

# La Inteligencia Artificial en la ingeniería civil

## Artificial Intelligence in civil engineering

María Eugenia Acosta <sup>1</sup>

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres, Mérida, Venezuela<sup>1</sup>  
Universidad Politécnica Territorial del Estado Mérida Kléber Ramírez, Mérida, Venezuela<sup>1</sup>  
macosta@cenditel.gob.ve<sup>1</sup>

Fecha de recepción: 26/03/2023

Fecha de aceptación: 14/04/2023

Pág: 113 – 126

### Resumen

La ingeniería civil ha sido revolucionada significativamente por el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la Inteligencia Artificial (IA), con el potencial de mejorar la eficiencia, precisión y rentabilidad en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos de infraestructura. Sin embargo, para garantizar en su uso la equidad, privacidad, seguridad y responsabilidad, es necesario adoptar una perspectiva ética y asegurar la supervisión humana constante. Los profesionales del área deben adaptarse a estos avances y fomentar la formación en TIC e IA favoreciendo el desarrollo sostenible y la calidad de las obras, contribuyendo de esta forma al bienestar social y al cuidado ambiental. En este contexto, se ubica el presente artículo, cuyo propósito se centra en abordar el uso de las TIC y la IA en la Ingeniería Civil, aportando grandes beneficios sin ignorar los retos que su implementación implica.

**Palabras clave:** eficiencia, ingeniería civil, inteligencia artificial, precisión, tecnologías de la información, sostenibilidad.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

## Abstract

Civil engineering has been significantly revolutionized by the use of Information and Communication Technologies (ICT) and Artificial Intelligence (AI), with the potential to improve efficiency, accuracy, and profitability in the planning, design, construction, and maintenance of infrastructure projects. However, to ensure equity, privacy, security, and accountability in their use, it is necessary to adopt an ethical perspective and ensure constant human supervision. Professionals in the field must adapt to these advances and promote training in ICT and AI to favor sustainable development and the quality of works, thus contributing to social welfare and environmental care. In this context, this article aims to address the use of ICT and AI in Civil Engineering, providing significant benefits without ignoring the challenges that their implementation implies.

**Key words:** efficiency, civil engineering, artificial intelligence, precision, information technologies, sustainability.

## Introducción

Nos encontramos inmersos en una época que se orienta cada vez más hacia el uso de la tecnología, los procesos de cambio e innovación están transformando más rápido que nunca nuestro modo de vida avanzando a pasos agigantados y la industria de la construcción no es ajena a la ola tecnológica que está cambiando el mundo entero y la forma en cómo se desarrolla.

No cabe duda que la ingeniería civil es esencial para el crecimiento de las sociedades en sus distintos campos de acción, ya que representa un gran potencial para mejorar la calidad de vida de las personas. A lo largo del tiempo, ha evolucionado junto con las tecnologías y ha logrado reinventarse para aprovechar al máximo los beneficios que se pueden obtener al automatizar ciertos procesos, como en la construcción de infraestructura, el desarrollo sostenible, la gestión eficiente del agua y la energía, la mitigación del cambio climático y la resistencia ante desastres naturales, entre otros. En estos aspectos, es fundamental para el buen funcionamiento y la seguridad de una sociedad.

En el futuro se verá cada vez más apoyada en TIC así como en IA, lo que permitirá una mayor eficiencia en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos, por lo que se espera una transformación disruptiva que propicie una renovación radical del sector. Esto incluirá el uso de herramientas de diseño y modelado en 3D, el análisis de datos para optimizar la toma de decisiones, y la implementación de tecnologías de realidad virtual y aumentada para mejorar la colaboración y la comunicación en proyectos, resolución de problemas basados en la interacción de varias disciplinas. También, se aproximan mejoras en la construcción automatizada y la utilización de drones y robots para la inspección y el

mantenimiento de estructuras.

Tomando en consideración estos planteamientos, el presente artículo aborda la IA en la Ingeniería Civil, para contribuir a comprender sus posibilidades futuras debido a su naturaleza diversa e ilimitada, sin olvidar los desafíos y consideraciones éticas asociadas a su implementación.

## La Inteligencia Artificial (IA)

Reproducir las características humanas tiene su origen con la historia misma del hombre y siempre ha sido uno de los objetivos más ambiciosos que se ha trazado la ciencia. De allí, han nacido diversas máquinas, cada vez más desarrolladas, como las computadoras, por citar alguna reciente, que realizan actividades de forma automática y sin errores; razón por la cual en las ciencias de la informática, la IA es un campo de investigación destacado.

En su sentido más amplio, la IA es la capacidad de una máquina programada con algoritmos para imitar o simular las funciones intelectuales que normalmente requieren la inteligencia humana para ser realizadas, usando como sistema de entrada y de salida de información, texto, voz o imagen. Dichas funciones incluyen el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora, el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y la posibilidad de razonar.

Esencialmente, lo que intenta la IA es crear una máquina secuencial programada que repita indefinidamente un conjunto de instrucciones generadas por un ser humano (Kurzweil, 2005). En concreto, señala Boden (2017), que la IA tiene como propósito que los ordenadores hagan lo mismo que puede realizar la mente humana, con la mejoría de que se articula a sistemas automáticos que posibilitan su ejecución.

Uno de los primeros investigadores en introducir la expresión inteligencia artificial fue el matemático y lógico Alan Turing, considerado el padre de la informática, quien planteó que la IA es la capacidad de una máquina para imitar las funciones intelectuales que normalmente requieren la inteligencia humana, como la comprensión del lenguaje natural, el aprendizaje y la resolución de problemas. En 1950, publicó un artículo en la revista *Mind* titulado “Computing Machinery and Intelligence” (“Ordenador e inteligencia”), en el que establecía lo que luego se conocería como el Test de Turing, una prueba que permite evaluar si una máquina puede ser considerada como artificialmente inteligente o no; test que para algunos expertos no define del todo este concepto (Turing, 1950). Posteriormente, en 1956, durante la Conferencia de Dartmouth, nace la Inteligencia Artificial como disciplina, término acuñado por el informático estadounidense John McCarthy.

Desde allí, se ha recorrido un arduo camino en investigación y desarrollo en IA, así como

también han evolucionado las definiciones planteadas por los investigadores. Aunque, como campo de estudio, es conveniente mencionar que se basa en diversos enfoques, entre ellos la filosofía (marco conceptual para el estudio de la inteligencia y la mente), la matemática (herramientas para la representación formal del conocimiento y el razonamiento), la psicología (funcionamiento y procesamiento de la información en la mente humana), la lingüística (información sobre el lenguaje y comunicación de las personas) y principalmente las ciencias de la computación cuyos aportes han modelado las características generales de las técnicas utilizadas para la conceptualización y aproximación al conocimiento (Barrera, 2012).

Existen varias categorías de Inteligencia Artificial (IA), siendo las más utilizadas la IA débil y la IA fuerte (Russell y Norvig, 2020). La IA débil, también conocida como IA limitada, se enfoca en la resolución de actividades específicas, como el reconocimiento de voz, procesamiento del lenguaje natural y visión artificial. Estos sistemas son diseñados para llevar a cabo tareas puntuales y no tienen la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. En contraposición, la IA fuerte o IA general, desarrolla sistemas capaces de ejecutar cualquier tarea que implique inteligencia humana, como razonamiento, toma de decisiones y resolución de problemas. Están diseñados para aprender de manera autónoma y adaptarse a situaciones nuevas.

En ese orden, es fundamental tener en cuenta que la IA brinda un gran potencial que la hace atractiva para mejorar la eficiencia y la precisión en una amplia variedad de aplicaciones en las que el rendimiento debe ser perfeccionado continuamente, tales como el análisis de grandes cantidades de datos y el descubrimiento de patrones que podrían pasar desapercibidos para los humanos, entre otros destacados usos.

Sin embargo, la IA tiene sus desventajas. En primer lugar, los sistemas de IA son solo tan buenos como los datos con los que se entrenan. Si los datos son sesgados o incompletos, el rendimiento del sistema también lo será. En segundo lugar, los sistemas de IA son solo tan seguros como los algoritmos que los controlan. Si un sistema de IA es hackeado o se ve afectado por un error de programación, puede tomar decisiones peligrosas o causar daño, incluso replicar o exacerbar el sesgo y la discriminación humana si no se supervisan adecuadamente, lo que plantea desafíos éticos.

Tal como expresa Weizenbaum (1976), es fundamental impedir que las máquinas tomen decisiones de forma completamente autónoma o den recomendaciones que requieran, entre otras cosas, de los valores y sensibilidad humana, pues aunque es capaz de realizar tareas complejas y determinaciones basadas en datos, aún no tienen o no deberían tener la capacidad de entender los matices humanos que influyen en muchas decisiones importantes.

En la actualidad, notablemente se ha avanzado y aún queda mucho por investigar en los grandes laboratorios tecnológicos del mundo. Esta evolución, ha permitido extraordinarios progresos para mejorar significativamente la vida humana, sin embargo, es importante ser

conscientes de sus limitaciones y asegurarse de que se utilice de manera responsable y ética, lo que requiere de una supervisión adecuada, así como de normas y leyes que la regulen.

## La Inteligencia Artificial en la ingeniería civil

El sector de la construcción está experimentando una transformación digital que le brinda la oportunidad de reinventarse y aprovechar las ventajas de las nuevas tecnologías para optimizar los procesos de diseño, planificación y reducción de costos. La creciente complejidad de los negocios y los desafíos en la gestión de personal están incentivando a las empresas del ramo a adoptar un nuevo paradigma que les permita mejorar su eficiencia operativa y seguridad en la obra de forma sistematizada.

La automatización, que se precisa como el uso de máquinas y equipos para realizar tareas en las que se requiere mínima la intervención humana, además debe “ser un sistema “flexible” el cual se ajusta de distintas maneras a los posibles cambios en momentos puntuales” (SEAS, 2010, s.n.). Ofreciendo numerosos beneficios en términos de eficiencia operativa, a la industria de la construcción, entre ellas, los procesos basados en Inteligencia Artificial (IA) destacan como los más prometedores, transformando drásticamente la forma en la que se ejecutan los trabajos.

En ese sentido, la IA responde a estímulos ambientales y adapta su desarrollo para mejorar las acciones que se llevan a cabo. Esta tecnología se implementa principalmente mediante el empleo de algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*), identificación de patrones, procesamiento del lenguaje natural, visión computarizada, robots físicos y automatización robótica de procesos (RPA), (Russell y Norvig, 2020). Campos en los que la IA puede ser aplicada con éxito en proyectos de construcción mejorando la eficiencia y reduciendo costos, plazos y errores, transformando la forma en que se han venido realizando estas actividades.

Por lo tanto, para garantizar la implementación exitosa de la Inteligencia Artificial (IA) en el sector de la construcción, empresas e instituciones deben adaptarse a esta nueva era. Esto implica revisar leyes, estudios e inversiones en innovación, con el objetivo de crear un ambiente donde la IA pueda coexistir con los trabajadores. Se debe promover la reorientación de los colaboradores hacia nuevos roles y desarrollar un modelo de pensamiento que entienda la digitalización como una herramienta, no como una competencia. Adoptar este enfoque estratégico, es crucial para asegurar la transición segura a un entorno laboral donde la IA y los trabajadores, hagan equipo para maximizar la eficiencia y la productividad.

En el ámbito de la gestión de datos, resulta relevante llevar a cabo un oportuno procesamiento y registro de los mismos, con el fin de posibilitar su uso y automatización en situaciones que demanden la consideración de variables en tiempo real para la toma de decisiones. Para lograr esto, es imprescindible contar con plataformas digitales que integren herramientas que permitan el control remoto de la obra, incluso en ausencia física, haciendo

uso de tecnologías accesibles como puerta de entrada al dato.

La aplicación adecuada de la Inteligencia Artificial (IA) en las empresas de construcción puede mejorar la calidad de los proyectos, reducir los tiempos de construcción y minimizar los costos asociados con errores, solo por nombrar algunos beneficios. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que la IA también conlleva riesgos que deben abordarse cuidadosamente. Es por eso que es fundamental aplicarla de manera responsable y equilibrada, asegurando su uso progresivo y combinado con las habilidades y características humanas para maximizar su aprovechamiento y evitar los peligros relacionados.

En definitiva, “la inteligencia artificial es una herramienta económica, eficaz y eficiente que brindará soluciones en ingeniería” (Reyes-Ortiz et al., 2019, p. 200), con el potencial de optimizar los procesos y mejorar la eficiencia operativa, la IA aporta beneficios innovadores para la industria. Si bien existen riesgos y desafíos asociados con su implementación, un enfoque responsable y estratégico puede garantizar que la IA y los trabajadores coexistan en un entorno de trabajo colaborativo. El futuro de la construcción parece prometedor gracias a las oportunidades que ofrece como instrumento poderoso y transformador.

En ese orden, basado en su buen uso, en la siguiente sección se describe cómo, en un futuro no muy lejano, se implementarán las innovaciones de la IA a lo largo del ciclo de vida de una construcción:

### **Fase de planificación**

La IA puede ser utilizada en la planificación de obras civiles para mejorar la eficiencia, reducir los costos y minimizar el riesgo de errores en el proceso de diseño. Uno de los mayores beneficios es la capacidad para analizar grandes cantidades de datos sobre el terreno en identificación de patrones y tendencias. Para ello, algunos equipos tecnológicos pueden ser dotados con sensores que recopilan datos para estudios preliminares en el sitio de la obra, tales como información topográfica, geológica, climática, presencia de agua y cualquier otro elemento de importancia para el proyecto. Esto proporciona información valiosa sobre las condiciones de la zona en estudio, que mediante la combinación con técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos hacen evaluaciones más precisas para tomar decisiones informadas del proyecto a realizar (Muñoz et al., 2022).

Del mismo modo, la IA puede identificar patrones y tendencias en los datos históricos para prever el futuro e incluir información del clima, periodo de retorno, el tráfico, la producción y el consumo de energía, uso de la tierra y la disponibilidad de materiales, así como la presencia de especies en peligro de extinción y otros factores ambientales para determinar el impacto ambiental. Datos que permiten decidir aspectos sobre la ubicación de la obra, el momento del inicio de la construcción y la programación del proyecto.

Otro uso importante en la planificación de la obra es el modelado de información de construcción o también conocida como *Building Information Modeling* (BIM). El BIM es una herramienta que utiliza software para crear modelos 3D detallados de la obra (IBM, 2021), incluye información sobre la geometría, la ubicación, las dimensiones y las propiedades de los materiales utilizados en la construcción. Al emplear técnicas de IA, se pueden analizar los datos recopilados en el modelo BIM para optimizar la planificación del proyecto, identificando posibles problemas y soluciones antes de que ocurran, para tomar decisiones idóneas.

En el área de ingeniería vial, la IA puede ser usada en la planificación de vías nuevas en aspectos como la ruta ideal, restricciones y posibles vías alternas. Así como también, para mejorar el tránsito en vías operativas, analizando datos de tráfico en tiempo real como volumen, velocidad y los patrones de movimiento de los vehículos, optimizando la planificación de estructuras viales, respecto a la ubicación de intersecciones, señalizaciones, rampas de acceso y otros elementos de diseño, que conlleven a reducir los embotellamientos y corregir la seguridad vial.

En hidráulica, la IA puede mejorar los modelos hidrológicos al incorporar datos meteorológicos, topográficos, tipo de vegetación y de suelo, periodo de retorno, entre otros elementos relacionados con la hidrología de una cuenca, para luego modelarlas y de esta forma predecir las inundaciones y evaluar la capacidad de los sistemas de drenaje. Inclusive a través de patrones de aprendizaje automático, la IA puede analizar datos de inundaciones, fallas de presas y otros desastres naturales (Ghorbanzadeh y Talei, 2019). Esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre la ubicación y el diseño de las estructuras hidráulicas minimizando el riesgo de daños futuros.

## Fase de diseño

En la fase de diseño, la IA resulta fundamental para la optimización de estructuras, la simulación de escenarios y la toma de decisiones, lo que permite el desarrollo de propuestas más eficientes y económicas. La optimización de estructuras (Ávila-Montes et al., 2019) es una de las áreas donde la IA ha demostrado ser especialmente útil. Los algoritmos de IA analizan una gran cantidad de datos, encontrando la mejor forma, tamaño y materiales para la estructura, teniendo en cuenta factores como el peso, la resistencia, la rigidez y la economía. Además, la IA puede ser utilizada para aprovechar al máximo la ubicación y diseño de sus elementos, considerando aspectos ambientales y sociales.

Asimismo, la IA resulta clave para consolidar modelos de simulación y crear distintos escenarios. Esto permite visualizar y analizar cómo funcionarían diferentes diseños en distintas situaciones, lo que ayuda a identificar problemas y mejorar la eficiencia del diseño antes de la construcción. Este proceso es fundamental en el diseño generativo, en el cual la IA crea

múltiples prototipos y luego los evalúa en función de los criterios y los requisitos del proyecto, para finalmente escoger la propuesta que mejor se adapte a las especificaciones.

La IA también puede ser empleada para realizar análisis de elementos finitos (FEA) para evaluar la respuesta de la estructura a cargas, como fuerzas, presiones y vibraciones. Al utilizar técnicas de aprendizaje automático, la IA examina estos resultados para perfeccionar el diseño, teniendo en cuenta factores como la seguridad, la eficiencia y la durabilidad.

Por otro lado, los algoritmos de IA proporcionan información valiosa para la toma de decisiones, como la selección de materiales, el diseño de las fundaciones y la disposición de los elementos estructurales. También se puede utilizar el análisis de datos para predecir la cantidad de materiales que serán necesarios para la construcción, así como para determinar los requisitos de energía y la eficiencia energética de una estructura. Además, la IA puede ser utilizada para programar y administrar proyectos de construcción complejos.

De igual modo, al diseñar una estructura con IA, es fundamental considerar factores adicionales como la accesibilidad, uso de recursos naturales, la resistencia a desastres naturales y el impacto ambiental y social, lo que permitirá crear estructuras más eficientes, sostenibles y seguras (Muñoz et al., 2022).

### **Fase de construcción**

En la fase de construcción, la integración de la IA pretende lograr la automatización de ciertos procesos constructivos, tales como la planificación de la logística y la gestión de recursos, así como también la sistematización de ciertas tareas, aumentando la eficiencia, seguridad y calidad de la obra, lo que conlleva a la reducción de costos y mejoras en el tiempo de construcción.

Al respecto, la IA permite el monitoreo y control del progreso de construcción por medio de sensores y dispositivos inteligentes que recopilan datos en tiempo real sobre factores ambientales como calidad del aire, temperatura y humedad, y que son útiles para ajustar y mejorar el rendimiento de la obra.

Igualmente, la IA puede analizar datos de sensores, dispositivos portátiles y cámaras, para detectar comportamientos inseguros o condiciones peligrosas, mejorando la seguridad en el sitio de construcción. Además, descubrir el posible uso inadecuado de equipos de seguridad, el acceso no autorizado a áreas restringidas o riesgos ambientales como fugas de gas o inestabilidad en las estructuras, al alertar al equipo técnico sobre peligros en tiempo real, lo que ayudaría a reducir los accidentes y las lesiones en la obra.

Incluso, en condiciones peligrosas, el uso de robots y vehículos autónomos para realizar

tareas extremas y repetitivas aumentaría la seguridad en el sitio de la obra, dejando libertad a los trabajadores para que se concentren en aspectos más complejos del proyecto, ajustando los horarios y cronogramas en consecuencia (Muñoz et al., 2022). Si bien la construcción totalmente autónoma sigue siendo bastante futurista, la IA y la robótica están preparadas para hacerse cargo de actividades rutinarias y estrechamente definidas.

Adicionalmente, la IA también podría ser utilizada para optimizar la gestión de los recursos, analizando los datos de materiales y equipos de construcción, y proporcionando recomendaciones para mejorar la eficiencia en su uso, incluyendo la planificación y optimización del transporte de materiales y equipos, asegurando que estén disponibles en el sitio de la obra en el momento requerido. Por otra parte, la IA mejorará la calidad de la obra, analizando los materiales y equipos a utilizar para que estos cumplan con los estándares establecidos, y monitoreando que los métodos constructivos sean los adecuados, detectando problemas y proporcionando recomendaciones a tiempo.

### **Fase de mantenimiento**

El mantenimiento de obras civiles es un aspecto crítico en la vida útil de las infraestructuras, donde la identificación temprana de fallas y la toma de decisiones apropiadas garantizan la durabilidad, seguridad y funcionalidad de las estructuras. Afortunadamente, el avance en tecnologías de IA proporcionará herramientas eficientes para mejorar la detección de defectos, la evaluación del estado estructural, la planificación de acciones y la gestión del mantenimiento en la ingeniería civil (Muñoz et al., 2022).

Una vez completado el proyecto, el monitoreo constante es fundamental para identificar cambios en el comportamiento estructural y detectar errores a tiempo. La IA, mediante técnicas de aprendizaje automático y procesamiento de imágenes, analiza datos de sensores integrados en la infraestructura y sistemas de inspección visual para reconocer anomalías y predecir fallas, lo que permite planificar y programar reparaciones e intervenciones de forma proactiva antes de que se produzcan deterioros graves. Igualmente, la IA puede automatizar ciertas tareas de mantenimiento, como el uso de drones autónomos para inspeccionar carreteras o líneas ferroviarias en busca de fallas o implementando sistemas robóticos para reparar fugas o grietas simples.

Otra aplicación, es la optimización de la planificación y el presupuesto (Muñoz et al., 2022). Los sistemas de inteligencia artificial pueden analizar los datos de mantenimiento para identificar patrones de gastos y fallas, permitiendo planificar acciones óptimas y eficientes respecto a los presupuestos y los recursos necesarios para la obra civil. Además, asegura que se realicen en el momento y de la manera más eficiente posible.

## Razones para el uso de la Inteligencia Artificial en la ingeniería civil

La ingeniería civil es un campo en constante evolución, que cada vez usa más los avances tecnológicos en todas las fases de vida de una infraestructura. Las TIC posibilitan la utilización de herramientas como el modelado en 3D, la realidad aumentada y la simulación de procesos, lo cual hace que los ingenieros civiles puedan visualizar de manera clara y precisa el resultado final de sus proyectos y detectar posibles problemas antes de que ocurran. Asimismo, la IA facilita la automatización de tareas, lo que disminuye la necesidad de trabajo manual y los errores humanos.

Una de las principales razones para la aplicación de la IA en la ingeniería civil es la optimización de recursos. Gracias a la inteligencia artificial, se logra llevar a cabo un mayor control y precisión en la planificación y ejecución de las obras, detectando problemas y fallos potenciales antes de que estos ocurran, lo que reduce el riesgo de accidentes y aumenta la seguridad en el lugar de trabajo. Además, es utilizada para simular diferentes escenarios y evaluar el riesgo de posibles desastres naturales o accidentes. La IA al analizar grandes cantidades de datos detectan patrones que indican problemas en la seguridad de las infraestructuras.

El uso de herramientas digitales y tecnológicas facilita una mayor precisión en la medición y control de los materiales y recursos utilizados en la construcción, lo que implica una gestión más eficiente de los mismos. A la par, la IA puede ser empleada para monitorizar el consumo de energía y agua de las infraestructuras, logrando identificar áreas de mejora para reducir el impacto ambiental, así como también para el mantenimiento predictivo, lo que ayuda a prevenir problemas y a prolongar la vida útil de las estructuras.

Además, existen varias razones específicas que explican la relevancia del uso de las TIC y la IA en la Ingeniería Civil:

- **Gestión de proyectos.** Los sistemas de IA analizan grandes cantidades de datos sobre costos, cronogramas y recursos para optimizar la planificación y gestión de proyectos de construcción. Pueden identificar tareas que se están retrasando, materiales que faltan y mejorar el flujo de trabajo general. Esto conduce a una mayor eficiencia, ahorro de costos y finalización de proyectos a tiempo.
- **Diseño asistido por computadora.** Es posible el uso de herramientas de IA como algoritmos genéticos y redes neuronales para explorar rápidamente diferentes opciones de diseño arquitectónico y estructural. Las herramientas de modelado y simulación analizan el comportamiento de las estructuras antes de construirlas, lo que ayuda a optimizar los diseños para satisfacer múltiples objetivos, como costo mínimo, máxima eficiencia energética o resistencia sísmica y seguridad. Esto acelera el proceso de diseño y conduce a mejores soluciones.

- Monitoreo y control. La tecnología de *Internet of Things* (IoT) permite la monitorización y el control de las estructuras en tiempo real, lo que detecta problemas tempranos para tomar medidas en función de evitar fallos.
- Detección de defectos. Los algoritmos de aprendizaje automatizado analizan imágenes de drones o escáneres 3D para detectar defectos, daños o anomalías en puentes, presas, edificios y otras estructuras civiles. Esto favorece realizar inspecciones más frecuentes y completas para garantizar la seguridad y la longevidad de las obras civiles.
- Seguridad en el lugar de trabajo. Los sensores y las cámaras en el sitio de construcción monitorean continuamente los riesgos de seguridad, como el polvo, el ruido, las condiciones de las carreteras y la estabilidad del terreno. Los sistemas de IA pueden detectar peligros inminentes y alertar a los trabajadores para evitar lesiones. Igualmente, monitorizan el cumplimiento de normas de seguridad y protocolos en el lugar de trabajo.
- Innovación. El uso de TIC e IA en la ingeniería civil propicia el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías, lo que ayuda a mejorar la eficiencia y a reducir costos.
- Inspección y mantenimiento. La utilización de drones y robots para la inspección y mantenimiento de estructuras permitirá al personal técnico ejecutar inspecciones más precisas y rápidas.

## Implicaciones éticas

La aplicación de las TIC y la IA en la ingeniería civil plantea importantes implicaciones éticas que deben ser consideradas en su implementación, pues “cuanto mayor sea la libertad de una máquina, más necesitará normas morales” (Picard, 1997, p. 19), garantizando un uso responsable, progresivo y buscando el equilibrio entre la tecnología y las cualidades humanas, para que sea justo para los trabajadores de la construcción.

Uno de los principales aspectos a considerar es el impacto que estas tecnologías pueden tener en el empleo de trabajadores de la construcción. La automatización de tareas y la reducción de la necesidad de trabajo manual llevarían posiblemente a la pérdida de empleos, lo que tiene un impacto negativo en las comunidades locales y en la economía en general. Por lo tanto, es necesario que se tomen medidas para evitar desventajas en el área laboral.

Otro elemento por discurrir es el acceso y la equidad en el uso de estas tecnologías. A medida que la ingeniería civil se vuelve cada vez más dependiente de las TIC y la IA, puede haber una brecha digital entre aquellos que tienen acceso y aquellos que no. Esto supone una desigualdad en la calidad de las infraestructuras construidas, lo que tendría un impacto negativo en las comunidades menos favorecidas.

Además, es necesario tomar en cuenta la privacidad y la seguridad de los datos en la aplicación de estas tecnologías. Tal como se ha explicado anteriormente, la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos puede ser utilizado para mejorar la eficiencia y la seguridad de las infraestructuras, pero también plantea preocupaciones sobre la privacidad de los datos. Es importante garantizar que se empleen de manera transparente y responsable, y que se implementen medidas de control para protegerlos de posibles transgresores.

La IA plantea preocupaciones éticas en términos de su capacidad para tomar decisiones autónomas. Es necesario garantizar que los algoritmos de aprendizaje automático sean transparentes, éticos, justos y responsables, y que se implementen acciones de control para certificarlo. De igual forma, es clave avalar que se tomen medidas para minimizar el impacto ambiental al entorno y que se promueva el desarrollo sostenible en la construcción y mantenimiento de infraestructuras, esto puede incluir el uso de materiales adecuados, la implementación de prácticas de construcción verde y la planificación cuidadosa del uso de la tierra.

Abordar estas preocupaciones éticas en la aplicación de las TIC y la IA en la industria de la construcción es esencial para garantizar la sostenibilidad, la equidad y la transparencia en la construcción y mantenimiento de infraestructuras, asegurando que se beneficie a todos por igual.

## **Ideas conclusivas**

El uso de las TIC y la IA en la ingeniería civil ha revolucionado significativamente el campo, permitiendo la optimización de procesos, la simulación de escenarios y la toma de decisiones informadas. Esto puede resultar en una mejora significativa en la eficiencia y precisión en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura, lo que resulta en proyectos más rentables y seguros. Sin embargo, estas herramientas no reemplazan la necesidad de una planificación rigurosa y una supervisión constante por parte de los profesionales, por lo tanto, es fundamental utilizarlas de manera complementaria a la experiencia y al criterio humano.

Los trabajadores y los gerentes de proyecto seguirán desempeñando un papel clave en la supervisión de los sistemas de IA y en garantizar que el proyecto general se lleve a cabo de manera segura, ética y con los estándares de calidad adecuados. Para lo cual es primordial que continúen adaptándose a estos avances y fomenten la formación en TIC e IA aumentando las capacidades humanas y un desarrollo sostenible en el ámbito de la ingeniería civil.

Es necesario tener en cuenta que la introducción de sistemas de IA requiere costos iniciales y continuos, y que los modelos de IA tienen limitaciones que pueden generar falsos positivos o fallas, por lo tanto, siempre deben estar bajo supervisión y verificación. Además, es importante

asegurar la calidad de los datos y modelos utilizados en las herramientas de IA. También, considerar los posibles impactos negativos de la IA, como la exclusión de grupos marginados o la invasión de la privacidad, y en consecuencia, adoptar una perspectiva ética para que la IA se aproveche de manera justa y responsable.

Con una gestión de riesgos adecuada, el uso de las TIC y la IA en la ingeniería civil puede hacer que el ciclo de vida de una obra esté basado en datos predictivos y eficientes, esto optimiza todo el proceso de proyectos de infraestructura. En suma, la incorporación de estas herramientas debe ser considerada como una estrategia complementaria para mejorar la eficiencia y precisión de los proyectos, sin perder de vista los aspectos éticos y la necesidad de la supervisión humana constante.

## Referencias

- Ávila-Montes, O., Vázquez-Lozano, J., Briseño-Avena, C. y Herrera-Ruiz, G. (2019). Aplicación de la inteligencia artificial en la optimización de estructuras. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 34(1), 33-43.
- Barrera, L. (2012). Fundamentos históricos y filosóficos de la Inteligencia Artificial. *Revista de Investigación y Cultura UCV-HACER*, 1(1), 87-92.
- Boden, M. (2017). *Inteligencia artificial*. Turner.
- Ghorbanzadeh, O. y Talei, A. (2019). Application of artificial intelligence in hydrology: A review study. *Journal of Hydrology*, 572, 864-882.
- IBM. (2021). *BIM (Building Information Modeling) en Maximo Asset Management*. IBM Knowledge Center. <https://www.ibm.com/docs/es/mam/7.6.1?topic=data-building-information-modeling-bim>
- Kurzweil, R. (2005). *La singularidad está cerca: planeta futuro versus humanidad*. Editorial Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara, S.A.
- Muñoz, S., Mendoza, J. y Quispe, M. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Ingeniería y Competitividad*, 24(02), 23. <https://doi.org/10.25100/iyc.v0i00.11727>
- Picard, R. W. (1997). *Affective Computing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Reyes-Ortiz, O., Mejia, M. y Useche-Castelblanco, J. (2019). Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos. *Revista EIA*, 16(31), 189-207. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1215>
- Russell, S. y Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education. 4ta edición.
- SEAS. (2010). *Qué es la automatización*. Blog SEAS. <https://www.seas.es/blog/automatizacion/que-es-la-automatizacion/>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Oxford University Press on behalf of the Mind Association*, 59(236), 433-460.

Weizenbaum, J. (1976). *Computer Power and Human Reasoning: From Judgment to Calculation*. W. H. Freeman; Company.