



"IA EN LA CONSTRUCCIÓN BOGOTANA: REVISIÓN Y CASOS DE ÉXITO"

Autor

Wilson Hernando Bonilla Martínez

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en gerencia de proyectos

Bogotá, Colombia

Agosto, 2025

"IA EN LA CONSTRUCCIÓN BOGOTANA: REVISIÓN Y CASOS DE ÉXITO"

**Wilson Hernando Bonilla Martínez**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en Gerencia de Proyectos**

Director (a):

PhD. Carmen Elizabeth Chaparro Malaver

Modalidad:

**Monografía**

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en gerencia de proyectos

Bogotá, Colombia

Agosto, 2025

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

"Ad astra per aspera"

A mi Padre y Madre quienes me han enseñado a pensar sin límites. Mis maestros de vida donde aprendí que la disciplina lo es todo para ser el mejor, a hacer cosas únicas sin conformarme con el promedio y al conjunto de experiencias en la vida donde he entendido que al final todos los puntos se conectan y lo que sucede hoy, no lo entenderé mañana. Simplemente habrá alguna vez.

### **Agradecimientos**

Agradezco a mi Padre y Madre quienes siempre confiaron, a Dios quien los ha cuidado, además de las personas que estuvieron directamente implicadas como mi directora de trabajo quien siempre busco la excelencia y la motivación respecto a lo trabajado Carmen Elizabeth Chaparro Malaver, también mi gran amigo David Miranda al apoyarme en la búsqueda, ejecución, rutas de obra en obra, de proyecto en proyecto para poder obtener las perspectivas de las constructoras respecto a la IA en sus proyectos. Si olvido a alguien que haya apoyado directamente este trabajo me disculpo. Sin embargo, sabrá en su corazón que en el momento que apoyo directa o indirectamente con alguna palabra o acción le viviré agradecido.

### **Resumen**

La inteligencia artificial apareció hace algunos años y creció exponencialmente como una tecnología disruptiva en todas las industrias, en este caso, para la construcción ha transformado procesos como el diseño, planificación y gestión de la obra. Sin embargo, en países en desarrollo como Colombia, su adopción es aún incipiente y enfrenta desafíos. Por ende, la presente monografía analiza el estado actual, impacto y perspectivas de la inteligencia artificial (IA) en la industria de la construcción para la ciudad de Bogotá, abordando un énfasis en las empresas constructoras afiliadas a CAMACOL Bogotá. A partir de una revisión bibliográfica global y nacional, combinada con un análisis bibliométrico y una encuesta a empresas con proyectos activos, se identifican las principales aplicaciones, barreras y oportunidades asociadas a la IA en este sector. Se desarrolla el estudio a través de un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y alcance descriptivo-correlacional. Los resultados revelan una percepción ampliamente favorable sobre la IA como herramienta para mejorar la eficiencia, calidad y productividad en la construcción. Sin embargo, se evidencia una brecha significativa entre dicha percepción y el nivel de conocimiento técnico y aplicación práctica. Además, se documentaron casos de éxito internacionales y uno nacional con información superficial que ilustran el impacto positivo de la IA en el diseño, planificación y supervisión de obras. Se concluye que, aunque la adopción de IA en Colombia es incipiente, existe un alto potencial de implementación si se fortalecen aspectos como la formación técnica, la infraestructura digital y el liderazgo organizacional.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, construcción colombiana, percepción, adopción, tecnología, casos de éxito.

**Abstract**

Artificial intelligence emerged a few years ago and has grown exponentially as a disruptive technology across all industries. In the construction sector, it has transformed processes such as design, planning, and project management. However, in developing countries like Colombia, its adoption remains limited and faces several challenges. Therefore, this monograph analyzes the status, impact, and prospects of artificial intelligence (AI) in the construction industry in Bogota, with a focus on companies affiliated with CAMACOL Bogota. Based on a global and national literature review, combined with bibliometric analysis and a survey of companies with active projects, the study identifies the main applications, barriers, and opportunities associated with AI in this sector. The research follows a quantitative approach, with a non-experimental design, and descriptive-correlational scope. The results reveal a generally favorable perception of AI as a tool to improve efficiency, quality, and productivity in construction. However, a significant gap was found between that perception and the actual level of technical knowledge and practical application. Additionally, several international and one superficial national success case were documented, illustrating the positive impact of AI on design, planning, and site supervision. The study concludes that although AI adoption in Colombia is still in its early stages, there is strong potential for implementation of technical training, digital infrastructure, and organizational leadership are strengthened.

**Keywords:** artificial intelligence, Colombian construction, perception, technology adoption, Colombia, success cases.

**Contenido**

**Introducción .....13**

**Objetivo general.....20**

*Objetivos específicos.....20*

**Justificación.....21**

**Marco Teórico .....24**

*Estado del Arte de la Inteligencia Artificial en la Industria de la Construcción a Nivel Global: Aplicaciones y Beneficios .....28*

*Revisión de literatura clave.....31*

*Análisis Bibliométrico de la Literatura .....33*

*Casos de éxito de IA en la construcción (2024-2025).....60*

*Panorama del Sector de la Construcción en Colombia y su Potencial para la Adopción de IA .....66*

**Hipótesis .....69**

**Variables .....69**

*Variable Independiente: Percepción sobre la inteligencia artificial.....69*

*Variable Dependiente: Nivel de conocimiento sobre aplicaciones concretas de inteligencia artificial. ....69*

**Metodología.....74**

*Enfoque y alcance de la investigación: .....74*

*Población y muestra .....74*

**Instrumento .....79**

*Técnicas para el análisis de la información* .....83

**Trabajo de Campo** .....**87**

*Análisis resultados encuestas* .....87

*Análisis general integrado de los trabajos en campo* .....100

*Propuesta de adopción en la construcción Bogotana*.....103

**Discusión** .....**109**

**Conclusiones** .....**111**

**Trabajo futuro** .....**113**

**Referencias**.....**114**

**Lista de Figuras**

**Figura 1** *Modelo conceptual de variables* ..... 73

**Figura 2** *Fórmula para el tamaño de muestra en poblaciones finitas* ..... 77

**Figura 3** *Códigos de búsqueda para IA en la construcción en SCOPUS*..... 34

**Figura 4** *Códigos de búsqueda en español para IA en la construcción en SCOPUS*..... 36

**Figura 5** *Resultados de búsqueda en español para IA en la construcción en Google Académico* ..... 37

**Figura 6** *Gráfico por 5 coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS* ..... 40

**Figura 7** *Gráfico por 10 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS* ..... 41

**Figura 8** *Gráfico de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Google Académico* .... 43

**Figura 9** *Búsqueda IA en Construcción Web Of Science* ..... 45

**Figura 10** *Gráfico de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Web Of Science* ..... 46

**Figura 11** *Gráfico por autores en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS*. ..... 47

**Figura 12** *Gráfico por autores a partir de los resultados en SCOPUS*. ..... 48

**Figura 13** *Gráfico por autores a partir de los resultados en Web Of Science*. ..... 50

**Figura 14** *Resultados por organizaciones a partir de los resultados en Web Of Science*..... 51

**Figura 15** *Resultados por universidades a partir de los resultados en Web Of Science*..... 52

**Figura 16** *Gráfico por países a partir de los resultados en SCOPUS*..... 54

**Figura 17** *Resultados por países a partir de los resultados en Web Of Science*..... 55

**Figura 18** *Resultados por idioma a partir de los resultados en Web Of Science*..... 56

**Figura 19** *Resultados por ODS Intervenida a partir de los resultados en Web Of Science*..... 57

**Figura 20** *Grafica de publicaciones en el tiempo sobre IA en construcción a partir de los resultados en Web Of Science*. ..... 58

**Figura 21** *Grafica de publicaciones en el tiempo sobre IA en construcción a partir de los resultados en SCOPUS*..... 59

<b>Figura 22</b> <i>Robots en construcción proyecto de la empresa Skanska</i> .....	62
<b>Figura 23</b> <i>Grafica de distribución por rango de edad</i> .....	87
<b>Figura 24</b> <i>Grafica de distribución por Rol en el proyecto o Empresa</i> .....	88
<b>Figura 25</b> <i>Grafica de coocurrencia en términos asociados a la definición de IA</i> .....	91
<b>Figura 26</b> <i>Grafica de respuesta sobre los términos utilizados en proyectos de construcción</i> .....	97
<b>Figura 27</b> <i>Ruta de adopción de la IA en la construcción.</i> .....	104

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Variables del instrumento</i> .....	71
<b>Tabla 2</b> <i>Ficha técnica de la investigación</i> .....	84
<b>Tabla 3</b> <i>Resultados por 5 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS</i> .....	39
<b>Tabla 4</b> <i>Resultados por 10 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS</i> .....	41
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Google Académico</i>	42
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados por organizaciones a partir de los resultados en SCOPUS</i> .....	50
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados por organizaciones a partir de los resultados en SCOPUS</i> .....	54
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados preguntas tipo Likert sobre el conocimiento de la IA en construcción.</i> .....	91
<b>Tabla 9</b> <i>Resultados preguntas tipo Likert sobre la formación de la IA en construcción.</i> .....	94
<b>Tabla 10</b> <i>Resultados preguntas tipo Likert sobre la aplicación de la IA en construcción.</i> .....	96

### **Introducción**

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha revolucionado las industrias a nivel mundial, transformando la manera en que se procesan los datos, se optimizan recursos y se automatizan procesos. La industria de la construcción que representa aproximadamente el 13% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial (World Economic Forum, 2025), La trascendencia económica de la construcción a escala global es innegable, empleando a más de 100 millones de personas y generando billones de dólares en gasto anual (harvardaviation, 2024)

En los últimos años, la IA ha demostrado su capacidad para transformar diversos sectores industriales. Por ejemplo, en campos como la salud ó la manufactura han integrado la IA para mejoras en la eficiencia, la seguridad y la toma de decisiones (Na et al., 2023). En el campo de la salud, la IA se ha implementado para el análisis de imágenes médicas, el diagnóstico temprano de enfermedades y la optimización en la gestión hospitalaria (Goncalves et al., 2022). En la manufactura, la IA ha tenido protagonismo para la automatización de procesos, el entorno predictivo y la optimización de las cadenas de suministro (Na et al., 2023). La mayor expectativa sobre la IA reside en su habilidad para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar información valiosa en tiempos récord que permite a las organizaciones actuar de manera más inteligente y eficiente.

Se realiza una búsqueda bibliográfica donde se demuestra que la adopción de la IA en la construcción ha avanzado a un ritmo menor en comparación con la manufactura y la salud, sin subestimar que es un crecimiento exponencial. La industria de la construcción, históricamente menos digitalizada, algo arcaica en procesos y con una productividad que ha crecido más lentamente que otros sectores (Obinnaya Chikezie Victor, 2022) , enfrenta diferentes desafíos para la integración de este tipo de tecnologías. Sin embargo, esta tendencia está comenzando a cambiar a medida que la industria reconoce la necesidad de aumentar la eficiencia y abordar problemas como la escasez de mano de obra y los márgenes de beneficio ajustados.

La innovación en la construcción se está viendo impulsada por la sinergia "Building information Modeling" (BIM), el aprendizaje automático y la robótica. El BIM, siendo una representación digital de las características físicas y funcionales de una edificación se ha convertido en una plataforma fundamental para la integración de la IA (Khan et al., 2024). Con la IA, se potencia el BIM mediante el análisis de modelos, para detectar posibles fallos, la automatización de tareas rutinarias y la mejora de la colaboración entre los equipos. Con esta integración se optimiza la eficiencia operativa y reduce los mayores desperdicios en los proyectos de construcción (Rane, 2023).

Mientras el aprendizaje automático (ML), una de las ramas fundamentales de la IA, en su camino por transformar el sector, ha permitido moldear patrones y predecir algunos resultados con base en datos del proyecto. Por ejemplo, se han utilizado algoritmos de ML para prever retrasos en cronogramas, optimizar costos y detectar riesgos de seguridad mediante análisis de sensores y datos históricos de obra (Soto, 2024). Además, contribuye a procesos como la estimación automática de cantidades, mantenimiento predictivo de equipos y control de calidad, reduciendo incertidumbre y mejorando la eficiencia operacional en tiempo real.

Otro pilar de la IA, como lo es la robótica ha emergido como complemento, con aplicaciones en tareas repetitivas o de alto riesgo a partir de robots de impresión 3D, drones para inspección y sistemas automatizados para trabajo en obra, han demostrado reducir tiempos, riesgos laborales y aumentar la precisión en secciones complejas, contribuyendo a optimizar la productividad y calidad en los proyectos constructivos (Ministerio TIC, 2025).

En el mundo, diversas empresas y proyectos han puesto a prueba el potencial de la IA integrada en la construcción logrando la mejora de eficiencia, de seguridad y la sostenibilidad en la construcción (Obinnaya Chikezie Victor, 2022), con técnicas como el "Building information Modeling" (BIM), el aprendizaje automático para la predicción de fallas estructurales y el uso de robot autónomos en obra (Ivanova et al., 2023).

Actualmente, países líderes como Estados Unidos, China y Reino Unido representando las naciones europeas, han desarrollado diferentes modelos basados en IA para implementar en la construcción. En **Estados Unidos**, donde la industria de la construcción contribuye significativamente al PIB nacional, se busca que la IA se comience a utilizar cada vez más para la planificación de proyectos, la gestión de riesgos y la mejora de la rentabilidad (Egwim et al., 2024). El gobierno estadounidense también ha reconocido la importancia estratégica de la IA, apoyando iniciativas y financiación a través de diversas agencias federales. En **China**, el otro país pilar de la inteligencia artificial, el sector de la construcción representa una parte considerable de su economía, y la IA se considera fundamental para la transformación digital no solo de la industria sino del país como tal, abordando problemas como la baja eficiencia y la alta tasa de accidentes (Andrew Singer, 2024). El gobierno chino desde el 2010 está promoviendo activamente la integración de la IA desde incentivos políticos nacionales como ruta clave para el desarrollo en todos sus sectores. En Europa, la adopción de la IA en la construcción está impulsada por la necesidad de operaciones más eficientes en términos de costos y tiempo, la Unión Europea ha establecido un plan coordinado para aumentar la inversión en IA y adaptar un entorno regulado (Special report 08/2024: EU Artificial intelligence ambition, s.f.). En general, la integración de la IA en estos países ha permitido reducir los riesgos asociados a la obra, bajar algunos costos y optimizar la planificación de los proyectos.

En Colombia, la aplicación de la IA en el sector de la construcción se encuentra en sus fases iniciales y no tiene una base documental consolidada para evaluar su impacto real para la implementación en proyectos de construcción. Aun así, existe un interés creciente tanto en el sector productivo como en la comunidad académica por el uso de la IA en la gestión de proyectos, optando por su integración en los diferentes ciclos de vida de los proyectos, sin embargo, aún tiene un largo camino por recorrer (CAMACOL, 2024). A pesar de que Colombia está avanzando hacia un desarrollo paulatino, pero más robusto en IA, con ayuda de elementos como el CONPES 3975 de 2019 y el CONPES 4144 de

2025. El primero brinda las bases para una política nacional de transformación digital, reconociendo a la inteligencia artificial (IA) como una tecnología clave y esencial de la cuarta revolución industrial. Este documento impulsó la reducción de barreras para la adopción e integración tecnológica en los sectores productivos, fomentando el uso de la tecnología a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. Esto resulta relevante para la industria de la construcción, donde herramientas como BIM e IoT pueden aportar grandes ventajas mejorando significativamente la gestión de obra (Documento CONPES 3975, 2019). Posteriormente el CONPES 4144 brinda algunas ideas implícitas para la operación de empresas constructoras, al promover el desarrollo de talento técnico, la interoperabilidad de datos mediante plataformas digitales y la financiación de soluciones innovadoras en distintos sectores económicos (Documento CONPES 4144, 2025).

Sin embargo, todavía existen áreas críticas que necesitan fortalecimiento y el sector de la construcción no ha tenido el rol principal que le corresponde en esta transformación, como la infraestructura tecnológica y las habilidades digitales necesarias para aprovechar al máximo el potencial de la IA (REDACCIÓN INNOVANDO, 2025). La falta de documentación específica sobre el impacto de la IA en la construcción colombiana dificulta la evaluación precisa de sus beneficios y desafíos (Marketing MCAD, 2024). Debido a ello CAMACOL Colombia organizó la primera cumbre sobre la IA en la construcción en agosto de 2025, donde su principal invitación fue a cambiar esa realidad.

En Colombia, y particularmente en Bogotá, la adopción de IA en empresas constructoras es baja y se limita en gran medida, a usos básicos como chatbots (Flor Angie Baena, 2025), clasificación documental o redacción. Los datos publicados más recientes sitúan que solo en torno al 15% de las empresas reportan estas aplicaciones básicas, sin despliegues amplios en diseño, programación ni control de obra. Esta situación contrasta con el avance de países líderes, donde la investigación y los casos de éxito han acelerado la integración de IA en procesos críticos del proyecto (Flor Angie Baena, 2025).

Una gran puerta para la IA en la construcción es la integración con el Building Information Modeling (BIM) que alcanzo una adopción del 52% en Colombia en el 2025, con un aporte principal, directo y mayoritario de las empresas en la formación de estas aplicaciones con un 79%. Aun así, el salto desde BIM hacia la IA sigue siendo incipiente. Este vacío sugiere la capacidad instalada regularmente, ya que no se aprovecha del todo la adopción analítica, visión computacional y automatización en obra, claves para la productividad y control de riesgos. (Guillermo Herrera, 2025).

Los países pioneros como Estados Unidos, China y Reino Unido, han desarrollado investigaciones académicas con modelos de integración de IA privados en proyectos de construcción concentrando una gran masa de publicaciones y pilotos en IA para la construcción (Autodesk, 2025), lo que ha permitido modelos de integración y soluciones replicables en planificación, costos y seguridad. La literatura de referencia y reportes sectoriales muestran que la industria global sigue rezagada frente a otros sectores, pero donde hay evidencia aplicada, la adopción crece más rápido (Regona et al., 2022).

En construcción, los proyectos reducen su incertidumbre cuando existen casos documentados y guías metodológicas donde se explica debido a que funcionan, con que datos, como y a que costo. No obstante, la adopción de la IA en la construcción colombiana enfrenta otros retos y barreras. Los altos costos de implementación y la escasez personal con conocimientos técnicos o de implementación de nuevas tecnologías, representan desafíos significativos (Adebayo et al., 2025). Las carencias tecnológicas, los problemas en la gestión de datos, la falta de conocimiento normativo y las preocupaciones sobre ciberseguridad y ética también dificultan la adopción, la limitada experiencia en IA, la resistencia al cambio y la calidad de los datos son otros obstáculos importantes. Además, la infraestructura subdesarrollada y la escasez de habilidades digitales en el país en general también impactan la adopción de la IA en Colombia y más específicamente en el sector de la construcción (Cano Molina & Diaz Penagos, 2023). Este conjunto de barreras es consistente con diagnósticos sectoriales

recientes, que priorizan falta de personal calificado y otras restricciones prácticas como los cuellos de botella más nombrados para la IA en construcción (RICS, 2025).

Dada la baja adopción ( $\approx 15\%$ ) y la carencia de evidencia local accionable (Flor Angie Baena, 2025), se justifica una revisión de literatura y casos de éxito junto con una medición sobre las empresas ligadas a CAMACOL Bogotá para identificar oportunidades y el estado actual de la implementación ajustadas al contexto bogotano.

Con base en esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo ha sido la adopción de la inteligencia artificial en la construcción en las empresas constructoras en Bogotá y que estrategias pueden potenciar su implementación para mejorar la eficiencia y productividad en el sector? El problema es crítico porque la construcción a nivel global es uno de los sectores menos digitalizados y no muestra una mejora en gran medida de sus indicadores de productividad, la integración de IA, apoyada con la evidencia local, es una palanca para mejoras en la línea base de los proyectos con tiempos y costos más competitivos, donde en grandes proyectos estos desvíos globales promedian más del 20% en plazos y hasta el 80% en costos, con la adopción de la IA más la digitalización de procesos se pueden reducir estos desvíos (Agarwal et al., 2016).

Con ello, esta investigación contribuirá a un mejor entendimiento del rol de la inteligencia artificial en el sector de la construcción para estas empresas, proporcionando un punto de partida para futuras investigaciones y facilitando la toma de decisiones en la implementación de estas tecnologías. Además, permitirá a empresas y profesionales del sector conocer algunas prácticas internacionales y adaptar estrategias para las condiciones del mercado Bogotano.

A partir de esto la investigación se estructura de manera progresiva, iniciando con los objetivos y justificación quienes brindan un rumbo definiendo la relevancia de la inteligencia artificial (IA) en la construcción. Para continuar con el marco teórico y estado del arte con la revisión de la literatura, el análisis bibliométrico y la documentación de casos de éxito recientes, complementados con el donde se

exponen las bases conceptuales y las principales aplicaciones de la IA, mientras que el panorama del sector colombiano analiza sus condiciones, retos y potencial de adopción.

A continuación, se presentan las hipótesis y variables, que orientan el análisis de la información obtenida mediante la metodología, la cual incluye la descripción de la muestra, el instrumento de recolección y las técnicas empleadas.

El trabajo de campo contiene el análisis de encuestas aplicadas a las empresas ligadas a CAMACOL Bogotá. Estos resultados permiten construir un análisis integrado del estado actual de la IA en el sector de la construcción.

Con base en ello, se formula una propuesta de adopción para la construcción bogotana, discutida en contraste con las tendencias internacionales y circunstancias actuales de Colombia. Finalmente, las conclusiones y el trabajo futuro sintetizan los principales aportes, validan la hipótesis y destacan la necesidad de una estrategia nacional para impulsar la transformación digital de la industria.

### **Objetivo general**

Analizar el estado actual, perspectivas y adopción de la inteligencia artificial en la construcción de las empresas constructoras en Bogotá ligadas a CAMACOL, a través de una revisión de literatura y casos de éxito, con el fin de identificar oportunidades y estrategias para su adopción en el sector.

### **Objetivos específicos**

- **Caracterizar** el estado del arte de la IA en la construcción a nivel global, destacando sus aplicaciones y beneficios.
- **Analizar** la adopción de la IA en la construcción en empresas constructoras de Bogotá ligadas a CAMACOL, que tengan proyectos de construcción en curso, identificando sus barreras y oportunidades.
- **Documentar** casos de éxito en la implementación de IA en la construcción, tanto en Colombia como en el ámbito internacional.
- **Proponer** una estrategia viable para la implementación de inteligencia artificial en la construcción en Colombia, considerando las tendencias globales y las particularidades del sector nacional

### **Justificación**

La industria de la construcción en Colombia representa un pilar fundamental para el desarrollo socioeconómico del país. Su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) se sitúa en un significativo 5.1%, y genera un considerable 7.2% del empleo formal a nivel nacional. Las proyecciones indican un crecimiento sostenido, anticipándose un valor de mercado de USD 52.9 mil millones para el año 2025 en Colombia (Redaccion Arcus Global, 2024). Mientras que a nivel mundial en el 2023 la industria representaba el 7% de la economía global con una producción bruta anual de 13 Billones de dólares, con la adopción de la IA se espera que en 2040 la producción bruta anual llegue a 22 Billones de dólares, aumentando más de un 70% (Guillermo Herrera, 2025). Esta magnitud, su trascendencia económica y el problema global en la escasez de mano de obra, la cual amenaza con frenar el cumplimiento del sector en sus objetivos económicos, sociales y ambientales (Guillermo Herrera, 2025); señalan la importancia de explorar e implementar avances tecnológicos como la inteligencia artificial (IA), que prometen optimizar la eficiencia y la productividad del sector. Además, la IA ha venido aumentando su uso como facilitador en el análisis de datos para decisiones más sostenibles, reducción de consumo energético, consumo de agua, reducción de desperdicios y circularidad (Autodesk, 2025). de su capacidad para mejorar la eficiencia en diversas aplicaciones operativas o administrativas (Calzadilla, 2024). La evaluación de la percepción e implementación de la IA con estos posibles beneficios justifica una evaluación de lo que podría representar en el contexto colombiano.

A pesar de su dinamismo, el sector de la construcción en Colombia enfrenta desafíos operativos relevantes. Se conocen fallas generales como los rendimientos de los proyectos, donde no se ha tenido una evolución en el valor agregado bruto por hora trabajada desde el año 2000 (Guillermo Herrera, 2025), además del transporte de materiales, operación de equipo pesado, fallas en la cadena de suministro y corrupción en los negocios tanto de entidades privadas como públicas. Adicionalmente, haciendo una comparación a nivel global, investigaciones académicas como "Artificial intelligence in

Project management: case of construction and civil Works” de (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a) señalan problemáticas más amplias, como flujos de trabajo intrincados en los proyectos, frecuentes sobrecostos por mala planeación, plazos de ejecución ajustados, limitaciones presupuestarias y dificultades en la gestión de riesgos. La IA presenta una de las mejores oportunidades como herramienta para el desarrollo de mejores flujos en el proyecto, con la capacidad de ofrecer soluciones efectivas a estos desafíos. Sus aplicaciones en la optimización de la cadena de suministro en el análisis predictivo implementado desde la planeación y la mitigación de riesgos (Rane, 2023) hacen que su integración sea una estrategia potencialmente transformadora para las mejoras en todos los aspectos del sector.

El impacto transformador de la inteligencia artificial es una constante en nuestros días, algunos análisis destacan su capacidad para revolucionar la forma en que se conciben, planifican y ejecutan los proyectos, generando avances significativos en términos de eficiencia, exactitud y seguridad. Por ejemplo, el análisis de (Mendoza, 2022) resalta la necesidad de la IA para optimizar el uso de recursos, tanto en términos de tiempo como de costos, y para tratar los problemas complejos que siempre se presentan en las diferentes fases de la construcción. Esta perspectiva de algunos casos a nivel global sugiere que Colombia no puede permitirse ignorar estos avances si desea aumentar su competitividad y beneficiarse de las mejores prácticas de la industria.

A partir de esto, se busca que la investigación contribuya a la comprensión del rol de la inteligencia artificial en la transformación digital del sector de la construcción, proporcionando un punto de partida para futuras investigaciones y facilitando la toma de decisiones en la implementación de estas tecnologías. Con ello, permitirá a empresas y profesionales del sector conocer las mejores prácticas internacionales y adaptar estrategias exitosas a las condiciones específicas del mercado Bogotano y colombiano. Para ello se hará el análisis de las empresas constructoras ligadas a CAMACOL Bogotá, ya que es el principal órgano en el gremio de la construcción en Colombia, además de ser la entidad que

agrupa las constructoras más relevantes del país, lo que garantiza un acceso a información confiable, actualización sobre las tendencias y representación validada en el sector. Por el contrario, seleccionar únicamente empresas privadas externas que no estén afiliadas a CAMACOL podría derivar en resultados fragmentados, que no tengan comparación y con menor alcance para la formulación de estrategias colectivas. Así, el análisis con empresas ligadas a CAMACOL, donde se tiene en cuenta que el sector privado es quienes impulsan el desarrollo de este tipo de tecnologías, se refleja la percepción de empresas con alto nivel de formalidad y participación en políticas sectoriales, se alinea con las iniciativas del gremio en torno a la innovación, digitalización y sostenibilidad. De esta forma, se asegura que los hallazgos y propuestas del estudio tengan mayor pertinencia, aplicabilidad y capacidad de incidencia en la adopción de la IA en la construcción en Bogotá.

Finalmente, un aspecto positivo para la adopción de la IA en la construcción colombiana es el interés y la disposición que ya existe dentro del sector por incorporar tecnologías emergentes. La investigación de (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024b) muestra una apertura significativa hacia la integración de la IA en la gestión de proyectos. Este reconocimiento del potencial tecnológico crea un entorno favorable para la implementación de iniciativas en la capacitación y promoción de la adopción para soluciones basadas en IA. La existencia de este entorno positivo implica que los esfuerzos por difundir el conocimiento y las habilidades en este campo tienen una mayor probabilidad de éxito, facilitando una transición más fluida hacia la integración de la inteligencia artificial en las prácticas del sector.

### **Marco Teórico**

Este marco teórico construye de manera progresiva los fundamentos conceptuales de la inteligencia artificial, su evolución y las principales ramificaciones a partir de conceptos afines. Integrando un análisis de tecnologías como BIM, machine learning y robótica, destacando su sinergia en la mejora de procesos constructivos. Estos enfoques permiten comprender como la IA se configura como una disciplina multidimensional, conectando aspectos técnicos, digitales y humanos.

El concepto de Inteligencia ha sido estudiado en su implementación desde diversas disciplinas, principalmente en la psicología, la filosofía y las ciencias computacionales (Gardner, 1983), donde definen la inteligencia como la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos dentro de uno o más contextos culturales. (Sternberg & Salter, 1982) la describen como la habilidad de adaptarse a diferentes entornos, aprender de la experiencia y utilizar el conocimiento para razonar de manera efectiva. A lo largo del tiempo la inteligencia ha derivado en diferentes categorías, como la inteligencia emocional (Goleman, 1995) y la inteligencia múltiple (Gardner, 1983), lo que ha permitido comprender que no se trata de una capacidad única, sino de un conjunto de habilidades interconectadas.

Desarticulando el concepto, el término "artificial" se puede pensar como aquello que es creado por el ser humano y que no surge de manera natural (Russell & Norvig, 2020). Al combinar ambos conceptos, se origina el campo de la inteligencia artificial, a quien denominaremos a partir de este punto (IA), definido por (McCarthy et al., 1956) como la ciencia e ingeniería de crear maquinas inteligentes, capaces de realizar tareas que normalmente requieren de inteligencia humana. En la actualidad, la IA se clasifica en dos grandes categorías: la IA débil, que está diseñada para realizar tareas específicas sin comprender su contexto, y la IA fuerte, que busca igualar la capacidad cognitiva humana (Goertzel, 2014).

Mas allá de la tipología débil/fuerte, cuando se habla de IA, la filosofía de la mente ofrece criterios para delimitar que significa "entender" y que legitima llamar "inteligente" a un sistema. El famoso argumento de la "habitación china" (Searle, 1984), sostiene que un programa puede manipular símbolos y dar respuestas correctas sin comprender semánticamente lo que procesa, cuestionando que solo la sintaxis computacional baste para atribuir mente o intencionalidad a una IA o cualquier modelo actual de la misma(Searle, 1984). En la misma línea el problema del anclaje de los símbolos o códigos que se inserten en cualquier IA para su entendimiento deben anclarse en representaciones no simbólicas, contextos o categorías para poseer un significado intrínseco y no depender exclusivamente de interpretaciones humanas externas, un tema crucial en el contexto de obra, cuando la IA se integra con sensores, visión y gemelos digitales (Harnad Stevan, 1990).

Para hablar del contexto normativo para los proyectos actuales con IA en todos los campos, el debate mente-cuerpo apoya desde criticas donde se entiende la mente como la disposición o función y no como un "algo" separado, este marco favorece interpretar la IA como una herramienta funcional a partir de las tareas que realice y con que rendimiento las hace, antes de pensar que sintió al hacerlas (Gilbert Ryle, 2003). Ya que ejecutar este tipo de tareas automáticas no implica tener una experiencia consciente de las mismas, por ello, en la ingeniería se habla de la IA como sistemas de información instrumentales, excelentes para predecir, optimizar y asistir a partir de datos, sin atribuirles conciencia o responsabilidad moral propias (David J Chalmers, 1996). Esta distinción también es clave en construcción donde se busca la IA para el apoyo de decisiones humanas y automatizar tareas acotadas, pero la responsabilidad técnica y ética sigue permaneciendo en el equipo profesional.

En conjunto, estas percepciones ayudan en el soporte del tránsito desde los principios cognitivos hasta las aplicaciones técnicas que se podrían dar en construcción, siendo la IA como instrumento del cual extraer información que aprende de datos, percibe con sensores, optimiza

procesos y asiste en decisiones, bajo la gobernanza de datos y con responsabilidad humana explícita en las líneas base del proyecto como costos, plazos, calidad y en este caso, seguridad.

La definición de inteligencia artificial (IA) en la que se basa la presente investigación, es definiéndola como un campo científico dedicado al desarrollo de aplicaciones capaces de simular la inteligencia humana, abarcando capacidades como el razonamiento, el aprendizaje y la resolución de problemas (Sambola, 2023). Se presenta en entornos digitales donde para dar comienzo a un proceso interactúan agentes humanos y artificiales que procesan información bajo reglas y limitaciones específicas, así, un sistema de IA también puede ser descrito como un agente artificial con capacidades delimitadas dentro de un ecosistema específico (Luciano Floridi, 2011).

Es importante distinguir la IA de la inteligencia sintética, ya que el objetivo principal de la IA no es reemplazar la inteligencia humana, sino complementarla y potenciarla, ofreciendo herramientas para tratar desafíos complejos y automatizar tareas (Bustos Rosales et al., 2024). Desde el surgimiento después de la Segunda Guerra Mundial, la IA ha evolucionado significativamente, buscando crear máquinas que puedan realizar tareas que, de ser realizadas por humanos, requerirían inteligencia, incluyendo la percepción visual y la manipulación robótica (Bustos Rosales et al., 2024)

La inteligencia artificial abarca distintos subcampos que tienen un impacto significativo en la industria de la construcción. Uno de los más importantes es el aprendizaje automático (Machine Learning), el cual permite procesar grandes cantidades de información y detectar patrones útiles para tomar mejores decisiones. Esto contribuye a optimizar procesos y a implementar soluciones más eficientes en diversos aspectos del sector. Aplicaciones como el mantenimiento predictivo y la monitorización de la seguridad con drones se basan en el Aprendizaje Automático y la Visión por Computadora, que dota a las máquinas de la capacidad de "ver" e interpretar imágenes y videos (Maisueche Cuadrado, 2019). Por otra parte, el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) se enfoca en la interacción entre las computadoras y el lenguaje humano, permitiendo extraer información valiosa de

textos sin estructura y facilitando la comunicación en la gestión de proyectos (Stryker & Holdsworth, 2024). La combinación estratégica de estos diferentes subcampos de la IA como el aprendizaje automático (Machine Learning), la Visión por Computadora y el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) son la clave para abordar la diversidad de desafíos presentes en el sector de la construcción.

La IA ha demostrado ser una herramienta valiosa con aplicaciones exitosas en bastantes industrias. Su capacidad para optimizar procesos y generar ahorros de costos la ha convertido en un área de interés en diversos campos laborales (Mendoza et al., 2022). En el ámbito de la gestión de proyectos, la IA ha impactado positivamente sectores como la manufactura y la tecnología, donde se han observado mejoras en la automatización de tareas y en la productividad de los equipos (Ferrera, 2024). Las tendencias de investigación en IA son noticias de todos los días. Ejemplos concretos en áreas como la salud, la gestión de la cadena de suministro, el desarrollo de software y la gestión de proyectos financieros ilustran lo adaptable que puede ser y el potencial de la IA para impulsar la eficiencia y la toma de decisiones informadas en contextos complejos (Prasanth M K, 2024). Estas experiencias en otros sectores ofrecen ideas valiosas y modelos transferibles para la implementación de la IA en la industria.

La construcción, se puede entender como el conjunto de actividades relacionadas con el diseño, la planificación y la creación de infraestructuras, que como muchas industrias ha experimentado una transformación gracias al avance de las tecnologías digitales. Dentro de esta industria, se destacan categorías, como la construcción residencial, industrial, comercial y de infraestructura. Este sector es esencial para el crecimiento económico, ya que impulsa el desarrollo de vivienda, comercio e infraestructura, además de otros campos fundamentales. Para llevar a cabo sus proyectos, se necesita una combinación de conocimientos especializados en arquitectura, ingeniería y tecnología (Santiago López et al., 2011).

En síntesis, la IA ha demostrado su potencial para transformar industrias al optimizar procesos, mejorar productividad y reducir costos (Mendoza et al., 2022). Sectores como la manufactura, tecnología, salud y finanzas ofrecen ejemplos valiosos que pueden ser adaptados en el sector de la construcción, especialmente en la gestión de proyectos, automatización y toma de decisiones informadas. La construcción, como actividad centrada en el diseño, planificación y ejecución de infraestructura, presenta necesidades donde la IA puede influir positivamente.

Para el estudio actual se adopta la definición de inteligencia artificial en construcción, como el uso de sistemas computacionales capaces de aprender, razonar y actuar a partir de datos estructurados para apoyar actividades constructivas en planificación, diseño, supervisión y control de calidad (Na et al., 2023). Esta visión se enfoca en tareas concretas como predicción de desempeño, detección de anomalías y automatización de procesos rutinarios, con el objetivo de complementar y potenciar el desarrollo y trabajo humano en obra.

### **Estado del Arte de la Inteligencia Artificial en la Industria de la Construcción a Nivel Global:**

#### **Aplicaciones y Beneficios**

La inteligencia artificial se puede aplicar en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde la concepción inicial hasta la evaluación final. En la fase de diseño y planificación, la IA se utiliza para el diseño generativo, permitiendo a los arquitectos e ingenieros explorar varias opciones de diseño optimizadas bajo diversos parámetros como costos, materiales y eficiencia energética (Rudge, 2024). La integración de la IA con el Modelado de Información para la Construcción (BIM) mejora la precisión del diseño, facilita la detección de cruces entre diferentes sistemas y promueve la colaboración entre los equipos (Editorial Team, 2025). Además, la IA se emplea en la selección de sitios para proyectos y en la realización de estudios de viabilidad para determinar la viabilidad con sus respectivos riesgos potenciales (CAMACOL, 2023).

En la gestión de proyectos, la IA optimiza la planificación y la programación de actividades, asignando recursos de manera eficiente y considerando factores como la disponibilidad, el clima y los riesgos potenciales (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a). La IA también juega un papel crucial en la gestión y predicción de riesgos, analizando datos históricos para identificar posibles problemas y permitiendo la implementación de estrategias de mitigación proactivas (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a). Asimismo, la IA se utiliza para generar estimaciones de costos más precisas y para realizar un seguimiento del presupuesto durante la ejecución del proyecto (Mendoza et al., 2022).

Durante la fase de construcción, la IA se aplica en la automatización de tareas repetitivas y peligrosas mediante el uso de robots y maquinaria autónoma, lo que aumenta la eficiencia y reduce la necesidad de mano de obra en trabajos de alto riesgo (Rudge, 2024). La IA también juega un papel crucial en la optimización de recursos y la reducción de costos en proyectos de construcción. Al analizar los requisitos del proyecto, la disponibilidad de mano de obra y los costos de los materiales, la IA puede ayudar a asignar los recursos de manera más eficiente, evitando la saturación de las tareas a ejecutar en el proyecto. Esto se traduce en ahorros significativos a largo plazo y en una mejor gestión del cronograma y presupuesto (Dockery, 2024). El seguimiento del progreso de la construcción se realiza de manera más eficiente con la ayuda de la IA, que analiza imágenes y videos del sitio para verificar el avance y detectar posibles desviaciones del plan (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a). La inteligencia artificial contribuye significativamente al control de calidad mediante el análisis avanzado de imágenes y datos provenientes de sensores. Gracias a estas tecnologías, es posible detectar irregularidades y garantizar que las obras cumplan con los requisitos establecidos por las normas del sector. Por otra parte, los algoritmos de IA pueden analizar grandes cantidades de datos históricos y actuales para generar cronogramas más realistas y eficientes, considerando múltiples factores y posibles contingencias (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a). Esta capacidad permite a los gestores de

proyectos optimizar la secuencia de actividades y la asignación de recursos, minimizando los retrasos y maximizando la productividad.

Además, la IA puede automatizar tareas repetitivas y monótonas en la gestión de proyectos, como la generación de informes, el seguimiento de actividades y la gestión de documentación. Esto libera tiempo para que los gestores de proyectos se concentren en tareas más estratégicas y de mayor valor. La IA también puede mejorar la comunicación y la colaboración entre los miembros del equipo mediante la integración de herramientas y plataformas de colaboración (Soto, 2024).

Finalmente, en la etapa de mantenimiento, la IA se utiliza para la evaluación de cumplimiento, analizando datos de sensores instalados en la maquinaria y en los edificios para predecir cuándo se requerirá mantenimiento y evitar fallas costosas (Prasanth M K, 2024). También optimiza la gestión de activos, realizando un seguimiento del inventario de materiales y equipos y asegurando su disponibilidad cuando sea necesario (Rudge, 2024).

La implementación de la IA en la construcción trae una serie de beneficios, más aún, teniendo en cuenta que el 83% de un proyecto de construcción es influenciado por la tecnología y en este caso por la IA, ya que en el sitio de trabajo solo es modificable un 17% de los proyectos (Alsehaimi A et al., 2014). clave que impactan positivamente en la eficiencia, la reducción de costos, la mejora de la seguridad, la mayor precisión y calidad, y la optimización de recursos (Soto, 2024). Estos beneficios demuestran una vez más el valor significativo que la IA puede aportar a la industria de la construcción.

A pesar de los numerosos beneficios, la adopción de la IA en la gestión de proyectos de construcción también enfrenta desafíos y barreras. Estos incluyen los altos costos iniciales de implementación, la falta de profesionales capacitados en el uso y la aplicación de la IA, la necesidad de recolectar y gestionar grandes cantidades de datos de alta calidad, la resistencia al cambio por parte de los miembros del equipo y las limitaciones tecnológicas de las máquinas para comprender el contexto y tomar decisiones éticas (Aquino & Gomes, 2024).

**Revisión de literatura clave**

Con el objetivo de fundamentar la propuesta metodológica para el entendimiento sobre la percepción y la adopción de la inteligencia artificial (IA) en las empresas constructoras, se realizó un análisis detallado de tres de los artículos académicos más citados sobre IA según la plataforma Web Of Science sobre la IA en el sector de la construcción. A través de una revisión crítica, se sistematizan los aportes más relevantes de estas investigaciones, conectándolos con las etapas del ciclo de vida del proyecto y con la propuesta para su implementación en el contexto de las empresas constructoras en Bogotá.

***Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges (Abioye et al., 2021).***

Este documento presenta un análisis sobre el estado actual de la IA en la industria de la construcción, así como sus principales oportunidades y retos. Identificando siete subcampos de la IA (aprendizaje automático, visión computacional, procesamiento del lenguaje natural, robótica, optimización, sistemas basados en conocimiento y planificación automatizada). Entre los casos de éxito destacados, se menciona el uso de drones para levantamientos topográficos y monitoreo de avance en obra. Como foco, el artículo enfatiza que la combinación de BIM con IA, especialmente mediante técnicas de Deep learning, ha mejorado la precisión en la estimación de costos y tiempos, se menciona que estas integraciones permiten reducciones de hasta el 25% en desviaciones respecto al cronograma y presupuesto, aunque no se cita un caso de estudio puntual. En un dato importante y ligado a esta investigación, muestran a través de un análisis bibliométrico del artículo que más del 60% de la literatura sobre IA en la construcción ha sido publicada desde 2010, reflejando un crecimiento acelerado del interés académico en el tema.

Puntos clave del artículo:

- La industria de la construcción es una de las menos digitalizadas, con retos persistentes en productividad, seguridad y control de costos.
- Se identifican oportunidades en áreas como: estimación de costos y tiempo, optimización de recursos y residuos, seguridad, analítica de sitio y contratos inteligentes.
- Se propone una integración con tecnologías emergentes como IoT, blockchain, BIM y computación cuántica.
- Muestra como principales barreras la cultura organizacional, costos de integración inicial, falta de talento, conectividad y confianza.

**Artificial intelligence and machine learning applications in the Project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review** (Datta et al., 2024).

Este estudio organiza más de 20 aplicaciones de IA con Machine learning según las fases del ciclo de vida del proyecto. Se destacan los siguientes casos:

Planificación: Técnicas como redes neuronales y máquinas de soporte vectorial han mejorado la predicción de éxito en los cronogramas y costos con un 15% más de precisión comparado con los métodos tradicionales como Valor ganado, cadena critica o ruta crítica.

Construcción: Se documenta la implementación de robots para la colocación de ladrillos en la impresión 3d in situ y sistemas de marcado con estaciones totales autónomas, que han reducido el trabajo manual en más del 30% del tiempo.

Demolición: predicción de residuos, detección de emisiones y clasificación automática de materiales.

El documento aporta una visión general que permite alinear cada tecnología con su mejor momento para la implementación dentro del ciclo del proyecto.

***Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: a critical review and future trends (Pan & Zhang, 2021).***

Por último, este documento identifica casos donde drones con cámaras y escáneres laser se utilizan en la inspección estructural, topografía y monitoreo de obra. Aunque el documento no menciona proyectos específicos para su revisión, resalta que estas herramientas sustituyen inspecciones manuales en zonas de difícil acceso, incrementando la seguridad, velocidad y reduciendo costos operativos. Además, los autores documentan como algoritmos de redes bayesianas y lógica difusa se utilizan para predecir accidentes y asignar prioridades en protocolos de seguridad. Citan una reducción del 18% en incidentes a través de un metaanálisis de la literatura, no de la evaluación con proyectos específicos.

Como un ejemplo adicional describen el uso de robots colaborativos en procesos prefabricados para cimentaciones y estructuras, en pruebas piloto reportaron una precisión mayor al 95% en tareas de ensamblaje, especialmente en proyectos de prefabricación industrial.

Puntos clave:

- Se proyectan tendencias futuras clave como robótica inteligente, gemelos digitales, AIoT, 4D printing, blockchain y realidad virtual en la nube
- Identifica como la IA puede mejorar la eficiencia, seguridad, toma de decisiones y sostenibilidad en todas las etapas de la gerencia de proyectos.

**Análisis Bibliométrico de la Literatura**

El análisis bibliométrico se centró en la recolección y el procesamiento sistemático de información para encontrar el contenido relevante identificando diversos patrones, temáticas y cualquier información presentada tanto a nivel global como en el contexto colombiano, para comprender sus aplicaciones, resultados y las particularidades de su implementación.

Para ello se llevó a cabo seis búsquedas académicas utilizando las plataformas Scopus, Web of Science y Google Académico, con palabras clave en inglés y español, dirigidas tanto a estudios globales como específicos de Colombia. Esta labor permitió la recopilación inicial de 127 documentos en la plataforma Scopus y en Web Of Science 257 documentos, seleccionados con base en criterios de año de publicación, recurrencia temática y potencial evidencia de aplicación exitosa de la IA en el sector de la construcción. La información fue procesada mediante la herramienta VOSviewer, que permitió visualizar mapas de coocurrencia de términos clave, redes de coautoría, distribución institucional, y evolución temporal de las publicaciones. Las gráficas obtenidas fueron analizadas cualitativamente con enfoque interpretativo, siguiendo los pasos establecidos en la metodología:

#### 1. Sondeo y revisión sistemática de la literatura:

Se inicio con un sondeo exhaustivo en la base de datos académica principal de la universidad EAN (Scopus), Web Of Science y Google Scholar. Usando las siguientes cadenas de búsqueda:

En ingles en SCOPUS (para cobertura internacional) con 127 resultados obtenidos en total a través de los siguientes códigos de búsqueda:

- "Artificial Intelligence" AND "Construction Industry" AND "Case Study"
- "AI" AND "Construction Projects" AND "Implementation" AND "Success"
- "Artificial Intelligence" AND "Building Projects" AND "Case Studies"
- "Machine Learning" AND "Construction Management" AND "Case Studies"
- "AI adoption" AND "Construction Sector"
- "AI applications" AND "Infrastructure Projects"

#### **Figura 1**

*Códigos de búsqueda para IA en la construcción en SCOPUS*

The screenshot shows a Scopus search interface with an "Advanced query" toggle. It features six search fields, each with a "Search within" dropdown (set to "Article title, Abstract, Keywords") and a "Search documents" input box. The queries are:

- "Artificial Intelligence" AND "Construction Industry" AND "Case Study"
- "AI" AND "Construction Projects" AND "Implementation" AND "Success"
- "Artificial Intelligence" AND "Building Projects" AND "Case Studies"
- "Machine Learning" AND "Construction Management" AND "Case Studies"
- "AI adoption" AND "Construction Sector"
- "AI applications" AND "Infrastructure Projects"

Below the search fields are buttons for "Add search field", "Reset", and "Search". A navigation bar includes "Documents", "Preprints", "Patents", "Secondary documents", and "Research data". The results section shows "127 documents found" and options for "All", "Export", "Download", "Citation overview", and "More". It also includes "Show all abstracts" and "Sort by Date (newest)".

Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, 2025. (<https://acortar.link/UEEEvN>)

Para la búsqueda en la web de Google Académico a partir de los mismos códigos de búsqueda, se presentan aproximadamente 27.500 resultados, sin embargo, se escogen los primeros 100 ya que posterior a este número se comienzan a tratar otras temáticas que no tienen relación estrecha con la IA en la construcción.

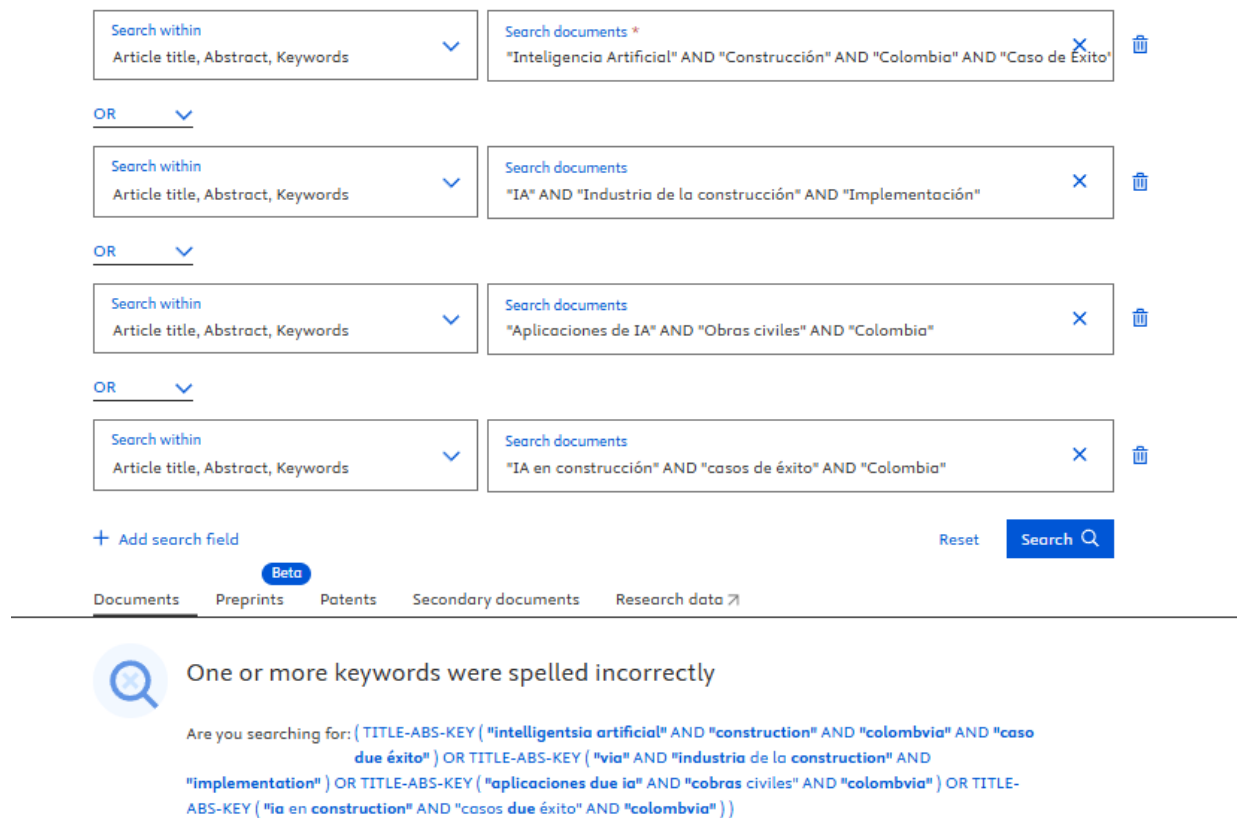
- ("Artificial Intelligence" OR AI OR "Machine Learning") AND ("Construction" OR "Built Environment" OR "Civil Engineering" OR "AEC Industry") AND ("Case Study" OR "Case Studies" OR "Implementation" OR "Success" OR "Application" OR "Adoption")

En español en Scopus para Colombia

- "Inteligencia Artificial" AND "Construcción" AND "Colombia" AND "Caso de Éxito"
- "IA" AND "Industria de la construcción" AND "Implementación"
- "Aplicaciones de IA" AND "Obras civiles" AND "Colombia"
- "IA en construcción" AND "casos de éxito" AND "Colombia"

Figura 2

Códigos de búsqueda en español para IA en la construcción en SCOPUS



Nota. Adaptado de "IA en Construcción Colombiana", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

En Google Académico con ayuda de la herramienta "Harzing's Publish or perish" para la evaluación de texto a partir de los artículos, se realizan las siguientes búsquedas:

- “Inteligencia Artificial” AND “Construcción” AND “Colombia” AND “Caso de Éxito” 7 Resultados, ninguno que ver
- “IA” AND “Industria de la construcción” AND “Implementación” 32 aproximadamente
- “Aplicaciones de IA” AND “Obras civiles” AND “Colombia” 0 resultados
- “IA en construcción” AND “casos de éxito” AND “Colombia” 0 Resultados

Figura 3

Resultados de búsqueda en español para IA en la construcción en Google Académico

The screenshot shows the Google Académico search interface. The search bar contains the query: "Inteligencia Artificial" AND "Construcción" AND "Colombia" AND "Caso de Éxito". The results section shows 7 results (0,05 s). The left sidebar contains filters for 'Cualquier momento' (with a date range from 2020 to 2025), 'Ordenar por relevancia', 'Cualquier idioma', and 'Cualquier tipo'. The main results list includes:

- Predicción y prevención de deserción escolar mediante IA: Una revisión a fin de identificar modelos y factores relevantes.** [PDF] unicomfauca.edu.co. J Carreño, DA Martínez, D Paéz - I+ T+ C-Research ..., 2023 - revistas.unicomfauca.edu.co. ... La aplicación de la **inteligencia artificial** emerge como una ... Como referencia podemos ver un **caso de éxito** en Chile [6] ... es usado para su **construcción**, teniendo varias opciones con ...
- Las mujeres en el desarrollo de TIC: una revisión contemporánea** [PDF] researchgate.net. LMAV Hernández, SV Pastor - Mujeres en TIC en las IES - researchgate.net. ... innovadoras como la **inteligencia artificial**. Reconocida por su ... segundo por CISCO como **caso de éxito** en Implementación de ... de las mujeres en la **construcción** de un futuro digital más ...
- Estado del arte de la comunicación de gobierno en tiempos de medios sociales (State of the Art of Government Communication in the Age of Social Media)** [PDF] ssm.com. MA Ruiz Soto - 2023 - papers.ssm.com. ... por medio de la incorporación de la **inteligencia artificial** (IA) en la gestión de gobierno. ... A esto se suma un **caso de éxito** en el marco de enfrentar la crisis del covid-19, y radicó en la ...
- Medellín como modelo de ecosistema de ciencia, tecnología e innovación: una revisión de literatura** [PDF] usantotomas.edu.co. LA Sánchez-Guzmán... - Revista ..., 2024 - revistas.usantotomas.edu.co

Nota. Adaptado de “IA en Construcción”, Google Académico, 2025. (<https://scholar.google.com/?hl=es>)

Los estudios colombianos requieren un escrutinio más riguroso. Muchos trabajos clasificados como “casos de éxito” o “implementaciones de IA” no detallan la arquitectura del modelo ni su validación empírica. Esto sugiere que hay una brecha entre la narrativa de éxito y la documentación técnica verificable

La consulta total para los análisis se realizó en los campos de título, resumen y palabras clave. Los resultados fueron filtrados por tipo de documento (artículos y revisiones) e idioma.

Una vez recopilados los resultados de los 4 sistemas de búsqueda, se procedió a la exportación de los datos bibliográficos, incluyendo campos como: título, autores, afiliaciones, palabras clave, resumen, año de publicación y fuente. Esta información se depuro para eliminar duplicados además de eliminar documentos de años anteriores a 2020 y se organizó en una hoja de cálculo en Excel.

En la plataforma Web Of Science, para garantizar la calidad y pertinencia de la literatura analizada, se aplicaron filtros específicos en la base de datos Web of Science, seleccionando únicamente aquellos documentos clasificados como "Highly Cited Papers", "Review Articles" y "Open Access". El filtro de "Highly Cited Papers", permitió priorizar los estudios que se encuentran en el 1 % más citado de su categoría, lo que asegura la inclusión de investigaciones con alto impacto, validadas por la comunidad científica.

La categoría de Review Articles se utilizó para hacer la revisión con publicaciones que presentan síntesis críticas del conocimiento existente, facilitando la construcción del estado del arte y la identificación de vacíos y tendencias investigativas.

Finalmente, al aplicar el filtro de Open Access, se garantizó el acceso completo a los documentos seleccionados, lo cual favorece el análisis riguroso de contenido y se alinea con los principios de ciencia abierta, promoviendo la transparencia y la replicabilidad en la investigación.

Con las cadenas de búsqueda ejecutadas, se utilizó la herramienta VOSviewer para realizar el análisis bibliométrico, siguiendo estos pasos:

1. Creación del mapa de datos bibliográficos
2. Selección del tipo de análisis
3. Coocurrencia de palabras clave, para identificar temas frecuentes.
4. Coautoría, para detectar redes de colaboración.
5. Acoplamiento bibliográfico y concitación, para hallar clústeres temáticos.
6. Generación de mapas de densidad y clústeres

7. Exportación de gráficos e indicadores bibliométricos.

El procesamiento de datos se presenta en los siguientes esquemas, los cuales resumen la frecuencia de aparición de términos clave, los clústeres temáticos y la distribución temporal de las publicaciones

***Análisis de datos por Coocurrencia a partir de Scopus***

Se aplico un umbral mínimo de 5 ocurrencias para términos, lo que permitió identificar los conceptos más frecuentes en los artículos recolectados. El análisis muestra una alta concentración de términos asociados como "Machine Learning", "Artificial Intelligence", "Construction projects", "Optimization", "Building Information Modeling (BIM)" y "Decision Support Systems".

**Tabla 1**

*Resultados por 5 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS*

<b>Keyword</b>	<b>Occurrences</b>	<b>Total link strength</b>
construction industry	61	143
artificial intelligence	41	105
project management	23	67
architectural design	14	57
case-studies	17	53
decision making	13	52
decision support systems	12	51
building information modelling	14	49
life cycle	10	48
construction	9	35
information theory	7	33
cost benefit analysis	8	30
learning algorithms	6	28
machine-learning	6	25
risk management	6	20

*Nota.* Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/UEEEvN>)

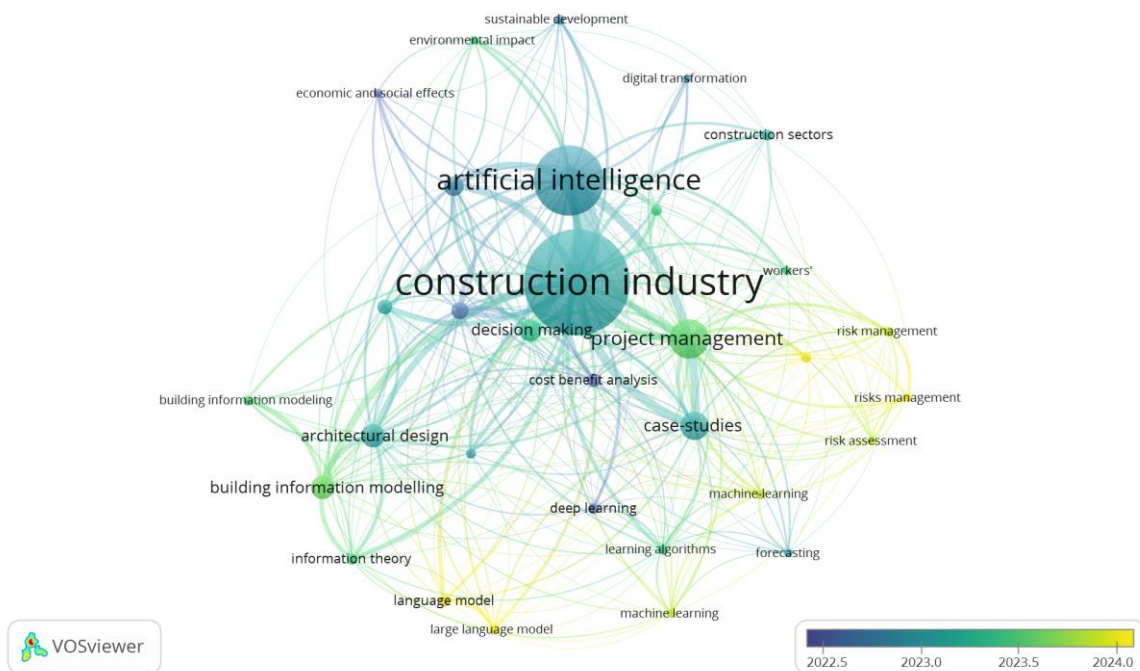
Los clusters identificados revelan agrupamientos temáticos que giran en torno a:

- Automatización de procesos constructivos
- Integración de modelos predictivos en el diseño y planeación
- Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para control de calidad, costos y cronogramas

Esta visualización evidencia que el foco predominante está en las aplicaciones orientadas a la eficiencia, reducción de errores humanos y optimización de recursos.

**Figura 4**

*Gráfico por 5 coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS*



*Nota.* Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/UEEEvN>)

Posterior a ello se busca reducir aún más las relaciones y palabras existentes para entender aún mejor las fuertes tendencias de los documentos, así que se decide hacer en análisis por temáticas que sean nombradas mínimo 10 veces en un artículo, obteniendo los siguientes conceptos como predominantes

Resultados por 10 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS

**Tabla 2**

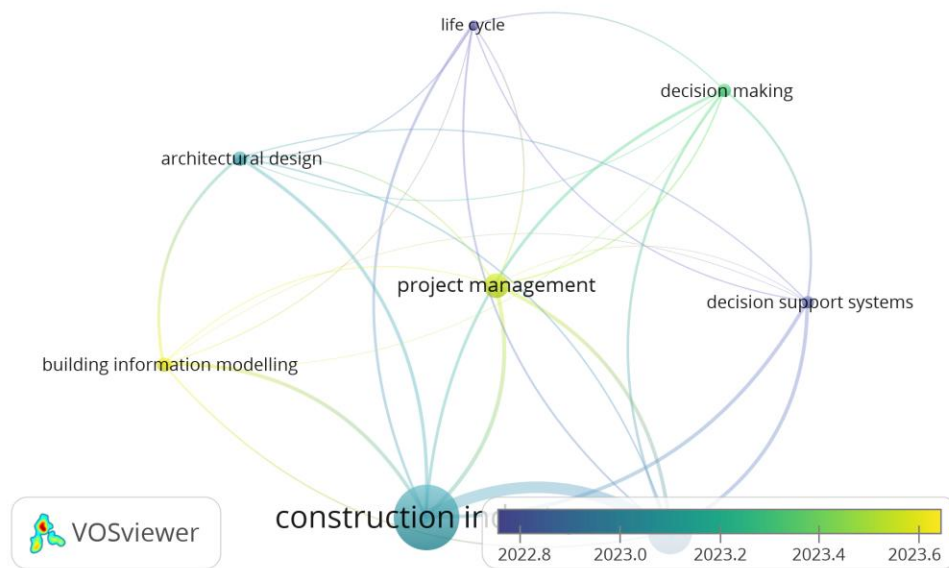
Resultados por 10 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS

Keyword	Occurrences	Total link strength
construction industry	61	110
artificial intelligence	41	94
project management	23	47
case-studies	17	44
decision making	13	43
decision support systems	12	43
architectural design	14	40
building information modelling	14	36
life cycle	10	35

Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/UEEEvN>)

**Figura 5**

Gráfico por 10 Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS



Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/UEEEvN>)

El análisis de las palabras clave indexadas y los resúmenes de los documentos revela que los principales temas de investigación giran en torno a la aplicación de la IA en la industria de la construcción para aspectos como la gestión de proyectos ("Project management"), el modelado de información de construcción ("building information modeling"), el diseño arquitectónico ("architectural desing"), la toma de decisiones ("decision making") y los sistemas de apoyo a la decisión ("decisión support systems"). La "vida útil" ó "life cycle" también emerge como un tema relevante, lo que sugiere un interés en la aplicación de la IA a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de construcción.

***Análisis de datos por Coocurrencia a partir de Google Académico***

Los términos más frecuentes revelan las principales líneas de investigación:

- Application (94), Construction (92), y Artificial Intelligence (61) encabezan la lista, indicando un enfoque fuerte en la aplicación práctica de la IA dentro de la construcción.
- Otros conceptos relevantes incluyen Adoption (38), Machine Learnig (29), Implementation (17) y BIM (15), que reflejan interés en los procesos de integración tecnológica.
- Términos como Challenge, Opportunity, Technique y Technology señalan que la literatura también aborda los retos y posibilidades que la IA implica para el sector AEC.

***Resultados de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Google Académico***

**Tabla 3**

*Resultados de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Google Académico*

Term	Occurrences	Relevance
Application	94	1.38
Construction	92	65
artificial intellinence	61	0.51
adoption	38	64
construction industry	30	0.76
machine learning	29	0.79

machine	26	2.73
technology	25	0.95
challenge	20	0.46
technique	19	2.73
implementation	17	1.09
bim	15	0.47
opportunity	13	0.5
industry	13	0.46
aec industry	12	0.88

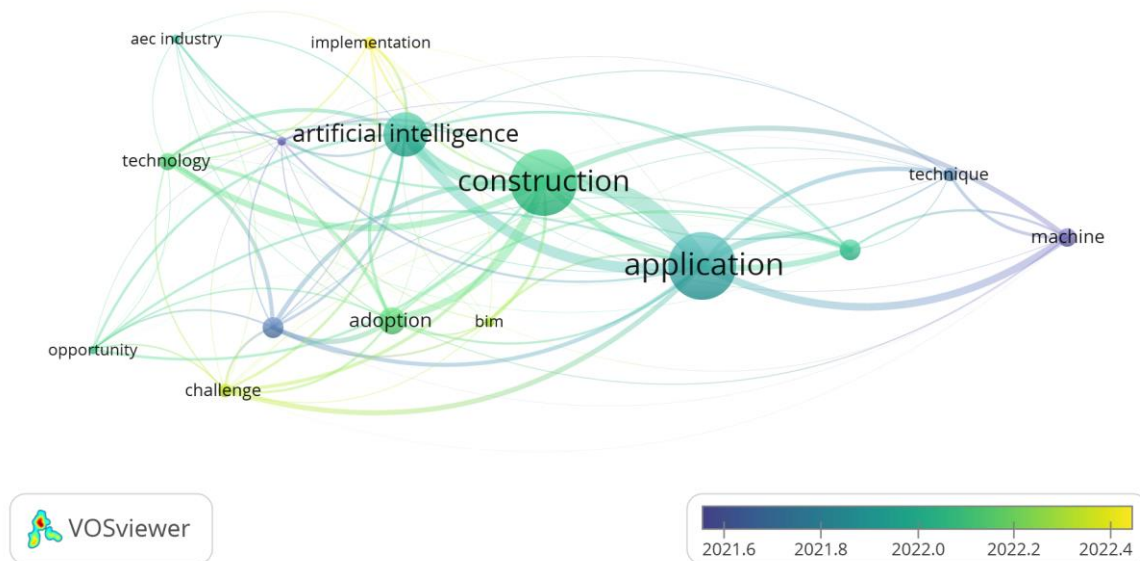
*Nota.* Adaptado de "IA en Construcción", Google Académico, mayo 2025. (<https://scholar.google.com/?hl=es>)

Las visualizaciones muestran tres agrupaciones temáticas principales:

- Cluster central: Reúne "application", "construction" e "artificial intelligence", evidenciando que el eje central de la literatura revisada es, como se está utilizando la IA en el entorno constructivo.
- Cluster de integración: Vincula "adoption", "implementation" y "BIM", destacando el interés en los procesos y condiciones necesarias para incorporar IA en proyectos reales.
- Cluster tecnológico: Asocia términos como "machine", "technique" y "technology", reflejando una creciente atención a los métodos y herramientas específicas de IA, como los algoritmos de aprendizaje automático.

### Figura 6

*Gráfico de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Google Académico*



*Nota.* Adaptado de “IA en Construcción”, Google Académico, mayo 2025. (<https://scholar.google.com/?hl=es>)

- Conceptos como “application”, “construction” y “artificial intelligence” han estado presentes constantemente a lo largo del tiempo
- Términos como “machine” y “technique” han ganado protagonismo en años recientes (2022 en adelante), lo que sugiere una maduración del campo hacia un enfoque más técnico.
- Temáticas como “adoption”, “BIM”, “implementation” mantienen su relevancia, lo que indica un interés continuo en la puesta en práctica de la IA.

El análisis realizado demuestra que la investigación sobre inteligencia artificial (IA) en la construcción se encuentra en una fase de crecimiento y evolución continuo. Se evidencia un gran enfoque en su aplicación práctica, alineado con las necesidades del sector por optimizar procesos, automatizar tareas y mejorar la toma de decisiones. Igualmente, la adopción e implementación de estas tecnologías emergen como desafíos clave, lo que invita a profundizar en las barreras organizacionales, tecnológicas y culturales asociadas. La conexión entre IA y metodologías como BIM representa una línea de investigación clave, al tiempo que la creciente atención a aspectos técnicos como algoritmos y

modelos específicos sugiere nuevas oportunidades de estudio. En conjunto, la revisión bibliométrica valida la relevancia del tema y proporciona una base sólida para identificar vacíos sobre los temas y orientar futuras investigaciones en Gerencia de Proyectos dentro del ámbito de la construcción.

***Análisis de datos por Coocurrencia a partir de Web Of Science***

Con el objetivo de encontrar las investigaciones relevantes sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el sector de la construcción en la plataforma Web Of Science, se estructura una búsqueda utilizando operadores booleanos y términos clave como:

- "artificial intelligence" OR "machine learning"
- "construction" OR "civil engineering"

Además de ello, se estableció como filtro temporal los últimos cinco años, igual que en las búsquedas anteriores, con el objetivo de captar únicamente literatura actualizada y alineada con los avances del sector. Un filtro extra fue "Highly Cited Papers", el cual arroja un total de 257 documentos que corresponden al 1% más relevante en su categoría temática. Este criterio garantiza que los estudios incluidos en la revisión contarán con un alto reconocimiento dentro de la comunidad científica.

**Figura 7**

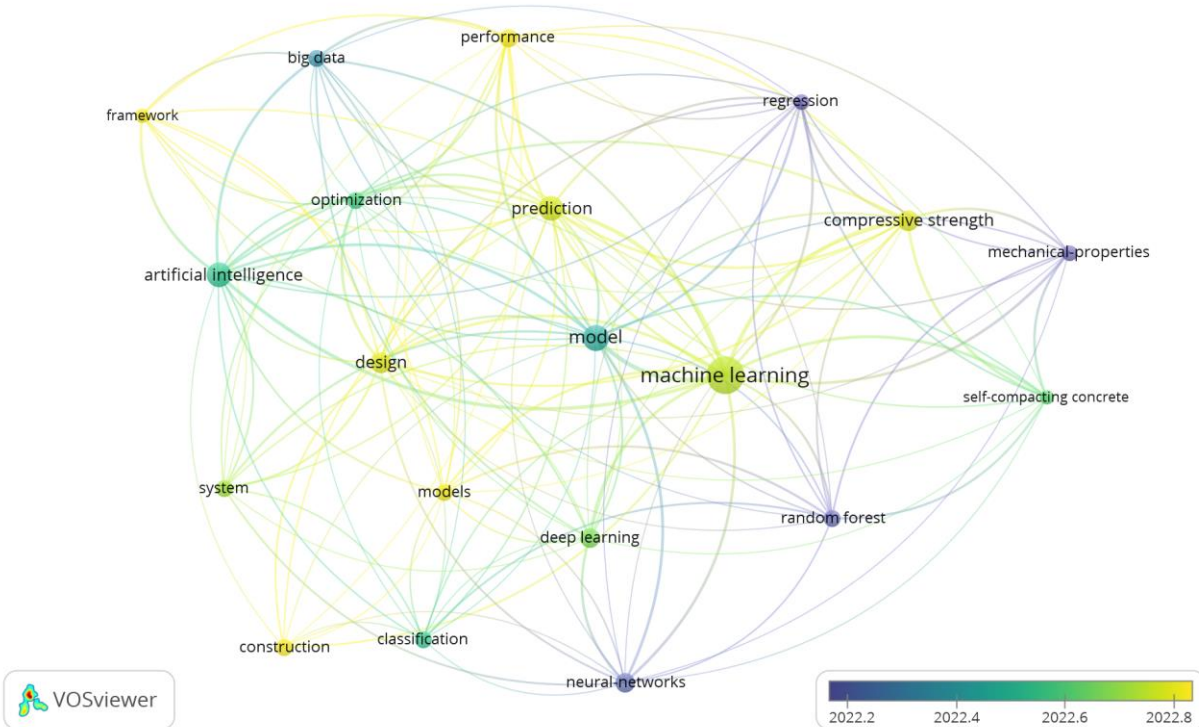
*Búsqueda IA en Construcción Web Of Science*

The image shows a screenshot of the Web of Science search interface. It features a multi-row search query builder. The first row has a dropdown menu set to 'All Fields' and a search box containing the query '"artificial intelligence" OR "machine learning"'. The second row starts with a radio button set to 'And', followed by a dropdown menu set to 'All Fields' and a search box containing '"construction" OR "civil engineering"'. The third row starts with a radio button set to 'And', followed by a dropdown menu set to 'Author' and a search box containing 'Example: O'Brian C\* OR OBrian C\*'. The fourth row starts with a radio button set to 'Publication Date', followed by a dropdown menu set to 'Publication Date' and a search box containing 'Last 5 years'. At the bottom left, there is a '+ Add row' button and the text 'Advanced search'. At the bottom right, there are 'x Clear' and 'Search' buttons.

Nota. Adaptado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

**Figura 8**

*Gráfico de Coocurrencias en VOSviewer a partir de los resultados en Web Of Science*



*Nota.* Adaptado de “IA en Construcción”, Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

Para el análisis se estableció un umbral mínimo de 10 ocurrencias por termino, garantizando así la inclusión de conceptos relevantes y representativos del campo. La visualización emplea una codificación de color según el promedio temporal permitiendo identificar tendencias emergentes y núcleos conceptuales.

El término “machine learning” ocupa el nodo central más prominente, confirmando su papel como técnica dominante dentro del conjunto de publicaciones. En torno a él se agrupan conceptos como model, prediction, design, optimization, Deep learning, classification, y neural networks, lo que sugiere que el enfoque predominante de la investigación se orienta hacia la predicción de comportamientos, la simulación y la automatización de procesos constructivos.

También se evidencian conexiones fuertes entre compressive strength, regression y mechanical properties, indicando que un subconjunto significativo de estudios está centrado en el análisis y predicción de propiedades físicas de materiales de construcción, por ejemplo, concreto autocompactante, mediante algoritmos de aprendizaje automático como random forest o regresión.

Por otra parte, términos como big data, framework, system y construction aparecen en la periferia, pero conectados al núcleo, lo que denota una creciente integración entre enfoques macro de gestión de información y herramientas predictivas. El uso de colores más cercanos al amarillo en términos como design, prediction, y optimization sugiere que estos tópicos han cobrado mayor relevancia en publicaciones recientes, lo que puede interpretarse como una evolución del interés hacia publicaciones más prácticas de la IA en obra.

Finalmente, el término artificial intelligence aparece bien conectado, aunque no en el centro, lo que puede interpretarse como que muchos estudios se enfocan en técnicas específicas de IA sin necesariamente etiquetarlas de forma general. Este fenómeno refleja un nivel de especialización creciente en el campo.

#### ***Análisis de datos por Coautores SCOPUS:***

Se muestra una red moderadamente conectada, destacándose autores con participación en 3 y 4 artículos, lo que sugiere la existencia de núcleos de investigación consolidados, aunque sin un liderazgo hegemónico en la temática. Esta dispersión indica una comunidad científica aun en proceso de consolidación, con investigaciones distribuidas globalmente, pero sin una red dominante.

#### **Figura 9**

*Gráfico por autores en VOSviewer a partir de los resultados en SCOPUS.*



Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

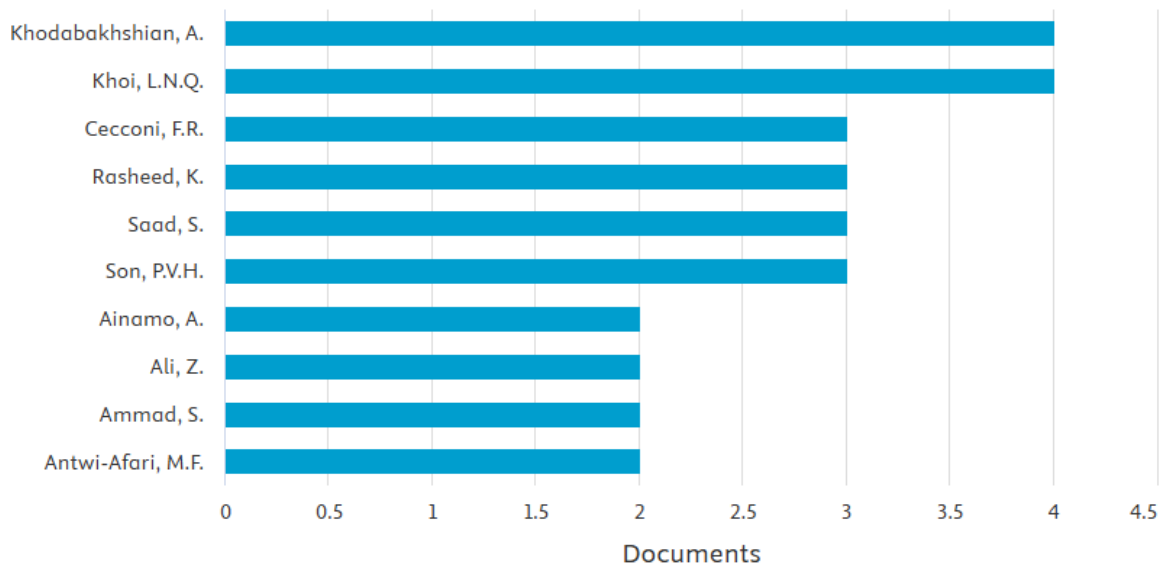
Sobre los autores que tienen más publicaciones sobre IA en la construcción:

**Figura 10**

*Gráfico por autores a partir de los resultados en SCOPUS.*

### Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



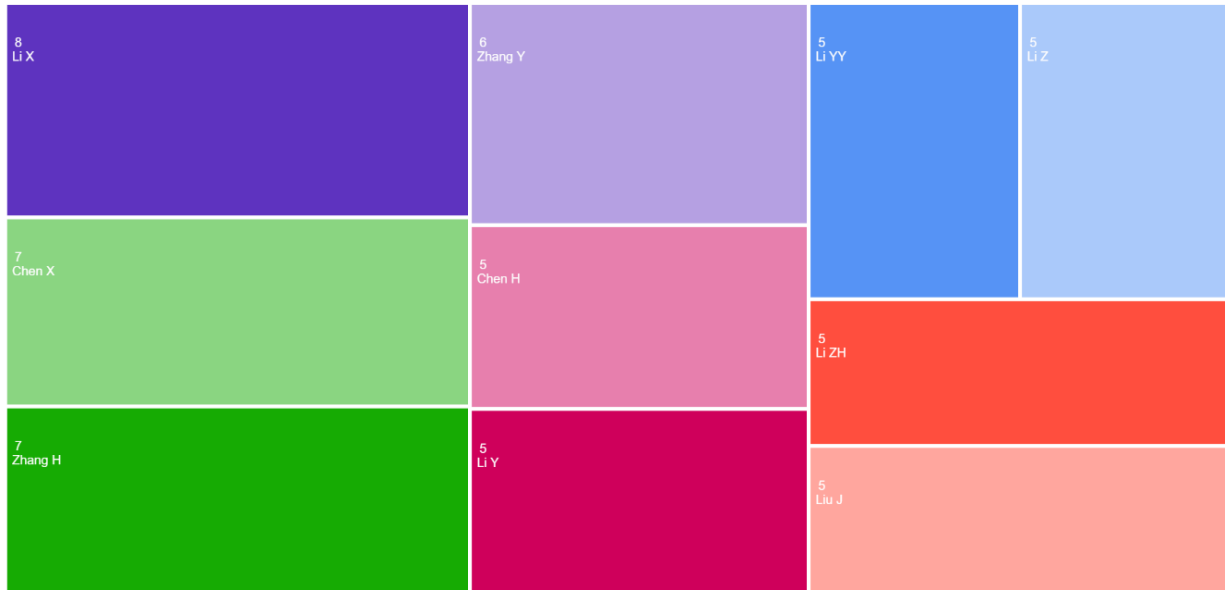
Nota. Tomado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

#### ***Análisis de datos por Coautores Web Of Science:***

El análisis por autor evidencia una alta concentración en académicos con nombres asiáticos, especialmente chinos. El investigador Li X LIDERA CON 8 PUBLICACIONES, SEGUIDO POR Zhang Y (6), Chen X (7) y otros que también repiten el apellido Li, Zhang y Chen, lo que refuerza la idea de núcleos de investigación estables y colaborativos. Aunque existen contribuciones múltiples, no se observa una figura hegemónica con liderazgo absoluto. Esta dispersión puede interpretarse como una señal de madurez temática y diversidad de aproximaciones al uso de IA en construcción.

**Figura 11**

Gráfico por autores a partir de los resultados en Web Of Science.



Nota. Tomado de "IA en Construcción", (Web Of Science, 2025). (<https://acortar.link/U6LwCf>)

**Análisis de datos por Organizaciones SCOPUS:**

Los resultados presentados en formato tabular evidencian una participación activa, aunque moderada de estas universidades en la generación de conocimiento sobre IA en el entorno AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). La institución con mayor número de publicaciones es la universidad de Paquistán CECOS, con tres artículos.

**Tabla 4**

Resultados por organizaciones a partir de los resultados en SCOPUS

Organization	Occurrences
department of civil engineering, cecos university of it and emerging sciences, pakistan	3
department of management in the built environment, faculty of architecture and the built env.	2
school of computing, engineering and digital technologies, teesside university, middlesbroug.	2

university of wolverhampton, united kingdom	2
vietnam national university ho chi minh city, linh trung ward, thu duc city, ho chi minh city.	2

*Nota.* Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

El siguiente grafico corresponde a las organizaciones muestra cinco nodos principales, cada uno con un color distinto, lo que indica que no existen vínculos de colaboración institucional relevantes entre ellas dentro del conjunto de artículos analizados. Las instituciones aparecen aisladas, sin líneas que indiquen coautorías institucionales o proyectos conjuntos.

Esto permite concluir que la producción académica es fragmentada, con esfuerzos aislados de distintos países. No se evidencia un liderazgo institucional claro a nivel internacional y la cooperación entre instituciones es baja. Estos últimos dos factores limitan la generación de conocimiento colaborativo, especialmente en una temática que demanda integración tecnológica y multidisciplinar.

***Análisis de datos por Organizaciones Web Of Science:***

En cuanto a las organizaciones que financian o producen mayor cantidad de investigación, destaca ampliamente la National Natural Science Foundation of China (NSFC) con 104 publicaciones, reflejando la política activa de ese país en investigación aplicada. Le siguen otros entes chinos como el National Key R&D Program of China (20), y fondos universitarios internos. También aparecen actores relevantes como el Department of Energy de EEUU, el UK Research and Innovation (UKRI), y el German Research Foundation (DFG), lo que denota cooperación internacional en menor escala. Esta gráfica confirma que el desarrollo académico en IA aplicada a la construcción está liderado por organismos estatales con fuertes políticas de inversión científica.

**Figura 12**

*Resultados por organizaciones a partir de los resultados en Web Of Science.*



Nota. Tomado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

**Análisis de datos por Universidades Web Of Science:**

Entre las universidades mas activas, Chongqing University destaca con tres dependencias distintas entre las mas productivas: Faculty of Built Environment (11), School of Civil Engineering (9), y Key Laboratory of New Technology (9). Esto revela un ecosistema institucional robusto en China que integra infraestructura, tecnología e ingeniería civil con IA. También aparecen otras universidades asiáticas como Shanghai Jiaotong, Zhejiang, y Fudan, además de algunas de Singapur como la Nanyang Technological University. La notable ausencia de universidades latinoamericanas reafirma la necesidad de fortalecer la producción científica regional en este tema.

**Figura 13**

*Resultados por universidades a partir de los resultados en Web Of Science.*



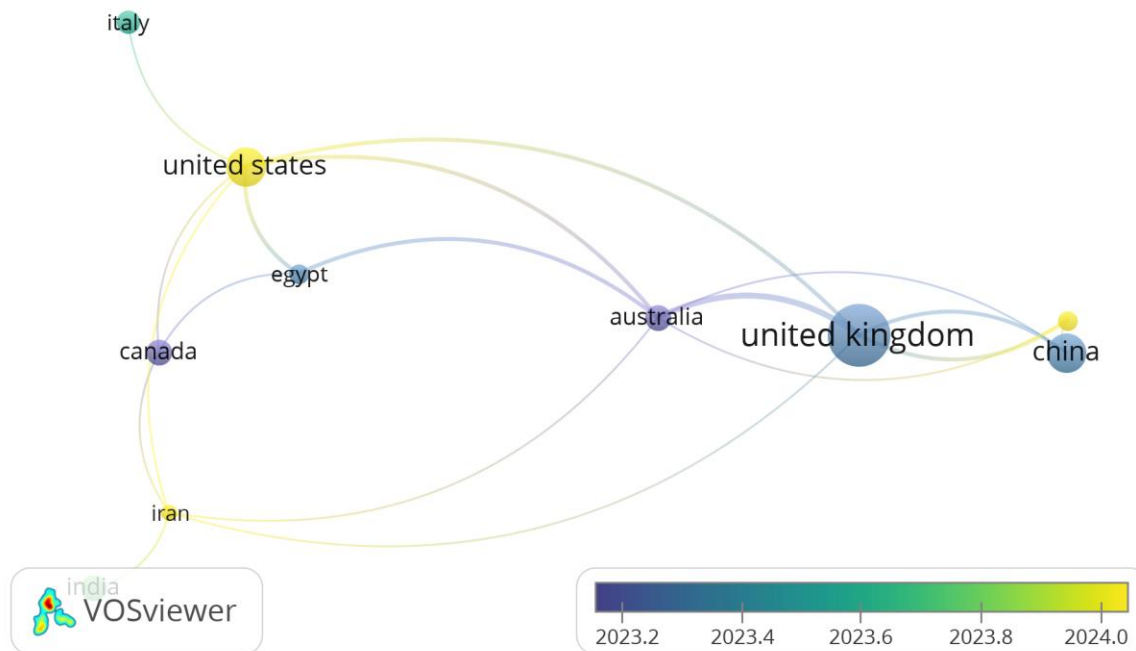
Nota. Tomado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

**Análisis de datos por Países SCOPUS:**

En este campo se encuentra distribuida globalmente, con una notable concentración en ciertas regiones. Si bien la tabla de países muestra la ocurrencia de publicaciones, el análisis de red de VOSviewer, filtrado por un mínimo de 10 apariciones por artículo, destaca a Reino Unido, Estados Unidos, China y Australia como nodos centrales en la red de colaboración y producción científica. Otros países como Canadá, Egipto e Irán también muestran conexiones con estos centros principales, aunque con menor intensidad. Italia por su parte, aparece más periféricamente, lo que podría sugerir un enfoque de investigación más local o una menor integración en las redes de colaboración dominantes. La prevalencia de ciertos países, como Estados Unidos (19 ocurrencias) y el Reino Unido (12 ocurrencias), en la producción de documentos resalta su papel fundamental en la generación de conocimiento en esta área.

**Figura 14**

Gráfico por países a partir de los resultados en SCOPUS.



Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

**Tabla 5**

Resultados por organizaciones a partir de los resultados en SCOPUS

Country	Documents	Total link strength
australia	8	10
united kingdom	19	10
united states	12	9
egypt	6	5
Iran	5	5
china	12	4
malaysia	6	4
canada	8	3
india	8	1
italy	7	1
germany	7	0
vietnam	7	0

Nota. Adaptado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

**Análisis de datos por Países Web Of Science:**

En esta plataforma, China lidera de forma aplastante con 160 publicaciones, seguida por EEUU (52), Inglaterra (30) y Australia (28). En el rango medio se ubican Alemania (19), Canada (16) y Arabia Saudita (16). Este mapa refleja como la producción científica esta dominada por países con alta inversión en ciencia, tecnología e infraestructura digital. La ausencia de países latinoamericanos en este ranking confirma una brecha estructural en la generación de conocimiento desde la región, lo cual representa una oportunidad para impulsar agendas académicas locales y alianzas estratégicas.

**Figura 15**

*Resultados por países a partir de los resultados en Web Of Science.*



*Nota.* Tomado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

**Análisis de datos por Idioma Web of Science:**

De los 257 documentos analizados, el 100% fueron publicados en inglés. Este resultado era esperable debido a que las revistas indexadas en Web Of Science operan mayoritariamente en idioma inglés, lo cual implica una barrera de acceso y divulgación para comunidades hispanohablantes o para estudios nacionales que no logran ser traducidos ni indexados. Esto también explica, en parte, la subrepresentación de países como Colombia en estas métricas.

**Figura 16**

*Resultados por idioma a partir de los resultados en Web Of Science.*



*Nota.* Tomado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

***Análisis de datos por ODS intervenida en la publicación de Web of Science:***

La vinculación temática entre las publicaciones y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) destaca el enfoque multidimensional de la IA en la construcción. El ODS 3 (Salud y bienestar) lidera con 58 publicaciones, lo que podría estar relacionado con entornos saludables, gestión de riesgos laborales o construcciones hospitalarias inteligentes. Le siguen el ODS 12 (Producción y consumo responsables) con 49 publicaciones, y el ODS 13 (Acción por el clima) con 36, revelando una preocupación creciente por la sostenibilidad y la eficiencia energética. También aparecen en menor proporción los ODS 9 (Industria e infraestructura), 11 (Ciudades sostenibles) y 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), confirmando que la IA se posiciona como herramienta transversal para el cumplimiento de metas globales de sostenibilidad.

**Figura 17**

*Resultados por ODS Intervenida a partir de los resultados en Web Of Science.*

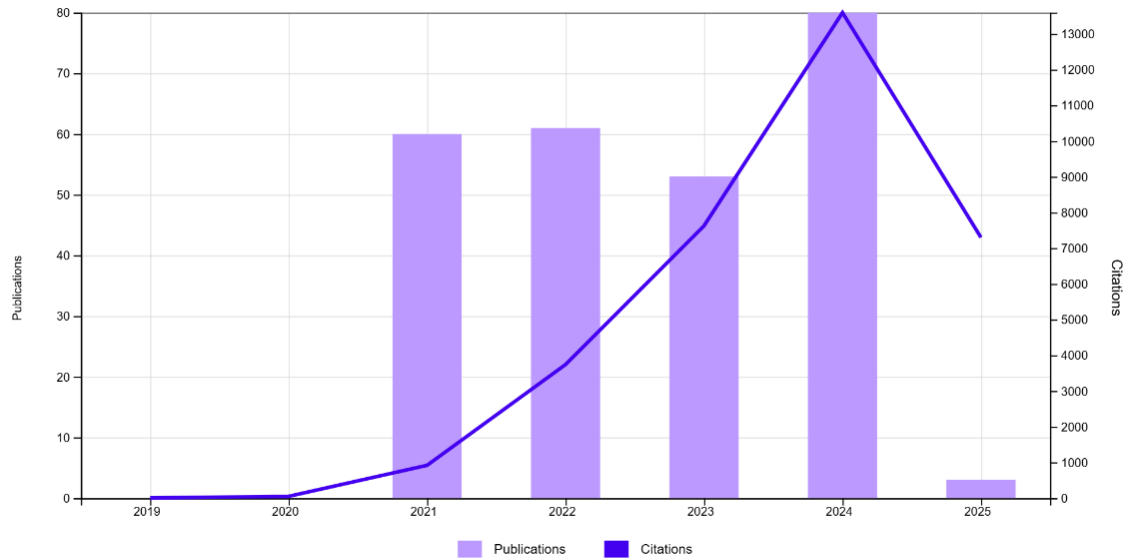


*Nota.* Tomado de "IA en Construcción", Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

***Evolución Histórica de la Publicación y Tipos de IA en la construcción Web Of Science:***

**Figura 18**

*Grafica de publicaciones en el tiempo sobre IA en construcción a partir de los resultados en Web Of Science.*



*Nota.* Tomado de “IA en Construcción”, Web Of Science, mayo 2025. (<https://acortar.link/U6LwCf>)

La grafica muestra un crecimiento significativo en la producción académica relacionada con inteligencia artificial en la construcción desde 2021, año en el que se publicaron 60 artículos. Este nivel se mantuvo constante en 2022, aunque en 2023 hubo una leve disminución (55 publicaciones), seguida por un nuevo pico en 2024, con más de 70 publicaciones. A pesar de que en 2025 aún se observa poca producción (menos de 10 documentos), esto podría atribuirse a que el año no ha finalizado. Por su parte, las citas han seguido una curva ascendente hasta 2024, con un máximo superior a las 13.000 citas, lo cual confirma el impacto y la relevancia creciente del tema. Este comportamiento refleja una consolidación temática en la comunidad científica y una integración progresiva de la IA como herramienta estratégica para el sector de la construcción.

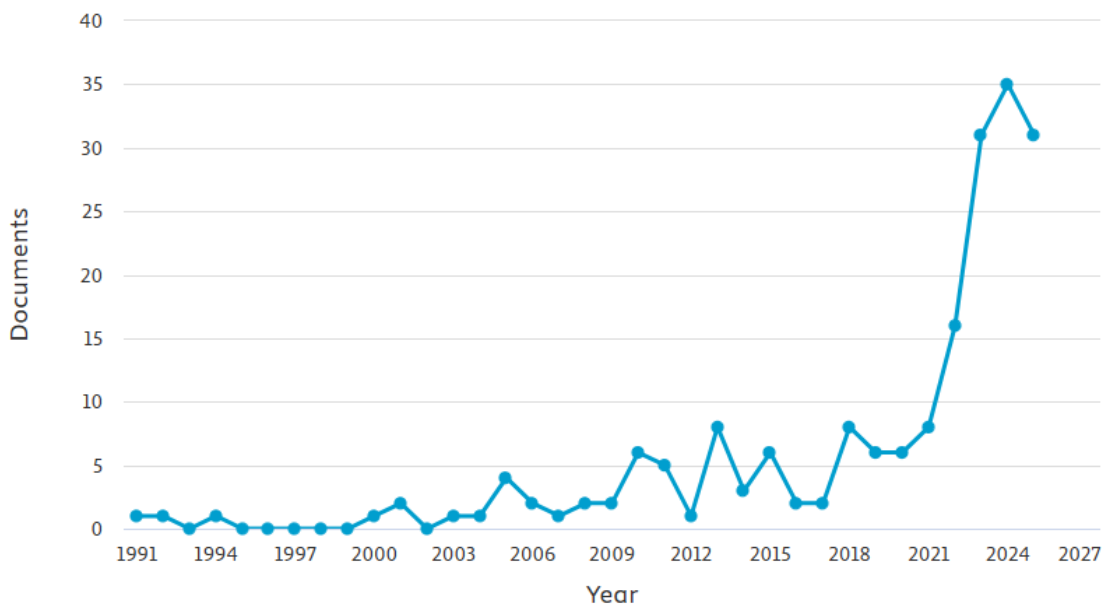
***Evolución Histórica de la Publicación y Tipos de IA en la construcción SCOPUS:***

Se han identificado 127 documentos en total a partir de las seis búsquedas realizadas, lo que demuestra un volumen considerable de investigación. La tendencia de publicación en el tiempo revela un crecimiento exponencial en la cantidad de documentos sobre IA en la construcción, especialmente a partir del año 2021, con picos significativos en 2023 (31 documentos), 2024 (35 documentos) y una proyección mayor para 2025 donde en el mes de mayo ya se encontraban publicados 31 documentos. Este aumento dramático subraya el creciente interés y la relevancia de la IA en la industria de la construcción en los últimos años.

**Figura 19**

*Grafica de publicaciones en el tiempo sobre IA en construcción a partir de los resultados en SCOPUS.*

Documents by year



*Nota.* Tomado de "IA en Construcción", SCOPUS, mayo 2025. (<https://acortar.link/6AzTNG>)

Es crucial contextualizar la terminología IA a lo largo del tiempo. En los primeros años, como en 1991, la IA no estaba estandarizada como hoy. Muchos trabajos que actualmente se etiquetarían como

"IA" se describían bajo los nombres específicos de las técnicas empleadas, como Lógica Difusa, Algoritmos Genéticos, Redes Neuronales o Sistemas Expertos. Ocasionalmente, se referían a ellos como "Sistemas de Soporte a la decisión" si incorporaban alguna forma de "inteligencia" computacional.

El caso de estudio de 1991 donde aparece el primer documento en Scopus, registrado con las palabras Inteligencia artificial en el ámbito de la construcción es relevante, ya que aborda la Inteligencia Artificial en el contexto de los sistemas expertos. Por esos años, los sistemas expertos eran la aplicación más destacada y exitosa de la IA, buscando simular el razonamiento humano en un dominio específico. El objetivo era automatizar tareas complejas sobre la toma de decisiones, como la programación de proyectos, mediante la codificación de conocimiento humano y reglas lógicas. Así, en estos documentos la IA se refería a sistemas expertos basados en conocimiento y motores de inferencia que empleaban heurísticas y algoritmos para procesar información simbólica (como datos de dibujos de proyectos) y generar resultados (cronogramas). Este artículo es relevante ya que constituye un caso explícito de implementación de IA (Sistemas expertos) en la construcción basado en programación de proyectos para una etapa temprana, evidenciando un intento significativo de éxito en la automatización. Las reglas empleadas en estos sistemas expertos se basaban en la lógica condicional, por ejemplo: "SI (el contratista tiene más de 5 años de experiencia) Y (ha completado al menos 3 proyectos de alto valor) ENTONCES (su experiencia es 'Excelente')

### **Casos de éxito de IA en la construcción (2024-2025)**

La implementación de inteligencia artificial (IA) en la industria de la construcción ha generado resultados tangibles bajo software privado en proyectos recientes de diferentes países, optimizando procesos de diseño, planificación y ejecución de edificaciones verticales. A continuación, se documentan cinco casos de éxito que ilustran este impacto: tres a nivel mundial, un caso destacado en Latinoamérica y otro en Colombia, todos ellos en los últimos años (2024-2025), sin embargo, tienen vacíos

documentales, en la medición e implementación. Cada caso describe generalmente como se aplicó la IA, los beneficios obtenidos y las fuentes que lo documentan.

### ***Casos de éxito internacionales (Top 3 mundial)***

#### **1.3.1 Diseño optimizado de la MSG Sphere (Las Vegas, EE.UU.)**

El MSG Sphere de Las Vegas es un edificio esférico de alta tecnología cuyo proceso de diseño incorporo algoritmos de IA para optimizar su compleja fachada digital. La empresa Oboria Digital (de origen español) empleó algoritmos genéticos evolutivos para generar y evaluar miles, múltiples opciones de diseño de la estructura, buscando la solución óptima sin errores (ANMOPYC, 2024). En este proyecto, la IA permitió analizar más de 4 mil millones de posibles configuraciones estructurales hasta encontrar un diseño optimo, lo que elimino prácticamente los errores y tuvo un impacto positivo en todas las fases constructivas posteriores (ANMOPYC, 2024). De hecho, el proceso automatizado produjo alrededor de 15.000 planos de diseño sin un solo error, algo logrado gracias a la capacidad de la IA de reajustar el modelo ante cualquier cambio en los parámetros de entrada (Noemi Martinez, 2024). Un ejemplo concreto de eficacia fue cuando, ante una modificación tardía de requisitos, el equipo pudo rediseñar completamente 4.000 planos de la fachada en solo seis semanas, entregando resultados parciales en dos semanas para no detener la obra (Noemi Martinez, 2024). Este enfoque basado en IA ahorro tiempo y costos significativos; en proyectos previos, Oboria reportó ahorros de decenas de miles de dólares al usar algoritmos evolutivos que en semanas resolvieron lo que tradicionalmente habría tomado meses (Noemi Martinez, 2024). El caso de MSG Sphere demuestra como la IA en el diseño arquitectónico puede garantizar calidad y eficiencia excepcionales, minimizando retrabajos y permitiendo diseños innovadores que hubieran sido impracticables mediante métodos convencionales (ANMOPYC, 2024).

**1.3.2 Gestión inteligente en el proyecto Marcasa (Dubai, EAU)** El proyecto Marcasa en Dubai, un desarrollo inmobiliario de 1.1 mil millones de AED, sirvió como piloto para integrar IA en la gestión de la construcción, la empresa desarrolladora, Deyaar, implemento un software de gestión de obras potenciado con IA para coordinar este complejo de edificaciones (dc hub, 2024). Los resultados reportados fueron contundentes: se logró una reducción del 57% en el tiempo de respuesta de las entregas de ingeniería, gracias a la automatización inteligente de flujos de trabajo (dc hub, 2024). Además, el sistema genero reportes más rápidos y precisos, y permitió identificar y resolver de forma proactiva problemas potenciales mediante análisis de texto y "sentiment análisis" de comunicaciones, anticipando conflictos antes de que escalaran. Otro aspecto innovador fue la incorporación de agentes de IA para la gestión de riesgos, los cuales identificaban, analizaban y priorizaban riesgos del proyecto, proponiendo medidas de mitigación de manera autónoma (dc hub, 2024). Este caso de éxito demuestra el impacto de la IA en la planificación y control de proyectos: la obra avanzo con menos demoras y mejor comunicación, y Deyaar destaco que estas herramientas fueron clave para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones durante la construcción (dc hub, 2024). La experiencia de Marcasa en 2024 ilustra como la IA puede transformar la gestión de proyectos de construcción, reduciendo tiempos y costos, además de elevar la capacidad de respuesta ante riesgos.

### **1.3.3 Robots autónomos y visión OA en una obra de Seattle (EE.UU.)**

#### **Figura 20**

*Robots en construcción proyecto de la empresa Skanska*



*Nota.* Adaptado de “Two Didge robots from Nextera Robotics, outside the Kaye apartments development in Seattle’s Belltown neighborhood”, 2025, (Skanska Photo). <https://www.geekwire.com/2024/ai-backed-robots-roll-through-seattle-construction-site-speeding-build-process-and-improving-safety/>.

En Seattle, la constructora global Skanska implemento una solución innovadora de robótica e IA durante la construcción de la torre residencial Kaye de 31 pisos (Kurt Schlosser, 2024). Como parte de un programa piloto, dos robots llamados Didge recorren continuamente el sitio de obra capturando fotografías panorámicas de alta resolución que luego son analizadas por una plataforma de IA (Kurt Schlosser, 2024). Esta iniciativa ha automatizado labores de supervisión que típicamente requerían gran cantidad de horas-hombre, se estima que si un ingeniero realizara manualmente el registro fotográfico exhaustivo de la obra le tomaría 40 horas semanales, tiempo que ahora es liberado gracias a los robots (Kurt Schlosser, 2024). La información visual recopilada se compara con el modelo BIM del edificio para monitorizar el progreso en tiempo real y verificar que cada elemento construido corresponda con lo planificado (Kurt Schlosser, 2024). Asimismo, el sistema de IA ejecuta análisis de control de calidad y seguridad, mediante algoritmos de visión artificial detectando desviaciones o riesgos, por ejemplo, identifica si un trabajador no porta el equipo de protección adecuado, si hay una escalera mal instalada,

un agujero sin cubrir u otras condiciones inseguras (Kurt Schlosser, 2024). Estas incidencias son señaladas inmediatamente a los responsables de seguridad, permitiendo correcciones proactivas (Kurt Schlosser, 2024). Los beneficios han sido claros en términos de eficiencia y seguridad: la obra avanza con mayor rapidez al tener un seguimiento continuo y se reducen los riesgos de accidentes al contar con alertas automatizadas. Este caso evidencia como la IA, integrada con robots en obra, agiliza la construcción y eleva los estándares de seguridad, marcando un hito en la construcción vertical al combinar BIM, robótica y aprendizaje automático en un entorno real (Kurt Schlosser, 2024).

**1.3.4 Caso de éxito en Latinoamérica: Predicción de costos y avance de obra en proyectos industriales en Perú.** En los últimos años, Latinoamérica ha comenzado a incorporar Inteligencia artificial en proyectos de infraestructura civil con resultados concretos. Un caso destacado es el piloto implementado en Perú por las empresas INDISA, Flesan y D2M2, en el cual se integraron herramientas de inteligencia artificial para la estimación de costos y avances de obra en proyectos de infraestructura industrial (Mateusz Brodowicz, 2025).

Durante 2023 y 2024, estas compañías integraron algoritmos de machine learning para automatizar el seguimiento de progreso, identificar desviaciones presupuestarias de forma anticipada, y generar otros reportes predictivos que mejoraran la toma de decisiones en tiempo real. La solución tecnológica se apoyó en modelos entrenados con datos históricos de obra, cronogramas previos, condiciones logísticas y ambientales, así como registros de ejecución de actividades en campo (Mateusz Brodowicz, 2025).

Los resultados fueron presentados: se logró una reducción de entre 12% y 18% en las desviaciones presupuestarias, gracias a una predicción más precisa de costos acumulados y actividades críticas. La herramienta mejoro en un 25% de la precisión del cálculo del avance real de las obras, comparado con los métodos tradicionales basados en supervisión manual. Además, la generación de

reportes de obra se aceleró en un factor de 3, permitiendo entregas más ágiles para las gerencias de proyecto y los clientes finales (Mateusz Brodowicz, 2025).

Este caso demuestra cómo, en contextos con estructuras organizaciones convencionales, la aplicación de IA puede generar beneficios concretos en términos de eficiencia, control de riesgos y toma de decisiones. Además, ofrece una ruta clara de adopción para otras empresas latinoamericanas que enfrentan desafíos similares en el control de costos y programación de obra en proyectos de mediana y gran escala (Mateusz Brodowicz, 2025)

**1.3.5 Caso de éxito en Colombia: Aeropuerto Internacional El Dorado y la transformación digital con IA y gemelo digital.** El aeropuerto internacional El Dorado, siendo la principal terminal aérea de Colombia y uno de los más transitados de América latina, tiene un caso de éxito en la implementación de tecnologías digitales avanzadas, incluyendo inteligencia artificial (IA), sistemas de información geográfica (GIS) y gemelos digitales. Su operador, OPAIN S.A.S., ha liderado este proceso con el apoyo de Esri Colombia, generando grandes impactos en la operación, mantenimiento y gestión de la infraestructura aeroportuaria (OPAIN SAS, 2024).

Una de las principales innovaciones fue la creación de un gemelo digital del aeropuerto, el cual integra datos BIM, GIS y sensores IoT en una plataforma geoespacial inteligente. Esta solución permite visualizar en tiempo real el estado de los activos, ejecutar simulaciones y optimizar procesos de inspección y mantenimiento. Gracias a esta implementación, las tareas de inspección de fachadas y estructuras pasaron de requerir entre 8 y 10 días a completarse en tan solo 2 horas, lo que representa una reducción del 90% en tiempos operativos y un incremento notable en eficiencia (OPAIN SAS, 2024).

El sistema de gemelo digital integrado permite a los equipos de ingeniería y operación monitorear de manera remota los elementos críticos del aeropuerto y simular condiciones futuras como reparaciones, ampliaciones o afectaciones climáticas. Además, se desarrolló un mapa inteligente para el

seguimiento en campo que agiliza la ejecución de obras menores y el mantenimiento de zonas específicas, permitiendo una revisión georreferenciada de cada intervención técnica (OPAIN SAS, 2024).

Desde la perspectiva de la gestión de activos, esta transformación basada en IA y GIS ha fortalecido la capacidad de toma de decisiones de OPAIN, al contar con análisis predictivos, automatización de reportes técnicos, y visualización 3D georreferenciada. La herramienta ha sido clave para la priorización de inversiones, conocer rutas críticas, planificación de mantenimientos correctivos y preventivos, y la integración con procesos de sostenibilidad ambiental (OPAIN SAS, 2024).

Este caso evidencia como una infraestructura crítica como un aeropuerto puede beneficiarse significativamente del uso combinado de IA, GIS y gemelos digitales, con impactos medibles en eficiencia, seguridad y sostenibilidad. En el contexto colombiano, El Dorado representa uno de los ejemplos más avanzados en la aplicación de inteligencia artificial al servicio de la infraestructura civil, con una visión integral de ciudad inteligente, eficiencia operacional y mejora de la experiencia del usuario.

### **Panorama del Sector de la Construcción en Colombia y su Potencial para la Adopción de IA**

El sector de la construcción en Colombia se caracteriza por su continuo crecimiento y su significativa contribución a la economía nacional (Arcus Global, 2024). Sin embargo, también enfrenta desafíos en áreas como la eficiencia, la optimización de procesos y la adopción de tecnologías avanzadas (Gómez Rodríguez et al., 2025). A pesar de los principales desafíos, como la falta de conocimiento y la escasez de talento especializado (Guillermo Herrera, 2025), existe un creciente interés en el sector por explorar el potencial de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (Cruz Salazar et al., 2024).

El nivel actual de adopción de la IA en la construcción colombiana se encuentra en una etapa temprana en comparación con las tendencias globales, según CAMACOL hay factores que impulsan la adopción, encontrando que el 26% de una encuesta dirigida a 800 empresas constructoras está teniendo capacitación en inteligencia artificial y el 19% se encuentra en la integración con sistemas

existentes como BIM (Guillermo Herrera, 2025). En la misma encuesta se muestra que, aunque casi la mitad de las empresas percibe la IA como estratégica, 8 de cada 10 organizaciones siguen en exploración ó sin adoptarla efectivamente, revelando una brecha entre interés y práctica (Flor Angie Baena, 2025). Si bien se observa un interés y una disposición significativos para incorporar estas tecnologías en la gestión de proyectos, su implementación práctica, especialmente en las fases de construcción más allá del diseño (BIM), aún es limitada (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024a) . Esto indica una brecha entre el reconocimiento del potencial de la IA y su aplicación generalizada en el sector, donde las pocas empresas que la están implementando lo hacen a través de Chatbots, generación automática de documentos y optimización de sistemas (Guillermo Herrera, 2025).

Varios factores pueden facilitar u obstaculizar la adopción de la IA en el contexto colombiano. Entre los factores facilitadores se encuentran las iniciativas gubernamentales que buscan impulsar la transformación digital (Ocampo, 2025), la creciente disponibilidad de datos, y la potencial colaboración entre universidades, empresas y el gobierno para proyectos piloto. Por otro lado, entre los factores que dificultan la adopción se encuentran los costos iniciales de implementación, la posible falta de una fuerza laboral capacitada en IA para la construcción, los desafíos en la integración de la IA con los sistemas existentes, la cultura organizacional y la resistencia al cambio dentro de algunas organizaciones (Ankitha VP, 2024).

Hay otras bases que ayudan a articular este desarrollo hacia la adopción de la IA en el sector, el CONPES 4144, siendo el más reciente, propone acciones por 480 mil millones a nivel nacional, asignando 285 mil millones en infraestructura y gestión de datos y 157 mil millones en aplicación de IA en entidades públicas. Estos montos no son representativos para un gran impacto, sin embargo, son un primer paso para el camino de adopción de la IA. Además, consolidó la política nacional específica de inteligencia artificial, articulada con base a seis ejes estratégicos: ética y gobernanza, infraestructura de datos, desarrollo de capacidades, I+D+i (Investigación + Desarrollo + Innovación), mitigación de riesgos y

uso multisectorial de la IA. Aunque este documento tampoco aborda directamente al sector de la construcción de estructuras verticales, tiene tres lineamientos asociados implícitamente al sector, donde da directrices al DNP y Min Vivienda principalmente, para la socialización de la herramienta de mapeo de asentamientos informales basado en IA (MAIIA 2025), para la adopción de modelos de simulación de IA para apoyar la planificación de territorios e implementación de IA para el uso suelos en relación con la demanda de agua potable y para promover el desarrollo urbano de la mano de ciudades inteligentes (Guillermo Herrera, 2025).

Teniendo en cuenta este panorama actual, la IA tiene un gran potencial para abordar los problemas específicos del sector de la construcción en Colombia. Puede ayudar a optimizar la cadena de suministro (Arcus Global, 2024), reducir los sobrecostos y los retrasos en los proyectos (Mendoza et al., 2022), mejorar la seguridad en las obras, y promover prácticas de construcción más sostenibles (Gómez Rodríguez et al., 2025). Al aprovechar las capacidades de la IA en áreas como la optimización, la predicción y la automatización, el sector de la construcción colombiano puede lograr mejoras significativas en su eficiencia y competitividad.

### **Hipótesis**

Las empresas constructoras de Bogotá perciben la inteligencia artificial como beneficiosa para la eficiencia y la reducción de costos, pero tienen un conocimiento limitado sobre sus aplicaciones concretas

### **Variables**

#### **Variable Independiente: Percepción sobre la inteligencia artificial.**

La percepción se entiende como la apreciación o juicio que tienen los individuos sobre un tema específico. En este caso, se refiere a la manera en que los representantes de las empresas constructoras afiliadas a CAMACOL Bogotá y que tengan actualmente proyectos de obra civil en estructuras verticales de concreto, valoran la inteligencia artificial como una herramienta que podría generar beneficios, particularmente en términos de eficiencia operativa y reducción de costos en sus proyectos. Esta percepción puede estar influida por conocimientos previos, experiencias personales y la información disponible en el sector.

Esta variable se medirá mediante una encuesta estructurada en la que se incluirán preguntas tipo Likert (de 1 a 5), opción múltiple, abiertas y cerradas de sí o no, para evaluar el nivel en cada dimensión (percepción de eficiencia, percepción de reducción de costos y relevancia estratégica percibida) de acuerdo con las afirmaciones.

#### **Variable Dependiente: Nivel de conocimiento sobre aplicaciones concretas de inteligencia artificial.**

El conocimiento se entiende como la comprensión o familiaridad que tienen los individuos respecto a un tema. En este contexto, se refiere al nivel de información que poseen los representantes de las empresas sobre las aplicaciones prácticas de la IA dentro del ciclo de vida de un proyecto de construcción hasta su obra gris, como análisis predictivo, planificación automatizada, control de calidad asistido por IA, entre otros.

Esta variable será evaluada a través de preguntas que indaguen por el grado de familiaridad con herramientas específicas, experiencias previas y capacidad de identificar escenarios de uso categorizando los niveles de conocimiento en las dimensiones de conocimiento general sobre IA, conocimiento específico de herramientas aplicadas y experiencia con aplicaciones de IA.

La presente investigación tiene como objetivo analizar el estado de adopción, percepción y uso de la inteligencia artificial (IA) en empresas del sector de la construcción en Bogotá, particularmente en aquellas afiliadas a CAMACOL que desarrollan proyectos de estructuras verticales de concreto. En este contexto, se ha identificado y operacionalizado cuatro variables clave, clasificadas como una variable independiente y tres variables dependientes, según su rol en la relación causal estudiada.

Desde un enfoque metodológico, la percepción sobre la inteligencia artificial se considera la variable independiente, dado que se asume que la forma en que los tomadores de decisión y operadores administrativos en las empresas valoran la IA influye directamente en su conocimiento, formación y nivel de aplicación en los procesos constructivos. Las variables dependientes son: el conocimiento, la formación y la aplicación de la IA, ya que estas pueden verse condicionadas por la percepción general que los actores del sector tienen frente a esta tecnología.

En este marco, se descarta el uso de una variable "interveniente", ya que en este estudio no se busca modelar efectos mediadores ni moderadores, sino establecer relaciones directas de asociación y dependencia entre las variables centrales ya descritas.

Tabla 6

*Variables del instrumento*

<p><b>Variable independiente:</b>  <b>Percepción sobre la inteligencia artificial en la construcción</b></p>	<p>Esta variable se define como la apreciación o juicio subjetivo que los representantes de las empresas constructoras tienen sobre la inteligencia artificial y su potencial para aportar valor estratégico, operativo y técnico en los proyectos de obra civil.</p>	
<p><b>Dimensiones abordadas</b></p>	<p><b>Indicador observable</b></p>	<p><b>Operacionalización</b></p>
<p>Potencial de beneficios en la gestión de proyectos</p>	<p>De acuerdo con beneficios estratégicos u operativos de la IA</p>	<p>Promedio de las respuestas Likert</p>
<p>Resolución de ineficiencias en procesos constructivos</p>	<p>De acuerdo con eliminación de cuellos de botella/automatización</p>	<p>Promedio de las respuestas Likert</p>
<p>Confiabilidad de los procesos</p>	<p>Confianza en salidas/recomendaciones de IA</p>	<p>Promedio de las respuestas Likert</p>
<p>Innovación frente a desafíos constructivos</p>	<p>Valor innovador/ventaja competitiva</p>	<p>Promedio de las respuestas Likert</p>
<p>Mejora de la eficiencia operativa</p>	<p>De acuerdo con mejoras en productividad/planificación</p>	<p>Promedio de las respuestas Likert</p>
<p><b>Variable dependiente:</b>  <b>Conocimiento sobre la inteligencia artificial</b></p>	<p>Hace referencia al nivel de comprensión, familiaridad y experiencia que los encuestados poseen respecto a la IA y sus aplicaciones concretas en el sector de la construcción.</p>	
<p><b>Dimensiones abordadas</b></p>	<p><b>Indicador observable</b></p>	<p><b>Operacionalización</b></p>
<p>Definición conceptual y comprensión general</p>	<p>Capacidad para definir IA y distinguirla de conceptos afines</p>	<p>Numero de conceptos repetidos, análisis de texto con herramientas como VOSviewer</p>

Conocimiento aplicado en fases específicas del proyecto (diseño, predicción, seguridad)	Nivel de conocimiento en seguridad, diseño, predicción, riesgos, progreso, calidad, tiempos, costos, cadena de suministro, mantenimiento	Promedio de las respuestas Likert
Identificación de herramientas tecnológicas concretas	Reconocimiento de herramientas/tecnologías IA en construcción	Numero de herramientas conocidas (0/1).
Reconocimiento de conceptos técnicos asociados a IA	Reconoce ML, RN, NLP, Visión, Robótica, Big Data, IoT, Digital Twins	Conteo de conceptos seleccionados.
Conocimiento de casos de éxito	Reconoce relevancia de IA en el sector	Si/No

**Variable dependiente:  
Formación en inteligencia artificial para la construcción**

Se refiere al grado de preparación académica, empresarial o autodidacta que los encuestados han recibido en torno al uso, análisis y aprovechamiento de la inteligencia artificial en entornos constructivo

<b>Dimensiones abordadas</b>	<b>Indicador observable</b>	<b>Operacionalización</b>
Interés en formación profesional en IA	Intención declarada de capacitarse	Promedio de las respuestas Likert
Percepción sobre la necesidad de incluir IA en programas educativos del sector	Relevancia percibida para el sector	Promedio de las respuestas Likert
Detección de brechas formativas	Interés/impulso de la organización para formación	Promedio de las respuestas Likert
Dificultad para encontrar talento capacitado	Percepción del papel de la IA en innovación	Promedio de las respuestas Likert

**Variable dependiente:** Esta variable mide el nivel de uso e integración real que tienen las tecnologías de inteligencia artificial en los procesos constructivos de las empresas encuestadas, desde una perspectiva práctica.  
**Aplicación de la inteligencia artificial en la construcción**

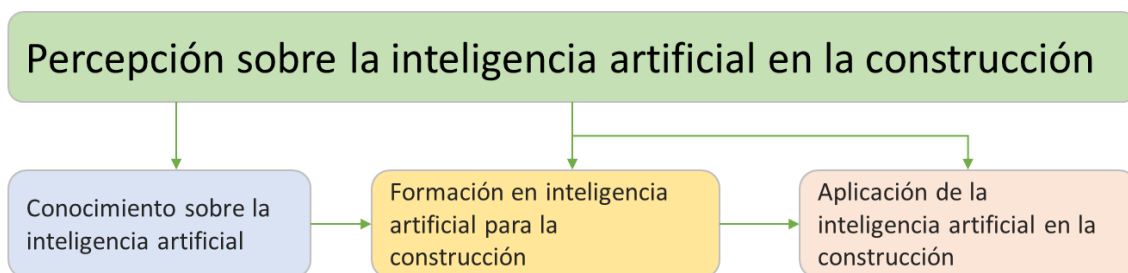
Dimensiones abordadas	Indicador observable	Operacionalización
Uso general de herramientas con IA en obra	Declaración de uso de IA en proyectos	Declaración de Si/No
Identificación de software específico ya implementado	Herramientas o casos concretos utilizados	Conteo de herramientas mencionadas
Percepción sobre viabilidad en costos y planificación	De acuerdo en la implementación	Promedio de las respuestas Likert
Evaluación de factibilidad actual o futura de implementación	De acuerdo en la factibilidad	Promedio de las respuestas Likert

Nota. Elaboración del autor

A partir de esta definición y explicación de las variables se presenta una gráfica donde se identifica la implicación que tiene cada una de ellas.

**Figura 21**

*Modelo conceptual de variables*



Nota. Elaboración del autor

## **Metodología**

### **Enfoque y alcance de la investigación:**

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, de corte transversal y de tipo descriptivo-correlacional. La elección de este enfoque permite cuantificar la percepción y nivel de conocimiento que tienen las empresas constructoras de Bogotá sobre la inteligencia artificial (IA), así como analizar la relación entre estas dos variables.

El diseño no experimental se justifica ya que no se manipulan variables, sino que se observaran los fenómenos tal y como ocurren en su contexto natural. El corte transversal implica que la recolección de datos se hará en un solo momento de tiempo, lo cual es coherente con la naturaleza de la percepción y el conocimiento como estados actuales. Finalmente, el tipo descriptivo-correlacional permite, por una parte, describir el nivel de conocimiento y percepción sobre la IA y, por otra, explorar la posible relación entre ambos factores.

### **Población y muestra**

Para determinar la población del estudio, se utilizó como fuente principal el directorio empresarial de CAMACOL Bogotá (<https://directoriocamacol.com/>). En las categorías "Constructores y Construcciones" y subcategoría "Constructores". Esta selección agrupa a las empresas afiliadas con enfoque principal en la ejecución de proyectos de obra civil, específicamente en estructuras verticales de concreto, que son el objeto de análisis del presente estudio. Además, la elección de la subcategoría "Constructores" dentro del directorio de empresas afiliadas a CAMACOL Bogotá como base de la población de estudio corresponde a una decisión estratégica, metodológica y técnica. Esta subcategoría agrupa a las empresas responsables de ejecutar directamente los proyectos de obra civil, es decir, aquellas que lideran, dirigen o participan activamente en las fases estructurales de construcción: preliminares, cimentación, estructura, mampostería y obra gris.

En el contexto de esta investigación, cuyo propósito es analizar la percepción y conocimiento sobre la inteligencia artificial (IA) en el sector de la construcción, se considera que los actores clave son precisamente las empresas que intervienen en el proceso constructivo desde su fase técnica-operativa. A diferencia de categorías como consultoría, diseño, interventoría o servicios complementarios (como ferreterías, maquinaria, logística o servicios legales), las empresas constructoras son quienes tienen la capacidad de integrar herramientas tecnológicas como la IA directamente en los procesos de programación, ejecución, control de obra y toma de decisiones en campo.

Además, las empresas listadas en esta subcategoría son afiliadas a CAMACOL, lo cual garantiza un mínimo de estándar de formalidad, operación y trayectoria en el sector, facilitando la validación de sus procesos y triangulación de resultados. Así que se trata de una población prioritaria con alta representatividad dentro de las dinámicas actuales de construcción en Bogotá.

Cabe resaltar que este enfoque no excluye la importancia de otros actores del ecosistema constructivo, pero para los fines de esta investigación (centrada en evaluar la apropiación tecnológica de la IA en los procesos constructivos reales) resulta más efectivo y metodológicamente sólido focalizarse en las empresas directamente involucradas en la ejecución de obra civil. Así, se garantiza que los datos recolectados respondan con precisión al objeto de estudio, fortaleciendo la validez interna y externa del trabajo.

Actualmente, a corte de la segunda semana del mes de abril de 2025, el directorio registra 80 empresas dentro de dicha subcategoría. Sin embargo, se identificó una duplicación de la empresa AR Construcciones, por lo que el número real de empresas fue ajustado a 79. Posterior a ello, conociendo que no todas cumplen con las condiciones necesarias para formar parte de la muestra de estudio ya que existen algunos proveedores de materiales o equipos que no entran específicamente en la categoría y subcategorías mencionadas la muestra se delimitará filtrando aquellas empresas que:

1. Esten registradas directamente como constructores y corresponda su labor a la ejecución y gerencia de proyectos de obra civil (estructuras verticales de concreto).
2. Tengan actualmente proyectos activos en etapa de construcción (preliminares, cimentación, estructura, mampostería u obra gris).

Esta delimitación es fundamental para el cumplimiento del objetivo de investigación: evaluar la percepción y conocimiento sobre la aplicación de inteligencia artificial en los procesos constructivos. Incluir empresas sin proyectos activos, o que se dediquen exclusivamente a diseño, promoción o comercialización de inmuebles, desviaría el foco de estudio, ya que no estarían directamente enfrentadas a los desafíos operativos de la ejecución de obra, donde se busca precisamente analizar la aplicabilidad de la IA.

A partir de este universo, se realizó el primer filtro, en el cual se verificaron los datos básicos de contacto proporcionados en el directorio (página web, teléfono, razón social y enfoque de servicios). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Empresas cuyo enlace de contacto no funciona o está incompleto: 28
- Empresas que no cumplen el enfoque de construcción de obra civil en Bogotá: 12

Este primer filtro redujo la lista a 39 empresas potencialmente viables. Sin embargo, dado que algunos registros no contaban con información completa en el directorio como enlace a sitios web inexistentes o datos obsoletos, se procedió a un segundo filtro de verificación independiente, mediante la búsqueda manual de cada empresa en Google y en la base de datos empresarial EMIS.

Este segundo filtro arrojó los siguientes resultados finales:

- Empresas que cumplen con los requisitos de contacto y enfoque en obra civil activa: 36
- Empresas que no cumplen con criterios (inactivas, sin evidencia de operación o fuera del enfoque): 43

Por lo tanto, la población definitiva para el estudio está compuesta por 36 empresas constructoras activas con proyectos actuales de obra civil en Bogotá, identificadas y verificadas manualmente tras los dos filtros mencionados.

Con base en esa cantidad final, se aplicará la fórmula de muestreo para poblaciones finitas:

### Figura 22

*Fórmula para el tamaño de muestra en poblaciones finitas*

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

*Nota: Adaptado de Tamaño de la muestra, Wikipedia  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Tamaño\\_de\\_la\\_muestra](https://es.wikipedia.org/wiki/Tamaño_de_la_muestra)) (consulta: 10/03/2025)*

Donde:

n = tamaño de muestra

N = 36 = tamaño de la población (número de empresas filtradas)

Z = 1.96 = valor z para el nivel de confianza deseado (por ejemplo, 1.96 para 95%)

p = q = 0.5 = proporción esperada de la característica en estudio (se asume 0.5 para mayor varianza)

e = 0.05 = margen de error permitido

Reemplazando los valores según la filtración hecha en el directorio, se tiene como resultado  $\approx 32.99 = 33$  empresas. Por tanto, el tamaño de muestra mínimo necesario para garantizar la validez estadística del estudio es de 33 empresas. Esta muestra permitirá obtener resultados confiables sobre las percepciones y el nivel de conocimiento que tienen las constructoras bogotanas ligadas a CAMACOL respecto a la aplicación de inteligencia artificial en el sector, asegurando representatividad y rigor en el análisis.

La hipótesis será validada mediante una triangulación analítica compuesta por:

- Estadísticos descriptivos, de los ítems tipo Likert (1-5) para percepción, conocimiento, formación y aplicación. Posteriormente se calcularán las medidas de tendencia central y dispersión por variable y por subgrupos como rol y edad.
- Correlaciones de Spearman, para evaluar la asociación entre la variable independiente (percepción) y las variables dependientes (conocimiento, formación, aplicación), dado el carácter ordinal de las escalas.
- Contraste externo, con referencias sectoriales y literatura reciente, para contextualizar los patrones identificados.

La confirmación de la hipótesis se presentará cuando los resultados muestren niveles altos de percepción (medias  $\geq 4$  en la escala 1-5) uniendo las asociaciones significativas y las moderadas ( $\rho \geq 0.3$  y  $p < 0.05$ ) entre percepción y las variables dependientes. Se considerará la confirmación parcial si se observan percepciones altas con conocimiento y aplicaciones incipientes, así existan correlaciones significativas. Por ende, se considerará no confirmación cuando no se cumplan simultáneamente los criterios mencionados.

### **Instrumento**

Para la recolección de la información necesaria se utilizará una encuesta estructurada diseñada específicamente para medir las dos variables centrales de la investigación la percepción sobre los beneficios de la IA y el nivel de conocimiento sobre la IA en la construcción. Además de dos subtemas ligados a las variables como lo son la formación en IA para la construcción y la aplicación de esta.

La encuesta estructurada en cinco secciones:

1. Datos generales de la empresa, proyectos y encuestado
2. PERCEPCIÓN sobre la Inteligencia Artificial en la Construcción Instrucción
3. CONOCIMIENTO sobre la Inteligencia Artificial
4. FORMACIÓN en Inteligencia Artificial para la Construcción
5. APLICACIÓN de la Inteligencia Artificial en la Construcción

Las preguntas se redactan con base en los comentarios más relevantes y que proporcionen el mayor enfoque de la IA dentro del sector de la construcción, particularmente en el contexto colombiano. La encuesta que fue creada para esta investigación se encuentra en (ver Anexo 1).

Una vez se hizo la validación del instrumento con 5 evaluadores expertos en el campo, donde 1 pertenece al campo de la tecnología e inteligencia artificial y 4 pertenecen al campo de la construcción en su fase de ejecución y desarrollo. Según las calificaciones y observaciones presentadas por cada uno de los evaluadores se comienza el tratamiento a las preguntas con puntajes entre 0.7 y 0.89, se recuerda que de acuerdo con la literatura (Aiken, 1980; Penfield & Giacobbi, 2004), se considera que un instrumento tiene validez de contenido aceptable cuando al menos el 80% de sus ítems presentan una V de Aiken mayor o igual a 0.7. En este caso, el 100% de las preguntas obtuvieron una calificación igual o superior a 0.7, por lo cual el instrumento cumple sin necesidad de tratamiento adicional. No obstante, se decide realizar ajustes y mejoras pertinentes en algunas preguntas que, aunque superaron el umbral

mínimo, no alcanzaron los niveles más altos ( $\geq 0.9$ ), con el fin de fortalecer aún más la calidad del instrumento antes de su aplicación definitiva.

*VARIABLE 1. Pregunta 3:* "Desde su perspectiva, la implementación de la IA podría llevar a procesos constructivos más confiables." V de Aiken = 0.73

*Cambio realizado:* reformulación para mayor claridad en los conceptos evaluados.

*Nueva redacción:* "Desde su punto de vista, ¿cree que la implementación de la inteligencia artificial puede mejorar la calidad y precisión de los procesos constructivos?"

*VARIABLE 2. Pregunta 1:* "En sus propias palabras, ¿cómo definiría la inteligencia artificial? (Pregunta abierta)." V de Aiken = 0.87

*Cambio realizado:* Se agregó instrucción aclaratoria para facilitar la respuesta.

*Nueva redacción:* "De forma breve y con sus propias palabras, defina qué entiende por inteligencia artificial. Esta pregunta busca explorar su comprensión general sobre el concepto."

*VARIABLE 2. Pregunta 5:* "¿Podría mencionar áreas específicas dentro de su organización donde se está implementando o se ha implementado la Inteligencia Artificial? (Pregunta de respuesta abierta)"

*Cambio realizado:* Reformulación para aclarar el alcance de "áreas específicas".

*Nueva redacción:* ¿Podría mencionar procesos o departamentos específicos dentro de su organización donde se haya implementado inteligencia artificial? Por ejemplo: planificación, compras, control de obra, seguridad, recursos humanos, etc.

*VARIABLE 3, Pregunta 1:* Esta interesado en aprender más sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción. V de Aiken = 0.93

*Cambio realizado:* Ajuste de estilo para mejorar la fluidez.

*Nueva redacción:* Esta interesado(a) en ampliar los conocimientos sobre cómo aplicar la inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción.

*VARIABLE 3, Pregunta 4:* Encontrar personal con formación adecuada en inteligencia artificial para el sector de la construcción en Colombia es (1 No tiene dificultad - 5 Representa un desafío). V de Aiken = 0.93

*Cambio realizado:* Cambio de estilo a formato afirmativo.

*Nueva redacción:* Encontrar personal con formación adecuada en inteligencia artificial para el sector de la construcción en Colombia (1 Facilidad - 5 Un desafío).

*VARIABLE 4, Pregunta 2:* "Cuales de estas IA o software basado en inteligencia artificial ha integrado para la gestión de proyectos de construcción?"

*Cambio realizado:* Reformulación para mayor precisión en el alcance de la pregunta

*Nueva redacción:* "De la siguiente lista de herramientas basadas en inteligencia artificial, por favor seleccione aquellas que usted ha utilizado o cuya implementación conoce en proyectos de construcción en los que ha participado:"

Estas modificaciones no afectan la estructura general del instrumento ni su propósito, sino que refuerzan su precisión y validez semántica, los ajustes presentados aseguran una mayor rigurosidad y calidad investigativa antes de su aplicación final.

Por otra parte, de acuerdo con el enfoque cualitativo-exploratorio de esta investigación, orientada también a la documentación de casos de éxito en la implementación de inteligencia artificial (IA) en la construcción, se recurrirá principalmente a la revisión documental sistemática en la base de datos universitaria SCOPUS y Web of Science como instrumento fundamental para la recolección de información. Este instrumento se seleccionó por su idoneidad para identificar, recopilar y sintetizar datos de diversas fuentes escritas que describen experiencias de implementación de IA.

Los datos primarios se obtendrán a través de la interpretación y análisis de la información ya publicada. Por lo tanto, el "instrumento" en este contexto se refiere a las herramientas y protocolos diseñados para guiar y estandarizar esta revisión documental:

1. Protocolo de búsqueda y selección de literatura: Se diseñará un protocolo detallado que incluirá:

- Bases de datos de referencia: Scopus, Web of Science y Google scholar serán las principales bases de datos académicas y científicas. Para el contexto específicamente colombiano, se explicarán adicionalmente repositorios de universidades nacionales, bases de datos como SciELO y sitios web de asociaciones gremiales como CAMACOL y portales de noticias especializadas del sector construcción.

- Cadenas de Búsqueda: Se definirán combinaciones específicas de palabras clave en español e inglés, empleando operadores booleanos (AND, OR, NOT) para maximizar la pertinencia de los resultados. Ejemplos de palabras clave incluirán: "Inteligencia Artificial", "IA", "Construcción", "Gestión de proyectos", "Casos de éxito", "Implementación", "Colombia", "Proyectos de Ingeniería Civil"

- Criterios de inclusión y exclusión: Se establecerán criterios claros para seleccionar 3 documentos a nivel internacional y 2 a nivel nacional, priorizando aquellos que presenten casos de éxito en un proyecto de construcción con sus respectivas métricas (cuantitativas o cualitativas claras), publicados en los últimos 5 años y que aborden directamente la aplicación de la IA en la construcción a nivel de proyecto en su fase de estructura. Se excluirán documentos puramente teóricos o sin referencia a implementaciones prácticas.

2. Ficha de recolección de datos de casos de estudio: Se diseñará una ficha estructurada para extraer la información relevante de cada caso de éxito identificado. Esta ficha permitirá configurar los parámetros generales para la recopilación de datos y asegurar que se capturen los elementos clave para el análisis posterior. Los campos de la ficha incluirán, pero no se limitarán a:

- Título/Nombre del caso o proyecto
- Contexto (País, Tipo de proyecto, industria)
- Problema o desafío abordado con la IA

- Tecnología de IA Es pacífica Utilizada (Ej: Machine Learning, Vision por computador, Procesamiento de lenguaje natural)
- Proceso de implementación (Breve descripción)
- Resultados y métricas de éxito documentados (Ej: Reducción de costos en x %, optimización de tiempo en y %, mejora de la seguridad, incremento de eficiencia, detección de errores)
- Fuente original de la información (Referencia bibliográfica completa)
- Factores de éxito identificados por la fuente
- Limitaciones o contextualizaciones específicas del caso (Identificadas por la fuente o por la propia investigación, que pudieran afectar su replicabilidad o generalización).

El protocolo de búsqueda será validado mediante la realización de búsquedas piloto y la revisión de los resultados para asegurar su efectividad en la captura de literatura relevante. Se realizarán los ajustes necesarios en ambos instrumentos antes de la fase de recolección de datos a gran escala para garantizar su validez y consistencia.

#### **Técnicas para el análisis de la información**

La recolección de datos se hace mediante envío de la encuesta por correo electrónico y seguimiento por llamada o contacto directo, en un periodo de 4 semanas. La información se sistematizará en una base de datos construida en Excel o Google Sheets.

Se emplearán estadísticas descriptivas para categorizar las variables, y se aplicarán pruebas de correlación (como el coeficiente de Pearson, según el tipo de variable) para analizar la relación entre percepción y conocimiento.

Posterior a ello, para el análisis de la información de la encuesta, los resultados se presentarán en tablas y gráficos que permitan evidenciar tendencias y patrones significativos, aportando evidencia clara al cumplimiento de los objetivos planteados en el estudio.

Por otra parte, el análisis de la información se desarrollará mediante técnicas bibliométricas y de análisis de contenido. En primer lugar, se realizará un estudio cuantitativo de los documentos académicos relacionados con la inteligencia artificial en la construcción, basado en indicadores como numero de publicaciones, crecimiento temporal, autores más citados, áreas temáticas y frecuencia de términos clave.

Con el apoyo del software VOSviewer, se construirán mapas de ciencia para representar gráficamente las redes de coocurrencia y coautoría. Esto permite comprender la estructura del conocimiento y las dinámicas colaborativas del campo de estudio.

**Tabla 7**

*Ficha técnica de la investigación*

<b>Ítem</b>	<b>Detalle</b>
<b>Población objetivo</b>	Empresas constructoras afiliadas a CAMACOL Bogotá con proyectos en fase de construcción en el primer semestre de 2025.
<b>Marco muestral</b>	Directorio de afiliados CAMACOL Bogotá 2025.
<b>Unidad de análisis / Informante</b>	Empresa/Gerencia, Ingeniero Residente, Arquitecto Residente, Gerente de Proyecto, Coordinador de proyecto, Líder BIM/Innovación.
<b>Cobertura</b>	Bogotá D.C., Colombia.
<b>Diseño muestral</b>	Muestreo para población finita aplicado sobre el marco del directorio de CAMACOL Bogotá a partir de un total de 80 empresas de las cuales 36 cumplen los filtros del estudio.
<b>Tamaño de la población (N)</b>	36 empresas Constructoras
<b>Tamaño de muestra (n)</b>	33 empresas, 95 % confianza, error $\pm [0.05]$ , $p = 0,5$ .

<b>Periodo de campo</b>	3 de junio a 20 de Julio del año 2025
<b>Modo de aplicación</b>	Encuesta online a través de la plataforma Microsoft Forms
<b>Tasa de respuesta</b>	Respuestas válidas = (33). [ 96% ] Respuestas de externos (14)
<b>Instrumento</b>	Cuestionario con secciones: Datos generales Percepción (5 ítems Likert 1–5) Conocimiento (Likert 1–5, multiselección, abierta) Formación (5 ítems Likert 1–5) Aplicación (Dicotómica, multiselección de herramientas y Likert 1–5).
<b>Validez y confiabilidad</b>	V de Aiken (k = [5] expertos) $\alpha$ de Cronbach $\geq 0,70$
<b>Gestión ética</b>	Consentimiento informado establecido en la ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre la protección de datos personales en Colombia.
<b>Software y análisis</b>	VOS viewer, Microsoft Forms, Excel, SCOPUS, Web Science
<b>Limitaciones</b>	Diseño transversal. La recolección de datos se hizo en un único momento; por tanto, se identifican asociaciones, pero no relaciones causales ni evoluciones en el tiempo.  Muestreo y generalización. La muestra proviene de empresas afiliadas a CAMACOL Bogotá con proyectos de estructura vertical en ejecución. Los hallazgos no se generalizan a empresas no afiliadas, a otras regiones de Colombia ni a sectores como infraestructura horizontal o consultoría pura.  Codificación de preguntas abiertas. La categorización de respuestas textuales puede introducir variabilidad; se mitigó con criterios de codificación, pero no elimina totalmente el juicio del evaluador.

---

Rapidez del cambio tecnológico. El ecosistema de herramientas de IA en construcción evoluciona con rapidez; los resultados deben interpretarse en el marco temporal del trabajo de campo.

---

*Nota. Elaboración del autor*

## Trabajo de Campo

### Análisis resultados encuestas

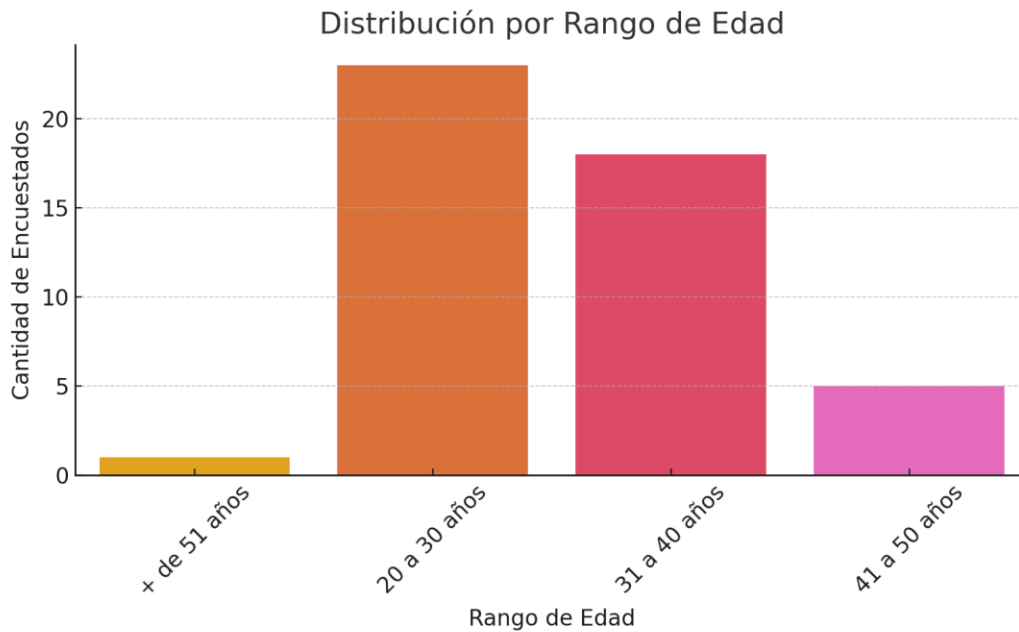
Este capítulo presenta los resultados derivados del trabajo de campo realizado mediante una encuesta aplicada a profesionales del sector de la construcción en empresas ligadas a CAMACOL Bogotá y que tengan proyectos en ejecución actualmente. Esta encuesta se llevó a cabo entre el 3 de junio de 2025 y 7 de Julio del mismo año, se utilizaron diferentes medios para la obtención de datos, llamadas telefónicas, visitas en proyectos, visitas en oficinas de proyectos, emails e interacción por redes sociales profesionales tales como LinkedIn. El objetivo fue analizar la percepción, conocimiento, aplicabilidad y barreras de la inteligencia artificial (IA) en los procesos constructivos, alineado con los objetivos de investigación. Los datos recolectados fueron procesados cuantitativa y cualitativamente mediante herramientas de análisis estadístico, visualización gráfica y reflexión crítica de nivel maestral.

#### *Perfil sociodemográfico de los encuestados*

La muestra incluyó principalmente profesionales entre 20 y 40 años, siendo los grupos de 20 a 30 años (n=23) y 31 a 40 años (n=18), solo 1 persona mayor a 51 años y 5 de 41 a 50 años. De toda esta población se recuerda que 33 son respuestas de la población objetivo de los 36 posibles y 14 externos pertenecientes a otras empresas de construcción que no están ligadas a CAMACOL Bogotá, sin embargo, tienen proyectos en estructuras verticales actualmente en desarrollo para hacer un mejor análisis de la temática presentada. Teniendo toda esta población, en cuanto a roles, la mayor participación fue de Coordinadores de proyecto (n=117), seguido por profesionales residentes (n=15) y directores de proyecto (n=7). Estas categorías reflejan una muestra con experiencia técnica y de gestión, relevante para evaluar la aplicabilidad de la IA en la obra.

#### **Figura 23**

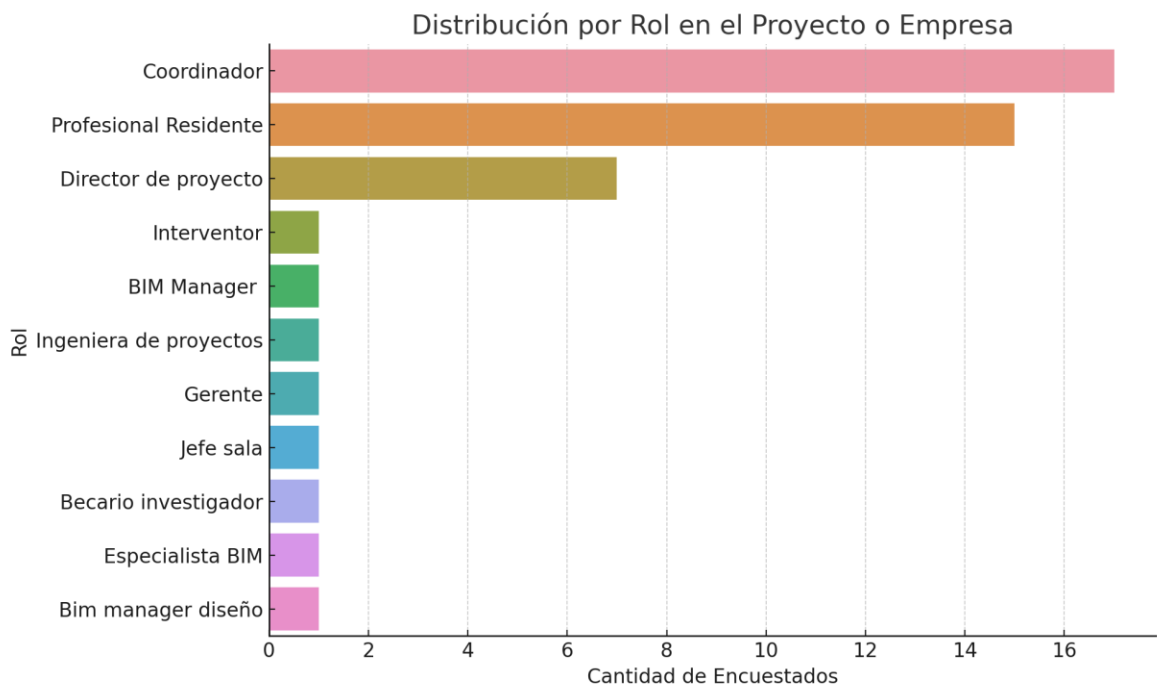
*Grafica de distribución por rango de edad*



Nota. Elaboración del autor

**Figura 24**

Grafica de distribución por Rol en el proyecto o Empresa



Nota. Elaboración del autor

### ***Percepción general sobre la Inteligencia Artificial (IA)***

Este apartado evalúa como los profesionales de la construcción de la población mencionada anteriormente perciben el impacto que puede tener la inteligencia artificial (IA) en sus procesos constructivos. Las cinco afirmaciones analizadas se enfocan en eficiencia, calidad, innovación y resolución de ineficiencias, aspectos fundamentales para medir la receptividad del sector ante estas tecnologías emergentes.

Los resultados generales presentan un promedio global de percepción fue de 4.05 en una escala de Likert de 1 a 5, lo que sugiere una actitud predominantemente favorable hacia la IA en la construcción.

Este resultado pone de manifiesto que la mayoría de los encuestados cree que la inteligencia artificial:

- Tiene el potencial de generar beneficios significativos en la gestión de proyectos (4.25)
- Puede mejorar la eficiencia operativa (4.06)
- Tiene capacidad para resolver ineficiencias (3.94)
- Ofrece soluciones innovadoras a desafíos comunes (3.98)
- Podría aumentar la confiabilidad de los procesos constructivos (4.0)

Si bien los puntajes son positivos en general, la desviación estándar entre 1 a 1.14 revela una divergencia moderada de opiniones, posiblemente debido a diferencias en el grado de familiaridad, tipo de proyectos ejecutados o nivel de responsabilidad en la organización. Esta dispersión indica que aún existen experiencias diversas con la tecnología, y que su aceptación está ligada a factores como la cultura organizacional, la digitalización previa y el grado de exposición a herramientas inteligentes.

### ***Análisis por edad***

Al observar los resultados por grupo etario:

- Los profesionales de 20 a 30 años presentan un promedio general de 4.01.
- El grupo de 31 a 40 años, una media de 4.04.
- Los profesionales entre 41 y 50 años alcanzan un 4.20.

- Y la persona mayor de 50 años, el nivel más alto con un 4.40.

Estos datos evidencian que, aunque todas las generaciones tienen una actitud favorable, los profesionales con mayor experiencia tienden a ser más optimistas sobre la IA. Esto puede relacionarse con su capacidad de identificar las ineficiencias sistemáticas en los proyectos y visualizar cómo la IA puede mitigarlas, o bien por conocer superficialmente de algunas experiencias internacionales más avanzadas.

### ***Análisis por rol***

- Directores de proyecto son los más entusiastas (4.7)
- Coordinadores le siguen con una media de (4.3)
- Profesionales residentes y roles operativos como supervisores o técnicos presentan medias entre 3.85 y 4.1

Este patrón revela que cuanto mayor es la responsabilidad estratégica, más alta es la percepción del valor de la IA. Esto es lógico si consideramos que los líderes de proyectos deben pensar en la productividad, riesgos, costos y resultados, variables donde la IA puede ser un diferenciador clave. En cambio, los niveles operativos, aunque reconozcan el valor conceptual, pueden mostrar reservas por desconocimiento técnico o ausencia de experiencias concretas.

### ***Nivel de conocimiento y comprensión sobre IA***

Este bloque evaluó el conocimiento técnico y práctico sobre tres aplicaciones concretas de la IA en la construcción: el diseño de infraestructura, la predicción de tiempos y costos y el monitoreo de seguridad en obra. Además, se incluyó una pregunta abierta sobre la definición personal de IA.

### **Resultados generales**

El promedio global de conocimiento fue de 2.18 sobre 5, lo cual es notablemente bajo si se compara con la alta percepción de beneficios. Esta diferencia refleja una brecha entre expectativas y conocimiento técnico, una situación común en industrias en transición digital.

**Tabla 8**

*Resultados preguntas tipo Likert sobre el conocimiento de la IA en construcción.*

<b>Aplicación evaluada</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Conocimiento sobre IA en diseño de infraestructuras	2.23	0.93
Conocimiento sobre predicción de tiempos y costos	2.38	0.96
Conocimiento sobre monitoreo de seguridad en obra	1.91	0.76
<b>Resultado general</b>	<b>Poco a ningún conocimiento</b>	

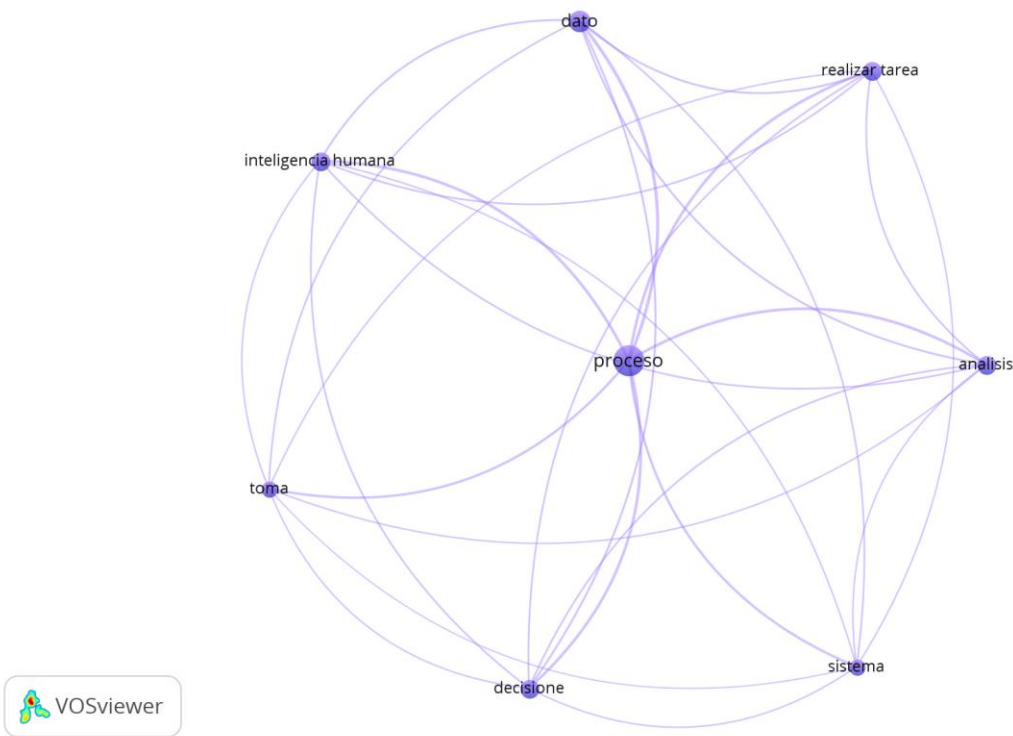
Como puede observarse, la menor puntuación se encuentra en el conocimiento sobre aplicaciones para seguridad, posiblemente porque aún no se han difundido ampliamente en Colombia soluciones como Smartvid.io o cámaras inteligentes para EPP. Por el contrario, el mayor conocimiento se concentra en la predicción de plazos y costos, donde algunas empresas ya han explorado módulos de IA en plataformas como Autodesk Construcción Cloud o BIM 360.

#### ***Análisis de la comprensión general sobre inteligencia artificial a partir de respuestas abiertas***

Con el fin de explorar la comprensión espontánea y conceptual de los participantes sobre la inteligencia artificial (IA), se realizó una pregunta abierta en el instrumento de encuesta: "De forma breve y con sus propias palabras, defina que entiende por inteligencia artificial". Las respuestas fueron procesadas, depuradas de conectores y palabras vacías, y luego analizadas mediante VOSviewer, aplicando un umbral mínimo de frecuencia de 2 para construir un mapa de coocurrencia de términos.

**Figura 25**

*Grafica de coocurrencia en términos asociados a la definición de IA*



*Nota. Imagen elaborada por el autor en el Software VOSviewer*

*Fuente: Elaboración propia con VOSviewer a partir de respuestas abiertas procesadas de la encuesta aplicada en 2025.*

El grafico resultante revela un núcleo semántico denso centrado en la palabra “proceso”, la cual actúa como nodo articular entre conceptos como análisis, sistema, datos, tarea, inteligencia humana, y decisiones. Esto sugiere que los participantes conciben la IA principalmente como una tecnología orientada a la automatización y optimización de procesos tradicionalmente eran ejecutados por personas.

La fuerte conexión entre “proceso”, “análisis” y “dato” indica que una parte significativa de los encuestados asocia la IA con la capacidad de recolectar, interpretar y transformar datos en conocimiento útil. De igual manera, la relación con términos como “toma”, “decisiones” y “sistema”

refuerza la noción de que la IA no solo procesa información, sino que actúa como apoyo o sustituto en la toma de decisiones operativas o estratégicas.

Por otro lado, la aparición de "Inteligencia Humana" como nodo periférico, pero conectado, permite interpretar que los participantes identifican una dimensión de imitación o simulación cognitiva, lo cual evidencia un entendimiento básico de que la IA busca replicar capacidades humanas como el razonamiento, el aprendizaje y la ejecución de tareas específicas.

Finalmente, la baja dispersión temática y la fuerte concentración en términos funcionales indica que la mayoría de los encuestados entienden la IA desde un enfoque práctico y operacional, más que desde una perspectiva teórica, ética o futurista. Esta tendencia es coherente con perfiles profesionales del sector construcción, donde la utilidad de las tecnologías suele estar asociada directamente con su capacidad de mejorar la eficiencia, automatización y toma de decisiones basadas en datos.

#### ***Análisis por edad***

Los resultados por grupo etario muestran lo siguiente:

- 20 a 30 años: media (2.1)
- 31 a 40 años: media (2.18)
- 41 a 50 años: media (2.45)
- Mas de 50 años: media (2.5)

De nuevo, los grupos con mayor experiencia manifiestan niveles ligeramente superiores de conocimiento, aunque ningún grupo supera un nivel intermedio (3), lo que ratifica la necesidad de programas de formación en IA aplicados a construcción.

#### ***Análisis por rol***

- Directores y Coordinadores muestran un conocimiento algo más elevado (2.4 – 2.6)
- Profesionales Residentes, supervisores y roles técnicos se mantienen en valores cercanos a (2.0)

Este hallazgo confirma que quienes toman decisiones o han tenido mayor exposición a literatura técnica o capacitaciones externas tienden a tener una mejor comprensión conceptual de la IA, aunque aún lejos del dominio experto.

***Interés en formación y percepción de barreras***

Este bloque explora las actitudes de los profesionales hacia la necesidad de capacitación en inteligencia artificial (IA) para el sector de la construcción, así como las barreras que enfrentan para su implementación. Las preguntas fueron evaluadas en una escala de Likert del 1 al 5.

**Resultados generales**

Los resultados muestran una actitud ampliamente positiva hacia la formación en IA, con una media global de 4.01. Esto refleja que los profesionales no solo están interesados en aprender más sobre IA, sino que consideran que su integración en los programas de formación es crucial para el futuro del sector.

**Tabla 9**

*Resultados preguntas tipo Likert sobre la formación de la IA en construcción.*

<b>Pregunta</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Interés en aprender sobre IA en gestión de proyectos	4.27	0.86
La IA debería formar parte del desarrollo profesional	4.3	0.68
La brecha de formación en IA es un desafío	4.13	0.84
Encontrar personal con formación en IA para construcción es un reto	3.91	0.87
Su organización muestra interés en incorporar soluciones con IA	3.43	1.16

Nota. Elaboración por el autor

***Análisis general***

Estos resultados confirman que la formación en IA es considerada una necesidad crítica, especialmente en los niveles gerenciales y de coordinación, que son responsables de la toma de decisiones. La pregunta con mayor desviación estándar es la referida al interés institucional, lo que

refleja una gran variabilidad entre empresas: algunas están avanzando hacia una transformación digital, mientras que otras aún no han iniciado procesos de capacitación o adopción tecnológica.

Esta diferencia institucional también puede explicar por qué, a pesar del alto interés individual, la falta de formación estructurada sigue siendo una de las principales barreras para la adopción de IA en el sector.

### ***Análisis por grupo etario***

El interés formativo se mantiene alto en todos los grupos etarios. No obstante, destacan:

- 31 a 40 años: media (4.25)
- 41 a 50 años: media (4.2)
- 20 a 30 años: media (3.98)

Aunque los más jóvenes tienen un fuerte interés, la experiencia acumulada de los grupos intermedios y altos puede estar generando una mayor urgencia por la actualización profesional, especialmente en quienes ya ocupan roles de liderazgo o gestión.

### **Análisis por rol**

- Directores de Proyecto = 4.6
- Coordinadores = 4.4
- Profesionales Residentes y Supervisores = 4
- Roles operativos = 3.7

Esto sugiere que quienes están más cerca de la toma de decisiones estratégicas reconocen la necesidad de integrar IA en los procesos de gestión y formación del talento humano. También indica que los programas de formación deberían priorizar estos roles para lograr un efecto multiplicador en la cultura organizacional.

***Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Construcción***

Este bloque de la encuesta se centró en comprender el nivel actual de uso, familiaridad y percepción de viabilidad de las herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) en los proyectos de construcción. Las preguntas incluyeron tanto ítems de experiencia previa como de percepción subjetiva sobre la factibilidad de implementar IA en funciones clave como la gestión de costos, tiempos y entornos laborales.

**Resultados generales**

En términos generales, los resultados muestran una alta percepción de viabilidad para la aplicación de IA en la industria de la construcción de Bogotá, con una media global de 4.0. Esto indica que los profesionales del sector visualizan a la IA como una herramienta factible y útil para enfrentar los desafíos operativos del entorno constructivo.

**Tabla 10**

*Resultados preguntas tipo Likert sobre la aplicación de la IA en construcción.*

<b>Pregunta</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Aplicación de IA en gestión de costos	3.95	0.76
Aplicación de IA en planificación y tiempos	3.95	0.69
Viabilidad de software con IA en su entorno laboral actual o futuro	4.11	0.72

Nota. Elaboración por el autor

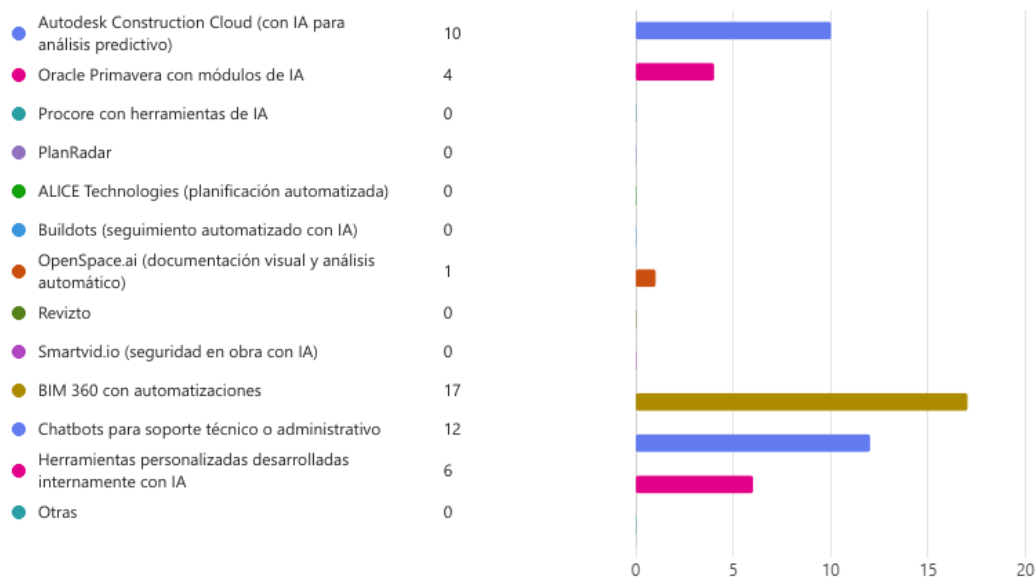
Cabe destacar que todas las medias se encuentran por encima del umbral de 3.9, lo cual representa una actitud favorable hacia su implementación. Sin embargo, la desviación estándar moderada (0.69 0.76) indica que aún existen diferencias entre empresas, posiblemente asociadas a factores como tamaño organizacional, nivel de madurez digital o liderazgo tecnológico.

**Herramientas utilizadas**

En la pregunta relacionada con el uso de herramientas o software con IA, el 40% de los encuestados afirmo haberlas utilizado. Las más mencionadas fueron:

**Figura 26**

*Grafica de respuesta sobre los términos utilizados en proyectos de construcción*



Nota. *Elaboración por el autor*

Por el contrario, tecnologías más avanzadas como ALICE Technologies, OpenSpace.ai o Buildots no fueron reportadas como utilizadas, lo que revela una etapa incipiente de adopción donde predominan las soluciones integradas a plataformas existentes.

**Análisis por grupo etario**

- Los profesionales de 31 a 50 años presentan las mayores puntuaciones de viabilidad (4.2), posiblemente debido a su experiencia gestionando proyectos donde se evalúan nuevas tecnologías.
- El grupo de 20 a 30 años, aunque positivo (3.9), refleja cierta cautela o menor exposición directa a iniciativas de transformación digital.

Análisis por rol

- Directores de proyecto: Percepción de viabilidad mas alta (4.5), lo cual refleja su rol estratégico y toma de decisiones.
- Coordinadores: mantienen una media solida (4.1) evidenciando una clara disposición a adoptar soluciones de IA.
- Profesionales Residentes y roles operativos: si bien valora la IA, su puntuación es menor (3.8), posiblemente por falta de acceso a herramientas o experiencia directa en procesos de adopción.

### **Análisis general**

Estos resultados muestran que la IA no solo es vista como viable, sino como un recurso que ya está comenzando a ser explorado en los proyectos locales. Sin embargo, se identifican limitaciones estructurales y culturales que impiden una adopción más acelerada. Entre ellas se encuentran:

- Falta de liderazgo digital en muchas empresas
- Infraestructura tecnológica insuficiente
- Brecha entre las capacidades técnicas disponibles y las necesidades del entorno de obra

**Análisis de correlaciones entre variables.** Con el objetivo de comprender las relaciones estructurales entre las dimensiones evaluadas en la encuesta, se realizó una matriz de correlación no paramétrica utilizando el coeficiente de Spearman. Esta técnica es adecuada dado el carácter ordinal de los datos (escala Likert) y permite identificar asociaciones monótonas entre variables.

El análisis revelo correlaciones significativas entre diferentes variables que configuran una red de vínculos entre la percepción, conocimiento, formación y uso de la inteligencia artificial (IA) en el sector de la construcción en Colombia. A continuación, se destacan las asociaciones más relevantes:

**Percepción general y aceptación de la IA.** Se evidencio una fuerte correlación positiva entre diferentes ítems del bloque de percepción (coeficientes entre 0.65 y 0.79). Por ejemplo:

- "La IA puede ofrecer soluciones innovadoras" y "la IA puede mejorar la calidad" ( $r=0.78$ ).
- "La IA puede resolver ineficiencias" y "la IA puede mejorar la eficiencia operativa" ( $r=0.79$ ).

Interpretación: Esto indica que quienes perciben a la IA como una herramienta útil en un ámbito, tienden a extender esta percepción al resto de las dimensiones funcionales. Es decir, existe una visión holística sobre los beneficios de la IA, especialmente en eficiencia, innovación y calidad técnica.

#### ***Formación y percepción de viabilidad***

Una correlación destacada fue entre el interés en formación sobre IA y la percepción de que esta puede integrarse de manera factible en el entorno laboral actual ( $r=0.63$ ). Además, también se asocia positivamente con la percepción de viabilidad en planificación y control de costos.

Interpretación: A mayor deseo de aprender sobre IA, mayor es la creencia de que esta puede aplicarse de forma efectiva en los proyectos. Esto refuerza la hipótesis de que la capacitación técnica actúa como una variable mediadora entre la innovación y su implementación real.

#### ***Conocimiento técnico y uso practico***

Se encontró una correlación importante entre el nivel de conocimiento técnico reportado sobre IA y el uso actual de herramientas basadas en esta tecnología ( $r=0.62$ ).

Interpretación: Quienes tienen mayor comprensión de los conceptos asociados a la IA (como machine learning, big data, automatización o BIM Intelligence) son los que más frecuentemente han utilizado alguna herramienta específica. Esto también sugiere que la alfabetización digital puede acelerar los procesos de adopción tecnológica en obra.

#### ***Percepción organizacional y uso actual***

Se evidencio una correlación moderada ( $r=0.49$ ) entre haber utilizado herramientas de IA y considerar que su empresa está interesada en incorporar este tipo de soluciones.

Interpretación: En contextos organizacionales donde ya se han privado soluciones tecnológicas avanzadas, la actitud hacia la innovación es más positiva. Es decir, el entorno institucional favorable puede actuar como catalizador de la transformación digital.

**Correlaciones negativas entre percepción y conocimiento limitado.** Algunas variables del bloque de conocimiento básico sobre IA mostraron correlaciones negativas con la percepción general ( $r=-0.47$  en un caso). Esto podría indicar que quienes tienen una percepción más idealizada de la IA aún no han profundizado en sus limitaciones técnicas o reales de implementación.

En síntesis, general, la percepción sobre la utilidad de la IA en la construcción presentó una puntuación de 4.05 sobre 5, confirmando una visión positiva y favorable. El conocimiento mostró un puntaje de 2.18 sobre 5, lo cual es notablemente bajo, confirmando una primera gran brecha. Sin embargo, al indagar sobre el interés en la formación, se obtuvo un puntaje de 4.01 sobre 5, de nuevo una actitud positiva frente a el aprendizaje sobre IA. Por último, la percepción de viabilidad para la aplicación de la IA puntuó un 4 sobre 5 visualizando la herramienta como primordial en los próximos años para la industria de la construcción.

En conjunto, los hallazgos dan como confirmada parcialmente la hipótesis.

#### **Análisis general para validación de la hipótesis**

La presente investigación combina enfoques cuantitativos y cualitativos para caracterizar la percepción, conocimiento y uso de la inteligencia artificial (IA) en el sector de la construcción en Bogotá, complementado con una revisión bibliográfica y bibliométrica del estado del arte global y nacional.

Desde el punto de vista cuantitativo, la encuesta aplicada a 33 empresas constructoras ligadas a CAMACOL Bogotá con proyectos en ejecución actualmente (de un universo filtrado de 36), además de las 14 encuestadas como expertos externos, reveló una percepción positiva y consistente sobre el valor de la IA. El puntaje promedio general fue de 4.05/5 en la escala Likert, lo cual indica una actitud favorable hacia su implementación. Dimensiones como la eficiencia, innovación, mejora de procesos y confiabilidad recibieron altas calificaciones ( $\geq 4.0$ ), validando parcialmente la hipótesis inicial, que planteaba que las empresas perciben la IA como beneficiosa.

Sin embargo, esta percepción se encuentra contrastada por un conocimiento limitado sobre aplicaciones concretas: el promedio global de familiaridad técnica fue de apenas 2.18/5, siendo más bajo en áreas como monitoreo de seguridad con IA (1.91). Esto evidencia una brecha significativa entre percepción e implementación. El análisis correlacional de Spearman refuerza este hallazgo al mostrar relaciones positivas fuertes entre percepción y formación ( $r=0.63$ ), pero relaciones negativas entre percepción e ignorancia técnica ( $r=-0.47$ ), lo que sugiere idealizaciones no fundamentadas.

La aplicación práctica también es incipiente. Solo el 40% de los encuestados reportos haber utilizado alguna herramienta basada en IA, mayoritariamente soluciones integradas a plataformas existentes (como BIM 360 o Autodesk Construction Cloud). Tecnologías emergentes como ALICE Technologies u OpenSpace.ai aún no han sido exploradas. No obstante, la percepción de viabilidad para incorporar IA en costos, tiempos y planificación recibió promedios superiores a 3.9, evidenciando una oportunidad latente si se superan las barreras identificadas.

Desde el análisis bibliométrico, el crecimiento en publicaciones sobre IA en construcción ha sido exponencial desde 2021, con China, EE. UU. y el Reino Unido liderando la producción científica. Las temáticas más frecuentes incluyen modelado predictivo, automatización, BIM, aprendizaje automático y sistemas expertos. La coocurrencia de términos refleja tres líneas dominantes: aplicaciones prácticas, integración con metodologías como BIM y avances técnicos (machine learning, visión por computador).

En el caso colombiano, se confirma la escasa producción científica indexada en Scopus o Web of Science. No obstante, a través de Google Académico se identificaron documentos y reportes con mención de IA, aunque muchos presentan falta de claridad sobre la arquitectura de los modelos utilizados.

Este conjunto de evidencias permite dar como valida la hipótesis parcialmente confirmada: las empresas constructoras de Bogotá valoran positivamente la IA, pero su conocimiento técnico y su grado de aplicación son bajos, lo que configura una disonancia entre expectativa y realidad.

***Situación actual***

El diagnóstico realizado muestra que la IA es vista como una herramienta transformadora por los actores del sector construcción en Bogotá. Sin embargo, su implementación real es escasa y fragmentada. Las principales barreras incluyen: falta de formación especializada, escasa documentación de casos locales, infraestructura tecnológica ilimitada, y ausencia de estrategias organizacionales claras.

Adicionalmente, se identificó una desconexión entre la percepción positiva y el conocimiento técnico concreto, lo que sugiere que muchos pensamientos o decisiones aún se basan en intuiciones más que en evidencias sobre la IA. La escasa exploración de herramientas de IA también indica un rezago frente a los casos internacionales.

***Oportunidades***

- Interés formativo y madurez conceptual: La encuesta evidencia un pensamiento general de la IA como herramienta para mejorar la eficiencia, reducir errores y facilitar la toma de decisiones. Esta percepción positiva, acompañada por un marcado interés por formarse en IA (media 4.3/5), constituye una base sólida sobre la cual desarrollar estrategias de adopción progresiva.

- Casos internacionales como referentes adaptables: Aunque los casos documentados en Las Vegas (MSG Sphere), Dubai (Marcasa), Seattle (Skanska) y Perú (INDISA y Flesan) no constituyen rutas directamente replicables para Colombia, sí ofrecen aprendizajes clave que pueden guiar la adaptación local. Por ejemplo, el uso de algoritmos evolutivos para diseño arquitectónico, la automatización del monitoreo en obra mediante visión computacional, o los sistemas predictivos de avance y costos, evidencian tecnologías transferibles si se contextualizan adecuadamente al entorno colombiano.

- Iniciativas gremiales emergentes: Aunque Colombia aún no cuenta con una agenda nacional formal para la implementación de IA en construcción, comienzan a emerger iniciativas institucionales importantes. Tal es el caso del primer Congreso Nacional de Inteligencia Artificial en la Construcción anunciado por CAMACOL para este año, el cual representa un paso inicial hacia la

articulación de actores, la visibilización de casos y la generación de políticas sectoriales. Este tipo de espacios podría escalarse hacia plataformas permanentes de innovación abierta, con apoyo del gobierno, universidades y el sector privado.

**Propuesta de adopción en la construcción Bogotana.**

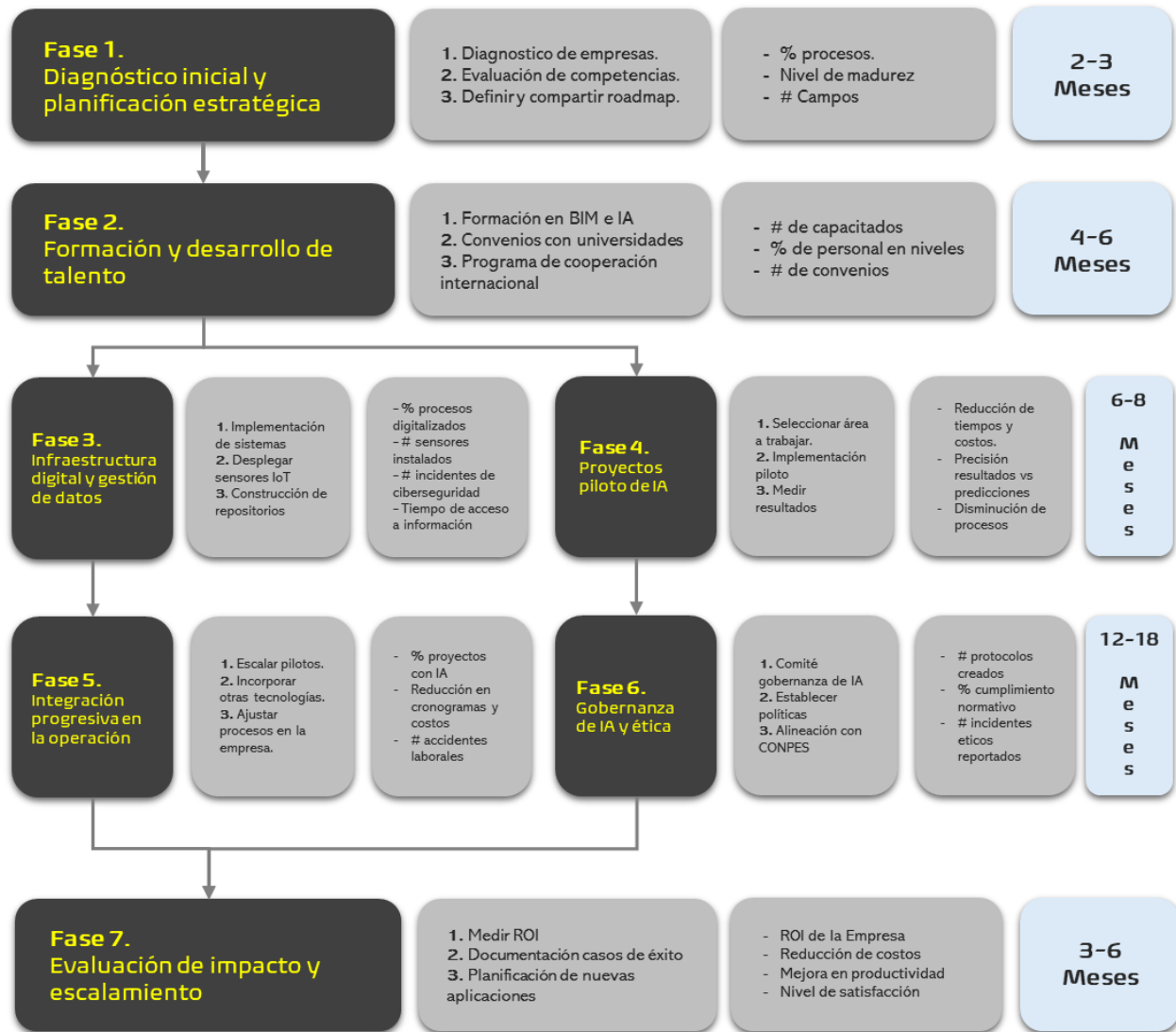
La adopción de la Inteligencia Artificial (IA) en la construcción Bogotana necesita de un enfoque metodológico estructurado, que permita ser el camino hacia una transición medible y sostenible. Se decide utilizar el marco TOE (Technology-Organization-Environment), reconocido en estudios de innovación tecnológica, ya que permite articular los tres pilares del entorno, capacidades técnicas, preparación organizacional y el contexto regulatorio (Jeff Baker, 2011). Este marco de trabajo se eligió frente a otros como el Technology Adoption Lifecycle o el Digital Maturity Model, porque brinda una visión integral y aplicable a empresas constructoras sin importar su tamaño y si están o no afiliadas a CAMACOL Bogotá, donde existen desde grandes firmas con capacidades avanzadas hasta pymes con brechas digitales notorias.

Se plantean siete fases de implementación que combinan aspectos tecnológicos, organizacionales y regulatorios. Cada fase con tres pasos concretos, indicadores clave de desempeño (KPI), tiempos estimados y requerimientos de las empresas constructoras, asegurando la viabilidad del plan.

Esta propuesta, no solo responde a la necesidad de superar las barreas identificadas en la 1° Cumbre de IA en la Construcción organizada por CAMACOL, donde se destacó la falta de conocimiento y la escasez de talento especializado como principales obstáculos (Guillermo Herrera, 2025), sino que también agrega elementos de la Política Nacional de IA (CONPES 4144) y prácticas internacionales de referencia, como la cooperación académica y tecnológica con China, líder mundial de productividad y robotización constructiva (David Janna, 2025).

Figura 27

Ruta de adopción de la IA en la construcción.



Nota. Elaboración por el autor

**Fase 1. Diagnóstico inicial y planificación estratégica**

1. Diagnosticar y extraer información sobre el nivel de digitalización en las empresas constructoras a través de una encuesta regional.
2. Evaluar las competencias digitales de los participantes en el estudio mediante entrevistas a los encargados de proyectos.

3. Definir y compartir un roadmap inicial priorizando los campos de uso prácticos, con alto impacto y esfuerzo razonable para todo tipo de empresas.

*Medibles:*

- Porcentaje de procesos digitalizados en el proyecto
- Nivel de madurez digital (bajo, intermedio, avanzado)
- Numero de campos de uso priorizados

Tiempo estimado: 2-3 meses

Se requiere de las empresas el acceso a datos internos, disposición de equipos técnicos y administrativos para las entrevistas.

***Fase 2. Formación y desarrollo de talento***

1. Diseñar e impartir programas de formación en BIM, analítica de datos e IA

2. Promover certificaciones externas y convenios con universidades nacionales para la formación empresarial.

3. Establecer un programa de cooperación internacional, especialmente con universidades y empresas chinas que quieran contratar obras en Colombia, para la transferencia de conocimiento en construcción modular, robotización y aplicación de IA en obra.

*Medibles:*

- Número de empresas y empleados capacitados
- Porcentaje de personal en niveles intermedio/avanzado en BIM e IA
- Numero de convenios internacionales activados

Tiempo estimado: 4-6 meses (en paralelo con otras fases)

Se requiere presupuestas el esfuerzo para la formación, la firma de acuerdos con gremios y disponibilidad de tiempo de las empresas para las capacitaciones sobre los temas.

***Fase 3. Infraestructura digital y gestión de datos***

1. Implementación de sistemas BIM integrados con módulos de IA y analítica
2. Desplegar sensores IoT en obra para monitoreo de seguridad, calidad y productividad.
3. Construir repositorios centralizados (data lakes) con protocolos de ciberseguridad

***Medibles:***

- Porcentaje de procesos digitalizados
- Numero de sensores instalados
- Número de incidentes de ciberseguridad
- Tiempo promedio de acceso a información critica

Tiempo estimado: 6-8 meses.

Los requerimientos en esta fase son la inversión en hardware/software, alianzas con proveedores tecnológicos y políticas de gestión de datos en el sector.

***Fase 4. Proyectos piloto de IA***

1. Seleccionar un área critica a gestionar como la planificación predictiva o control de calidad
2. Implementación piloto en el área seleccionada sobre el proyecto específico
3. Medir los resultados de la implementación vs los esperados sin ella y ajustar

***Medibles:***

- Reducción en costos y tiempos frente a métodos tradicionales
- Precisión de predicciones vs resultados reales
- Disminución de reprocesos

Tiempo estimado: 4-6 meses por piloto

Se requiere la apertura de proyectos piloto, un equipo multidisciplinario por empresa compuesto por ingenieros, administración y apoyo gerencial.

***Fase 5. Integración progresiva en la operación***

1. Escalar los pilotos exitosos a el restante posible por empresa
2. Incorporar otras tecnologías piloto complementarias como drones y robótica
3. Ajustar procesos internos para consolidar la IA en los flujos de trabajo cotidianos

*Medibles:*

- Porcentaje de proyectos que usan IA
- Reducción promedio de desviación en cronogramas y costos
- Tasa de accidentes laborales tras implementación

*Tiempo estimado: 12 – 18 meses.*

Los requerimientos a la empresa es tener un presupuesto establecido y sostenido antes de la implementación, compromiso de la alta dirección y monitoreo constante de resultados.

***Fase 6. Gobernanza de IA y ética***

1. Crear un comité interno de gobernanza de IA.
2. Establecer políticas sobre transparencia, aplicabilidad y protección de datos.
3. Alinear los protocolos con la Política Nacional de IA (CONPES 4144).

*Medibles:*

- Numero de protocolos creados
- Porcentaje de cumplimiento normativo
- Número de incidentes éticos reportados

Tiempo estimado: 3-4 meses para la instalación inicial (gestión continua a partir de feedbacks).

Se requiere participación de los equipos legales de la empresa, manuales de ética y auditorias periódicas.

***Fase 7. Evaluación de impacto y escalamiento***

1. Medir el ROI y comparar con la línea base definida en la Fase 1.

2. Documentar casos de éxito y lecciones aprendidas.
3. Planificar nuevas aplicaciones y escalamiento sectorial como la participación en proyectos

piloto liderados por CAMACOL

*Medibles:*

- ROI de la empresa (meta >15% en tres años)
- Reducción de costos internos (10 – 15 %)
- Mejora en productividad (m2 construidos/hombre)
- Nivel de satisfacción de clientes y empleados.

*Tiempo estimado: 3 – 6 meses (revisión anual).*

Se requiere acceso a los indicadores históricos de los proyectos en la empresa, informes de impacto y la disposición para compartir los resultados con el gremio.

Este camino propone una adopción progresiva sin ser paulatina, medible y flexible de la IA en la construcción bogotana, adaptada a empresas de distintos tamaños. Incorpora el diagnostico sectorial de CAMACOL, indicadores específicos, y la cooperación internacional con el mejor país en la actualidad respecto a estas tecnologías, como estrategia de mitigación en las brechas tecnológicas. Además, se alinea con la Política Nacional de IA (CONPES 4144), garantizando sostenibilidad, transparencia y competitividad por un periodo de tiempo.

### **Discusión**

La presente investigación aporta evidencia empírica y documental sobre el estado actual de la inteligencia artificial (IA) en la construcción colombiana, desde una perspectiva tanto local como global. A través de la encuesta aplicada a empresas constructoras ligadas a CAMACOL Bogotá con proyectos de construcción activos, se confirma una implementación práctica incipiente. Esta dualidad revela una brecha estructural entre expectativa e integración real de la tecnología. Estos resultados se encuentran en la misma línea de los hallazgos presentados en la 1° Cumbre de IA en la Construcción, donde se reveló que el 84% de las empresas del sector aún no han iniciado la adopción de IA y apenas el 15% cuentan con pilotos en marcha a través de chatbots mayoritariamente (Guillermo Herrera, 2025), confirmando que la brecha observada en la encuesta ejecutada con las empresas Bogotanas seleccionadas es representativa de la situación nacional.

Una de las principales fortalezas del estudio es la combinación de análisis bibliométrico, revisión de casos de éxito y trabajo de campo, lo cual permitió abordar la temática con rigor multimetodológico. Sin embargo, también se deben reconocer sus limitaciones. Primero, el enfoque geográfico circunscrito a Bogotá y a empresas afiliadas a CAMACOL implica que los hallazgos no pueden generalizarse automáticamente a todo el país. Segundo, si bien la muestra estadística es representativa dentro de los criterios establecidos, no captura la percepción de otros actores relevantes del ecosistema (como interventores, arquitectos diseñadores o proveedores tecnológicos), cuya visión podría complementar el análisis. No obstante, la encuesta nacional BIM 2025 de CAMACOL mostro coincidencias importantes: la falta de conocimiento (28%) y la escasez de talento especializado (19%) son percibidas como las principales barreras de adopción de IA en el país (Guillermo Herrera, 2025), lo que valida que las limitaciones observadas en Bogotá reflejan también problemáticas a nivel general del sector.

Además, aunque se identificaron casos de éxito relevantes a nivel internacional y un caso colombiano robusto (Aeropuerto El Dorado), no fue posible encontrar múltiples experiencias nacionales

formalmente documentadas, lo que revela una debilidad en la sistematización de aprendizajes locales. Esta escasez de evidencia técnica nacional, junto con la falta de políticas gubernamentales concretas sobre IA en el sector construcción, limita la capacidad de formulación de estrategias publicas basadas en evidencia.

En cuanto a la hipótesis planteada, los resultados tienden a confirmarla parcialmente: la percepción de beneficios de la IA en la construcción es alta, pero el nivel de conocimiento y aplicación concreta es bajo, como lo demuestran las medias de 2.1 a 2.4 en ítems clave. Las correlaciones negativas entre percepción idealizada y bajo conocimiento técnico también revelan el riesgo de una narrativa superficial sobre la IA, sin sustento practico. Esto se refuerza con el hecho de que, a nivel nacional, el 47.6% del sector constructor percibe la IA como estratégica a corto plazo, pero la mayoría aún se encuentra en fases tempranas de exploración (Guillermo Herrera, 2025).

Por tanto, el principal aporte del estudio no es solo constatar una realidad, sino señalar con precisión las condiciones que podrían cerrar esta brecha, en especial mediante estrategias de formación, documentación técnica, alianzas sectoriales y acompañamiento organizacional. Esta investigación abre así el camino hacia una agenda nacional estructurada sobre IA en la construcción, que hasta ahora no ha sido formulada.

### **Conclusiones**

El análisis bibliométrico de más de 500 documentos permitió evidenciar que la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un eje de innovación bastante relevante en la industria de la construcción a nivel global con crecimiento exponencial. Sus aplicaciones más relevantes se encuentran en la planificación predictiva de proyectos, la gestión de riesgos, diseño generativo, automatización en obra y control de calidad mediante visión por computadora. La integración con metodologías BIM y el uso de machine learning han hecho destacar a China, Estados Unidos, Dubái y Australia como países líderes en esta transformación tecnológica. Así, se confirma que la IA tiene un impacto significativo en términos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad en el entorno constructivo internacional. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías es a partir de softwares privados donde no se explica cómo se implementa o una metodología de implementación, solo se evalúa su impacto en los rendimientos del proceso en obra.

En Bogotá, las empresas afiliadas a CAMACOL con proyectos en ejecución, la adopción de IA en la construcción se encuentra en una fase incipiente. Las principales barreras identificadas incluyen la escasa formación técnica, ausencia de liderazgo digital, baja inversión en infraestructura digital, y una débil documentación de experiencias locales. Sin embargo, también se identifican oportunidades claras, como el existente interés creciente por parte del sector empresarial y académico en explorar su implementación, como lo demuestra el alto nivel de aceptación de la IA y el interés por formarse en esta área.

La revisión de casos permitió identificar cinco experiencias destacadas en el uso de IA aplicada a la construcción, tres de ellas a nivel internacional (EE.UU., Dubai y Perú) y una en Colombia (Aeropuerto El Dorado). Estos casos ilustran como la IA puede generar mejoras cuantificables en tiempo, costos, seguridad y eficiencia, siempre que su implementación este acompañada de una infraestructura adecuada y un liderazgo digital claro. Esta evidencia permite afirmar que, si bien las rutas de adopción

no son directamente replicables, si ofrecen ideas y aprendizajes técnicos, estratégicos y posiblemente transferibles al entorno de la ciudad.

La investigación confirma parcialmente la hipótesis planteada. Las empresas encuestadas perciben a la IA como una herramienta beneficiosa para la eficiencia y la reducción de costos. Sin embargo, su conocimiento sobre aplicaciones concretas es limitado, y la implementación practica aun es marginal. La diferencia entre percepción y conocimiento técnico representa una brecha critica que debe ser abordada.

Se identifica la necesidad urgente de construir una estrategia sectorial para la adopción de la IA en la construcción de Colombia, articulando a gremios como CAMACOL, entidades académicas y empresas constructoras. La falta de lineamientos institucionales y de experiencias documentadas limita el avance del país en esta área clave para la competitividad y sostenibilidad del sector.

### **Trabajo futuro**

A partir de los resultados obtenidos, se proponen las siguientes líneas de investigación y acción futura:

#### **Diseño de un modelo de madurez digital con un enfoque en IA para empresas constructoras:**

Adaptado al contexto colombiano, que permita evaluar su preparación en infraestructura, talento humano, cultura organizacional y procesos tecnológicos.

#### **Desarrollo de un observatorio nacional sobre la IA en la construcción:**

Vinculado a CAMACOL o universidades, que documente de manera sistemática los casos de adopción, softwares utilizados, resultados y lecciones aprendidas, con el fin de fortalecer la evidencia técnica en el país.

#### **Investigación de impacto de IA en productividad real de obra:**

Mediante estudios comparativos de obras con y sin tecnologías basadas en IA, evaluando variables como reducción de errores, ahorro de tiempo, costos y mejora en la seguridad.

#### **Exploración de algoritmos específicos aplicables al contexto colombiano:**

Como modelos de predicción de avance físico, detección de fallas constructivas mediante visión computacional, o gestión inteligente de la logística en entornos urbanos densos.

#### **Propuestas de políticas públicas sectoriales:**

Que incorporen la IA como eje transversal en la estrategia nacional de construcción sostenible y digitalización de infraestructura.

### Referencias

- Abdullah Alsehami, Lauri Koskela, & Patricia Tzortzopoulos. (2013). Need for alternative research approaches in construction management: Case of delay studies. *Journal of Management in Engineering*, 29, 407–413. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.000014](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.000014)
- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Davila Delgado, J. M., Bilal, M., Akinade, O. O., & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. En *Journal of Building Engineering* (Vol. 44). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299>
- Adebayo, Y., Udoh, P., Kamudiyariwa, X. B., & Osobajo, O. A. (2025). Artificial Intelligence in Construction Project Management: A Structured Literature Review of Its Evolution in Application and Future Trends. *Digital*, 5(3), 26. <https://doi.org/10.3390/digital5030026>
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2016). *Imagining construction's digital future*. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/imagining%20constructions%20digital%20future/imagining-constructions-digital-future.pdf>
- Andrew Singer. (2024). Stakes Rising In The US-China AI Race. *Global finance*. <https://gfmag.com/economics-policy-regulation/us-china-competition-generative-ai/>
- Ankitha VP. (2024, septiembre 11). *AI in Construction: Key Benefit, Challenges and Trends*. <https://www.toobler.com/blog/ai-in-construction-benefits-challenges>
- ANMOPYC. (2024, noviembre 22). *Construyes 2024: Construyendo el futuro con IA*. <https://www.anmopyc.es/es/article/construyes-2024-construyendo-el-futuro-con-ia#:~:text=conseguir%20ahorrar%200,soluci%C3%B3n%20%C3%B3ptima%20sin%20errores%20que>

Aquino, J. De, & Gomes, L. (2024). *A Framework for AI Implementation in Construction: Use Cases, A Framework for AI Implementation in Construction: Use Cases, Challenges, and Benefits for Contractors Challenges, and Benefits for Contractors*. <https://doi.org/10.13023/etd.2024.542>

Arcus Global. (2024, abril 6). *El rol de inteligencia artificial en la construcción en Colombia | Arcus Global*. <https://www.arcus-global.com/wp/el-rol-de-inteligencia-artificial-en-la-construccion-en-colombia/>

Autodesk. (2025, agosto 22). *IA en construcción: Creatividad y productividad para un mundo mejor* .

Bustos Rosales, A., Barrón Bastida, M., Zamora Domínguez, A. R., & Ascencio Laguna, J. A. (2024). *Estado del arte de los estudios en inteligencia artificial aplicada en la gestión de cadenas de suministro*.

Calzadilla, C. M. (2024). *El rol de inteligencia artificial en la construcción en Colombia | Arcus Global*.

<https://www.arcus-global.com/wp/el-rol-de-inteligencia-artificial-en-la-construccion-en-colombia/>

CAMACOL. (2023, junio 14). *Colombia también construye con inteligencia artificial (IA)*.

CAMACOL. (2024, noviembre 8). *Inteligencia Artificial, una herramienta para la transformación digital urbana*. <https://camacol.co/prensa/noticias/inteligencia-artificial-una-herramienta-para-la-transformacion-digital-urbana>

Cano Molina, A. E., & Díaz Penagos, G. M. (2023). *Retos de la Inteligencia Artificial en Colombia. Un diagnóstico de los principales*.

Cruz Salazar, L. A., Gil, S., Rueda Carvajal, G. D., Sánchez-Zuluaga, G. J., & Zapata-Madrigal, G. D. (2024).

AI in assessing Industry 4.0 adoption in Colombia: a case study approach. *IFAC-PapersOnLine*, 58(8), 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.067>

Datta, S. D., Islam, M., Rahman Sobuz, M. H., Ahmed, S., & Kar, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. En *Heliyon* (Vol. 10, Número 5). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>

David J Chalmers. (1996). *The Conscious Mind*. Oxford University Press.

David Janna. (2025, agosto 22). *Entendiendo a China: El futuro se escribe en mandarín*.

dc hub. (2024, diciembre 3). *Navigating the intersection of technology, AI and construction: Realities and prospects*. Construction, Digital Construction. <https://dchub.me/digital-construction/construction/navigating-the-intersection-of-technology-ai-and-construction-realities-and-prospects/#:~:text=pilot%20for%20integrating%20AI,risks%20while%20proposing%20mitigation%20measures>

Dockery, D. (2024, diciembre 19). *AI in Construction Has Landed*.

<https://www.constructconnect.com/blog/ai-in-construction-has-landed>

Documento CONPES 3975 (2019).

Documento CONPES 4144 (2025).

Editorial Team. (2025, enero 20). *Inteligencia Artificial en gestión de construcción: ejemplos prácticos para la administración de proyectos - BibLus*. <https://biblus.accasoftware.com/es/inteligencia-artificial-en-gestion-de-construccion-ejemplos-practicos-para-la-administracion-de-proyectos/>

Egwim, C. N., Alaka, H., Demir, E., Balogun, H., Olu-Ajayi, R., Sulaimon, I., Wusu, G., Yusuf, W., & Muideen, A. A. (2024). Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Systematic Review of the Entire Construction Value Chain Lifecycle. En *Energies* (Vol. 17, Número 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en17010182>

Ferrera, S. D. (2024). *Exploring the impact of artificial intelligence on project management across the manufacturing, technology, and construction industries*. <https://digitalcommons.harrisburgu.edu/dandt>

- Flor Angie Baena. (2025, agosto 25). *¿Cómo avanza la inteligencia artificial en la construcción en Colombia?* <https://www.lafm.com.co/tecnologia/como-avanza-la-inteligencia-artificial-en-la-construccion-en-colombia>
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*.
- Gilbert Ryle. (2003). *The Concept of Mind*.
- Goertzel, B. (2014). Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 5(1), 1–48. <https://doi.org/10.2478/jagi-2014-0001>
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. Bantam Books.
- Gómez Rodríguez, G. N., Álvarez Sanabria, A. F., & Sarmiento Rojas, J. A. (2025). Proyectos preliminares relacionados con LC, BIM e IA en la industria de construcción. *Ingeniería y Competitividad*, 27(1). <https://doi.org/10.25100/iyc.v27i1.14401>
- Goncalves, S., Fong, P.-C., & Blokhina, M. (2022). Tun Hwa South Road. En *International Medical* (Vol. 12, Número 1). [www.ajcr.us/](http://www.ajcr.us/)
- Google Academico. (2025). *Busqueda IA en Construcción*. <https://scholar.google.com/?hl=es>
- Guillermo Herrera. (2025, agosto 21). *IA en Colombia*.
- Harnad Stevan. (1990). *Harnad symbol grounding*. 42(1–3), 335–346. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0167-2789\(90\)90087-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0167-2789(90)90087-6)
- harvardaviation. (2024, junio 7). *The Economic Impact of Construction on Global Markets*. construction. <https://www.harvardaviation.com/the-economic-impact-of-construction-on-global-markets/>
- Ivanova, S., Kuznetsov, A., Zverev, R., & Rada, A. (2023). Artificial Intelligence Methods for the Construction and Management of Buildings. En *Sensors (Basel, Switzerland)* (Vol. 23, Número 21). <https://doi.org/10.3390/s23218740>

Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2024a). Artificial intelligence in project management: case of construction and civil works. *European Public and Social Innovation Review*, 9.

<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1615>

Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2024b). Artificial intelligence in project management: case of construction and civil works. *European Public and Social Innovation Review*, 9.

<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1615>

Jeff Baker. (2011). *The technology-organization-environment framework* (pp. 231–245).

Khan, A. A., Bello, A. O., Arqam, M., & Ullah, F. (2024). Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects: A Review of Challenges and Mitigation Strategies. En *Technologies* (Vol. 12, Número 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/technologies12100185>

Kurt Schlosser. (2024, junio 3). *AI-backed robots roll through Seattle construction site, speeding build process and improving safety*. <https://www.geekwire.com/2024/ai-backed-robots-roll-through-seattle-construction-site-speeding-build-process-and-improving-safety/#:~:text=Skanska%2C%20the%20project%20development%20and,kind%20on%20the%20West%20Coast>

Luciano Floridi. (2011). *The Philosophy of Information*. University of Oxford.

Maisueche Cuadrado, A. (2019). *UTILIZACIÓN DEL MACHINE LEARNING EN LA INDUSTRIA 4.0*.

Marketing MCAD. (2024). *El papel de la inteligencia artificial en la construcción*. <https://mcad.co/el-papel-de-la-inteligencia-artificial-en-la-construccion/>

Mateusz Brodowicz. (2025, marzo 10). *El impacto de la inteligencia artificial en el sector de construcción en América Latina*. <https://aithor.com/essay-examples/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-el-sector-de-construccion-en-america-latina>

- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1956). A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*.
- Mendoza, J. G., Quispe, M. B., & Muñoz, S. P. (2022). *Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción*.
- Ministerio TIC. (2025, febrero 15). *Con aprobación de Conpes de IA, Colombia cuenta con Política Pública para el desarrollo de la Inteligencia Artificial*. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/399915:Con-aprobacion-de-Conpes-de-IA-Colombia-cuenta-con-Politica-Publica-para-el-desarrollo-de-la-Inteligencia-Artificial>
- Na, S., Heo, S., Choi, W., Kim, C., & Whang, S. W. (2023). Artificial Intelligence (AI)-Based Technology Adoption in the Construction Industry: A Cross National Perspective Using the Technology Acceptance Model. *Buildings*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/buildings13102518>
- Noemi Martinez. (2024, mayo 15). *Oboria Digital y la esfera de Las Vegas: la inteligencia artificial al servicio del diseño de arquitectura*.
- Obinnaya Chikezie Victor, N. (2022). *Adoption of Artificial Intelligence for Optimum Productivity in the Construction Industry*. <https://doi.org/10.20944/preprints202211.0517.v1>
- Ocampo, L. Z. (2025). *COLOMBIA Scientific ecosystems and enablers of artificial intelligence*.
- OPAIN SAS. (2024). *Aeropuerto Internacional El Dorado: Un salto hacia la transformación tecnológica*. <https://www.esri.co/es-co/nosotros/casos-de-exito/inicio/aeropuerto-internacional-el-dorado-un-salto-hacia-la-transformacion-tecnologica>
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. En *Automation in Construction* (Vol. 122). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>

Prasanth M K, S. (2024, octubre 11). *Top 10 AI Use Cases Transforming Project Management Across Various Industries*. <https://www.nimblework.com/blog/ai-use-cases-project-management/>

Rane, N. (2023). Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4616055>

Redaccion Arcus Global. (2024, abril 6). *¿Cómo ayuda la inteligencia artificial en la construcción?* <https://www.mundoposgrado.com/inteligencia-artificial-en-la-construccion/>

REDACCIÓN INNOVANDO. (2025). *El 70% de las empresas del sector planea utilizar la Inteligencia Artificial en la construcción a corto plazo*. <https://innovandoenlaconstruccion.com/inteligencia-artificial-construccion/>

Regona, M., Yigitcanlar, T., Xia, B., & Li, R. Y. M. (2022). Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>

RICS. (2025, septiembre 12). *RICS artificial intelligence in construction report 2025*. [https://www.rics.org/news-insights/artificial-intelligence-in-construction-report?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.rics.org/news-insights/artificial-intelligence-in-construction-report?utm_source=chatgpt.com)

Rudge, S. (2024, septiembre 17). *The Rise of Artificial Intelligence in Construction*. <https://construction-today.com/news/the-rise-of-artificial-intelligence-in-construction/>

Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4a ed.). Pearson Education.

Sambola, D.-M. (2023). *Inteligencia Artificial en la Educación: Estado del Arte Artificial Intelligence in Education: State of the Art*. <http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani>

Santiago López, J., Úbeda Mansilla, P., & Roldán Riejos, A. M. (2011). *The Language of Architecture and Civil Engineering*. CAMBRIDGE SCHOLARS.

SCOPUS. (2025). *Busqueda IA en Construcción*. <https://acortar.link/UEEEvN>

Searle, J. R. (1984). *Mentes, cerebros y ciencia*.

<http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/04/84/bbs00000484-00/bbs.searle2.html>

Soto, C. (2024, diciembre 6). *How to Use AI in Construction: 15 Examples & Benefits - OpenAsset*.

<https://openasset.com/blog/how-to-use-ai-in-construction/>

*Special report 08/2024: EU Artificial intelligence ambition. (s/f)*.

Sternberg, R. J., & Salter, W. (1982). *Conceptions of intelligence* (Vol. 1). Cambridge University Press.

Stryker, C., & Holdsworth, J. (2024, septiembre 11). *¿Qué es el procesamiento de lenguaje natural (PLN)?*

*/ IBM*. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/natural-language-processing>

Web Of Science. (2025). *Busqueda IA en Construcción*. <https://acortar.link/U6LwCf>

WORLD ECONOMIC FORUM. (2025). *Engineering and Construction*.

[https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm\\_source=4fb996aa-d3f3-](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[4927-a5e7-](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[ea9cc60a8e3a&utm\\_medium=InSIW&utm\\_campaign=https://www.weforum.org/&utm\\_content=i](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[frame\\_implementation.](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm\\_source=4fb996aa-d3f3-](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[4927-a5e7-](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[ea9cc60a8e3a&utm\\_medium=InSIW&utm\\_campaign=https://www.weforum.org/&utm\\_content=i](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

[frame\\_implementation](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000pTDgEAM?utm_source=4fb996aa-d3f3-4927-a5e7-)

ANEXOS

Anexo A. INSTRUMENTO APLICADO

INFORMACIÓN GENERAL Y DATOS DEMOGRAFICOS

		Opciones							
	1	Rango de edad:	20 a 30 años	31 a 40 años	41 a 50 años	Mas de 51 años			
Preguntas	2	Rol actual en el proyecto o la empresa:	Gerente	Director de proyecto	Coordinador	Supervisor	Interventor	Profesional Residente	Otros
	3	Nombre de la empresa o entidad para la cual trabaja	Pregunta abierta						
	4	Breve descripción del proyecto actual	Pregunta abierta						

A. VARIABLE 1. PERCEPCIÓN sobre la Inteligencia Artificial en la Construcción Instrucción

Preguntas	1	Percibe que la inteligencia artificial tiene el potencial de generar beneficios significativos en la gestión de proyectos de construcción.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
	2	Considero que la IA puede ayudar a resolver ineficiencias en los procesos constructivos.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
	3	Desde su punto de vista, ¿cree que la implementación de la inteligencia artificial puede mejorar la calidad y precisión de los procesos constructivos?	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
	4	Considera que la IA puede ofrecer soluciones más innovadoras para los desafíos en la construcción.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
	5	Opina que la inteligencia artificial puede mejorar la eficiencia operativa en los proyectos de construcción.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)

B. VARIABLE 2. CONOCIMIENTO sobre la Inteligencia Artificial

<b>Preguntas</b>	1	De forma breve y con sus propias palabras, defina qué entiende por inteligencia artificial. Esta pregunta busca explorar su comprensión general sobre el concepto.	Pregunta abierta				
	2	Cuál es su nivel de conocimiento sobre la aplicación de la IA en la optimización del diseño de edificios e infraestructuras.	Ningún conocimiento (1)	Poco conocimiento (2)	Intermedio (3)	Buen conocimiento (4)	Conocimiento experto (5)
	3	Cuál es su nivel de conocimiento sobre el uso de la IA para la predicción de información relevante del proyecto (ej. plazos, costos).	Ningún conocimiento (1)	Poco conocimiento (2)	Intermedio (3)	Buen conocimiento (4)	Conocimiento experto (5)
	4	Cuál es su nivel de conocimiento sobre el uso de la IA para el monitoreo de seguridad en sitios de construcción.	Ningún conocimiento (1)	Poco conocimiento (2)	Intermedio (3)	Buen conocimiento (4)	Conocimiento experto (5)
	5	¿Podría mencionar procesos o departamentos específicos dentro de su organización donde se haya implementado inteligencia artificial? Por ejemplo: planificación, compras, control de obra, seguridad, recursos humanos, etc.	Pregunta abierta				
	6	¿Cuáles de los siguientes conceptos asocia usted con la inteligencia artificial? (Seleccione todas las que apliquen)	.-Aprendizaje automático (Machine Learning) .- Redes neuronales .- Procesamiento del lenguaje natural (NLP) .- Visión por computadora .- Robótica .- Big Data .- Internet de las Cosas (IoT) .- Gemelos Digitales (Digital Twins) .-Ninguno de los anteriores				
	7	¿Conoce algún caso de éxito documentado sobre la implementación de Inteligencia Artificial en el sector de la construcción?	Pregunta de respuesta abierta, con opción de "No"				

**C. VARIABLE 3. FORMACIÓN en Inteligencia Artificial para la Construcción**

<b>Preguntas</b>	1	Esta interesado(a) en ampliar los conocimientos sobre cómo aplicar la inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción.	Nada interesado (1)	Poco interesado (2)	Neutral (3)	Interesado (4)	Muy interesado (5)
	2	La formación en inteligencia artificial debería ser parte del desarrollo profesional de los gerentes de proyectos o carreras a fines en el sector construcción.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo(4)	Totalmente de acuerdo (5)

3	La brecha de formación en inteligencia artificial es uno de los principales desafíos para su aplicación en obras de construcción.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo(4)	Totalmente de acuerdo (5)
4	Encontrar personal con formación adecuada en inteligencia artificial para el sector de la construcción en Colombia.	No tiene dificultad (1)	Poca dificultad (2)	Dificultad moderada (3)	Bastante dificultad (4)	Representa un desafío (5)
5	La organización para la que trabaja muestra interés en incorporar soluciones basadas en inteligencia artificial.	Nada interesado (1)	Poco interesado (2)	Neutral (3)	Interesado (4)	Muy interesado (5)

**D. VARIABLE 4. APLICACIÓN de la Inteligencia Artificial en la Construcción**

Preguntas	1	¿Ha utilizado alguna herramienta o software basado en inteligencia artificial en sus proyectos de construcción? (Sí/No)	Pregunta cerrada (Si/No) Si, Se abren 3 preguntas mas sobre su aplicación No, Se mueve a la pregunta final				
	2	De la siguiente lista de herramientas basadas en inteligencia artificial, por favor seleccione aquellas que usted ha utilizado o cuya implementación conoce en proyectos de construcción en los que ha participado:	.- Autodesk Construction Cloud (con IA para análisis predictivo) - Oracle Primavera con módulos de IA - Procore con herramientas de IA - PlanRadar - ALICE Technologies (planificación automatizada) - Buildots (seguimiento automatizado con IA) - OpenSpace.ai (documentación visual y análisis automático) - Revizto - Smartvid.io (seguridad en obra con IA) - BIM 360 con automatizaciones - Chatbots para soporte técnico o administrativo - Herramientas personalizadas desarrolladas internamente con IA - Otro (especifique): _____				
	3	La aplicación de IA en la gestión de costos de los proyectos es viable y beneficiosa.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo(4)	Totalmente de acuerdo (5)
	4	La aplicación de IA en la planificación y gestión de tiempos de los proyectos es viable y beneficiosa.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo(4)	Totalmente de acuerdo (5)
	5	Indique su nivel de acuerdo: Veo factible la aplicación de software con IA integrada para la gestión de proyectos en mi entorno laboral actual o futuro cercano.	Totalmente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	Acuerdo(4)	Totalmente de acuerdo (5)



		conocimiento a 5: Conocimiento experto)						
	4	Cual es su nivel de conocimiento sobre el uso de la IA para el monitoreo de seguridad en sitios de construcción. (1: Ningún conocimiento a 5: Conocimiento experto)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
	5	¿Podría mencionar procesos o departamentos específicos dentro de su organización donde se haya implementado inteligencia artificial? Por ejemplo: planificación, compras, control de obra, seguridad, recursos humanos, etc.	0.67	0.67	1.00	1.00	1.00	<b>0.87</b>
	6	¿Cuáles de los siguientes conceptos asocia usted con la inteligencia artificial? (Seleccione todas las que apliquen) Aprendizaje automático (Machine Learning) Redes neuronales Procesamiento del lenguaje natural (NLP) Visión por computadora Robótica Big Data Internet de las Cosas (IoT) Gemelos Digitales (Digital Twins) Ninguno de los anteriores	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
	7	¿Conoce algún caso de éxito documentado sobre la implementación de Inteligencia Artificial en el sector de la construcción? (Pregunta de respuesta abierta, con opción de "No")	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
<b>C. VARIABLE 3. FORMACIÓN en Inteligencia Artificial para la Construcción</b>			<b>EVALUADOR 1</b>	<b>EVALUADOR 2</b>	<b>EVALUADOR 3</b>	<b>EVALUADOR 4</b>	<b>EVALUADOR 5</b>	<b>V DE AIKEN</b>
<b>Preguntas</b>	1	Esta interesado(a) en ampliar los conocimientos sobre cómo aplicar la inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción.	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>0.93</b>

	2	La formación en inteligencia artificial debería ser parte del desarrollo profesional de los gerentes de proyectos o carreras a fines en el sector construcción.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3	La brecha de formación en inteligencia artificial es uno de los principales desafíos para su aplicación en obras de construcción.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	4	Encontrar personal con formación adecuada en inteligencia artificial para el sector de la construcción en Colombia (1 Facilidad - 5 Un desafío)	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
	5	La organización para la que trabaja muestra interés en incorporar soluciones basadas en inteligencia artificial.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>D. VARIABLE 4. APLICACIÓN de la Inteligencia Artificial en la Construcción</b>			<b>EVALUADOR 1</b>	<b>EVALUADOR 2</b>	<b>EVALUADOR 3</b>	<b>EVALUADOR 4</b>	<b>EVALUADOR 5</b>	<b>V DE AIKEN</b>
<b>Preguntas</b>	1	¿Ha utilizado alguna herramienta o software basado en inteligencia artificial en sus proyectos de construcción? (Sí/No)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	De la siguiente lista de herramientas basadas en inteligencia artificial, por favor seleccione aquellas que usted ha utilizado o cuya implementación conoce en proyectos de construcción en los que ha participado: - Autodesk Construction Cloud (con IA para análisis predictivo) - Oracle Primavera con módulos de IA - Procore con herramientas de IA - PlanRadar - ALICE Technologies (planificación automatizada) - Buildots (seguimiento automatizado con IA) - OpenSpace.ai (documentación visual y análisis automático)	1.00	0.67	0.67	1.00	0.67	0.80

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revizto</li> <li>- Smartvid.io (seguridad en obra con IA)</li> <li>- BIM 360 con automatizaciones</li> <li>- Chatbots para soporte técnico o administrativo</li> <li>- Herramientas personalizadas desarrolladas internamente con IA</li> <li>- Otro (especifique): _____</li> </ul>						
3	La aplicación de IA en la gestión de costos de los proyectos es viable y beneficiosa. (1: Totalmente en desacuerdo a 5: Totalmente de acuerdo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
4	La aplicación de IA en la planificación y gestión de tiempos de los proyectos es viable y beneficiosa. (1: Totalmente en desacuerdo a 5: Totalmente de acuerdo)	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>0.93</b>
5	Indique su nivel de acuerdo: Veo factible la aplicación de software con IA integrada para la gestión de proyectos en mi entorno laboral actual o futuro cercano. (1: Totalmente en desacuerdo a 5: Totalmente de acuerdo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>