

# La inteligencia artificial en la ingeniería civil: oportunidad

En este artículo se analiza el uso de la inteligencia artificial en la ingeniería civil, incluyendo la toma de decisiones, gestión de proyectos y monitorización de infraestructura. Destaca las oportunidades de la IA para elevar la calidad y la seguridad de las infraestructuras, reducir costos y acelerar la resolución de problemas complejos. También se señalan los desafíos y la necesidad de una colaboración interdisciplinaria para garantizar su utilización responsable y efectiva.

## VÍCTOR YEPES

Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático en la Universitat Politècnica de València (UPV), España.

**La ingeniería civil** desempeña un papel fundamental para garantizar la provisión de una infraestructura segura, eficaz, sostenible y accesible para la sociedad. Sin embargo, enfrenta desafíos importantes, como la viabilidad económica, las ramificaciones ambientales, el envejecimiento y los peligros naturales. El envejecimiento y la creciente demanda pueden afectar su rendimiento, lo que puede representar una verdadera crisis en las infraestructuras. Además, la reducción de impactos ambientales es una razón importante para mejorar su mantenimiento, pero los gestores se enfrentan a desafíos importantes para mantenerlas con presupuestos limitados, agravados por la crisis financiera y sanitaria. Por lo tanto, es crucial explorar soluciones innovadoras y eficientes para preservar las infraestructuras en condiciones aceptables y optimizar su utilidad social, salvaguardando al mismo tiempo su sostenibilidad.

## MOACIR KRIPKA

Doctor en Ingeniería Civil. Catedrático en la Universidad de Passo Fundo, Brasil.

## LORENA

**YEPES-BELLVER**  
Maestra en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Profesora en la UPV, España.

La inteligencia artificial (IA) se perfila como un aliado valioso en el campo de la ingeniería civil (Maureira *et al.*, 2021). Al centrarse en crear sistemas que puedan realizar tareas que antes estaban limitadas a los humanos, la IA proporciona un enfoque eficiente y rápido para la resolución de problemas. La IA ha surgido como resultado de la colaboración sinérgica entre múltiples disciplinas académicas, incluidas la informática, la teoría de la información, la cibernética, la lingüística y la neurofisiología. La integración de la IA en la ingeniería civil tiene el potencial de optimizar la gestión de la infraestructura, reducir el impacto ambiental y el riesgo para las personas y garantizar la sostenibilidad económica y social.

## JOSÉ GARCÍA

Doctor en Ciencias (Matemáticas) y en Ingeniería Informática. Profesor en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Crear sistemas autónomos que aprendan a partir de datos y experiencias previas sin necesidad de programar reglas específicas para cada tarea es el enfoque principal de la IA. Los primeros avances en IA datan de 1943, cuando McCulloch y Pitts introdujeron un modelo de neuronas artificiales. La IA incluye diversas ramas, como los sistemas expertos, el aprendizaje automático (*machine learning*,

ML), el reconocimiento de patrones (*pattern recognition*, PR) y la lógica difusa (*fuzzy logic*), cada una con sus aplicaciones y enfoques específicos. El ML y el aprendizaje profundo (*deep learning*, DL) son ramas importantes de la IA que han experimentado un gran crecimiento gracias al aumento de los datos accesibles y al desarrollo de grandes supercomputadoras (véase figura 1).

En la actualidad, la IA se utiliza en aplicaciones como la conducción automática, el reconocimiento de voz, la logística, la robótica y la traducción automática, entre otros. En 2023 se ha producido un avance importante en IA con el desarrollo de ChatGPT, un modelo que permite interactuar con los usuarios a través de cuadros de diálogo y cuenta con funciones avanzadas, como generar texto a partir de ideas generales, resumir textos largos, escribir programas después de definir objetos y depurar programas escritos.

Estos métodos presentan limitaciones, como la falta de racionalidad en la selección del método y la eficiencia de la computación. También es importante considerar el efecto de los datos incompletos o con ruido en el análisis y evaluar la exactitud de la clasificación en conjunto con otras soluciones para mejorar el rendimiento. Además, es necesario presentar un proceso claro para seleccionar los parámetros óptimos para la técnica de IA. En resumen, estas técnicas son herramientas poderosas, pero deben utilizarse con precaución y selección racional para maximizar su rendimiento en la solución de problemas técnicos en el campo de la ingeniería.

## El estado actual de la aplicación

### de la inteligencia artificial en la ingeniería civil

El uso de la IA en la ingeniería civil está ganando impulso y tiene el potencial de aportar nuevas innovaciones y aplicaciones. La IA puede mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de las infraestructuras y edificios en la plani-

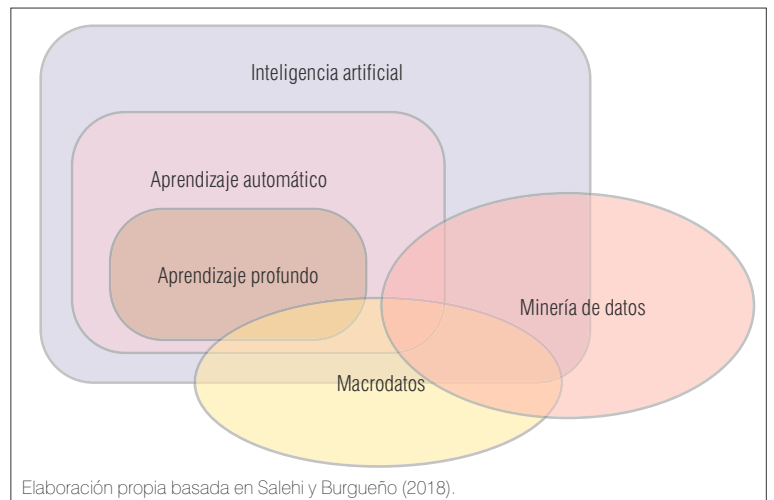
# Inteligencia artificial en la ingeniería civil: oportunidades y desafíos

ficación, diseño, gestión, monitorización y mantenimiento de estructuras. Las técnicas de aprendizaje automático y profundo son especialmente útiles para optimizar procesos y mejorar la eficiencia de los cálculos en el campo de la mecánica computacional, y también pueden resolver problemas complejos en el internet de las cosas. Además de las técnicas tradicionales de IA, se están utilizando métodos emergentes como el reconocimiento de patrones.

En las últimas décadas, la IA ha sido ampliamente utilizada en la investigación de ingeniería civil; se emplean notables aplicaciones de algoritmos genéticos, redes neuronales, lógica difusa y programación paralela. La optimización heurística ha sido particularmente relevante en campos como estructuras e infraestructuras. Sin embargo, también se están utilizando métodos emergentes en esta área, como el reconocimiento de patrones, el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, que aprenden interrelaciones complicadas entre parámetros y variables. La aplicación de algoritmos de optimización, aprendizaje automático, reconocimiento de patrones y aprendizaje profundo en la ingeniería civil ha demostrado ser altamente prometedora para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras y edificaciones. En la figura 2 se han graficado las principales líneas de investigación en aprendizaje automático aplicada a la construcción (García *et al.*, 2022).

En la planificación y administración de proyectos de ingeniería civil, la IA ofrece beneficios notables, como la capacidad de analizar datos de diversas fuentes para identificar y priorizar recursos, reducir costos y optimizar la toma de decisiones. Además, permite la detección temprana de problemas, la respuesta rápida y efectiva, el seguimiento y control de progresos, y la detección temprana de desviaciones para ajustar y optimizar la planificación y el uso de recursos. La IA también mejora la evaluación de diversas alternativas de diseño y materiales, y aumenta así la eficiencia y seguridad del proyecto al detectar riesgos y sugerir medidas preventivas para disminuir sus consecuencias negativas.

Por otro lado, la IA ayuda a modelar y simular estructuras analizando su comportamiento y resistencia bajo diferentes cargas y condiciones (Boscardin *et al.*, 2019). También es útil para optimizar estructuras y asignar materiales y recursos de manera eficiente. Además, mejora



Elaboración propia basada en Salehi y Burgueño (2018).

Figura 1. Interrelación entre diferentes técnicas computacionales inteligentes.

la eficiencia en la construcción al minimizar los costos y los impactos ambientales mediante la optimización de procesos y la reducción del desperdicio de materiales.

La IA también puede analizar grandes cantidades de datos de ensayos de laboratorio y ensayos de campo, lo que permite identificar patrones y relaciones complejas entre los diferentes parámetros que influyen en el comportamiento de las estructuras. Esto ayuda a seleccionar los modelos matemáticos más adecuados para simular el comportamiento de las estructuras y a determinar los parámetros de los modelos de simulación para que se ajusten mejor a los datos experimentales (Negrin *et al.*, 2023).

Mediante el análisis de datos de sensores, la IA permite una detección temprana de problemas y una rápida reparación en la monitorización y mantenimiento de infraestructuras de ingeniería civil. Además, optimiza el mantenimiento preventivo y predictivo, y desarrolla modelos predictivos a partir de datos históricos para reducir costos y mejorar la eficiencia del mantenimiento.

En cuanto a la construcción, la IA puede mejorar la precisión y eficiencia en los procesos. Permite la toma de decisiones en tiempo real mediante el análisis de grandes cantidades de datos, coordinando las actividades de construcción y optimizando la secuencia de tareas para reducir la duración de la construcción. También contribuye

a la gestión de recursos, el control de calidad y la seguridad de las operaciones.

La IA es una herramienta valiosa en la ingeniería civil, ya que puede abordar problemas complejos y mejorar la eficiencia en el análisis y diseño de estructuras. Las técnicas emergentes como el reconocimiento de patrones, el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo son particularmente efectivas. Además, la adopción de la IA en la planificación, gestión y mantenimiento de proyectos puede mejorar la toma de decisiones en tiempo real, reducir riesgos y aumentar la productividad y vida útil de las infraestructuras. Sin embargo, también hay limitaciones en su uso, como la falta de datos de calidad y la necesidad de explicar mejor los resultados. Por lo tanto, es importante aplicar la IA de manera crítica y responsable para garantizar resultados precisos, seguros y éticos. La industria debe seguir investigando y aplicando estos enfoques promoviendo la colaboración multidisciplinaria y explorando nuevas aplicaciones en ingeniería civil para aprovechar todo su potencial. En resumen, la IA tiene diversas aplicaciones en ingeniería civil que pueden contribuir a mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de la construcción de infraestructuras.

### Desafíos y oportunidades

La utilización de la IA en la ingeniería civil afronta varios retos y obstáculos. Uno de los mayores desafíos es recopilar y gestionar datos de alta calidad, que pueden ser incompletos o inexactos y provenir de múltiples fuentes. Además, la interpretación humana es crucial, dado que la IA no puede entender el contexto y puede conducir a resultados inesperados. La implementación de la IA también implica una inversión importante en tecnología y recursos humanos expertos. Otra dificultad importante es garantizar la privacidad y seguridad de los datos. Para aprovechar la IA en ingeniería civil, es necesario actualizar

constantemente los datos y contar con una estructura de gestión de datos efectiva para su acceso y utilización.

La IA es un instrumento inestimable en el ámbito de la toma de decisiones de la ingeniería civil debido a su capacidad excepcional para procesar cantidades ingentes de datos de forma rápida y precisa. En el contexto de la planificación y la gestión de proyectos, la IA puede analizar patrones históricos y variables complejas para proporcionar estimaciones más precisas del costo y tiempo de ejecución del proyecto, así como para optimizar el diseño y los materiales empleados. En la monitorización y mantenimiento de infraestructuras, la IA puede detectar anomalías y problemas en tiempo real para prevenir o mitigar riesgos y garantizar la seguridad pública.

La implementación de la IA puede mejorar la seguridad, reducir los gastos y generar resultados ventajosos para el medio ambiente. Sin embargo, suscita simultáneamente consideraciones éticas y sociales. La IA podría aumentar la automatización y reducir empleos en la construcción, además de perpetuar la discriminación y la desigualdad si no se diseña adecuadamente. Por lo tanto, es importante considerar y abordar estas preocupaciones éticas y sociales. Se debe utilizar la IA de manera responsable y transparente, diseñarla con una perspectiva ética y equitativa, e involucrar a los trabajadores de la construcción en su adopción proporcionándoles la formación necesaria para adaptarse a la transformación tecnológica.

### Conclusiones y futuras líneas de investigación

La IA alberga el potencial de mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras de la ingeniería civil, pero también presenta desafíos. La IA puede emplearse para modelar y simular estructuras, planificar y gestionar proyectos, monitorear y mantener la infraestructura, optimizar los procesos de construcción y calcular estructuras. La IA también ofrece oportunidades valiosas

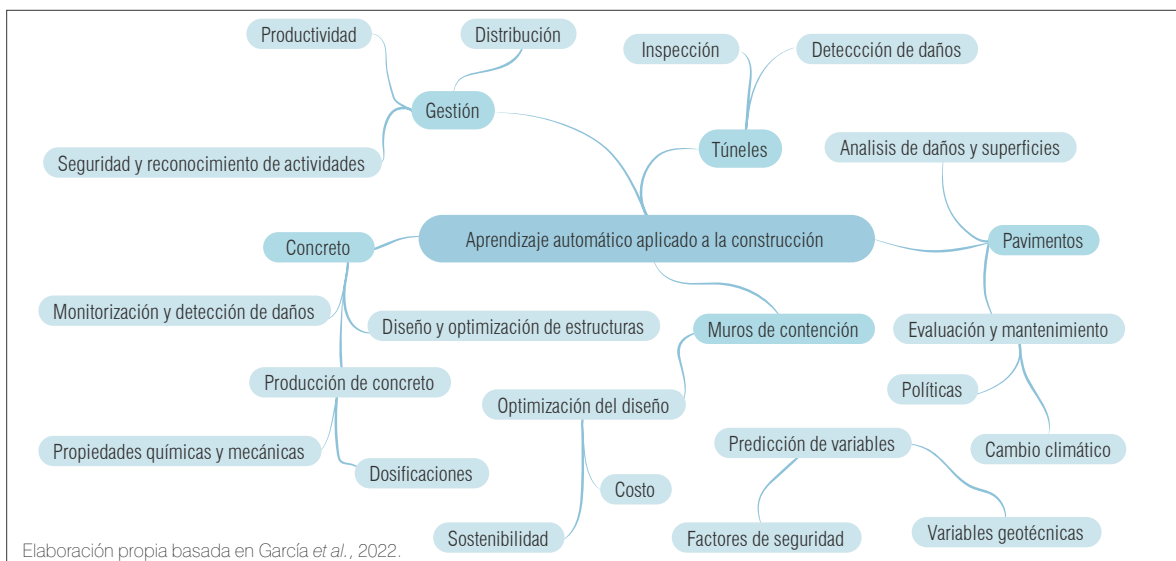



Figura 2. Resumen de las principales líneas de investigación en aprendizaje profundo aplicado a la construcción.


en la toma de decisiones permitiendo a los ingenieros tomar decisiones más informadas y precisas en tiempo real, lo que resulta en una mayor eficiencia y una minimización de costos. Sin embargo, es fundamental reconocer las preocupaciones éticas y de seguridad asociadas a la implementación de la IA en la ingeniería civil.

El futuro de la IA en la ingeniería civil es prometedor, ya que se espera que siga evolucionando y mejorando, lo que permitirá un mayor grado de automatización en la planificación, construcción y mantenimiento de infraestructuras. También se espera que la IA sea cada vez más capaz de trabajar con conjuntos de datos complejos y heterogéneos, lo que hará posible una mayor precisión en la modelización y simulación de estructuras. Para lograr esto, es esencial una colaboración interdisciplinaria entre ingenieros civiles, científicos de datos, expertos en ética y seguridad, y otros especialistas. Se sugieren varias posibles vías de investigación futuras, incluyendo el desarrollo de modelos híbridos que combinen métodos basados en la IA con métodos tradicionales para amplificar la precisión y la eficiencia de los análisis de ingeniería estructural. Además, se propone explorar el uso de métodos basados en la IA para monitorizar y controlar en tiempo real los sistemas de infraestructura civil. Esto incluye predecir la respuesta estructural en situaciones extremas de carga, optimizar el diseño de

estructuras para mejorar su rendimiento y reducir su huella ecológica, y estudiar el uso de la IA para predecir el comportamiento a largo plazo de las estructuras, incluyendo su durabilidad y vida útil. Es esencial la colaboración interdisciplinaria para el desarrollo responsable y efectivo de la IA en la ingeniería civil. De esta manera, se pueden abordar los complejos problemas que enfrentan las infraestructuras de ingeniería civil. En conclusión, la investigación en estos temas puede ayudar a garantizar la utilización efectiva y responsable de la IA en la ingeniería civil 

#### Referencias

- Boscardin, J. T., V. Yepes y M. Kripka (2019). Optimization of reinforced concrete building frames with automated grouping of columns. *Automation in Construction* 104: 331-340.
- García, J., et al. (2022). Machine learning techniques applied to construction: A hybrid bibliometric analysis of advances and future directions. *Automation in Construction* 142.
- Maureira, C., et al. (2021). Towards an AEC-AI industry optimization algorithmic knowledge mapping: An adaptive methodology for macroscopic conceptual analysis. *IEEE access: practical innovations, open solutions* 9: 110842-110879.
- Negrin, I., M. Kripka y V. Yepes (2023). Metamodel-assisted design optimization in the field of structural engineering: A literature review. *Structures* 52: 609-631.

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)



[www.cimesa.net](http://www.cimesa.net)

