derivada de estos datos y **decidiendo las mejores acciones para lograr el objetivo dado**.” (Comisión Europea, 2020, p. 3)²

“La inteligencia artificial (IA) es la capacidad de simular, ampliar y extender la inteligencia humana para permitir que **los sistemas informáticos** realicen tareas complejas, incluyendo el **aprendizaje, el razonamiento, la comprensión, la toma de decisiones y la interacción**.” (Zhu, 2024, p. 3)³

¹ McCarthy, J. J. (1998). What is artificial intelligence. Retrived from: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/>

² Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (2020). Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. Recuperado: https://portal.mineco.gob.es/RecursosNoticia/mineco/prensa/noticias/2020/201202_np_ENIAresum

³ Zhu, J. (2024). Analysis on the application of artificial intelligence in the field of logistics. Frontiers in Business, Economics and Management, 14(3).

¿Qué entendemos por Inteligencia Artificial?

La IA es un campo tecnológico que integra métodos matemáticos, estadísticos y computacionales para crear sistemas capaces de percibir, aprender, razonar y actuar de forma autónoma.



ACCIONES EN LAS INFRAESTRUCTURA

**McCarthy (1956):**

Crear máquinas inteligentes mediante programas informáticos.

**Comisión Europea (2020):**

Sistemas que interpretan datos, procesan información y deciden acciones.

**Zhu (2024):**

Extiende la inteligencia humana para tareas como aprendizaje y toma de decisiones.

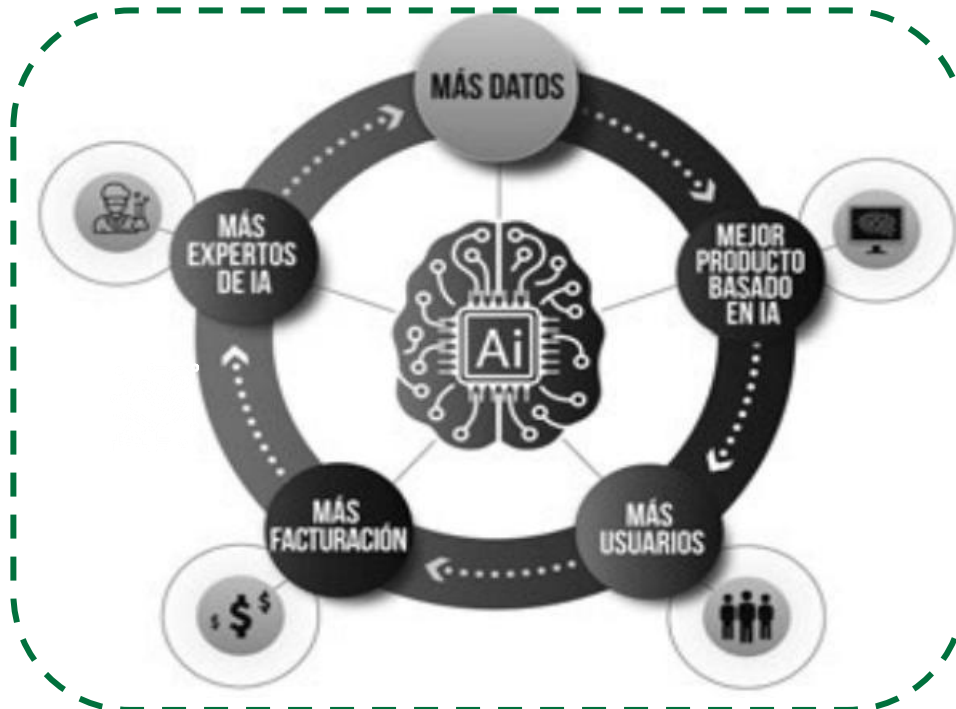
MANTENIMIENTO PREDICTIVO

SEGURIDAD Y GESTION DEL ACTIVOS

OPTIMIZACIONES OPERATIVA



IMPORTANCIA DE LOS DATOS



"Los datos son el nuevo petróleo, fundamentales para el desarrollo tecnológico y la inteligencia artificial."

"En el mundo moderno, el acceso a datos de **calidad** es tan crucial como su **volumen**."

"Las empresas más influyentes son aquellas que pueden **recopilar y analizar** grandes cantidades de información."

"El crecimiento de la inteligencia artificial depende directamente de la **cantidad y calidad** de los datos disponibles."

"La capacidad de utilizar datos de manera estratégica define el éxito en la era digital."



BIG DATA

El Big Data se refiere al tratamiento de datos que destacan por su gran **volumen**, su alta **velocidad** y su **variabilidad** (son diversos y cambian de forma). Estas características hacen que los métodos tradicionales de almacenamiento y análisis resulten insuficientes.



VOLUME	VARIETY	VELOCITY	VERACITY	VALUE	VARIABILITY
The amount of data from myriad sources.	The types of data: structured, semi-structured, unstructured.	The speed at which big data is generated.	The degree to which big data can be trusted.	The business value of the data collected.	The ways in which the big data can be used and formatted.
					

Datos típicos de un proyecto

50-1000 personas

Profesionales trabajando simultáneamente en diferentes aspectos del proyecto

Miles de revisiones

Acciones y actualizaciones que deben ser controladas

Miles de RFI

Solicitudes de información que requieren respuestas precisas



10-100 empresas

Compañías colaborando en un mismo proyecto con diferentes responsabilidades

Miles de documentos

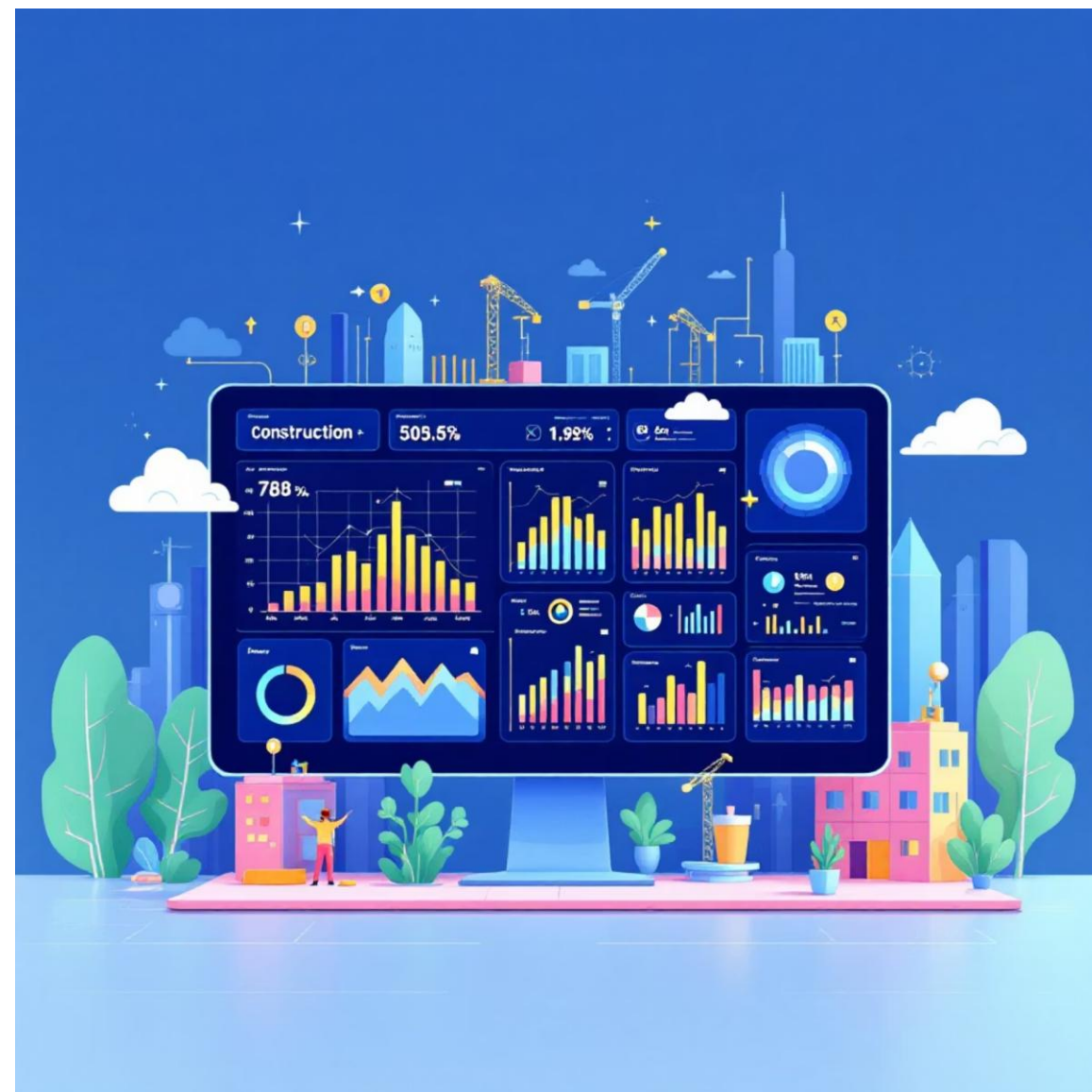
Compartidos entre equipos durante todas las fases del proyecto

Diferentes culturas

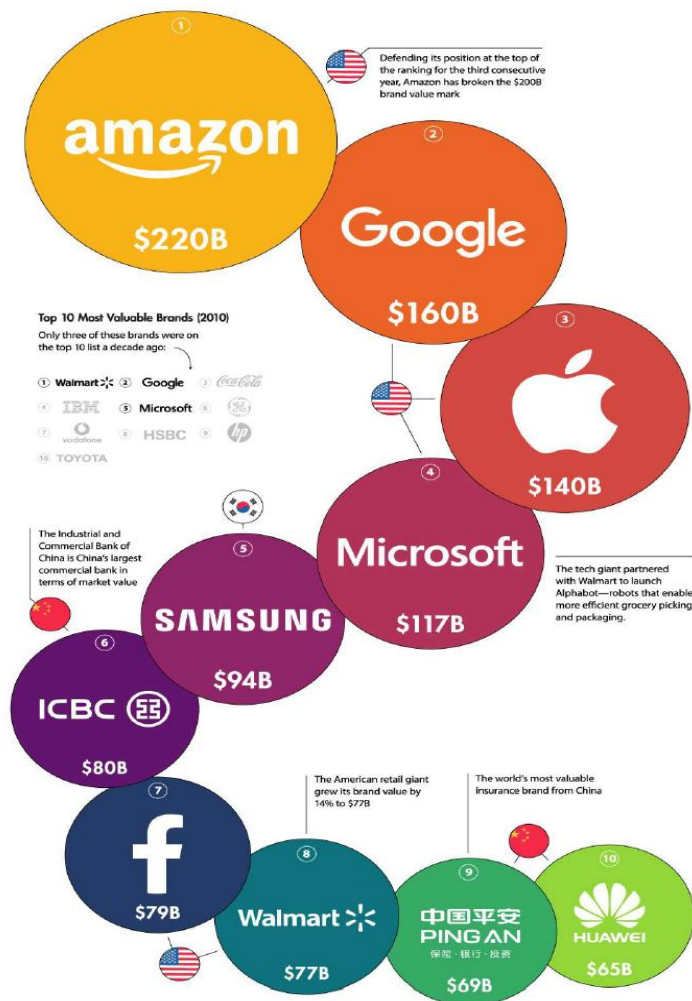
Equipos multiculturales con distintas metodologías de trabajo

Controlar la información... ¿o ser controlado por los datos?

Cátedra Adif - UPM



The 10 Most Valuable Brands 2020



..pero no solo éstas...
¿Qué es Airbnb?
¿Qué es Uber?
¿Qué es Spotify?

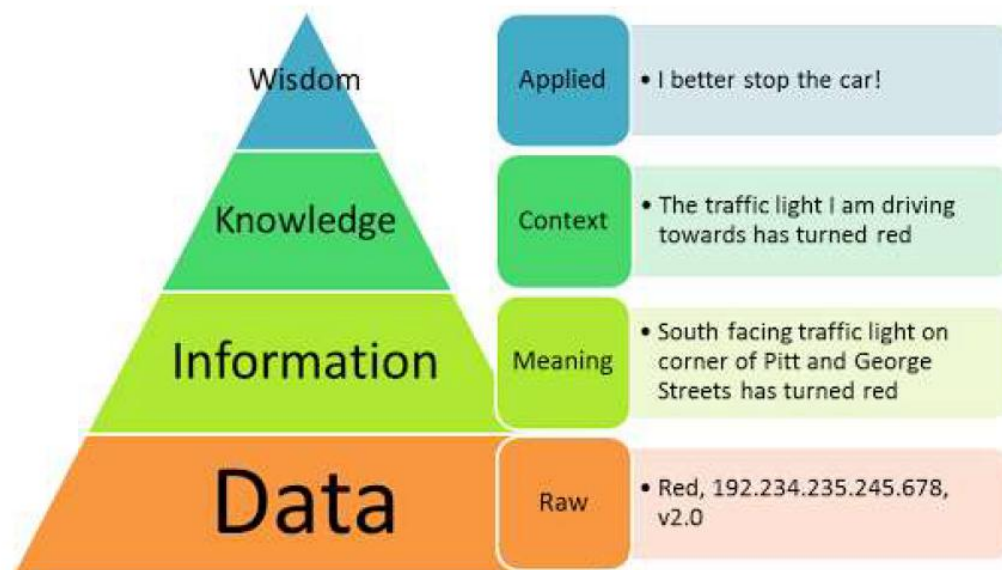
.....

DATA DRIVEN COMPANIES

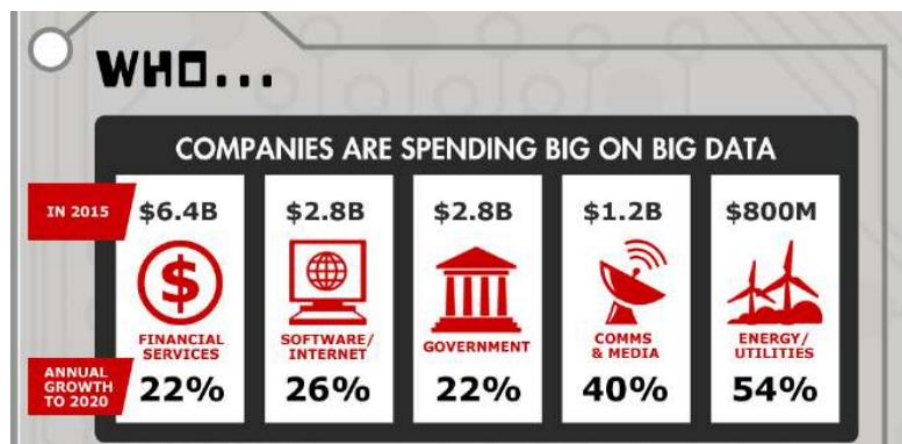
Orientadas cuya **estrategia** está orientada al dato.



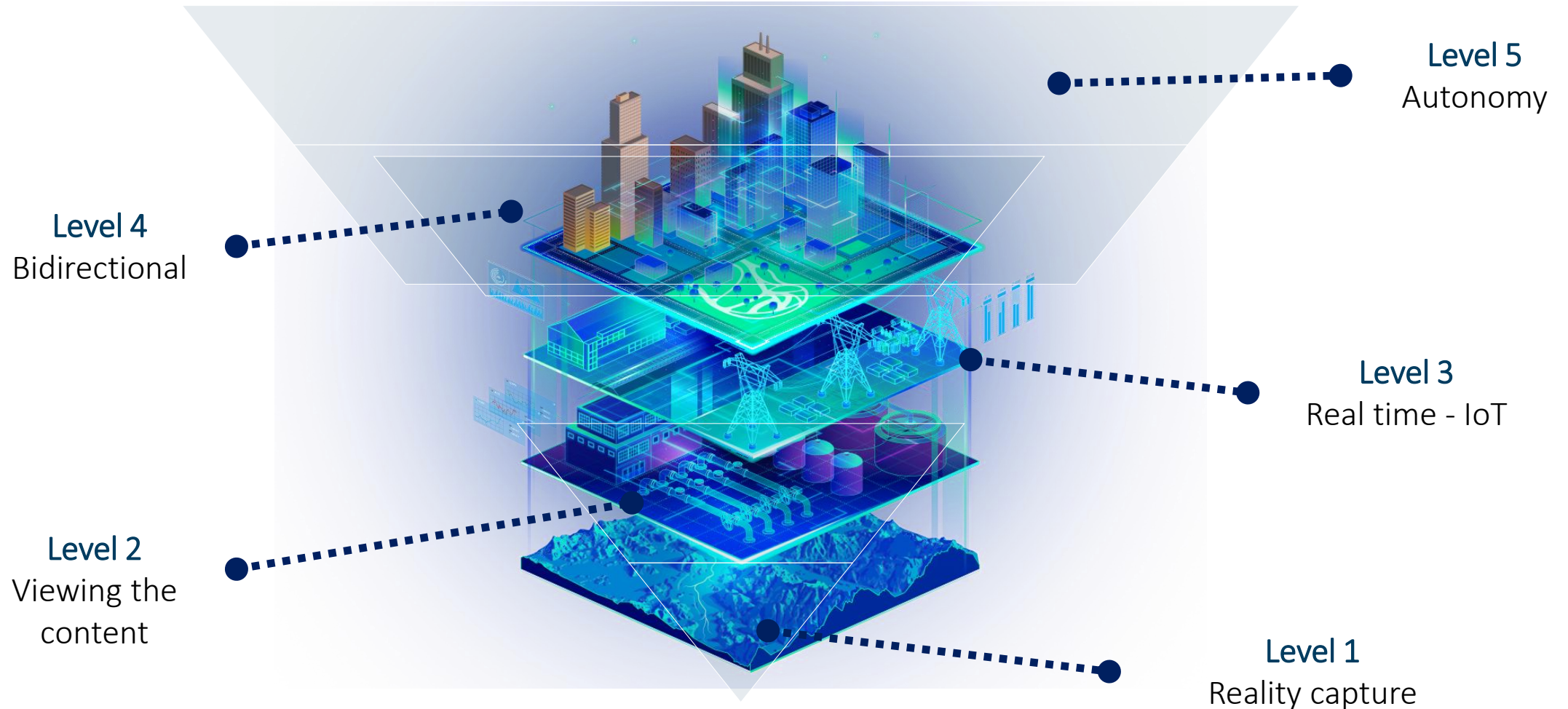
.....DATA IS THE PETROLEUM OF XXI CENTURY



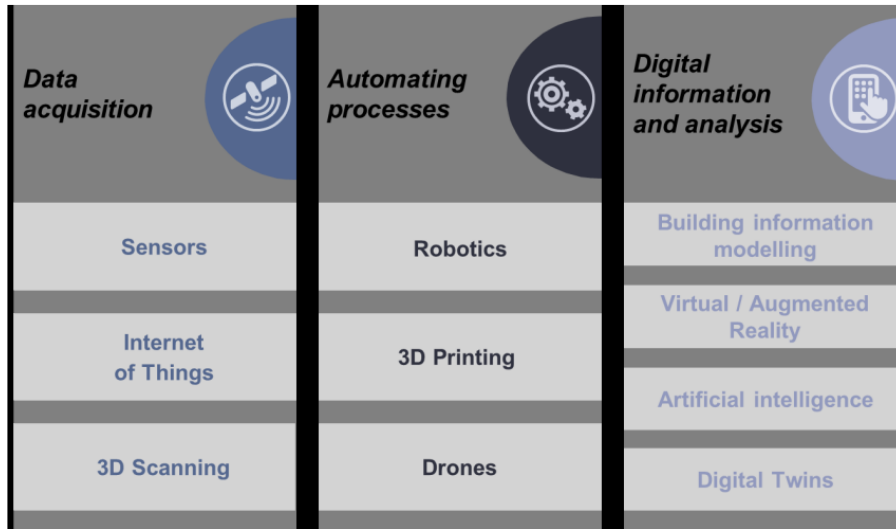
- El dato es muy transversal. Se irá implantando en otros sectores en los que la penetración del BD es todavía baja. ¿SECTOR AEC?
- Aparecerán nuevos algoritmos más eficientes.
- Maduración del Cloud Computing
- Generalización de las micro IA.
- Desarrollo de LLM y Prompts
- IA general 2040 y superIA 2050.
- 5G+IoT -



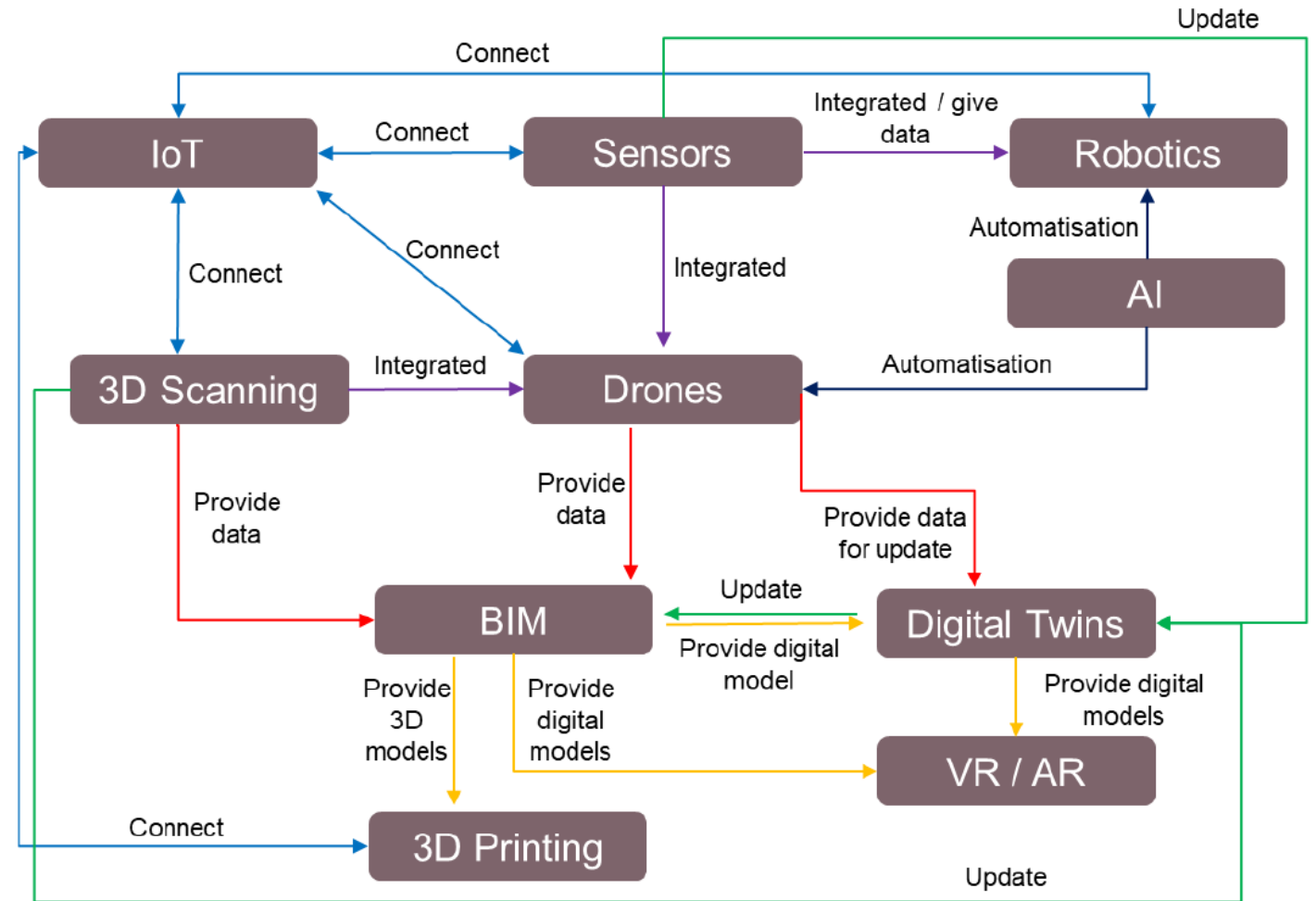
Territorial digital twin maturity levels



DIGITALIZATION



*Digitalization in the construction sector
Analytical Report, 2021
European Commission*



IMPACTO ESTRATÉGICO DE LA IA EN ESPAÑA



Impulso a Empresas

Misiones IA: 50M€ para resolver grandes retos de país en 5 proyectos en cooperación entre 78 entidades en temáticas como Salud, Agricultura y Energía.

Cadenas de valor de IA: aplicación de la IA en las actividades diarias de las empresas, 105M€ de inversión en 217 proyectos, 69% PYMES. En áreas como la salud o la industria manufacturera.

RETECH: Redes de proyectos territoriales, con 13 proyectos con un presupuesto de 260M€, de los cuáles 125M€ tienen una relación directa con la Inteligencia Artificial.



Infraestructuras para la IA

Neurotech: un centro especializado en Neurotecnologías, único en Europa, con una inversión total de 200M€.

Quantum Spain: el primer ordenador cuántico de España con una inversión de 22M€.

Plan Nacional de Tecnologías del Lenguaje: para impulsar un gran corpus de Voz, la IA en lenguas cooficiales, y desarrollo de modelos neuronales de IA en español, abiertos para la industria.



Inteligencia Artificial Responsable y Gobernanza

CAIA: Creación del Consejo Asesor de IA en España.

Consejo Digital Joven

Reglamento europeo IA: impulso de las negociaciones durante la Presidencia.

Piloto IA – sandbox: pruebas del Reglamento de IA en entorno controlado para sistemas de IA de Alto Riesgo, en coordinación con Comisión Europea.

Sello Calidad IA: para asegurar una ética robusta en sistemas IA que no sean de alto riesgo.

AESIA: creación de la primera Agencia europea de supervisión de IA (A Coruña).



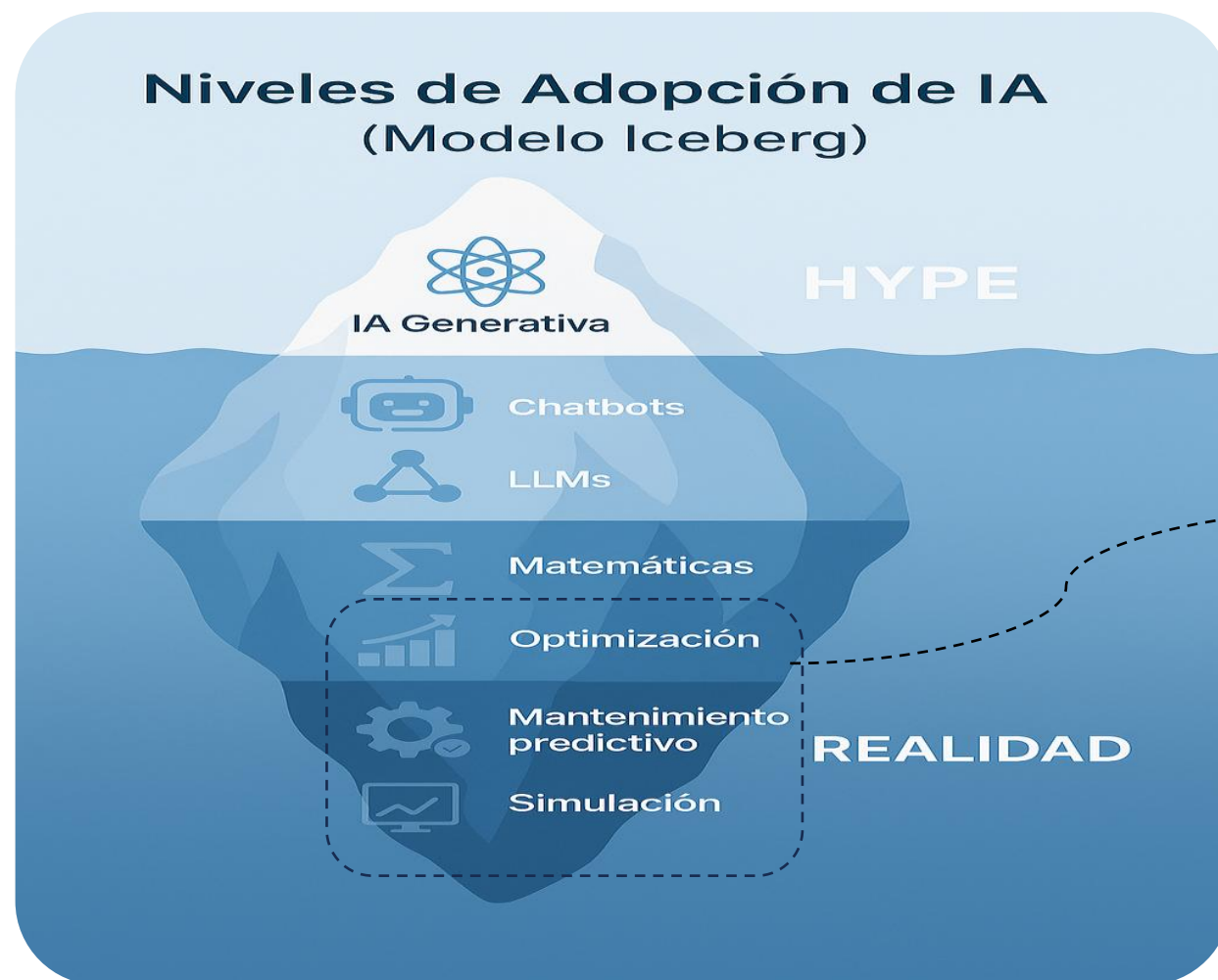
Potenciación del talento e investigación científica

Cátedras ENIA: financiación de cátedras universidad-empresa con una inversión de 16 M€.

Spain Talent Hub: formación y consolidación de investigadores en IA con una inversión de 10M€.

Red de Excelencia en IA: financiación de proyectos de investigación interdisciplinar en cooperación con una inversión de 32M€.

⁵Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial. (2023). Informe sobre los avances en la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Recuperado de [20230522_informe_enia.pdf](https://www.mineco.es/20230522_informe_enia.pdf)

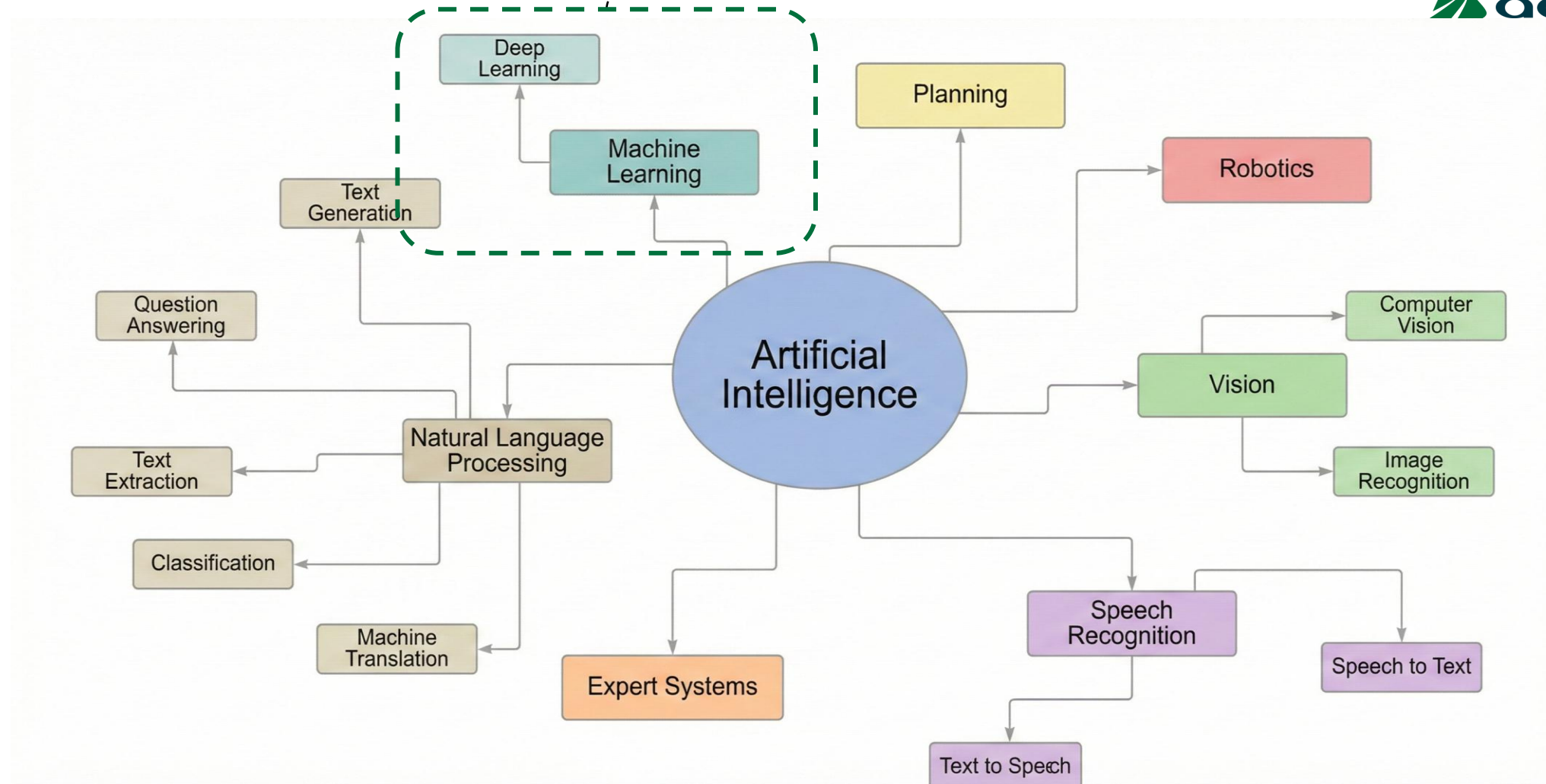


Lo que realmente importa en ingeniería:

- ✓ Algoritmos de optimización
- ✓ Modelos de regresión
- ✓ Análisis de datos
- ✓ Mantenimiento predictivo.

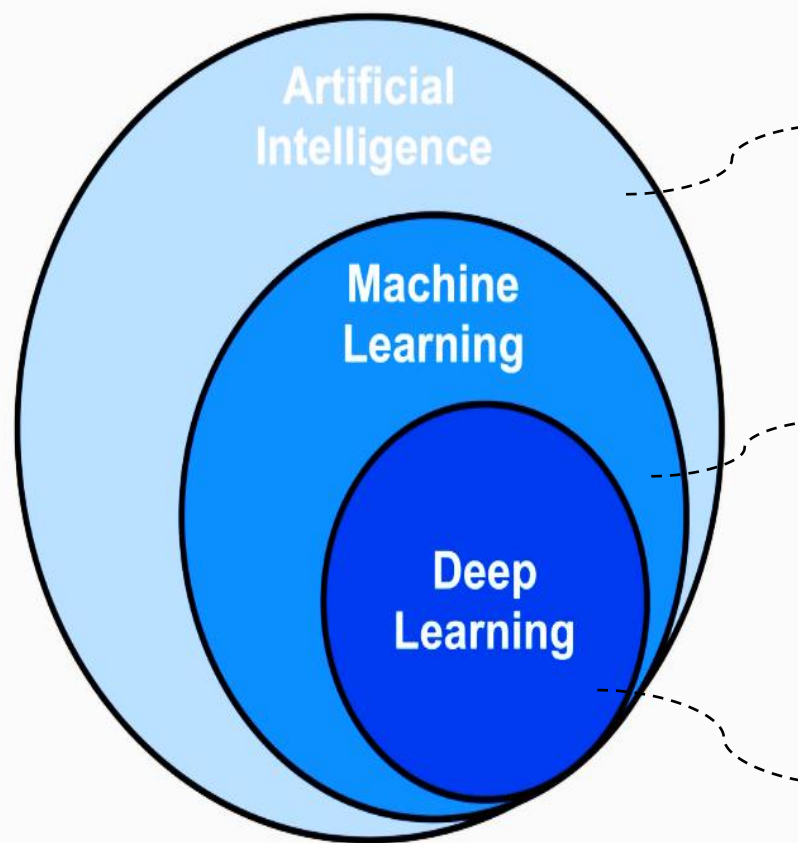


Nuestro Foco Principal
Inteligencia Predictiva



González Ramírez Luisa Fernanda, Moreno Goytia Edgar Lenymirko y Márquez Benavides Liliana, 2023. El uso de la inteligencia artificial en un entorno académico. Ciencia Nicolaita no. 89, 244-255. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi89.721>

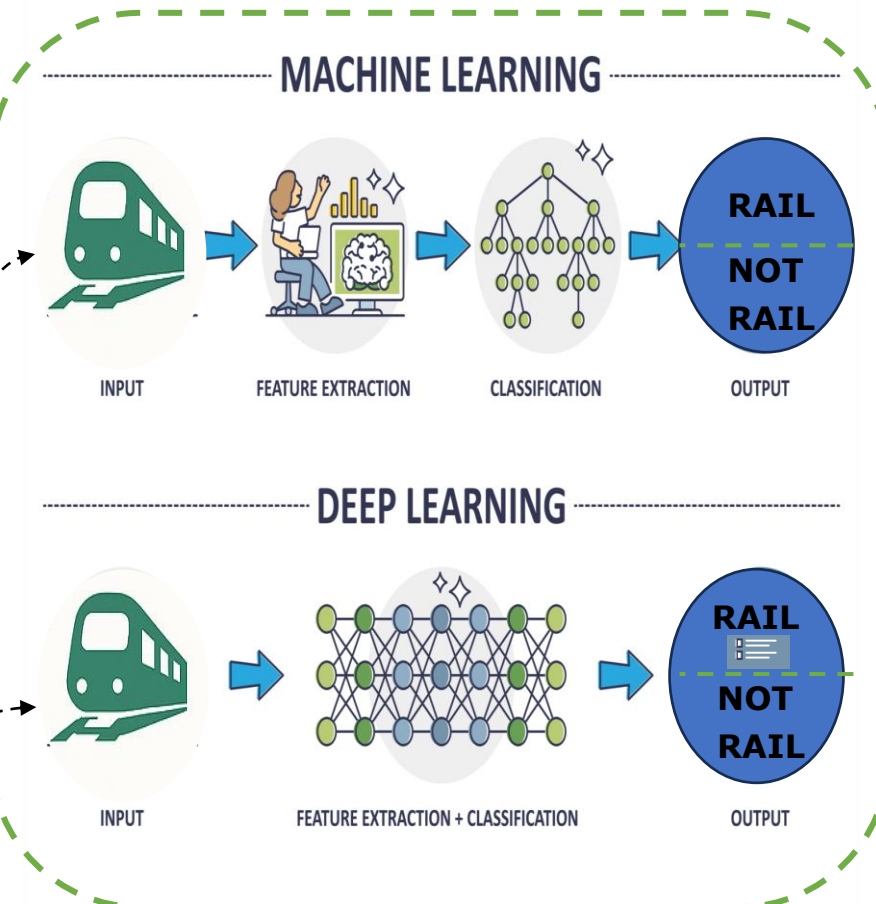
La IA y sus subniveles: Machine Learning y Deep Learning



Son sistemas (programas) con la habilidad de aprender y razonar como humanos.

Subcampo de la IA que permite a los **sistemas aprender de datos** sin ser programados explícitamente, utilizando **algoritmos para identificar patrones y hacer predicciones**.

Son redes neuronales que se **adaptan y aprenden representaciones a partir de grandes volúmenes de datos**.



La Digitalización Evoluciona hacia la IA y los Gemelos Digitales en la Gestión de Infraestructuras

Cátedra Adif - UPM

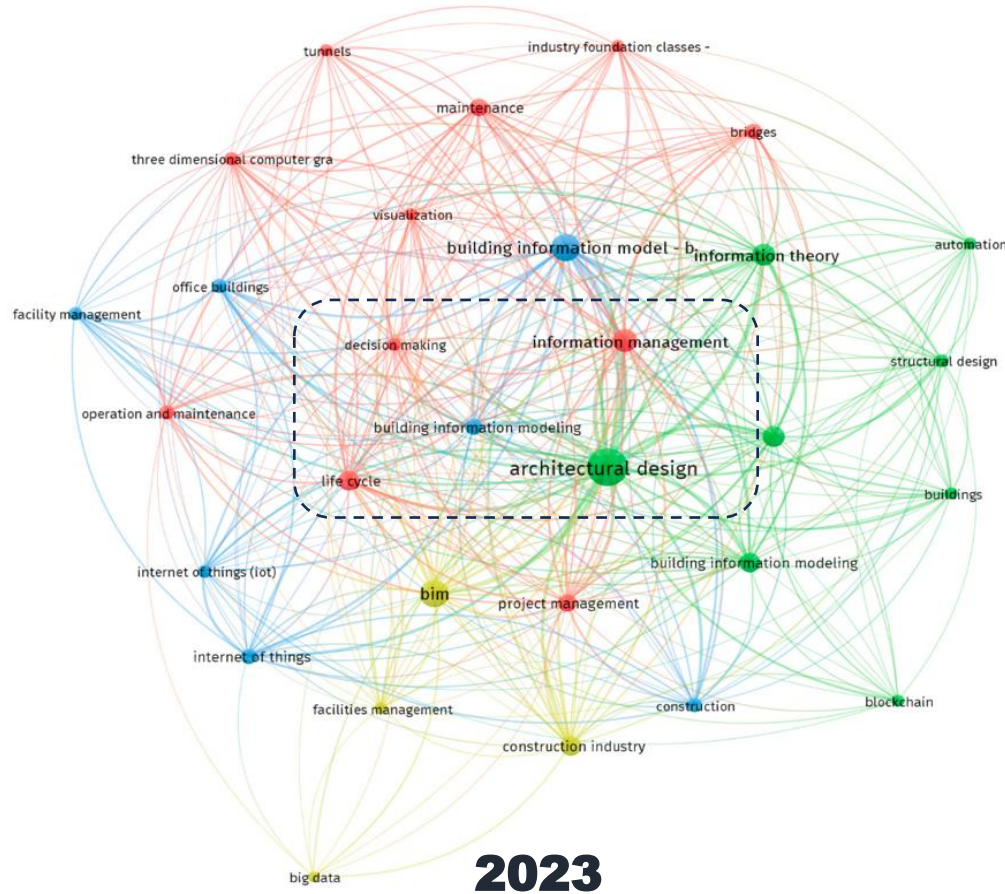


La Base Digital: Del Diseño a la
Construcción Inteligente de
Infraestructuras

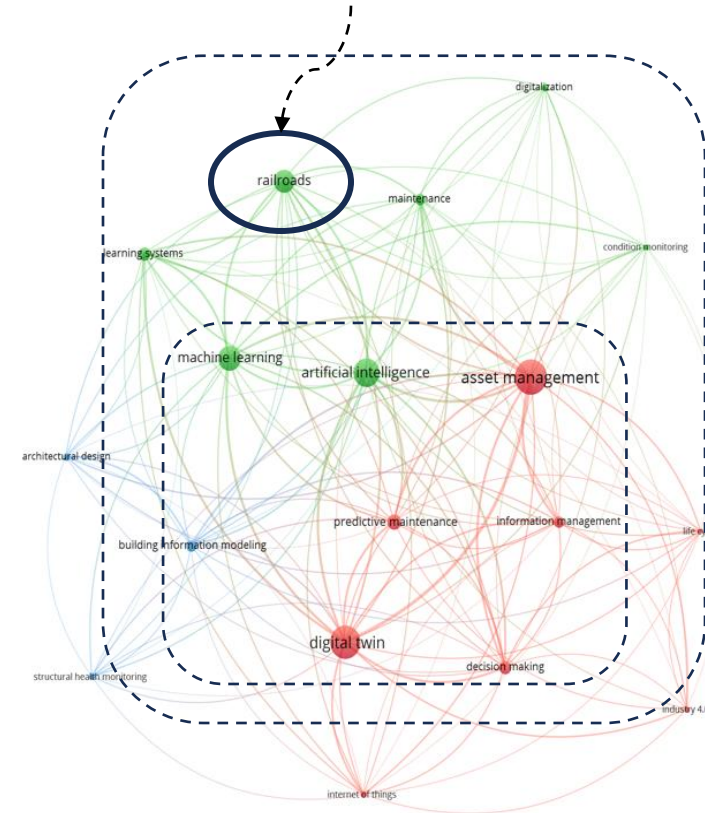
Transición



Mantenimiento Predictivo Basado
en IA y Gemelos Digitales



2023



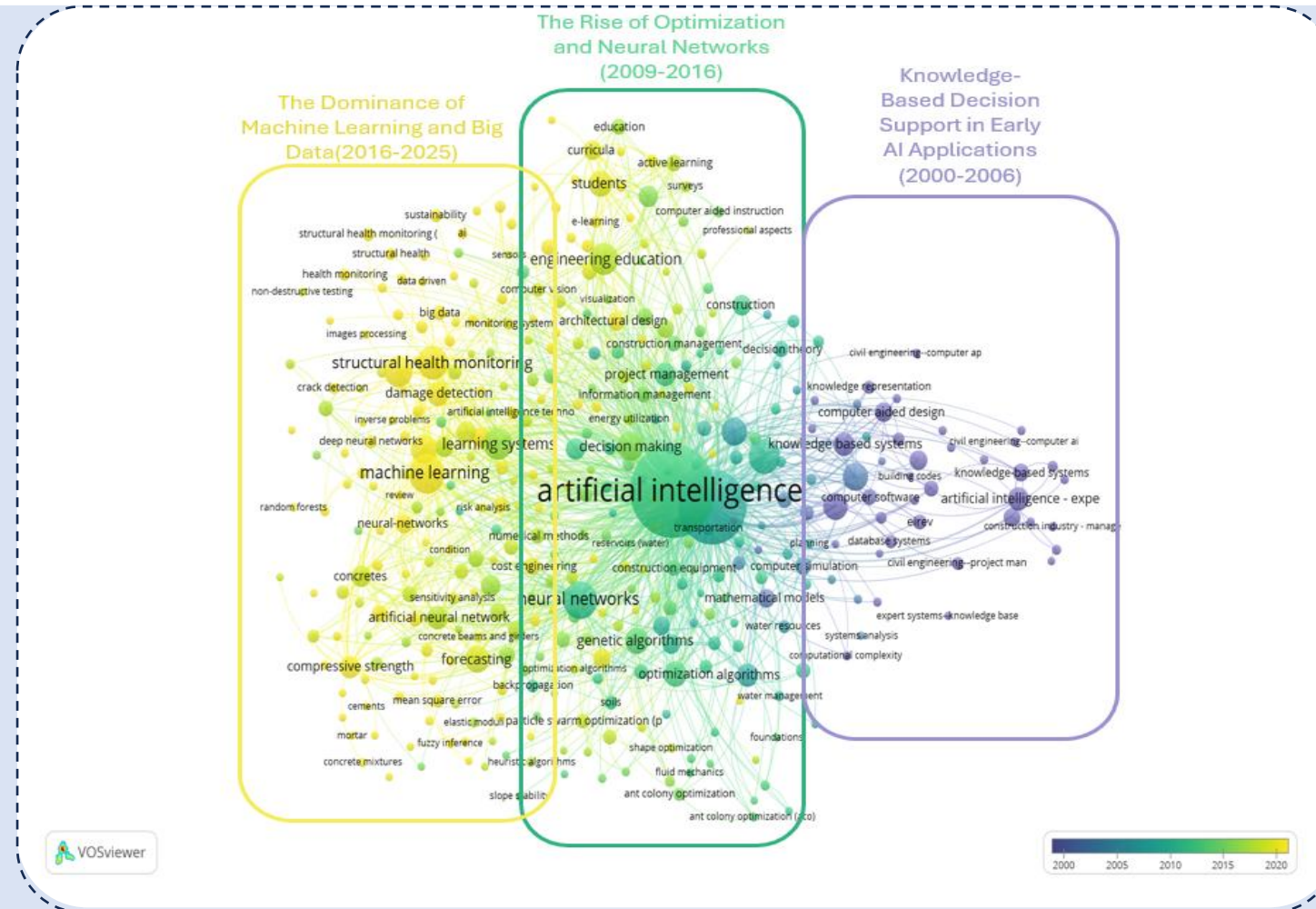
2025

Jerez Cepa, J., Pavón, R. M., Alberti, M. G., Ciccone, A., & Asprone, D. (2023). A review on the implementation of the BIM methodology in the operation maintenance and transport infrastructure. Applied Sciences, 13(5), Artículo 3176. <https://doi.org/10.3390/app13053176>

Jornada técnica: **Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial**. Madrid, 26 de Mayo de 2026

Evolución de la Inteligencia Artificial en la Ingeniería Civil: Un Análisis Bibliométrico (2000-2025)

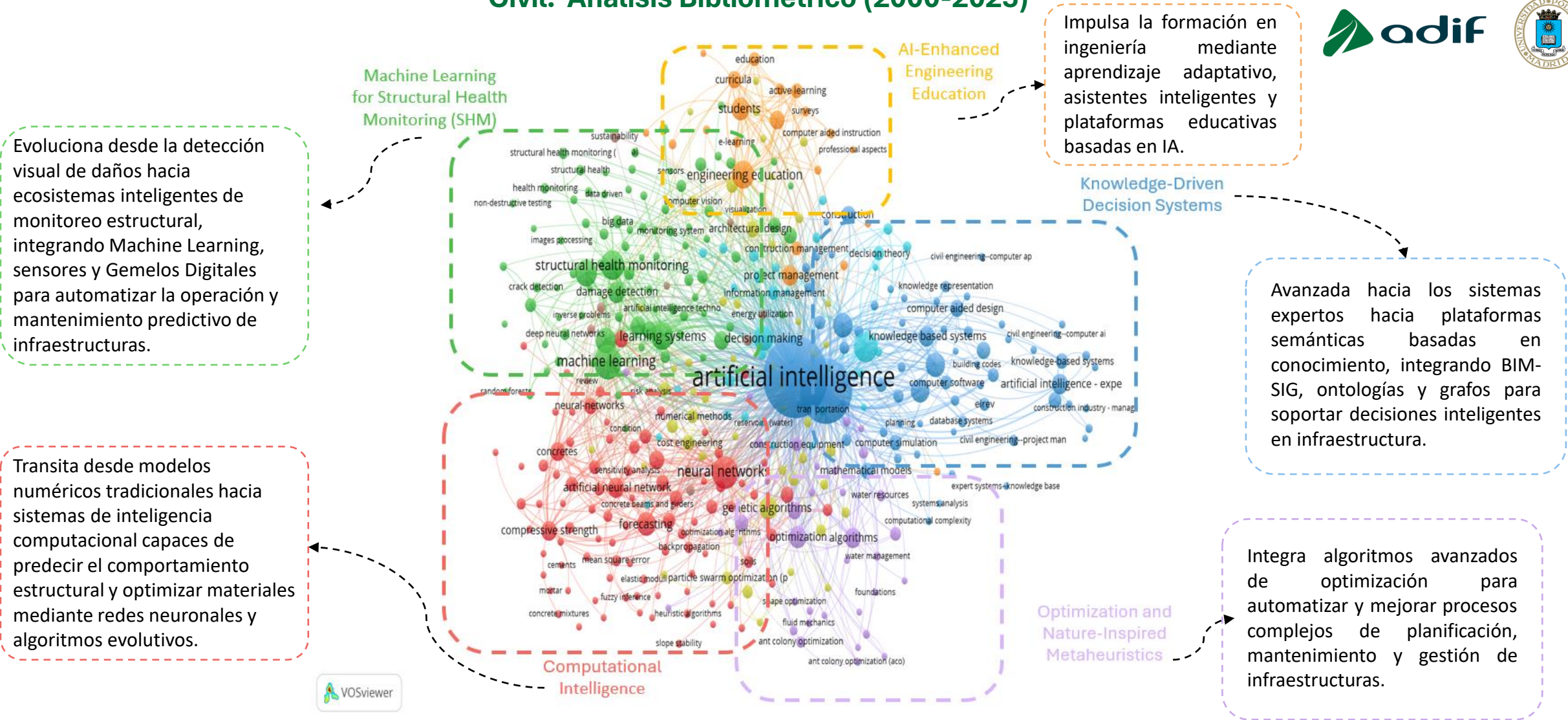
2025



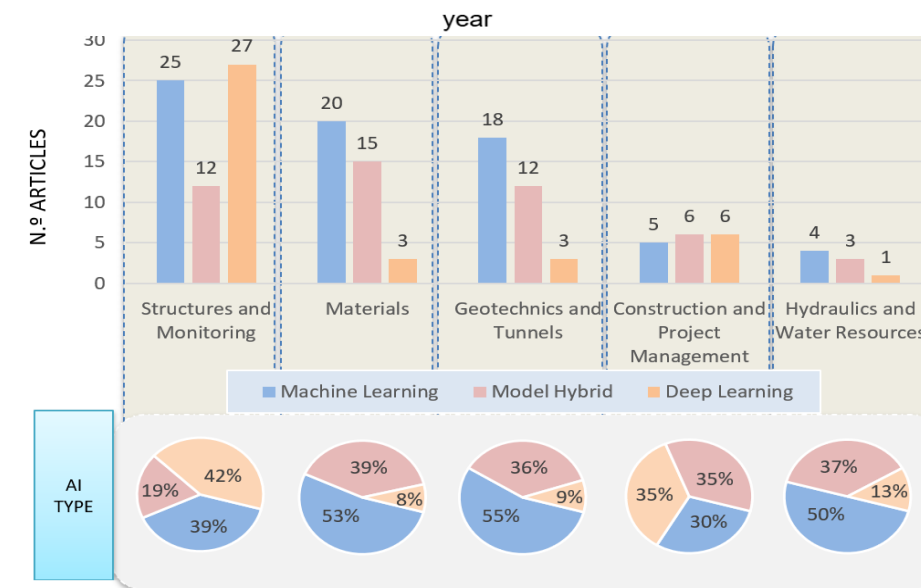
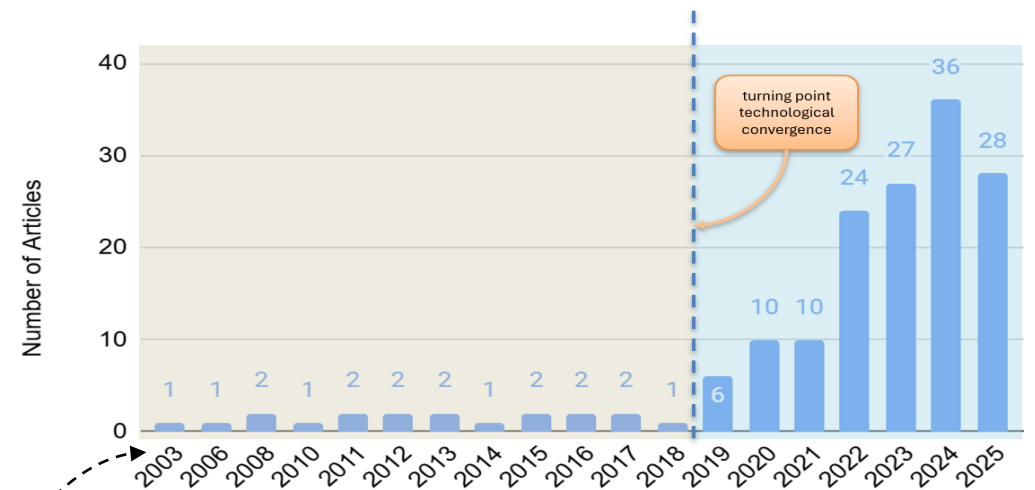
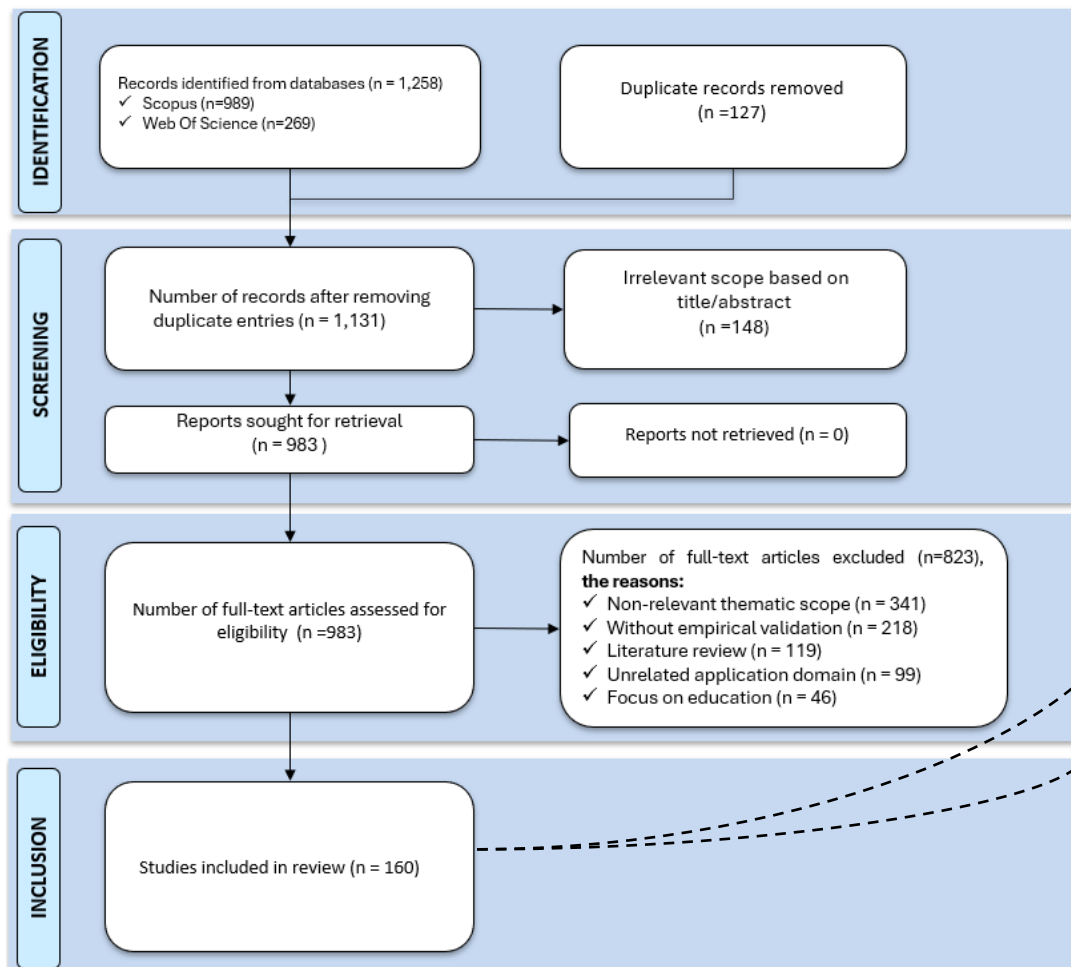
2000

Evolución de la Inteligencia Artificial en la Ingeniería

Civil: Análisis Bibliométrico (2000-2025)

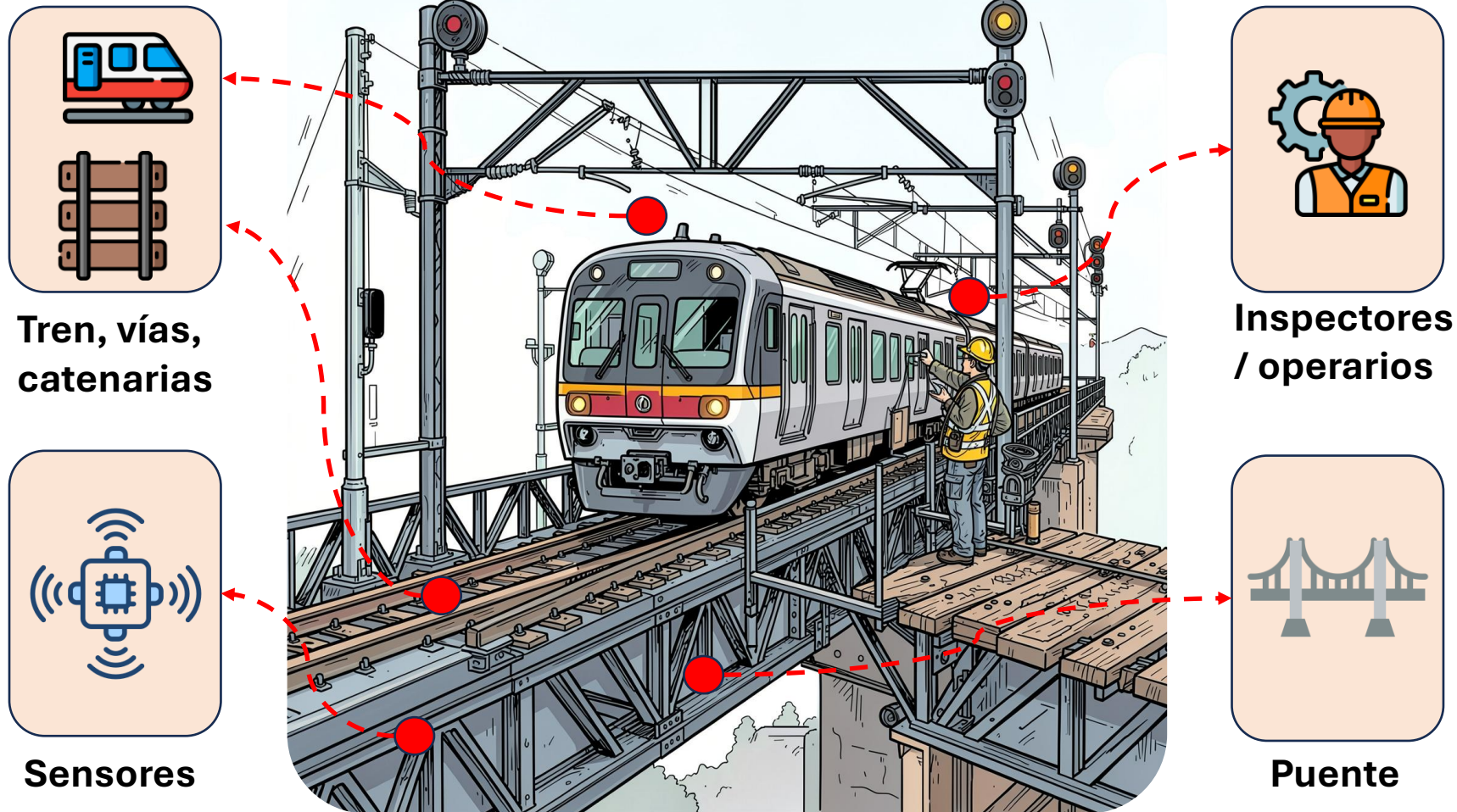


Mapping Artificial Intelligence in Civil Engineering: A Systematic Review of Subdisciplines, Algorithms, and the rise of XAI



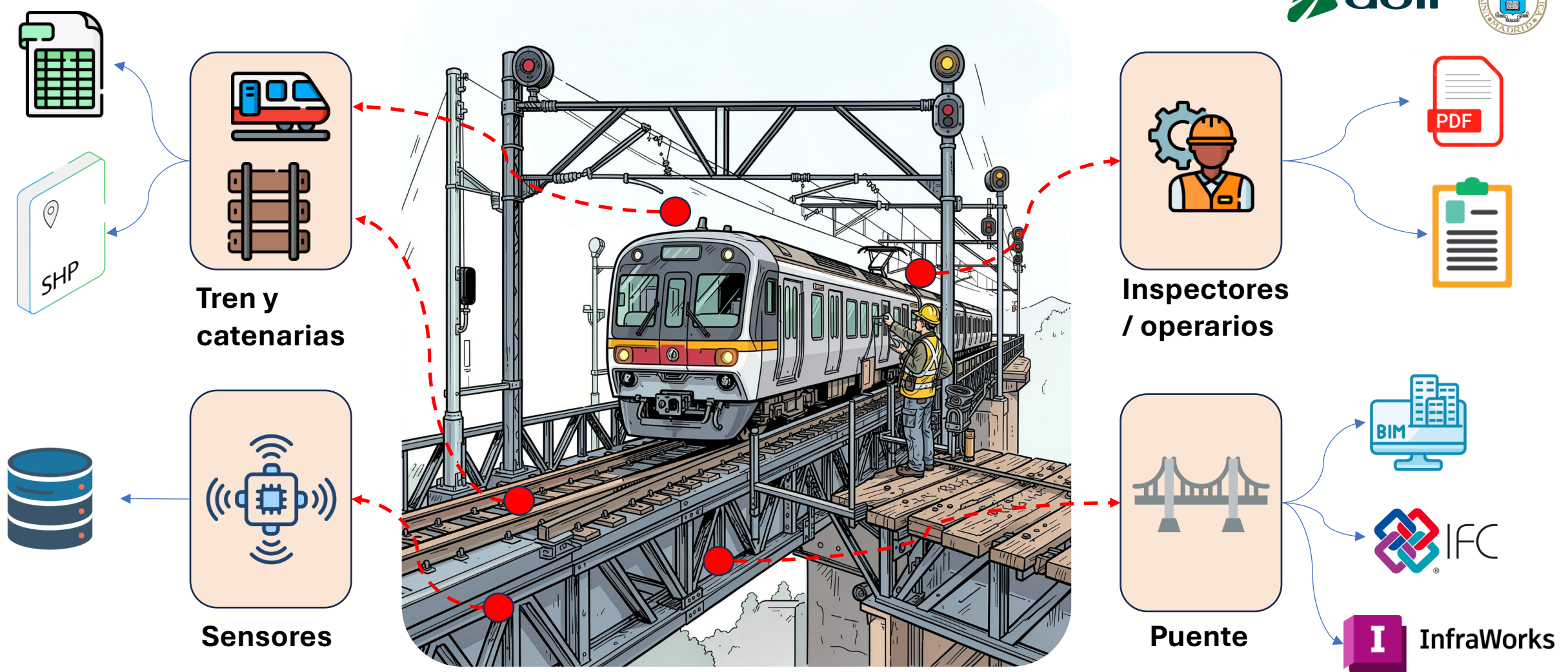
Problema de interoperabilidad de la información

Cátedra Adif - UPM



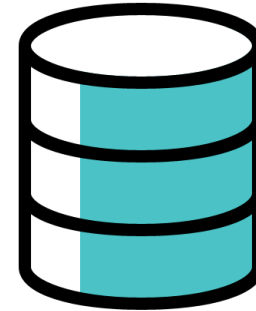
Problema de interoperabilidad de la información

Cátedra Adif - UPM



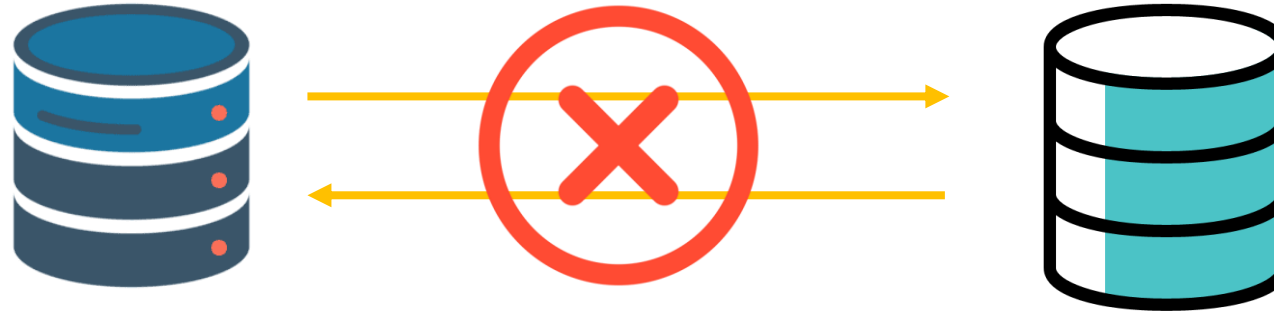
Problema de interoperabilidad de la información

Cátedra Adif - UPM



Problema de interoperabilidad de la información

Cátedra Adif - UPM



SI QUEREMOS RELACIONAR UN ÚLTIMO VALOR
DADO POR LA VIA CON ESTADO ESTRUCTURAL
DEL PUENTE ...

¿DÓNDE BUSCO?

¿CÓMO GESTIONO TODA ESTA INFORMACIÓN DE
FORMA CONJUNTA?



Cátedra Adif - UPM



Hacia



**Una ontología no es
otra base de datos más.
Es un mapa de
conocimiento**

**SI QUEREMOS RELACIONAR UN ÚLTIMO VALOR
DADO POR LA VIA CON ESTADO ESTRUCTURAL
DEL PUENTE ...**

¿DÓNDE BUSCO?

**¿CÓMO GESTIONO TODA ESTA INFORMACIÓN DE
FORMA CONJUNTA?**

**Puente de
Acero P-3**



Vía 014



**Estado:
Alerta Fatiga**



**Dato del
Sensor: 38°C**



De Silos de Datos a Grafos de Conocimiento

SI QUEREMOS RELACIONAR UN ÚLTIMO VALOR
DADO POR LA VIA CON ESTADO ESTRUCTURAL
DEL PUENTE ...

¿DÓNDE BUSCO?

¿CÓMO GESTIONO TODA ESTA INFORMACIÓN DE
FORMA CONJUNTA?



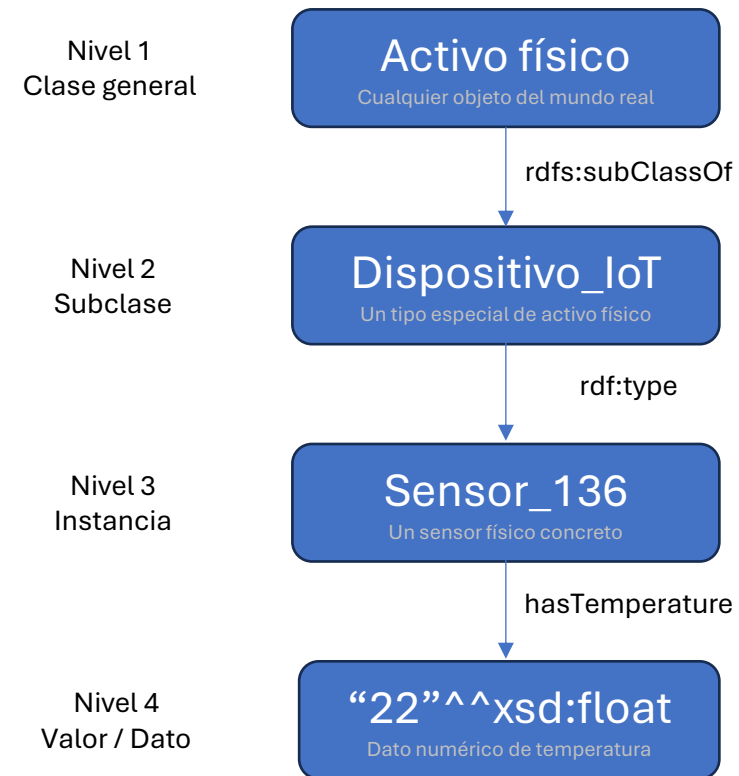
Introducción ontologías

"Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida" (1)

Elementos clave:

- **Clases:** Entidades abstractas (ej. *Sensor, Tren, Vía*)
- **Propiedades:** Atributos de las clases (ej. *temperatura, latitud*)
- **Relaciones:** Cómo interactúan (ej. Sensor "*está_instalado_en*" Vía)
- **Instancias:** Datos reales (ej. *Sensor_136*)

Ejemplo de esquema



(1) Studer, Benjamins, Fensel. Knowledge Engineering: Principles and Methods. Data and Knowledge Engineering. 25 (1998) 161-197

Diseño conceptual ontológico de la M-30

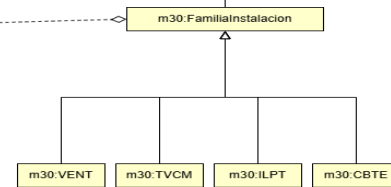
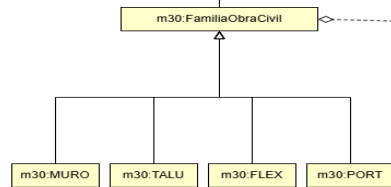
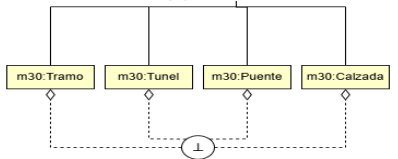
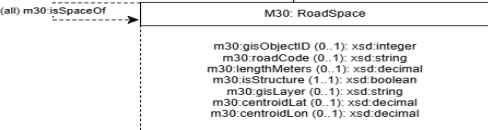
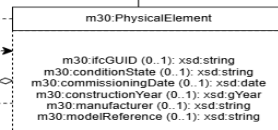
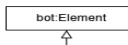
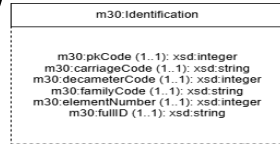
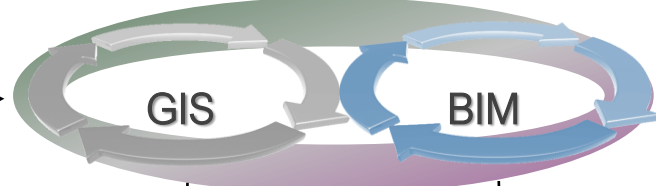
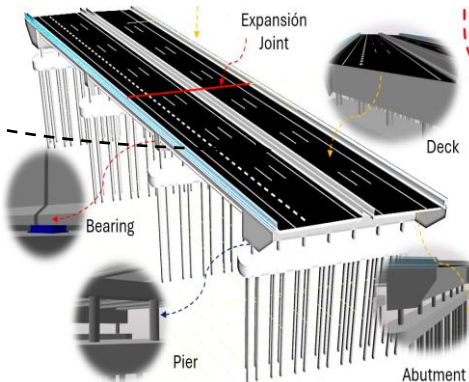
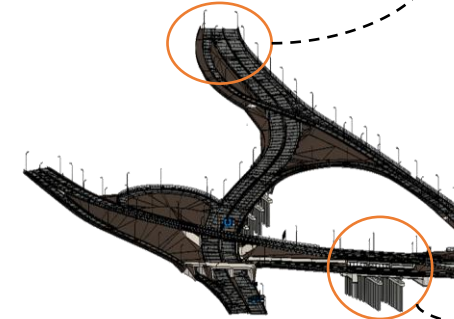
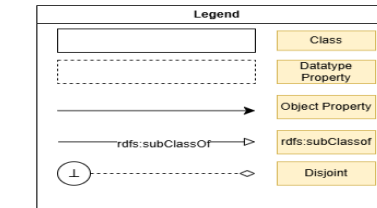
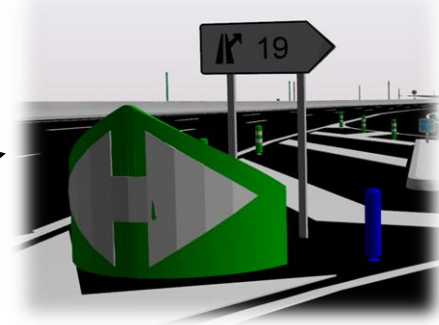
Adecuación de la
Base de Datos

Modelización según proceso de Integración BIM GIS

Utilización de estándares



Cátedra Adif - UPM



@base: <http://calle30.madrid.es/def/infrastructure#> .
m30: <http://calle30.madrid.es/def/infrastructure#> .
bot: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
ifc: http://ifcowl.openbimstandards.org/IFC4_ADD2# .
owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .
dcterms: <http://purl.org/dc/terms/> .
vann: <http://purl.org/vocab/vann/> .

dc:title "M30 Infrastructure Ontology" @en ;
dc:description "Ontology for the digital twin of Madrid Calle 30 integrating GIS BIM and O&M." ;
dc:BIMTICCP
owl:versionInfo "1.0.0"
vann:preferredNamespacePrefix "m30"
vann:preferredNamespaceUri <<http://calle30.madrid.es/def/infrastructure#>> .

Aporte fundamental de las ontologías en el Sector Ferroviario 1

El **ferrocarril** tiene una **fragmentación masiva**: infraestructura, operadores y fabricantes, y cada uno de ellos usan **vocabularios y formatos propios**.

Beneficios:

Interoperabilidad

Un tren que viaja de España a Francia necesita que sus sistemas de señalización utilicen la misma semántica de datos.

Gemelo Digital

Integrar topología de red con telemetría en tiempo real.

Mantenimiento predictivo

Cruzar datos de sensores de desgaste, con registros meteorológicos y el historial de paso de trenes

Estándares ontológicos en desarrollo:

Estándar	Aplicación Ferroviaria
ERA Vocabulary	Registro Europeo de Infraestructura y Vehículos Autorizados.
railML / IFC Rail	Intercambio de datos topológicos e interoperabilidad BIM.

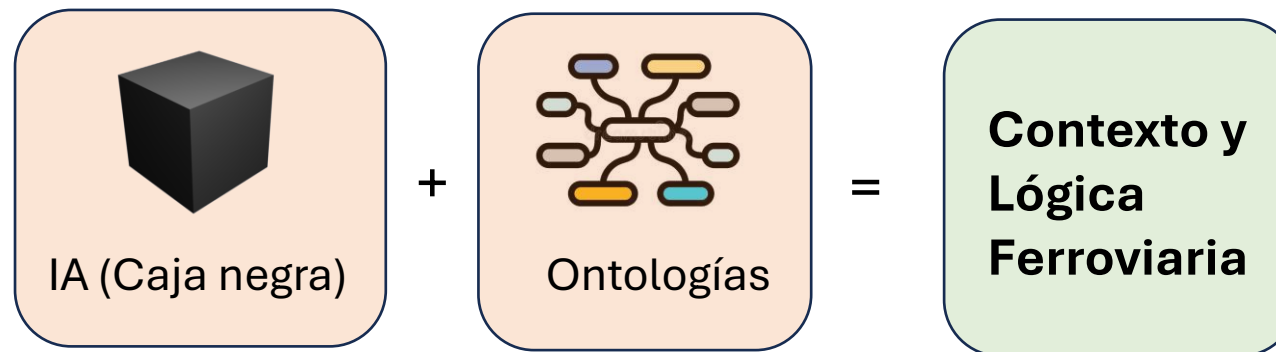
ERA vocabulary: [ERA vocabulary](#) - EU Vocabularies - Publications Office of the EU

railML: [railML.org](#)

IFC Rail: [IFC Rail Project Phase 2 - buildingSMART International](#)

SAREF: [SAREF Portal](#)

Aporte fundamental de las ontologías en el Sector Ferroviario 2



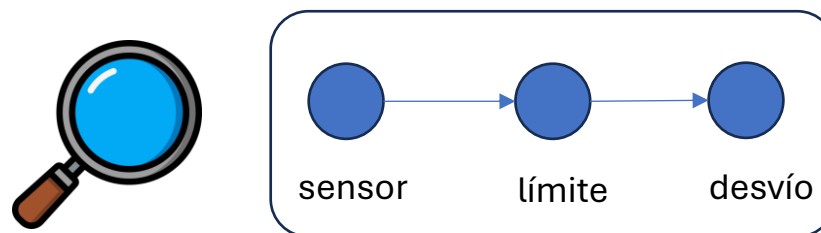
3 Aportes

IA Híbrida



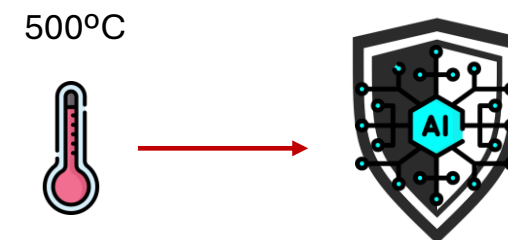
Reglas y acción

IA Explicable



Trazabilidad

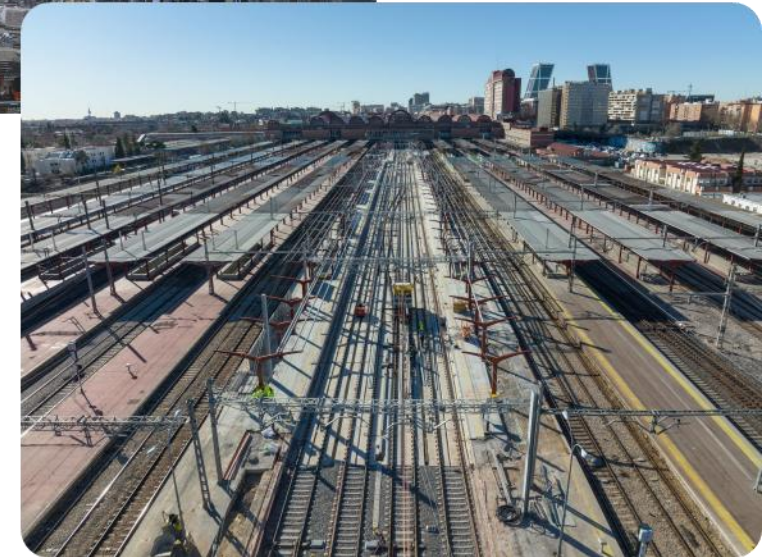
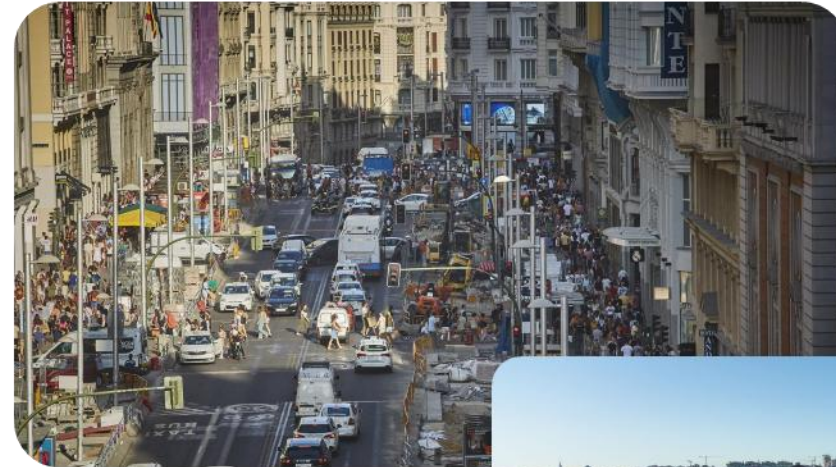
Limpieza de datos



Filtro físico

El ferrocarril frente a la Inteligencia Artificial

- ¿Por qué el Ferrocarril es el escenario ideal?
 - Entorno controlado
 - Infraestructura sensorizada
 - Horarios y mallas



Visión Computacional Avanzada – YOLO + Vision Transformer

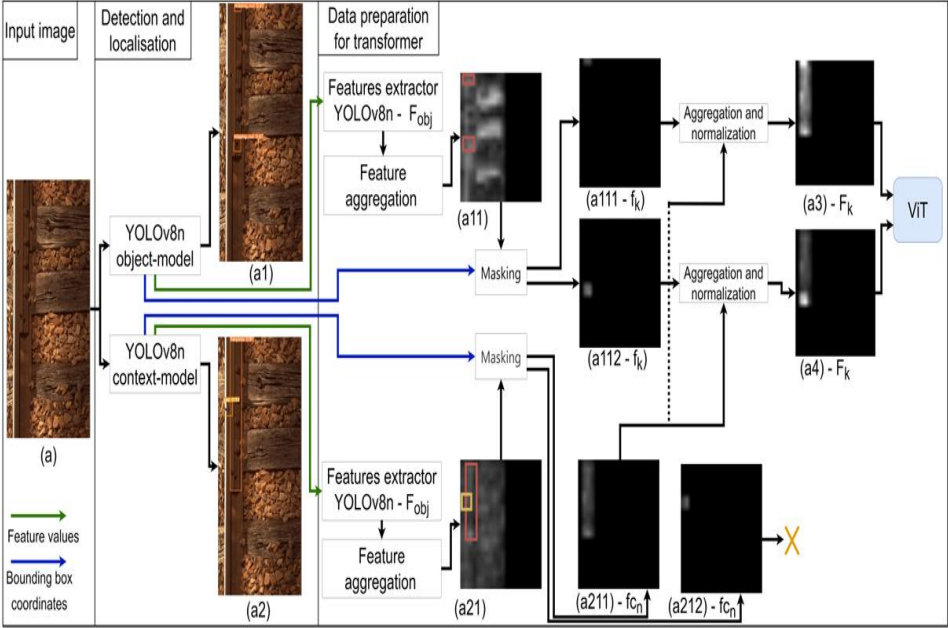


Fig. 2. Hybrid AI framework for fusion of object and context information: (a) Original image, (a1) original image with object-of-interest detected by YOLOv8n model. (a2) Original image with contextual elements detected by YOLOv8n model. (a11) Visualization of object feature maps. Areas of interest (missing nuts) are highlighted by frames. (a21) Visualization of context feature maps. Areas of interest are highlighted with frames (red - fishplate, orange - seal). (a111) Masked object feature map, top frame area, is preserved. (a112) Masked object feature map, bottom frame area, is preserved. (a211) Masked context feature map, fishplate frame area is preserved. (a212) Masked context feature map, seal frame area is preserved. This data will not be used further. (a3) A merged and normalized feature map combining all the necessary context maps and one of the defects (top frame). (a4) A merged and normalized feature map combining all the necessary context and one of the defects (bottom frame). ViT - vision transformer for binary classification [6].

A Hybrid AI System for Fusion of Object and Context Information: Application to the Rail Line Defect Detection | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore



Mantenimiento Predictivo y Clasificación de Fallos

1

ENTRADA DE DATOS



2

NÚCLEO DE PROCESAMIENTO (Deep Learning)



[Real-time railroad track components inspection based on the improved YOLOv4 framework – ScienceDirect](#)
[A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems - ScienceDirect](#)

Modelo 1: YOLOv4-Hybrid (Funciones Mish/Swish)

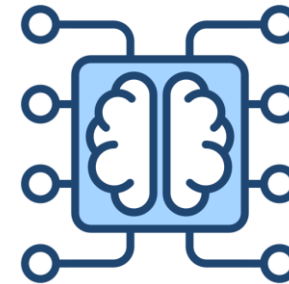
- Detección de alta velocidad (78.7 FPS)
- Componentes: Rails, Clips, Spikes

Modelo 2: CNN / Faster R-CNN

- Análisis de micro-defectos (Grietas, Corrosión)
- Clasificación automática de severidad

3

MOTOR DE PREDICCIÓN (Machine Learning)



ANALÍTICA DE DETERIORO (Algoritmos SVM / RNN)

- Estimación de Vida Útil Restante (RUL)
- Modelado de geometría de vía

4

SALIDA (Toma de decisiones)

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

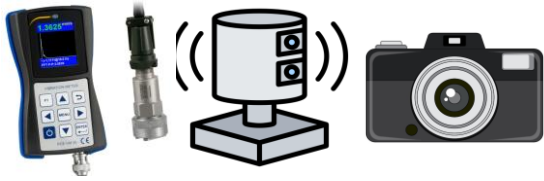
Intervención antes de la falla

GESTIÓN DE ACTIVOS

Optimización de presupuesto

Mantenimiento Predictivo y Clasificación de Fallos

PASO 1: VER (DETECCION EN TIEMPO REAL)



QUÉ HAY AHORA

Detección de defectos a alta velocidad (grietas, corrosión).

PASO 2: PENSAR (PREDICCIÓN)



QUE PASARÁ MAÑANA

Cálculo de la Vida Útil Restante (RUL).

PASO 3: ACTUAR (LA DECISIÓN)



CUANDO ACTUAR

Mantenimiento predictivo = Optimización de presupuesto.

IA en la Planificación y Gestión del Tráfico

1

ENTRADA DE DATOS DINÁMICOS



2

NÚCLEO DE OPTIMIZACIÓN

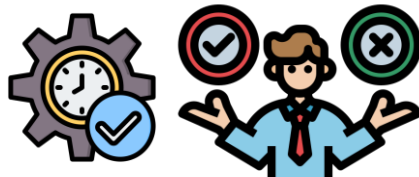
ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Resuelve conflictos de horarios complejos



REINFORCEMENT LEARNING

Toma de decisiones en tiempo real



3

ANÁLISIS Y MINERÍA DE DATOS

PREDICCIÓN DE RETRASOS (Árboles de regresión)

- Identificación de patrones de demora
- Estimación de tiempo de llegada



4

SISTEMA DE DESPACHO AVANZADO

(APRCDS / IA Large-Scale)

Puntualidad optimizada

Eficiencia energética

Replanificación



5

RESULTADOS CLAVE

Conducción Autónoma y Control (CA&C)

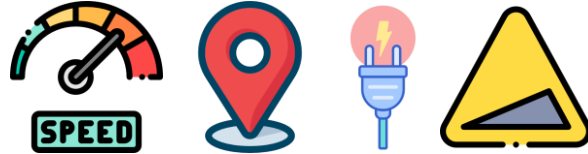
A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems – ScienceDirect
Artificial-intelligent-powered safety and efficiency improvement for controlling and scheduling in integrated railway systems - ScienceDirect

Cátedra Adif - UPM



1

SENSORES Y ESTADO DEL TREN



2

NÚCLEO DE CONTROL INTELIGENTE (CA&C)

REINFORCEMENT LEARNING

Toma de decisiones basada en recompensas

PROGRAMACIÓN DINÁMICA

Optimización de la trayectoria de conducción

5

RESULTADO: CONTROL DE ALTA VELOCIDAD

(HSR en escenarios complejos)

3

OBJETIVOS DE OPTIMIZACIÓN

EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Reducción de consumo de tracción
- Conducción ecológica (Eco-driving)

COMFORT Y PUNTUALIDAD

- Suavizado de aceleración/frenado
- Cumplimiento estricto de horarios

4

EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN (GoA)

GoA 1 y 2
(Asistido)

GoA 3
(Sin conductor a bordo)

GoA 4
(Totalmente desatendido)

De decisiones humanas a sistemas hiper-sensorizados y confiables



Decisiones humanas tradicionales

Las decisiones en tenis dependían de jueces de línea y árbitros, con posible variabilidad y sesgos humanos.

Introducción de tecnología asistida

Sistemas como Hawk-Eye apoyan la revisión de decisiones sin sustituir al humano inicialmente.

Sistemas hiper-sensorizados

Decenas de cámaras y triangulación 3D permiten decisiones precisas y confiables con redundancia de datos.

Aceptación y confianza social

La consistencia y precisión tecnológica supera el juicio humano, consolidando la aceptación social.

Aplicaciones de IA en Factores Humanos

[Energy efficiency in wastewater treatment plants: A framework for benchmarking method selection and application - ScienceDirect](#)
[A novel framework for improving railway driver performance based on emotional intelligence and job-driven factors: An artificial neural network method - ScienceDirect](#)

Cátedra Adif - UPM



1

INPUT (Factores psicológicos y laborales)



2

INDICADORES DE INTELIGENCIA EMOCIONAL

**AUTO-CONCIENCIA
Y AUTO-CONTROL**

**AUTO-GESTIÓN Y
AUTO-RAZONAMIENTO**

3

FACTORES IMPULSADOS POR EL TRABAJO

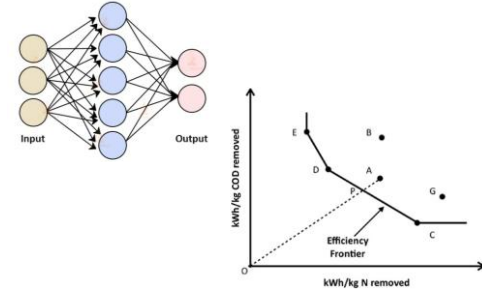
- Estrés Laboral (JS)
- Satisfacción laboral (JSA)
- Burnout Laboral (JB)



4

PROCESAMIENTO: MODELO HÍBRIDO ANN - DEA

- **Red Neuronal Artificial (ANN):** Predice patrones
- **Data Envelopment Analysis (DEA):** Mide eficiencia



5

RESULTADOS DE SENSIBILIDAD (OUTPUT)

IMPACTO POSITIVO (+)

Satisfacción laboral (JSA)
→ mejora el rendimiento

IMPACTO NEGATIVO (-)

Estrés laboral (JS)
→ causa accidentes

6

META: SEGURIDAD OPERATIVA

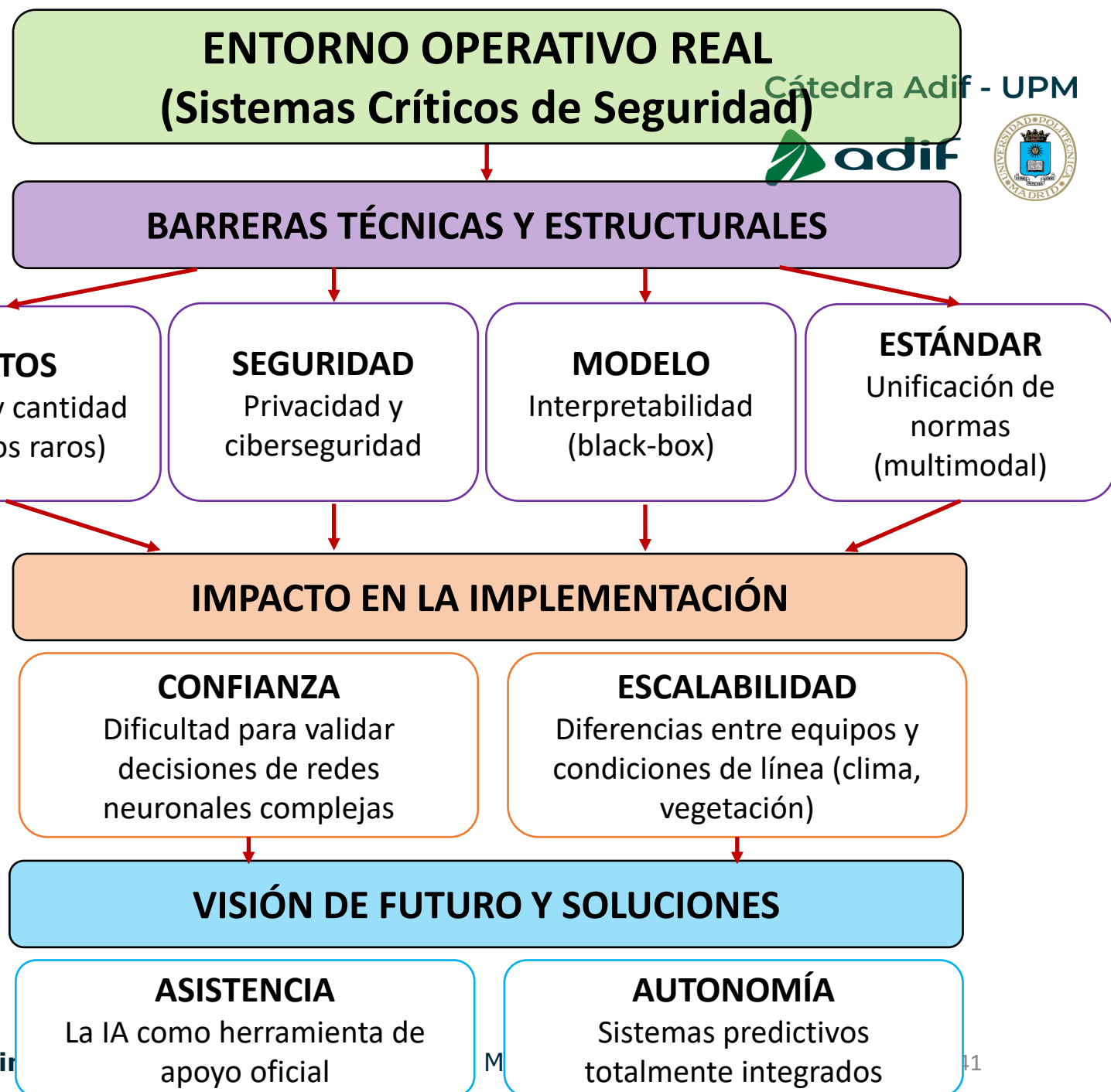
Reducción de
incidentes por error

Desafíos Clave de la Implementación



[A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems - ScienceDirect](#)
[Artificial-intelligent-powered safety and efficiency improvement for controlling and scheduling in integrated railway systems – ScienceDirect](#)
[A review of artificial intelligence applications in high-speed railway systems – ScienceDirect](#)

Jornada técnica: **Desafíos del ferrocarril frente a la IA**



Platform web

Dashboard Users Settings

Inicio / sensores

Plano Principal

Visualización

BIM Modelos

GIS

Actualización

Modificaciones

Sensores

Temperatura

Humedad

Ocupación

CO2

Alertas

Consulta

Condiciones

Tabla temperatura

Introduzca palabra a filtrar

Zona	fecha	Medición	ID	ID Temp.	ID sensor	ID zona
ASEOS PUBLICOS	2022-09-27 09:34	26	153	TMP_jEzApj	46590	ZONA_000AAC
VESTIBULO (PREVIO A TORNO)	2022-09-27 09:36	22	157	TMP_>AeR	46630	ZONA_000AAQ
RTU-RACK COMUNIC. ADIF	2022-09-27 09:37	27	159	TMP_jH85GQ	46649	ZONA_000AAI
INT. ELECTRIC. ADIF	2022-10-08 10:25	24	154	TMP_jAOzps	46651	ZONA_000AAJ
MULTITENDENCIA	2022-09-27 09:36	27	156	TMP_jH85GQ	46653	ZONA_000AAS
TAQUILLA	2022-09-27 09:36	25	154	TMP_jH85GQ	46654	ZONA_000AAA
ASEO PERSONAL	2022-09-27 09:37	19	158	TMP_jyRdaa	46656	ZONA_000AAN
ANDEN	2022-09-16 10:02	27	145	TMP_jH85GQ	46658	ZONA_000AAB
REFUGIO PARA PMR	2022-09-27 09:37	26	160	TMP_jH85GQ	46662	ZONA_000AAD
REFUGIO PARA PMR	2022-09-27 09:37	21	161	TMP_jH85GQ	46660	ZONA_000ABD
ANDEN	2022-09-27 09:36	22	155	TMP_jH85GQ	46659	ZONA_000ABF

BIM BASAURI model visualization

BIM infrastructure visualization

Table columns information

Zone | Room Inst. Electric

Date registration 05-10-2022 10:25

Measure 24 °C

Measure id. TMP_jAOzps

Sensor id. 46651

Zone id. (ZONE_00AAJ)

Pavón, R. M., Alberti, M. G., Cepa, J. J., & Ripa Alonso, T. L. (2025). **BIM-based digital twin for the management of a railway station**. Journal of Civil Engineering and Management, 31(7), 747–762. <https://doi.org/10.3846/jcem.2025.24091>

Retos, desafíos y conclusiones

Retos

Explicabilidad



La IA basada en Deep Learning (redes neuronales) es inherentemente estocástica y funciona como una "caja negra".

- Usuarios afectados, garantías de desarrolladores y responsabilidad con la decisión de los modelos, Agencias, Expertos, etc

Infraestructura Legada



Convivencia de sistemas de señalización del siglo XX con tecnología del siglo XXI

- **Reto:** Digitalizar y extraer telemetría de equipos que no fueron diseñados para estar conectados, sin comprometer su funcionamiento vital.

Ciberseguridad y Datos



GOBIERNO DEL DATO

El paso de redes cerradas a infraestructuras conectadas puede aumentar la superficie de ataque.

- Proteger infraestructuras críticas, contra ciberataques, a la par que se resuelven problemas de privacidad y propiedad de los datos entre múltiples actores
- Sensación de inseguridad con los datos de las empresas. Madurez en la gestión de datos, calidad y cultura del dato, fuentes y almacenamiento, trazabilidad...

SESGOS:

Representar la diversidad del mundo. La Ciencia de Datos en ocasiones es ineficaz, discriminatoria, sexista y racista

Retos, desafíos y conclusiones

Desafíos



Ecosistema de Datos:

Integración de datos heterogéneos provenientes de fuentes (BIM, GIS, IoT, auscultación, Scada).



Gobernanza y Seguridad:

Ciberseguridad robusta y protección de infraestructuras críticas frente a nuevas amenazas.



Marco Normativo:

Desarrollo de procesos para la validación, certificación y trazabilidad de los modelos algorítmicos.



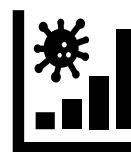
Arquitectura Digital:

Creación y estandarización de ontologías y gemelos digitales interoperables.



Capital Humano:

Superación de la escasez de perfiles especializados en IA aplicada al sector ferroviario.



Despliegue Operativo:

Escalabilidad técnica de proyectos piloto a sistemas operativos continuos en toda la red.

Conclusiones: Desafíos y Retos

Implementar Gemelos Digitales unificados como base para la Inteligencia Artificial
Interoperabilidad – Torre de Babel del software

Estándares - Normativa, vinculación entre administraciones, etc.

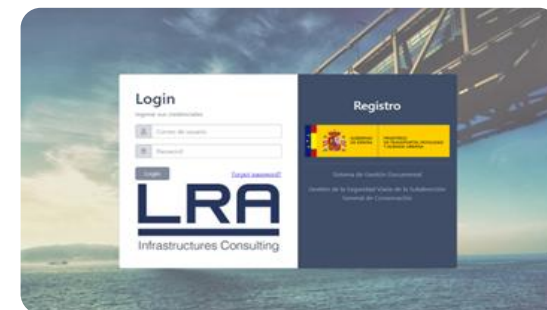
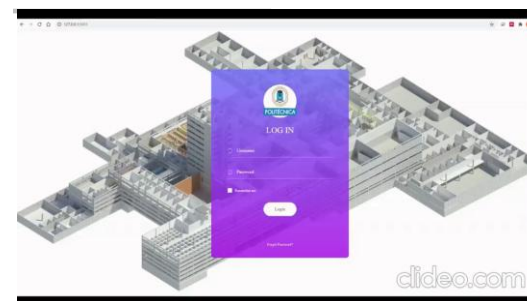
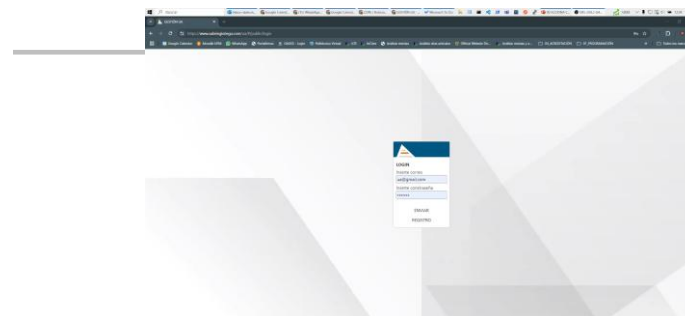
Vinculación con la IA – Agentes, ML, Lectura y generación automática de modelos (vinculado con estándares)

Ontologías como activo crítico

Desarrollo de Ontologías y Semántica en Ingeniería Civil – Gobierno del dato - empresas orientadas a la gestión del dato

Digitalización del sector, implantación de **BIM** aún en curso

Lectura automática de la información relativa a Sostenibilidad para cálculos de LCA y huella de carbono





CRIMINALIDAD | ESPAÑA

Imagen de Google Maps ayuda a resolver un asesinato

20/12/2024

Un hallazgo fortuito en Google Maps Street View se convirtió en una pieza clave para resolver la desaparición de un hombre en el norte España.



Internacional

¡Un conductor ruso muere congelado tras seguir una ruta de Google Maps!

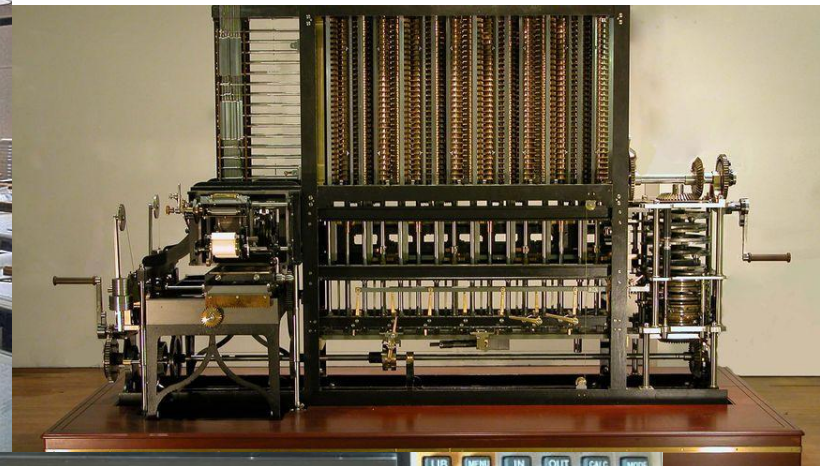
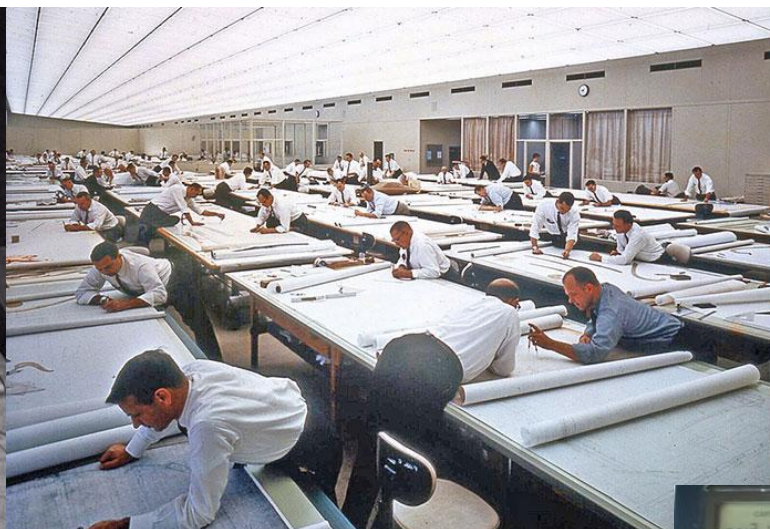
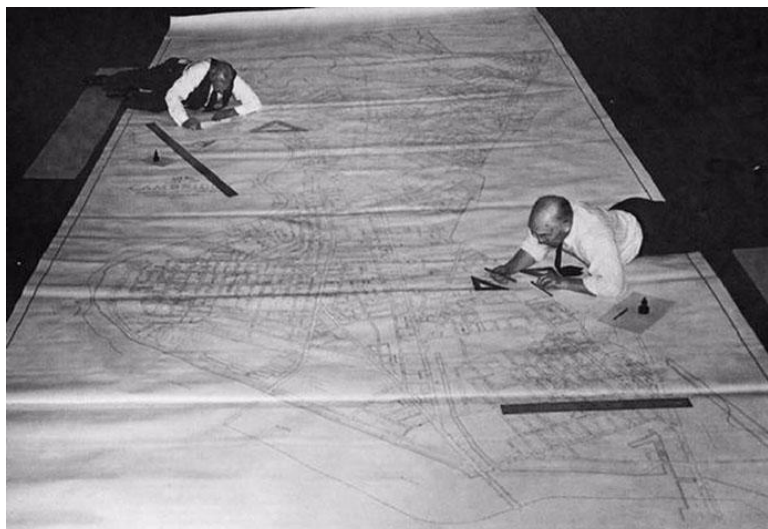
- En Rusia prefieren utilizar otros navegadores que ofrecen rutas más locales para evitar estas situaciones
- Vacuna en España: ya hay día para el inicio de la campaña.

La demanda contra Google Maps por la muerte de un conductor que falleció tras tratar de cruzar un puente que se había derrumbado

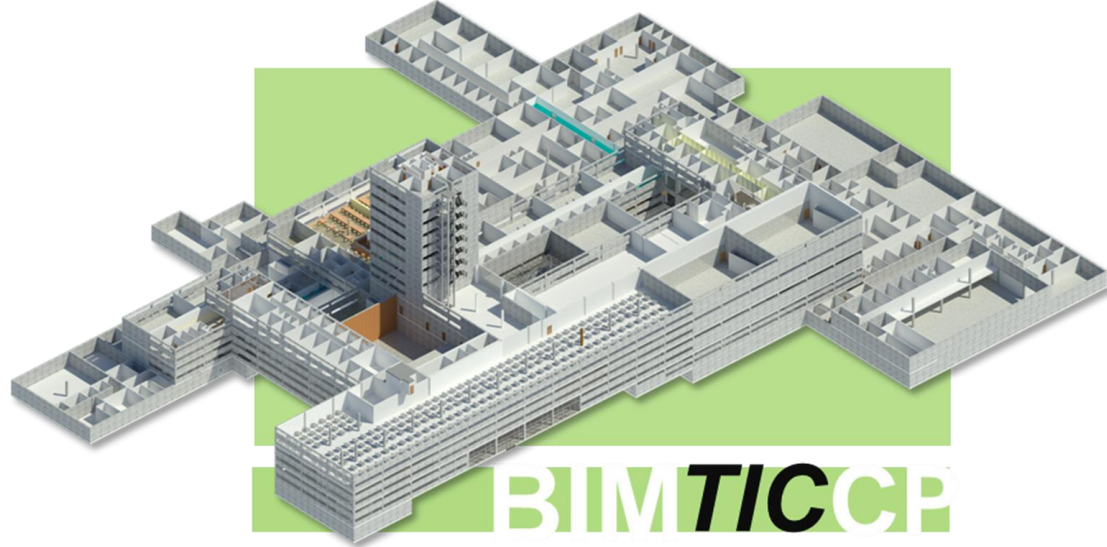


¿Mejorará sustancialmente nuestra forma de trabajar?

Cátedra Adif - UPM



EL EQUIPO



LABORATORIO BIM PARA LA TRANSICIÓN DIGITAL
INTELIGENTE EN LA INGENIERÍA CIVIL
BIM LABORATORY FOR INTELLIGENTE
DIGITAL TRANSITION IN CIVIL ENGINEERING



MARCOS GARCÍA ALBERTI
PROFESOR TITULAR ETSICCP, UPM



RUBÉN MUÑOZ PAVÓN
PROFESOR AYUDANTE PhD AT ETSICCP, UPM



CAROLINE AYQUIPA BRAVO
ESTUDIANTE PhD AT ETSICCP, UPM



JEAN PIERRE CELSO PALACIOS CALZADA
ESTUDIANTE PhD AT ETSICCP, UPM

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

Marcos García Alberti

ETSICCP-UPM

marcos.garcia@upm.es