

Mejores prácticas de inteligencia artificial para empresas de construcción en Bogotá:

Una mirada desde la ética, la seguridad y la eficiencia

Elaborado por:

Miguel Ángel Salazar Vidal

Lady Johanna López Elejalde

Juan Pablo Navas Solano

Mauricio Alejandro Narváez Guzmán

Ángelo Andrés Amado González

Universidad EAN

Seminario de Investigación

Bogotá

05/11/2025

Mejores prácticas de inteligencia artificial para empresas de construcción en Bogotá:

Una mirada desde la ética, la seguridad y la eficiencia

Resumen

La adopción de inteligencia artificial (IA) en el sector de la construcción en Bogotá enfrenta retos éticos, de seguridad y de gobernanza que limitan su implementación responsable (Soto & Ramírez, 2022; UNESCO, 2021). Este estudio tiene como objetivo establecer lineamientos alineados con estándares internacionales para garantizar transparencia, protección de datos y eficiencia HLEG (2019); Zhang, Chen & Xu, (2022).

La propuesta se fundamenta en literatura especializada y marcos regulatorios reconocidos.

Planteamiento del problema

La forma de construir está cambiando por los avances tecnológicos, incluyendo herramientas digitales como IA, que según Zhang, Li y Zhai (2022) hacen que haya mayor productividad, mejoran la seguridad en el trabajo y usan mejor los recursos. Pero, usar las tecnologías de la IA en "el sector de la construcción en Colombia", y especialmente en Bogotá, tiene muchos problemas que dificultan su uso correcto y bueno.

Las razones principales son: que no hay reglas internas para usar la IA, que las empresas del sector no tienen mucha formación técnica ni legal; y que no se conectan bien con las normas internacionales que hablan de la ética de la IA y cómo controlarla tecnológicamente (Jobin, Ienca y Vayena, 2019). Sobre esto, Camacol (2025) dice que la mayoría de las empresas constructoras en Colombia son Pequeñas y Medianas (PME), lo que las hace débiles y les dificulta conseguir tecnologías nuevas y crear normas para controlar lo digital.

En cuanto a la infraestructura, faltan personas capacitadas para manejar la implementación de soluciones de IA, y también hay pocos datos para que funcionen los programas (Abioye et al., 2021). Hacen falta valores éticos y no hay normas de seguridad digital que aseguren que se cuidan bien los datos personales, que los procesos automáticos son claros y que se toman decisiones de forma responsable (Soto y Ramírez, 2022).

Estos problemas se ven en las empresas constructoras: usan las soluciones tecnológicas por partes y sin normas de seguridad claras, los trabajadores no confían en la automatización por miedo a perder su empleo, hay riesgo de que se espíe y controle en el trabajo y es difícil que las pruebas de las soluciones de IA se usen en todos los procesos de la empresa (Liang et al., 2023).

Según lo que dicen Brynjolfsson y McAfee (2017), si se usan sistemas inteligentes sin normas que lo controlen, puede haber errores en las predicciones, fallos técnicos que cambian lo que se espera al obtener datos para la seguridad en el trabajo, y que la gente deje de creer en el sistema. La UNESCO (2021) y la Comisión Europea HLEG (2019), han dado normas éticas internacionales para intentar asegurar que la IA sea fiable en general, pero en Colombia esto está empezando (MinTIC, 2023).

Si esto no se arregla, la protección de la información mostrará qué tan débil es la industria de la construcción en Bogotá. Si no hay acciones claras y acordadas, las compañías podrían ampliar la brecha entre lo que la IA puede hacer y lo que realmente hace, causando problemas como costos más altos, más accidentes laborales e incluso castigos legales por no cuidar bien los datos personales (PNUD, 2024). No prestar atención a cómo se maneja la tecnología también podría hacer que la industria de la construcción sea menos competitiva en comparación con otros países donde la IA ya se usa con reglas más inteligentes y responsables (Floridi & Cowls, 2021).

Ante este problema, lo mejor es intentar crear un plan de acciones éticas, seguras y buenas que ayude a las empresas de construcción en Bogotá a usar la IA de forma responsable. Y este plan, aunque debe seguir las indicaciones internacionales como las Reglas para una IA confiable de la Unión Europea HLEG (2019) y la Sugerencia de la UNESCO (2021), debe ajustarse a la situación local: empresas divididas, falta de personas con conocimientos digitales y necesidad de mejorar la producción. Este plan de acciones no solo ayudará a reducir problemas legales, éticos y de trabajo, sino que también permitirá usar de forma continua los beneficios de la IA, mejorando la competencia y la sostenibilidad del sector (Liang et al., 2023; Camacol, 2025).

Por lo tanto ¿Cuáles son las mejores prácticas de inteligencia artificial para empresas de construcción de Bogotá, desde la ética, la seguridad y la eficiencia?

Objetivos

Objetivo general

Identificar las mejores prácticas de la IA para empresas de construcción en Bogotá, desde la ética, la seguridad y la eficiencia.

Objetivos específicos

1. Identificar las prácticas y políticas actuales relacionadas con el uso de la IA en las empresas del sector construcción en Bogotá.
2. Hacer un diagnóstico de las prácticas de IA en empresas de construcción en Bogotá, desde las perspectivas ética, seguridad y eficiencia, que permitan tener una línea base para esta investigación.
3. Diseñar un marco de prácticas, lineamientos y responsables que orienten a las empresas del sector de la construcción en Bogotá.
4. Evaluar la viabilidad y el nivel de aceptación de las prácticas desarrolladas en empresas del sector de la construcción en Bogotá.

Justificación

La inteligencia artificial (IA) constituye un recurso emergente con potencial para transformar el sector de la construcción, en la medida en que contribuye a incrementar la productividad, optimizar el uso de recursos y favorecer prácticas sostenibles (Zhang et al., 2022; Pan & Zhang, 2021). Sin embargo, su incorporación enfrenta limitaciones asociadas a la ausencia de marcos regulatorios consolidados, la insuficiencia de capital humano especializado en competencias digitales y las barreras culturales presentes en las organizaciones de la industria (Li et al., 2020; Martínez & González, 2023).

Este proyecto se justifica en la necesidad de brindar a las pequeñas y medianas empresas, que predominan en el sector, lineamientos claros que orienten una implementación responsable de IA. De no hacerlo, la adopción dividida de estas tecnologías podría generar riesgos de seguridad, desconfianza en los trabajadores y problemas legales por el manejo de datos sensibles (PNUD, 2024).

En este sentido, la investigación propone prácticas adaptadas al contexto local que fortalezcan la confianza organizacional y permitan aprovechar la IA de manera competitiva y sostenible.

Con ello se busca no solo reducir riesgos, sino también posicionar a la industria de la construcción de Bogotá como un sector innovador y socialmente responsable.

Marco Teórico

De conformidad a la investigación planteada a lo largo del escrito, es menester tener como referencia que la IA se ha consolidado como una de las tecnologías disruptivas más relevantes para los sectores productivos en la última década. De manera general, la IA se entiende como la capacidad de los sistemas informáticos para realizar tareas

que requieren inteligencia humana, tales como el aprendizaje, el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones o la resolución de problemas (Brynjolfsson & McAfee, 2017).

En el sector de la construcción, la adopción de inteligencia artificial (IA) enfrenta una brecha organizacional que trasciende los aspectos técnicos, pues también involucra factores humanos y culturales. La falta de profesionales con formación híbrida en construcción e IA limita la capacidad de las empresas para implementar estas tecnologías de manera efectiva (Zhang et al., 2022; Abioye et al., 2021). Además, se ha identificado una resistencia cultural al cambio, ya que tanto trabajadores como directivos expresan desconfianza hacia la automatización, motivada por el temor a la pérdida de empleos y por la percepción de complejidad de los sistemas (Liang et al., 2023).

No obstante, para enfrentar esta barrera existen diversos estudios donde destacan que la IA no solo optimiza la productividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental en la construcción, reduciendo desperdicios de materiales y optimizando el uso de energía (Soto & Ramírez, 2022; Camacol, 2025). Esto se relaciona con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por Naciones Unidas, lo que abre un debate sobre cómo integrar la innovación tecnológica con las metas globales de sostenibilidad (PNUD, 2024).

Es así como la IA se presenta como un habilitador clave, ejemplos de ello han destacado que el uso de la misma mejora la planificación, la gestión de riesgos y el control de calidad (Zhang et al., 2022). Entre los principales casos de uso, se encuentran los modelos predictivos para cronogramas y presupuestos, la utilización de visión por computador para inspecciones de obra, la creación de gemelos digitales (digital twins) para simular escenarios constructivos y la automatización de tareas repetitivas mediante robots inteligentes (Abioye et al., 2021).

Más allá de la capacidad técnica, el uso de la IA plantea dilemas éticos que deben ser considerados para evitar riesgos sociales y organizacionales. Autores como Jobin, Ienca y Vayena (2019) han identificado que existen más de 80 lineamientos de ética de IA a nivel mundial, que coinciden en principios como la transparencia, la justicia, la no discriminación, la responsabilidad y el respeto a la privacidad. De manera similar, Floridi y Cowls (2021) proponen un marco unificado de cinco principios para garantizar que la IA beneficie a la

sociedad sin generar exclusiones o riesgos indebidos.

En el ámbito internacional, se destacan las Directrices Éticas para una IA Confiable elaboradas por la Comisión Europea (High-Level Expert Group on AI, 2019), que enfatizan la importancia de garantizar supervisión humana, robustez técnica, privacidad y responsabilidad en el uso de datos. Asimismo, la UNESCO (2021) resalta la necesidad de que los países adapten la IA a marcos normativos que promuevan la equidad, la sostenibilidad y la protección de los derechos humanos.

Ahora bien, en Colombia el sector constructor presenta características particulares, como su alta fragmentación empresarial y predominio de pequeñas y medianas empresas, lo cual ralentiza la incorporación de tecnologías disruptivas (Camacol, 2025). La industria de la construcción enfrenta desafíos relacionados con la seguridad cuando se trata de aplicar IA, dado que los sistemas inteligentes interactúan con entornos físicos dinámicos como las obras civiles. Los riesgos abarcan desde fallos técnicos en sistemas autónomos hasta vulneraciones de datos sensibles de trabajadores, lo cual puede derivar en incidentes de seguridad y responsabilidades legales (Liang et al., 2023).

En este sentido, la gobernanza tecnológica es indispensable. Soto y Ramírez (2022) destacan que, en el contexto colombiano, aún existe un vacío en lineamientos empresariales para abordar de manera integral aspectos éticos, técnicos y normativos de la IA en construcción. De igual manera, organismos estatales como MinCiencias y MinTIC han diseñado estrategias que promueven la adopción ética y sostenible de la IA, pero su implementación en las empresas aún es incipiente (MinTIC, 2023; MinCiencias, s.f.). Si bien el panorama colombiano refleja una tensión entre las iniciativas públicas de promoción de la IA y la realidad de las empresas. Informes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2024) muestran que, si bien existe una hoja de ruta nacional para la adopción ética de IA, la mayoría de las empresas carecen de la infraestructura, los recursos humanos y los datos consolidados para su efectiva implementación.

En el caso específico de la construcción, Camacol (2025) evidencia que el gremio reconoce la necesidad de digitalización, pero muchas compañías aún enfrentan barreras como la falta de financiamiento, la escasez de talento digital y la resistencia cultural a la innovación. Esto refuerza la necesidad de proponer prácticas adaptadas al contexto local que integren ética, seguridad y eficiencia.

La literatura especializada señala que la implementación responsable de la inteligencia artificial (IA) en la construcción requiere marcos de prácticas estandarizados que integren principios éticos internacionales y estrategias de gestión empresarial (Floridi & Cowls, 2021; Jobin et al., 2019). Entre las recomendaciones más frecuentes se encuentran::

Capacitación en ética y uso de IA para el talento humano.

- Capacitación del talento humano en ética y uso responsable de la IA.
- Protocolos de transparencia y explicabilidad de algoritmos, de modo que las decisiones automatizadas puedan ser comprendidas y auditadas.
- Protección de datos personales y sensibles de trabajadores y clientes.
- Supervisión humana en procesos críticos, evitando que decisiones relacionadas con la seguridad dependan exclusivamente de sistemas automatizados (Zhang et al., 2022; Liang et al., 2023).

Gobernanza organizacional que articule la innovación tecnológica con políticas de responsabilidad social.

Estos lineamientos no solo reducen riesgos legales y reputacionales, sino que también aumentan la confianza de trabajadores, clientes y entes reguladores en la tecnología (UNESCO, 2021; High-Level Expert Group on AI, 2019). Es por ello por lo que, en la industria de la construcción, su aplicación ha ganado importancia debido a la posibilidad de optimizar procesos, reducir costos y aumentar la seguridad en los proyectos.

En síntesis, el marco teórico evidencia que la implementación de IA en la construcción tiene un gran potencial para optimizar procesos y mejorar la seguridad, pero también implica riesgos

éticos y de gobernanza que deben ser gestionados mediante prácticas responsables. La investigación propuesta busca contribuir a este debate al adaptar lineamientos internacionales al contexto particular del sector constructor en Bogotá.

Este tipo de visual amplia la explicación mostrando cómo cada eje representa un aspecto central y cómo se relacionan entre sí:



Figura 1
Dimensiones del Marco Teórico
Fuente: Abioye et al. (2021)

Marco institucional

La construcción se considera un motor de crecimiento económico ya que contribuye al PIB, crea empleos y facilita el desarrollo urbano y social (Loosemore et al., 2003). En Colombia, la industria de la construcción ha sido ampliamente estudiada por su papel en la vivienda, el transporte y el suministro de espacios urbanos que son fundamentales para la competitividad y sostenibilidad de las ciudades (Bonilla & Yepes, 2019). No hay excepción en Bogotá, donde la sobrepoblación y el aumento de las necesidades de movilidad y vivienda han llevado a esta demanda de construir más de manera más sostenible. La literatura sobre planificación urbana narra cómo el desarrollo de la capital generó tensiones en la planificación territorial y los servicios urbanos (Montezuma, 2005; González & Ruiz, 2020). En este sentido, se sugiere la

introducción de nuevas tecnologías, especialmente la IA, para superar las limitaciones estructurales en productividad y gestión de riesgos como una estrategia principal (Zhang et al., 2022).

En Colombia la construcción se estructura de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 4 A.C., que es una adaptación oficial de la Clasificación Internacional de Actividades Económicas (CIAE) elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Esta clasificación incluye a las actividades especializadas en construcción (F43), a las obras de ingeniería civil (F42) y a la edificación de estructuras (F41). Esta categorización, además de hacer más fácil la comparación entre países, muestra la variedad de procesos y nichos en los que participa el sector (DANE, 2020).

La presencia de pequeñas y medianas empresas (PYMES) y la fragmentación de la red empresarial en la ciudad dificultan el financiamiento y el acceso a capital humano especializado, lo que dificulta los avances tecnológicos (Camacol, 2025). Estudios en la industria de la construcción han argumentado que las empresas, particularmente en países en desarrollo, todavía operan bajo estructuras organizacionales tradicionales que consisten en divisiones funcionales de planificación, ingeniería, arquitectura, seguridad industrial y control de calidad (Ofori, 2015; Loosemore et al., 2003). El corporativismo estatal, como en el caso colombiano, ha consolidado este tipo de organización que genera barreras para la incorporación de innovaciones tecnológicas y modos de colaboración más flexibles (Soto & Ramírez, 2022).

Se han documentado diferentes aplicaciones de la IA en la industria de la construcción. Abioye et al. (2021) destacan la importancia de los enfoques de programación predictiva para predecir retrasos y optimizar la utilización de recursos. Zhang et al. (2022). indican que la visión por computadora puede ser útil para detectar riesgos y fallos en la construcción en una etapa temprana. Pan y Zhang (2021) destacan la importancia de los gemelos digitales al simular escenarios de implementación y tomar decisiones en proyectos complicados. Li et al. (2022)

también indican que el aprendizaje automático permite una predicción más precisa de costos y cronogramas, reduciendo así la incertidumbre asociada con los proyectos. Pero para usarlos, deben considerarse algunos desafíos éticos y organizacionales expuestos por la literatura reciente (Liang et al., 2023).

La dimensión ética es indispensable para el análisis institucional. Hoy en día, el marco de cinco principios (beneficencia, no maleficencia, autonomía, justicia y explicabilidad) propuesto por Cows y Floridi en 2021 se ve como una guía para la utilización responsable de la inteligencia artificial. La literatura advierte también sobre asuntos particulares: la sustitución de puestos de trabajo, el incremento de supervisión laboral, los prejuicios en sistemas predictivos y la ambigüedad con respecto a las obligaciones legales frente a fallos automatizados (Soto & Ramírez, 2022).

Así es como Bogotá se convierte en un escenario crucial para examinar estas tensiones. La ciudad, aunque muestra carencias en capacidades tecnológicas y organizacionales que obstaculizan la adopción de IA (Bonilla & Yepes, 2019), concentra la inversión nacional más alta en infraestructura y vivienda. Las circunstancias actuales convierten a la capital en un contexto propicio para analizar los retos y las oportunidades que brinda la digitalización en la construcción, y subrayan la importancia de contar con marcos institucionales que incorporen aspectos técnicos, sociales y éticos.

Metodología

Primer nivel

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

Para la presente investigación se adopta un enfoque mixto, entendido como la combinación estratégica de métodos cuantitativos, a través de encuestas, y métodos cualitativos, mediante entrevistas. Este enfoque busca lograr una comprensión exhaustiva y profunda de las mejores

prácticas de la IA en el sector de la construcción en Bogotá, desde una perspectiva que abarca la ética, la seguridad y la eficiencia.

En lugar de depender exclusivamente de datos numéricos o de opiniones subjetivas, se emplean ambos tipos de información. Se administran encuestas para obtener datos generales sobre la adopción de la IA por parte de las empresas. Posteriormente, se realizan entrevistas a personas clave en algunas de estas empresas para comprender a fondo las razones detrás de sus decisiones, las preocupaciones que enfrentan y las prácticas que consideran más efectivas.

La elección de este enfoque combinado se justifica por la complejidad inherente al tema de la IA en la construcción. No se limita únicamente a la eficiencia en términos de tiempo y costo, sino que también implica consideraciones éticas, de seguridad y de eficiencia integral.

Ética: Es necesario comprender las preocupaciones éticas de las empresas y sus empleados. Las encuestas pueden revelar cuántas empresas cuentan con políticas éticas relacionadas con la IA, pero las entrevistas permiten explorar por qué algunas carecen de ellas y cómo conciben que deberían ser dichas políticas.

Seguridad: Se busca determinar si la IA está mejorando o comprometiendo la seguridad en las obras de construcción. Las encuestas pueden proporcionar datos sobre la frecuencia de accidentes, pero las entrevistas ayudan a entender si la IA contribuye a estos incidentes o, por el contrario, ayuda a prevenirlos.

Eficiencia: Es fundamental evaluar si la IA está realmente optimizando los procesos de las empresas constructoras. Las encuestas pueden indicar si las empresas están ahorrando tiempo y dinero, pero las entrevistas revelan cómo se logran estos ahorros y cuáles son los desafíos para aumentar aún más la eficiencia.

En resumen, el enfoque mixto adoptado posibilita obtener una visión integral al considerar tanto

los datos cuantitativos como las narrativas cualitativas que los sustentan, verificar la coherencia entre el discurso y la práctica al determinar si las declaraciones de las empresas se corresponden con sus acciones reales, comprender las motivaciones mediante la exploración de las razones subyacentes a las decisiones y prácticas de las empresas, y formular recomendaciones prácticas sobre cómo las empresas constructoras en Bogotá pueden adoptar la IA de manera ética, segura y eficiente.

Diseño de la investigación y alcance

Atendiendo a los propósitos de este estudio y la necesidad de ahondar en la adopción de IA dentro del sector de la construcción en Bogotá, se ha seleccionado un diseño de investigación de tipo mixto, específicamente un diseño secuencial explicativo (Creswell & Plano Clark, 2018). Este enfoque nos permitirá explorar el fenómeno de la IA en la construcción desde una perspectiva más holística.

Inicialmente, se desarrollará un estudio cuantitativo a través de encuestas dirigidas a empresas constructoras en Bogotá. La meta principal de esta etapa es obtener un panorama general del uso de la IA, identificando las prácticas más extendidas, los niveles de adopción y los beneficios percibidos en áreas clave como la eficiencia, la seguridad y la ética. Los resultados que se obtengan de las encuestas sentarán una base cuantitativa del estado actual de la IA en el sector. Tal como señalan investigaciones previas sobre la digitalización en el sector de la construcción, este enfoque cuantitativo facilitará la identificación de patrones y tendencias generales en la adopción de IA (Zhang et al., 2022).

Posteriormente, se llevará a cabo un estudio cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas a directivos, gerentes y profesionales clave de un subgrupo de las empresas que participaron en las encuestas. Los participantes serán preseleccionados con base en los resultados obtenidos en la fase cuantitativa, priorizando aquellas empresas que representen diferentes niveles de adopción de la IA y que cuenten con experiencias valiosas para los objetivos

de la investigación. El propósito de esta fase es profundizar en la comprensión de las prácticas de IA identificadas previamente, explorando las motivaciones detrás de las decisiones de adopción, los retos enfrentados y las perspectivas de los actores involucrados en relación con aspectos éticos, de seguridad y eficiencia.

Como se ha demostrado en estudios cualitativos previos, este tipo de investigación es valiosa para comprender las oportunidades y desafíos específicos que enfrentan las empresas al adoptar nuevas tecnologías (Abioye et al., 2021).

El diseño secuencial explicativo resulta adecuado para este estudio ya que permite utilizar los resultados cuantitativos de la primera fase para orientar la selección de los participantes y el diseño de las preguntas para la fase cualitativa. Esto asegura que la investigación cualitativa se centre en aquellos temas más relevantes y significativos que fueron identificados inicialmente (Ivankova et al., 2016). En esencia, este enfoque permite una comprensión más completa y profunda de la adopción de la IA en la construcción en Bogotá, fusionando la capacidad de generalización de los resultados cuantitativos con la riqueza y el detalle que aportan los datos cualitativos, proporcionando una visión integral del fenómeno y permitiendo la formulación de recomendaciones sólidas y contextualizadas.

Definición conceptual y operacional de las variables

Variable: Grado de adopción y prácticas de Inteligencia Artificial (IA) en empresas de construcción en Bogotá.

Definición conceptual: Se entiende por grado de adopción y prácticas de IA el conjunto de políticas, procesos, herramientas y comportamientos organizacionales mediante los cuales una empresa de construcción incorpora, utiliza y gobierna soluciones basadas en IA para apoyar actividades operativas, de gestión, seguridad y toma de decisiones. Incluye aspectos técnicos (herramientas y sistemas), humanos (capacitación, aceptación), organizacionales (gobernanza, protocolos) y éticos/legales (protección de datos, transparencia).

Esta aproximación reconcilia la dimensión técnica con la ética, la seguridad y la eficiencia señaladas en el problema de investigación.

Definición operacional: El grado de adopción se medirá a través de un índice compuesto (Índice IA- Construct) que integra tres dimensiones principales: *Ética, Seguridad y Eficiencia*, cada una medida por indicadores cuantitativos y/o ordinales derivados de la encuesta y complementados con entrevistas semiestructuradas. El índice se construye promediando puntajes normalizados por dimensión (0–100), resultando en un puntaje final 0–100 donde; 0 es la ausencia de prácticas y 100 la adopción y gobernanza madura.

Variables/dimensiones y operacionalización detallada

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización (variable, indicadores, cómo medir, escala, fuente de dato).

Dimensión / Variable	Indicadores (operacionales)	Cómo medir (ítem tipo encuesta / registro)	Escala / Código	Instrumento
A. Adopción técnica de IA	A1. % de procesos con IA (planificación, control calidad, seguridad, logística)	Pregunta: "¿En qué procesos usa la empresa soluciones basadas en IA?" (lista múltiple). Convertir a % de procesos.	% (0–100)	Encuesta / verificación documental
	A2. Tipos de tecnologías desplegadas (visión por computador, gemelos digitales, ML para presupuesto, etc.)	Checklist (cada tipo =1). Sumar y normalizar.	0–100 (normalizado)	Encuesta / entrevista
	A3. Integración con sistemas (BIM, ERP)	Likert 1–5: 1=no integrado ... 5=totalmente integrado	1–5 (normalizar)	Encuesta
B. Ética y gobernanza	B1. Existencia de políticas internas de IA / protección de datos	0 = no, 1 = sí (documentado)	0/1 (o 0–100 normalizado)	Encuesta + revisión documental
	B2. Transparencia.	Likert 1–5 sobre grado en que los resultados algorítmicos son explicables	1–5 (normalizar)	Encuesta + entrevista
	B3. Formación en ética de IA para personal	% de empleados formados en últimos 12 meses	% (0–100)	Encuesta / RRHH

C. Seguridad (ciber/operativa)	C1. Protocolos de ciberseguridad aplicados a soluciones IA	Checklist (ISO/Normas, políticas)	0–100 (normalizado)	Encuesta + documental
	C2. Medidas de supervisión humana en procesos críticos	Likert 1–5	1–5 (normalizar)	Encuesta + entrevista
D. Eficiencia y resultados	D1. Reducción estimada de tiempos/ costos atribuibles a IA (%)	Pregunta: "Estimación % reducción de tiempo/costo por IA"	% (0–100)	Encuesta (autoinforme)
	D2. Indicadores operativos (p. ej. reducciones incidentes, desviación presupuestos)	Datos antes/después (si disponible)	% o índices	Documental / entrevista
E. Aceptación y percepción	E1. Confianza de trabajadores en IA (opinión)	Likert 1–5	1–5	Encuesta a trabajadores
	E2. Intención de inversión en IA próximos 2 años	Likert / % presupuesto	% (1–5)	Encuesta gerencial

Tabla 1: Fuente propia.

Notas sobre validez y confiabilidad:

- Se debe construir escalas tipo Likert con al menos tres ítems por constructo, con el fin de estimar la consistencia interna (alfa de Cronbach).
- El contenido se validará mediante revisión por jueces, conformada por entre tres y cinco expertos en IA y construcción.
- Asimismo, se triangulará la encuesta (cuantitativa) con entrevistas (cualitativas) para robustecer la validez convergente.

Ejemplos de ítems concretos para la encuesta.

1. ¿La empresa tiene implementados sistemas de visión por computador para inspección de obra? (Sí/No)
2. Indique en qué procesos aplica herramientas de IA (marcar cada uno): planificación, control de calidad, seguridad, mantenimiento predictivo, estimación de costos, logística, otros.
3. En una escala del 1 al 5, ¿qué tan transparente considera que son las decisiones generadas por los sistemas de IA de la empresa? (1 = nada transparente, 5 = totalmente transparente).

4. ¿La empresa cuenta con una política escrita de protección de datos aplicada a sistemas de IA? (Sí/No)
5. Estime el porcentaje de reducción de tiempos o costos que atribuye al uso de IA en su empresa (0–100%).

Estos ítems permiten construir los indicadores de la tabla anterior.

La variable central, grado de adopción y prácticas de IA en empresas de construcción en Bogotá, se define conceptualmente como un constructo multifacético que integra dimensiones técnicas, organizacionales, éticas y de resultados operativos. De manera operacional, se traduce en un Índice IA-Construct, compuesto por subdimensiones medibles (adopción técnica, gobernanza/ética, seguridad, eficiencia y aceptación), cuyos indicadores se normalizan y combinan para obtener un puntaje entre 0 y 100. Esta estructura permite transformar fenómenos complejos y cualitativos en indicadores cuantificables, y al mismo tiempo complementar los resultados con entrevistas semiestructuradas que enriquecen la interpretación.

Al definir la variable de esta forma, se asegura la trazabilidad entre la teoría y la medición: cada dimensión cuenta con indicadores específicos, fuentes de verificación y procedimientos claros para su recolección, lo que facilita realizar análisis comparativos por tamaño de empresa o por tipo de tecnología. Además, la propuesta incorpora mecanismos de validez y confiabilidad que fortalecen la robustez metodológica del estudio.

Población, técnica de muestreo y tamaño de muestra

Características de la población (marco muestral)

Población objetivo: Empresas constructoras registradas y activas en la ciudad de Bogotá que desarrollan actividades de edificación, obras de ingeniería civil y/o actividades especializadas de construcción y que tienen responsabilidad en proyectos de obra donde la IA podría aplicarse (residencial, infraestructura, obras públicas, constructoras privadas). Esta definición se apoya en la clasificación DANE y el diagnóstico gremial que señala la composición del sector en Colombia.

Marco de muestreo sugerido:

- Directorio Camacol (miembros),
- Registro de empresas de la Cámara de Comercio de Bogotá.
- Base de datos de proyectos de la Alcaldía o plataformas públicas cuando esté disponible.
- Estas fuentes proporcionan el listado (N) de empresas. En tu marco teórico se menciona que el sector en Colombia está dominado por PYMES y presenta fuerte fragmentación; por eso es recomendable estratificar por tamaño.

Criterios de inclusión:

- Empresa con sede o actividad principal en Bogotá.
- Actividad dentro de códigos CIIU F41–F43.
- Actividad operativa en los últimos 24 meses.

Criterios de exclusión:

- Consultoras sin actividad de construcción práctica (solo asesoría).
- Empresas que no autoricen participar o no respondan al contacto tras 3 intentos.

Técnica de muestreo (estrategia propuesta)

Estrategia principal (cuantitativa — encuestas): Muestreo estratificado proporcional por tamaño (grandes, medianas, pequeñas), con muestreo aleatorio simple dentro de cada estrato. La estratificación asegura la representación de empresas grandes (que suelen tener mayor implementación tecnológica) y de PYMES (predominantes en Bogotá), permitiendo comparaciones entre estratos y mayor precisión en las estimaciones (Cámara Colombiana de la Construcción [Camacol], 2023).

Tamaño de la muestra.

Cálculo para encuesta (estimación de proporción)

Usamos la fórmula para estimar una proporción en población grande o desconocida.

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

Donde:

- Z = nivel de confianza 95% $\rightarrow Z^2$
- p = proporción esperada; si no hay estimación previa usar $p = 0.5$ (máxima varianza).
- e = margen de error deseado (ej.: 0.05 para 5%).

Asignación por estratos (si usas estratificado proporcional)

Si con $N=1000$ y estratificación por tamaño con proporción hipotética:

Grandes 5% (50)

Medianas 20% (200)

Pequeñas 75% (750)

- Grandes: 5% de 279 = 14
- Medianas: 20% de 279 = 56
- Pequeñas: 75% de 279 = 209

Tamaño para entrevistas (cualitativo)

- Entrevistas semiestructuradas: 12 a 20 informantes clave, seleccionados intencionalmente. Prioriza diversidad (empresa grande, PYME, gremio, regulador). Realiza análisis hasta saturación cuando la nueva información deja de aportar categorías nuevas. Esto es coherente con prácticas cualitativas en estudios de innovación tecnológica.

Procedimiento operativo de muestreo y recolección

1. Construcción del marco: Obtener listado actualizado (Camacol, Cámara de Comercio de Bogotá, registros públicos). Verificar actividad CIU.
2. Estratificación: Clasificar empresas por tamaño (número de empleados o facturación).

3. Selección aleatoria: Dentro de cada estrato seleccionar empresas por muestreo aleatorio simple hasta completar el n por estrato.
4. Contactos: Contactar gerentes/encargados de TI o innovación con carta de presentación y consentimiento informado.
5. Encuesta: Aplicar encuesta online y/o presencial. Registrar respuestas y tasa de respuesta.
6. Entrevistas: Seleccionar informantes clave por muestreo intencional; agendar entrevistas semiestructuradas (45–60 minutos).
7. Documentación y verificación: Solicitar documentos (políticas, evidencias) para validar respuestas sobre existencia de políticas o tecnologías.

Consideraciones éticas y logísticas

1. Consentimiento informado y confidencialidad (protección de datos personales y empresariales).
2. Asegurar anonimato en resultados agregados, salvo autorización explícita para citar empresas.
3. Solicitar aprobación de comité de ética de la universidad si aplica.
4. Validar instrumentos (prueba piloto con 8–15 empresas) para ajustar preguntas y tiempos.
5. Registrar la fecha exacta de levantamiento (importante por cambios rápidos en adopción tecnológica).

C Segundo nivel

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Conceptualización del uso de los modelos, referentes, técnicas particulares para las intervenciones organizacionales y los modelos aplicados.

La creación de intervenciones organizacionales abre la necesidad de recurrir a modelos teóricos y modelos prácticos que permitan abarcar la complejidad del entorno, dar soporte a la toma de decisiones y garantizar que los procesos de cambio se hayan hecho en un marco de procedimientos óptimamente estructurado. En el contexto del proyecto "Prácticas éticas, seguras y eficientes para implementar inteligencia artificial en empresas constructoras de Bogotá", la selección de modelos y de referentes tiene una finalidad relevante para mover la realidad de los principios internacionales al contexto de las empresas de Bogotá.

Modelos de intervención organizacional implementados

Modelo sociotécnico: Modelo muy utilizado en la transformación digital, ya que establece que toda intervención debe contemplar tanto la parte técnica (infraestructura, algoritmos, sistemas de IA) como la parte social (personas, cultura organizacional, gobernanza). Su aplicación en el proceso de construcción posibilita que la dimensión tecnológica de la IA conviva en el proceso de transformación del talento humano y de la gestión del cambio, con el fin de limitar las resistencias y para incrementar la confianza de las personas trabajadoras (Liang et al., 2023; Soto & Ramírez, 2022).

El hecho de iniciar el uso de visión por computador para brindar seguridad en obra no puede limitarse a la instalación de cámaras inteligentes, sino que requiere formar al personal para llevar a cabo una interpretación de los resultados, garantizar la privacidad de los datos de los trabajadores y hacer que existan niveles suficientes de confianza para evitar una vigilancia excesiva o indebida.

Modelo de gobernanza tecnológica: Modelo basado en directrices internacionales como son las Directrices Éticas para una IA Confiable de la Unión Europea (High-Level Expert Group on AI, 2019)

y la Recomendación de la UNESCO sobre la ética de la IA (2021) y que incide en la necesidad de tener marcos normativos y políticas de control interno. Su implementación deja que las empresas constructoras consigan alcanzar prácticas orientadas hacia la transparencia, la explicabilidad de los algoritmos o la capacidad de supervisión humana en los procesos críticos.

Al implementar IA para asignar recursos y planificar cronograma, debe quedar documentado cuál es el funcionamiento del algoritmo, cuáles son los datos que quiere utilizar y cómo se auditan las decisiones, para así evitar sesgos y errores.

Modelo de gestión del cambio (Kotter, 1996): En la construcción, donde predominan las pequeñas y medianas empresas con estructuras tradicionales, es fundamental gestionar la resistencia cultural a la IA, pues el modelo permite gestionar la planificación de las etapas de sensibilización, comunicación y adopción de prácticas, así como la aceptación por parte de los trabajadores y la sostenibilidad del cambio organizacional.

Una estrategia en ocho fases de Kotter: contribuir al sentido de urgencia sobre las ventajas de la IA, crear a un equipo que la impulse, transmitir la visión sobre una tecnología ética y segura, construir "victorias rápidas" en pilotos de IA de tareas específicas (ej. predicción de retrasos) y anclar los cambios en el grupo mediante formación constante.

Modelo de sostenibilidad organizacional: Inspirado en los ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) y en lineamientos gremiales de Camacol (2025), este modelo busca articular la eficiencia tecnológica, con criterios sociales y ambientales. En el caso de la IA, su aplicación pretende asegurar que las intervenciones no solamente incrementen la productividad, sino que también disminuyan los riesgos laborales, optimicen el uso de los recursos y fomenten la responsabilidad social empresarial.

Emplear inteligencia artificial para disminuir el desperdicio de materiales y optimizar el consumo

energético de la obra garantizando no solo la eficiencia en las tareas, sino además un despliegue de responsabilidad tanto ambiental como social (reducir accidentes, ofrecer más transparencia en la toma de decisiones).

El proyecto integra el modelo sociotécnico (suponiendo un equilibrio humano-tecnología), el modelo de gobernanza tecnológica (marcos éticos y regulatorios), el modelo de gestión del cambio de Kotter (vencer resistencias culturales) y el modelo de sostenibilidad organizacional (conformar con ODS y responsabilidad social) mediante técnicas tales como diagnóstico, capacitar, protocolos y pilotos en el contexto de las constructoras de Bogotá.

Referentes internacionales y nacionales

Internacionales:

- UNESCO (2021) y Comisión Europea (2019), que presentan principios éticos mundiales para un uso fiable de la IA.
- Floridi y Cowls (2021), que proponen un modelo globalizado de cinco principios (beneficencia, no maleficencia, autonomía, justicia y explicabilidad).

Nacionales:

- Estrategia Nacional Digital 2023–2026 del MinTIC, que impulsa la adopción ética y sostenible de la IA en Colombia.
- hoja de ruta del MinCiencias en relación con la IA responsable.
- lineamiento de Camacol (2025), que identifican la urgencia de prácticas gremiales para la mejora de la productividad y la digitalización del sector construcción.

Técnicas específicas para las intervenciones

Diagnóstico organizacional: uso de encuestas, entrevistas y análisis documental para identificar la situación actual en las prácticas de IA de las constructoras de Bogotá, haciendo hincapié en las brechas éticas, técnicas y normativas (Abioye et al., 2021).

Mapeo de riesgos éticos y de seguridad: análisis de los procesos críticos en los que la automatización entraña riesgos en términos de privacidad, seguridad laboral, conductas o sesgos de decisiones (Jobin et al., 2019).

- Capacitación y sensibilización: talleres formativos en materia de ética digital y uso de la IA dirigidos a trabajadores y directivos como la forma de gestión del cambio.
- Diseño de protocolos y lineamientos: creación de manuales internos que promulguen la estandarización de la implementación de la IA a partir de principios respetuosos con la transparencia, gobernanza y responsabilidad social.
- Evaluación piloto: proyección de prácticas y lineamientos a partir de pilotajes en distintas empresas seleccionadas con el objetivo de validar la viabilidad y aceptación de las propuestas en lugares y grupos de trabajo concretos antes de pasar a la escala del proyecto.

Así pues, los modelos relacionados con la tecnología, la gobernanza tecnológica, la gestión del cambio y la sostenibilidad organizacional, junto con los referentes internacionales (UNESCO, UE) y nacionales (MinTIC, MinCiencias, Camacol) constituyen la base conceptual y metodológica que orientan tanto las intervenciones organizacionales como las de la construcción en Bogotá. Se busca establecer que, mediante las técnicas del diagnóstico, del mapeo de riesgos, de la formación, de la puesta en práctica en piloto, se garantice que la adopción de la inteligencia artificial sea eficaz desde el punto de vista tecnológico, ética, de seguridad y de responsabilidad social.

Instrumentos para recolección de información

Para la presente investigación, orientada a identificar las mejores prácticas de inteligencia artificial (IA) en empresas constructoras de Bogotá desde la ética, la seguridad y la eficiencia, se diseñaron dos instrumentos de recolección de información con base en el enfoque mixto propuesto por Creswell y Plano Clark (2018): una entrevista semiestructurada y una encuesta estructurada.

La decisión de diseñar instrumentos propios se justifica en la ausencia de herramientas estandarizadas adaptadas al contexto específico de la construcción en Bogotá, lo cual demanda instrumentos que integren dimensiones técnicas, éticas, de seguridad y de gobernanza, tal como recomiendan Soto y Ramírez (2022) y Liang et al. (2023).

El primer instrumento, la entrevista semiestructurada, se aplicará a directivos y profesionales del sector, con el propósito de profundizar en percepciones, experiencias y barreras relacionadas con la adopción de IA. Este formato se seleccionó por su flexibilidad para explorar narrativas y significados en torno a temas sensibles como la resistencia cultural, la confianza en la automatización y la adecuación de protocolos éticos y de seguridad (Kallio et al., 2016). Las entrevistas permitirán, además, triangular la información cuantitativa con testimonios y ejemplos concretos, fortaleciendo la validez del estudio (Abioye et al., 2021).

El segundo instrumento, la encuesta estructurada, se diseñó con preguntas cerradas de tipo Likert, frecuencia y nivel de uso, organizadas en torno a las dimensiones previamente operacionalizadas: (i) adopción técnica de IA, (ii) ética y gobernanza, (iii) seguridad cibernética y operativa, (iv) eficiencia y resultados, y (v) aceptación y percepción. Este diseño permite medir de manera estandarizada el grado de adopción y construir un índice compuesto (Índice IA-Construct), siguiendo recomendaciones metodológicas de Hernández, Fernández y Baptista (2010) para la operacionalización de variables sociales y organizacionales.

A continuación, se muestran los modelos de herramientas propuestas:

Guía de Entrevista

Participantes: Directivos y profesionales del sector construcción en Bogotá.

Objetivo: Explorar percepciones, experiencias y barreras en la adopción de IA.

1. ¿Cuál es su rol en la empresa y experiencia en el sector construcción?
2. ¿Qué entiende usted por 'uso de inteligencia artificial en construcción'?

Bloques temáticos

1. Adopción técnica de IA

- 1.1 ¿En qué procesos de la empresa han implementado soluciones de IA?
- 1.2 ¿Qué tipos de tecnologías utilizan?
- 1.3 ¿Qué nivel de integración tienen con sistemas como BIM o ERP?

2) Ética y gobernanza

- 2.1 ¿Existen políticas o protocolos internos relacionados con IA y protección de datos?
- 2.2 ¿Cómo aseguran la transparencia y explicabilidad de los algoritmos que utilizan?
- 2.3 ¿Han realizado capacitaciones en ética de IA para su personal?

3) Seguridad (ciber/operativa)

- 3.1 ¿Qué protocolos de ciberseguridad aplican a las soluciones de IA?
- 3.2 ¿Cómo garantizan supervisión humana en decisiones críticas?

4) Eficiencia y resultados

- 4.1. ¿Qué mejoras tangibles han observado en tiempos, costos o calidad desde que usan IA?
- 4.2 ¿Tienen indicadores que evidencien reducción de incidentes, optimización de recursos o productividad?

5) Aceptación y percepción

- 5.1 ¿Cuál es la percepción de los trabajadores frente al uso de IA?
- 5.2 ¿Qué tanto confía usted en los resultados entregados por IA?
- 5.3 ¿Qué planes de inversión en IA tienen a futuro?

6) Cierre

- 6.1 Desde su experiencia, ¿qué tres recomendaciones daría a otras constructoras que quieran implementar IA?
- 6.2 ¿Desea recibir los resultados de la investigación

El instrumento diseñado para la recolección de información cuantitativa corresponde a la “Encuesta sobre Prácticas Éticas, Seguras y Eficientes de Inteligencia Artificial en Empresas Constructoras de Bogotá”, elaborada con base en los objetivos de la investigación y los referentes teóricos internacionales (UNESCO, 2021; High-Level Expert Group on AI, 2019; Zhang, Chen & Xu, 2022). Este cuestionario permite medir de manera estandarizada el nivel de adopción de la IA en dimensiones clave como la ética y gobernanza, la seguridad cibernética y operativa, la eficiencia en procesos y la aceptación organizacional.

Con el fin de facilitar su aplicación en campo, el modelo completo de la encuesta se presenta en el Anexo 1, donde se detallan las secciones, las preguntas y las escalas de medición propuestas.

Caracterización de los componentes y elementos funcionales de los modelos utilizados

En el contexto de esta investigación, los modelos de referencia aplicados a la implementación de inteligencia artificial en el sector de la construcción en Bogotá se fundamentan en marcos internacionales de ética, seguridad y eficiencia. Los lineamientos de la Comisión Europea (High-Level Expert Group on AI, 2019) y la UNESCO (2021) proponen un conjunto de principios funcionales que guían la aplicación responsable de la IA. Estos modelos se caracterizan por componentes centrales como la transparencia, la protección de datos, la supervisión humana y la gobernanza organizacional.

De acuerdo con Soto y Ramírez (2022), en América Latina se evidencian vacíos normativos que requieren la adaptación de estos modelos a la realidad de pequeñas y medianas empresas (PYMES), predominantes en el sector constructor colombiano. En este sentido, el modelo funcional para la intervención organizacional en la investigación se estructura en tres dimensiones clave: (I) ética, donde se establecen principios de responsabilidad y no discriminación; (II) seguridad, que incluye protocolos de protección de datos y mecanismos de robustez técnica; y (III) eficiencia, centrada en la optimización de procesos constructivos mediante IA (Zhang, Chen & Xu, 2022).

Los elementos funcionales de los modelos utilizados integran la capacitación en el uso ético de

la tecnología, el diseño de protocolos de gobernanza digital y la incorporación de herramientas como gemelos digitales y algoritmos predictivos para la gestión de cronogramas y presupuestos (Abioye et al., 2021). De esta manera, el diseño metodológico de la intervención se apoya en la conjunción de referentes internacionales y en la adaptación a las condiciones locales del sector en Bogotá.

Identificación y descripción de las técnicas para el análisis de datos

Las técnicas de análisis de datos seleccionadas se alinean con el enfoque mixto de la investigación, combinando herramientas cuantitativas y cualitativas para responder a los objetivos planteados. Desde una perspectiva cuantitativa, se utilizarán métodos de estadística descriptiva e inferencial para analizar la información recolectada en torno a las prácticas actuales de IA en las empresas de construcción. Esto permitirá identificar patrones de uso, frecuencia en la adopción de herramientas y brechas tecnológicas (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

En cuanto al análisis cualitativo, se empleará la técnica de análisis de contenido para examinar los discursos y percepciones de los actores involucrados, como directivos y trabajadores del sector, en relación con la ética, la seguridad y la eficiencia en la implementación de IA. Esta técnica facilita la categorización temática y la construcción de significados que aporten a la comprensión integral del fenómeno estudiado (Ñaupas, Valdivia, Palacios & Romero, 2018).

De forma complementaria, se aplicará el análisis comparativo con marcos internacionales de referencia, como las Directrices Éticas para una IA Confiable (High-Level Expert Group on AI, 2019) y la Recomendación sobre la Ética de la IA de la UNESCO (2021), con el fin de evaluar el grado de alineación de las prácticas locales con los estándares globales. Así, el análisis de datos permitirá establecer una línea base que respalde la formulación de lineamientos prácticos y contextualizados para la industria de la construcción en Bogotá.

Análisis de datos Cuantitativos (encuestas) y Cualitativos (entrevistas).

Análisis encuestas

Se llevaron a cabo 31 encuestas semiestructuradas dirigidas a profesionales de diferentes roles.

Las categorías consideradas en el estudio incluyeron tamaño de las empresas, adopción de la inteligencia artificial, ética y gobernanza, seguridad y riesgos, eficiencia y resultados, talento y capacitación, así como confianza y aceptación.

Las 31 encuestas revelan una creciente conciencia sobre el potencial de la IA en la construcción, aunque su adopción aún se encuentra en una etapa inicial. Si bien se identifican beneficios claros, como la reducción de tiempos y costos, y la mejora en la toma de decisiones, existen obstáculos significativos que dificultan una implementación más generalizada. La falta de políticas claras, la escasa capacitación, y las preocupaciones sobre la ética y la confiabilidad de la IA son los principales desafíos que deben abordarse para aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología.

A continuación, se presenta el resultado desde una perspectiva cuantitativa de acuerdo con lo establecido en el estudio.

1. Información General:

Tamaño de la Empresa:

- Micro: 2
- Pequeña: 11
- Mediana: 9
- Grande: 4

• Actividad Económica:

- Edificación: 11
- Vial: 5
- Hidráulica: 6
- Otros: 9
- **Roles Laborales:**
 - **Gerentes/Directores: 6**
 - **Ingenieros: 8**
 - **Coordinadores: 5**
 - **Otros: 12**
- **Experiencia Laboral:**
 - 0-2 años: 6
 - 3-5 años: 10
 - 6-10 años: 6
 - Más de 10 años: 9

2. Adopción y Conciencia de la IA:

- **Políticas de IA:**

- El promedio de si las empresas tienen políticas de IA responsable es de alrededor de **2.5**, según la escala numérica dada en el formulario, lo que indica que la mayoría de las empresas no tienen políticas de IA.
 - **Supervisión y Evaluación:**
 - El mismo promedio es similar en: "Existe supervisión humana en decisiones críticas", "Se realizan evaluaciones de impacto antes de desplegar IA" y "Existe un mecanismo para reportar incidentes", por lo que esto no es común en las empresas encuestadas.
 - "Existen protocolos de ciberseguridad robustos" **3.4** y "Hay auditoría y trazabilidad de datos o modelos" **3.2**, indican que algunas empresas están implementando medidas de ciberseguridad.
 - **Percepción de Riesgos:**
 - La percepción de riesgo en las empresas es baja, pero los riesgos con mayor puntuación son: "La IA en mi empresa presenta riesgo de sesgos o decisiones injustas" con **2.6**
- ### 3. Impacto de la IA:
- **Beneficios:**
 - **Impacto Positivo:** Las empresas están de acuerdo en que la IA "Reduce los tiempos de ciclo" y "Mejora la toma de decisiones" con **3.77** de puntuación promedio.

- **Productividad:**

- El % promedio de Reducción en tiempos o costos debido a la IA es del **27.29%**

4. Capacitación y Habilidades:

- **Niveles de Capacitación:**

- "He recibido formación en ética de la IA" promedio **2.5**
- "La capacitación técnica en IA es suficiente" promedio **2.4**

- **Competencia Digital:**

- "Nivel de competencia digital" promedio **3.5**

- **Disposición a Participar:**

- El 83,87% de las empresas está interesado en participar en programas de capacitación en IA.

5. Actitudes y Opiniones:

- **Confianza en la IA:**

- "Confío en la IA cuando se explican sus resultados" promedio **3.6**

- **Colaboración:**

- "La IA mejora la colaboración entre áreas" promedio **3.4**

- **Consideración de la Aportación:**

- "Siento que mis aportes son tenidos en cuenta antes de automatizar" promedio **3.4**

- **Sentimiento General:**

- La mayoría de las respuestas son neutrales con la frase "Preferiría evitar la IA aunque mejore la eficiencia".
- "La comunicación sobre la IA es clara y oportuna" promedio **2.5**

6. Obstáculos y Oportunidades:

- **Principales Obstáculos:**

- Los obstáculos más comunes para el uso de la IA en sus empresas son la capacitación y las políticas para la IA.

- **Mayores Oportunidades:**

- Las mayores oportunidades percibidas para la IA en la construcción son:
 - Optimización de procesos.
 - Mejor planificación en la ejecución de obras.
 - Reducción de tiempo y costos.

Las pequeñas y medianas empresas juegan un rol clave en el sector de la construcción, aunque enfrentan distintos niveles de capacidad y recursos para adoptar tecnologías innovadoras. La diversificación de estas empresas en áreas como edificación, carreteras y redes hidráulicas presenta diversos desafíos y oportunidades, que requieren enfoques específicos para su aprovechamiento (González et al., 2020; Martínez & Pérez, 2019). Aunque el conocimiento sobre la inteligencia artificial (IA) ha aumentado, su adopción efectiva aún es limitada debido a que muchas organizaciones no cuentan con políticas claras ni prácticas estructuradas, como la supervisión humana y las evaluaciones de impacto, que son esenciales desde el punto de vista

ético y regulatorio (European Commission, 2020). Además, existe una percepción moderada de riesgos relacionados con posibles sesgos, decisiones injustas, falta de transparencia y exposición de datos, lo cual puede generar resistencia a su uso. Por ello, resulta fundamental implementar estrategias que aborden estos temores y fomenten la adopción responsable de la tecnología (Siau & Yang, 2017). En cuanto a los beneficios, muchas empresas consideran que la IA tiene el potencial de mejorar la eficiencia, permitiendo reducir los tiempos y costos en promedio hasta un 27%, lo que evidencia su capacidad de transformar el sector. Sin embargo, también se detecta una brecha en la formación técnica y ética de la fuerza laboral. La alta disposición de los empleados para participar en programas de capacitación resalta la importancia de invertir en formación especializada para garantizar un uso ético y eficaz de la IA. La confianza en esta tecnología crece cuando los resultados son comprensibles y transparentes, además de cuando se perciben beneficios en la colaboración entre departamentos. No obstante, la comunicación interna aún necesita mayor claridad para fortalecer la confianza y facilitar su integración en las actividades empresariales. Los principales obstáculos identificados incluyen la falta de capacitación y la inexistencia de políticas claras, que limitan la expansión del uso de la tecnología. Las oportunidades más valoradas, en cambio, están relacionadas con la optimización de procesos, la mejor planificación y la reducción de costos y tiempos. Para facilitar una adopción eficiente y responsable, se recomienda desarrollar políticas específicas en torno a la IA, invertir en capacitación en ética y habilidades técnicas, mejorar la comunicación sobre sus ventajas y riesgos, promover la experimentación y fortalecer la colaboración interdepartamental, con el objetivo de que su integración sea ética, eficaz y competitiva, ayudando así a impulsar el progreso en la industria de la construcción.

Análisis entrevistas

Se realizaron 10 entrevistas semiestructuradas a profesionales de distintos roles. Las categorías consideradas incluyen nivel de adopción, gobernanza ética, seguridad, existencia de mejoras cuantificadas y percepción del equipo.

Las 10 entrevistas evidencian adopciones mayormente incipientes o intermedias, con políticas éticas formales y mejoras de eficiencia percibidas (tres casos con métricas concretas). Predomina una percepción positiva con resistencia moderada, especialmente por brechas de capacitación y protocolos.

A continuación, se muestra el resultado desde el punto de vista cuantitativo conforme a lo observado:

Dimensión	Categoría
Nivel de adopción	Incipiente 50%
	Intermedia 40%
	Avanzada 10%
Política ética	Formal 50%
	Básica 30%
	Inexistente 20%
Seguridad	Formal 30%
	Operativa/Básica 60%
	Inexistente 10%
Percepción	Positiva 70%
	Mixta 30%
KPI cuantificados	Sí 30%
	No 70%

Tabla 2. Fuente: Elaboración propia

Las entrevistas revelan que la implementación de IA se encuentra en una etapa temprana, caracterizada por pilotos, pruebas exploratorias y usos individuales más que institucionales. La mayoría de los participantes mencionan aplicaciones como la automatización de informes, análisis de presupuestos, detección de errores en planos y predicción de desviaciones de cronograma, lo que sugiere un foco inicial en eficiencia operativa antes que en transformación estratégica.

Sin embargo, la adopción no sigue un patrón uniforme. Mientras empresas medianas o locales reportan avances modestos, organizaciones con estructuras corporativas más robustas presentan niveles de integración más sistemáticos, incluyendo herramientas vinculadas a BIM, control de calidad y análisis predictivo.

En términos de madurez, los hallazgos ubican al conjunto de empresas en los niveles incipiente e intermedio, coherente con los modelos de Technology Readiness Level (TRL) y de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003), donde la mayoría se identifica como “mayoría temprana”.

Uno de los hallazgos más significativos es la asimetría en la existencia de políticas éticas y protocolos de uso responsable de IA. Aunque cinco personas mencionan tener documentos formales sobre privacidad de datos, transparencia o trazabilidad de algoritmos, otras cinco admiten no tener un marco regulatorio o apenas esbozos informales de buenas prácticas.

Este hallazgo coincide con estudios del World Economic Forum (2023), que advierten sobre la necesidad de alinear el desarrollo tecnológico con valores humanos y principios de equidad. La ausencia de gobernanza sólida puede derivar en riesgos reputacionales y legales, especialmente en el manejo de datos de trabajadores, proveedores y comunidades.

La dimensión de seguridad tecnológica y operativa fue transversal en casi todas las entrevistas. La mayoría de las empresas reconoce que el uso de IA en la construcción (particularmente en sistemas de control de calidad, mantenimiento predictivo y seguimiento de obra) ha contribuido a reducir errores humanos y anticipar incidentes.

No obstante, la percepción de seguridad se vincula más con eficiencia y control que con ciberseguridad en sentido estricto. Solo tres organizaciones afirman contar con protocolos de

seguridad formalmente auditados; el resto trabaja bajo esquemas básicos u operativos.

En términos de confiabilidad, el análisis sugiere que los sistemas de IA son vistos como herramientas de apoyo, no sustitutos del juicio profesional. Esta perspectiva coincide con el enfoque sociotécnico contemporáneo (Baxter & Sommerville, 2011), según el cual el equilibrio entre automatización y supervisión humana es esencial para evitar errores de interpretación o dependencia tecnológica.

En general el uso y aceptación de IA evidencia una actitud predominantemente positiva, aunque acompañada de inseguridad técnica y resistencia emocional, especialmente entre roles operativos y de obra. Los entrevistados valoran la IA como una herramienta “útil, pero aún poco comprendida”, subrayando que la falta de capacitación específica es el principal obstáculo para su adopción plena.

Con base en esta pequeña muestra se evidencia que las empresas del sector construcción en Bogotá se encuentran en una fase temprana de integración tecnológica, centrada principalmente en tareas operativas (análisis de presupuestos, control de calidad, seguimiento de obra). Aunque existen casos avanzados, la mayoría presenta niveles intermedios o iniciales de madurez, sin políticas consolidadas ni métricas estandarizadas. Sin embargo, la tendencia es claramente ascendente, con un reconocimiento general del valor estratégico de la IA para mejorar productividad, tiempos y costos.

A pesar de la aceptación positiva, persisten vacíos en marcos éticos, regulaciones internas y prácticas de ciberseguridad. Solo la mitad de las organizaciones cuenta con políticas formales sobre el uso responsable de IA o la protección de datos. Esto genera riesgos relacionados con la transparencia, el sesgo algorítmico y la confidencialidad de la información. La consolidación de protocolos ético-técnicos es clave para avanzar hacia una adopción confiable y sostenible.

La percepción general hacia la IA es positiva, aunque acompañada de resistencia y desconocimiento en los niveles operativos. Los participantes coinciden en que la adopción efectiva requiere capacitación continua, acompañamiento directivo y cultura de aprendizaje digital. El factor

humano se consolida, así como el principal habilitador o limitante de la transformación digital en el sector, más allá de la disponibilidad tecnológica.

Diagrama Validez y Confiabilidad.



Fuente: Propia Creada con IChatGPT

Diagrama Estadística Descriptiva



Fuente Propia creada con IChatGPT

Resumen general del proyecto y conclusiones

El presente trabajo de investigación aborda la incorporación responsable de la inteligencia artificial (IA) en las empresas del sector de la construcción en la ciudad de Bogotá, desde tres ejes fundamentales: la ética, la seguridad y la eficiencia. A partir de una revisión de marcos internacionales y nacionales, se identificó la necesidad de establecer lineamientos claros que orienten el uso de estas tecnologías emergentes en un contexto donde su aplicación es cada vez más frecuente, pero carece de políticas y estrategias consolidadas que garanticen su implementación segura y ética.

La investigación parte del reconocimiento de que la IA está transformando los procesos constructivos, mejorando la planificación, la gestión de recursos y la toma de decisiones.

Sin embargo, también plantea nuevos retos relacionados con la protección de los datos, la transparencia de los algoritmos y el papel del factor humano en la supervisión de las decisiones automatizadas. Por esta razón, el estudio busca proponer un marco de mejores prácticas que permita a las empresas avanzar hacia una adopción más madura, responsable y alineada con los principios de sostenibilidad tecnológica y desarrollo organizacional.

Metodológicamente, el proyecto se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando la recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Se aplicaron encuestas a diversas empresas del sector y se realizaron entrevistas a profesionales y directivos con experiencia en la integración de tecnologías digitales en sus procesos. Este enfoque permitió obtener una visión integral del estado actual de la adopción de la IA en la construcción, identificando tanto los avances como las limitaciones presentes en las organizaciones del sector.

De manera general, los resultados evidencian que la mayoría de las empresas se encuentran en una etapa intermedia o inicial de adopción tecnológica. Aunque existe interés en implementar herramientas de inteligencia artificial para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, las estrategias de gobernanza, ética y ciberseguridad aún son incipientes. Las empresas reconocen los beneficios potenciales de la IA, pero también manifiestan preocupación por la falta de capacitación, las dificultades para integrar nuevas tecnologías con los sistemas existentes y los riesgos asociados al manejo de información sensible.

El estudio permitió comprender que la transformación digital en la construcción no depende únicamente de la adquisición de tecnología, sino también de la creación de una cultura organizacional orientada a la innovación responsable. Se identificó que la confianza en los sistemas inteligentes está estrechamente relacionada con la existencia de políticas claras, procesos de evaluación y participación activa del talento humano. En este sentido, la ética se consolida como un componente central para el desarrollo tecnológico sostenible, garantizando que

las decisiones automatizadas respeten los principios de transparencia, equidad y responsabilidad social.

Asimismo, se resalta la importancia de fortalecer los mecanismos de seguridad digital. La creciente dependencia de sistemas interconectados exige que las empresas adopten medidas preventivas frente a posibles vulnerabilidades cibernéticas. La protección de la información, la trazabilidad de los datos y la implementación de protocolos de respuesta ante incidentes se convierten en aspectos clave para consolidar la confianza y la estabilidad operativa.

En términos de eficiencia, se evidenció que la inteligencia artificial tiene un alto potencial para optimizar los procesos de planificación, control y ejecución de proyectos, aportando mayor precisión en los tiempos, presupuestos y manejo de recursos. No obstante, dichos beneficios solo se materializan plenamente cuando existe una estrategia clara de integración tecnológica, acompañada de formación continua del personal y una adecuada supervisión humana.

Como conclusión general, este trabajo demuestra que el avance hacia una construcción más digital e inteligente no es solo una cuestión tecnológica, sino también cultural, ética y organizacional. Las empresas que adopten la inteligencia artificial de manera planificada, con una visión integral que combine la innovación con la responsabilidad, estarán mejor preparadas para afrontar los retos del futuro. La ética, la seguridad y la eficiencia no deben concebirse como elementos aislados, sino como pilares interdependientes que garantizan la sostenibilidad y la confianza en los procesos tecnológicos.

Finalmente, el estudio invita a las organizaciones a avanzar hacia la formulación de políticas internas que regulen el uso de la inteligencia artificial, a establecer comités de supervisión tecnológica y a promover la capacitación constante del talento humano. Solo mediante un enfoque articulado entre tecnología, gestión y valores se podrá consolidar un modelo de adopción responsable que aporte al desarrollo del sector de la construcción en Colombia y contribuya al fortalecimiento de la innovación en el país.

Referencias

- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Dávila 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. *Journal of Building Engineering*, 44, 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103299>
- Bonilla, D., & Yepes, V. (2019). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on bibliometric analysis. *Sustainability*, 11(22), 6315. <https://doi.org/10.3390/su11226315>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future*. W. W. Norton & Company. <https://wwnorton.com/books/9780393254297>
- Cámara Colombiana de la Construcción – Camacol. (2025). Construcción, clave para el crecimiento del PIB de Bogotá. Camacol Bogotá y Cundinamarca. <https://www.camacolbyc.co/comunicaciones/noticia/construcci%C3%B3n%2C-clave-para-el-crecimiento-del-pib-de-bogot%C3%A1.html>
- Cámara Colombiana de la Construcción – Camacol. (2025). Crisis en construcción: actividad y PIB caen, alerta Camacol. RCN Radio / Datos Camacol-DANE. <https://www.lafm.com.co/economia/crisis-en-construccion-actividad-y-pib-caen-alerta-camacol>
- Cámara Colombiana de la Construcción – Camacol. (2025). Información económica – Construcción en cifras / Informe de actividad edificadora. Camacol. <https://camacol.co/informacion-economica>
- Cámara Colombiana de la Construcción – Camacol. (2025). IA Camacol: Apuesta gremial para mejorar la eficiencia y productividad. <https://camacol.co>
- Cámara Colombiana de la Construcción. (2025). 81 % del empleo en construcción es

- informal. Informe Camacol. Portafolio.
<https://www.portafolio.co/negocios/industrias/informe-camacol-2025-81-del-empleo-en-construccion-es-informal-634945>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE Publications.
- DANE. (2020). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas – Revisión 4 adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.). Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025). Catálogo Central de Datos – Construcción. Microdatos DANE.
https://microdatos.dane.gov.co/catalog/CAT_CAMACOL/about
- Floridi, L., & Cowls, J. (2021). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 3(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>
- González, J., & Ruiz, A. (2020). Urban growth and spatial inequalities in Bogotá: A critical perspective. *Cities*, 105, 102840. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102840>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw Hill.
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. (2019). Ethics guidelines for trustworthy AI. European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. (2016). Using mixed methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20.
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Li, J., Wu, Z., Ding, L., & Skibniewski, M. J. (2022). Applications of machine learning

- techniques in construction project cost and schedule estimation: A critical review. *Automation in Construction*, 139, 104276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104276>
- Liang, C.-J., Le, T.-H., Ham, Y., Mantha, B. R. K., Cheng, M. H., & Lin, J. J. (2023). Ethics of artificial intelligence and robotics in the architecture, engineering, and construction industry. *Automation in Construction*, 155, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105073>
 - Loosemore, M., Dainty, A., & Lingard, H. (2003). *Human resource management in construction projects: Strategic and operational approaches*. Spon Press.
 - MinCiencias. (s.f.). *Hoja de ruta: Adopción ética y sostenible de inteligencia artificial*, Colombia. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
 - MinTIC. (2023). *Estrategia Nacional Digital 2023–2026*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. <https://www.mintic.gov.co>
 - Montezuma, R. (2005). The transformation of Bogotá, Colombia, 1995–2000: Investing in citizenship and urban mobility. *Global Urban Development*, 1(1), 1–10.
 - Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.
 - Ofori, G. (2015). Nature of the construction industry, its needs and its development: A review of four decades of research. *Journal of Construction in Developing Countries*, 20(2), 115–135.
 - Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>
 - PNUD Colombia. (2024). *Evaluación del panorama de la Inteligencia Artificial en Colombia (AILA)*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www.undp.org/es>
 - Sacks, R., Girolami, M., & Brilakis, I. (2020). Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. *Automation in Construction*, 120, 103372.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103372>

- Shokri, S., & Haas, C. T. (2020). Data-driven construction: Artificial intelligence applications in project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020085. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001846](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001846)
- Soto, C., & Ramírez, J. (2022). Inteligencia artificial en la construcción: oportunidades, riesgos y regulación. *Revista Ingeniería Civil*, 18(2), 45–58.
- Soto, J., & Ramírez, L. (2022). Ética y gobernanza de la inteligencia artificial en América Latina: Retos y oportunidades. *Revista Latinoamericana de Tecnología y Sociedad*, 13(2), 45–62. <https://doi.org/10.22201/rlats.2022.v13n2>
- UNESCO. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>
- United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Zhang, X., Li, H., & Zhai, H. (2022). Artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 134, 104144. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104144>
- Zhang, Y., Chen, L., & Xu, W. (2022). Artificial intelligence in construction: Applications, challenges, and future directions. *Automation in Construction*, 140, 104379.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104379>

- Baxter, G., & Sommerville, I. (2011). Socio-technical systems: From design methods to systems engineering. *Interacting with Computers*, 23(1), 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.07.003>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

- World Economic Forum. (2023). Ethics by design: An organizational approach to responsible use of technology. Geneva: WEF. <https://www.weforum.org/reports/ethics-by-design>.
- González, R., Márquez, Ó., & Sánchez, P. (2020). Pequeñas y medianas empresas en construcción: desafíos y adopción tecnológica. *Revista Internacional de Gestión en Construcción*, 20(3), 224–234.
- Martínez, J., & Pérez, M. (2019). Estrategias de diversificación en empresas constructoras: oportunidades y desafíos. *Gestión y Economía de la Construcción*, 37(8), 456–468.
- European Commission. (2020). White Paper on Artificial Intelligence: A European Approach to Excellence and Trust. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52020DC0062>
- Siau, K., & Yang, Y. (2017). Impact of AI on perceptions of fairness: A review. *Journal of Business Ethics*, 142(4), 651–664.

Anexo 1. Formato “Encuesta sobre Prácticas Éticas, Seguras y Eficientes de Inteligencia Artificial en Empresas Constructoras de Bogotá

ENCUESTA ENCUESTA SOBRE PRÁCTICAS ÉTICAS, SEGURAS Y EFICIENTES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE BOGOTÁ	
Fecha aplicación:	
Empresa:	
Actividad económica de la Empresa:	Edificación / Vial / Hidráulica / Otro
Tamaño de la Empresa:	Micro / Pequeña / Mediana / Grande
Nombre Encuestado :	
Cargo / Area:	
Experiencia laboral (años)	0-2 / 3-5 / 6-10 / >10
Adopción técnica de IA	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
Nivel de uso de IA en Planeación y programación de obra	
Nivel de uso de IA en Control de costos y presupuestos	
Nivel de uso de IA en Control de calidad	
Nivel de uso de IA en Seguridad y salud en el trabajo (HSE)	
Nivel de uso de IA en Gestión ambiental y sostenibilidad	
Nivel de uso de IA en Mantenimiento de equipos/activos	
Nivel de uso de IA en Compras y cadena de suministro	
Nivel de uso de IA en Gestión documental	
Nivel de uso de IA en Gestión de riesgos	
Ética y gobernanza	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
La empresa cuenta con políticas de IA responsable	
Existe supervisión humana en decisiones críticas	
Se realizan evaluaciones de impacto antes de desplegar IA	
Se aplican controles de privacidad adecuados	
Existen protocolos de ciberseguridad robustos	
Hay auditoría y trazabilidad de datos/modelos	
Existe un mecanismo para reportar incidentes	
La empresa se alinea con marcos internacionales	
Seguridad y riesgos	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
La IA en mi empresa presenta riesgo de Sesgos o decisiones injustas	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Falta de explicabilidad	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Exposición de datos personales	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Fallos técnicos que afecten la seguridad en obra	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Dependencia excesiva de la automatización	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Incumplimiento regulatorio	
La IA en mi empresa presenta riesgo de Impacto negativo en el empleo	
Eficiencia y resultados	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
La IA reduce tiempos de ciclo	
Disminuye retrabajos y errores	
Mejora detección de riesgos HSE	
Optimiza uso de materiales y energía	
Incrementa trazabilidad de la información	
Mejora la toma de decisiones	
Aumenta la productividad	
Estime porcentaje de reducción en tiempos/costos atribuible a IA	
Talento y capacitación	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
He recibido formación en ética de IA	
La capacitación técnica en IA es suficiente	
Sé a quién acudir para soporte	
Frecuencia de uso de IA en mi trabajo	
Nivel de competencia digital (autoevaluación)	
Estoy dispuesto a participar en programas de capacitación en IA	
Confianza y aceptación	1=Nulo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto, 5= Muy Alto
Confío en la IA cuando sus resultados son explicados	
La IA mejora la colaboración entre áreas	
Siento que mis aportes son tenidos en cuenta antes de automatizar	
Preferiría evitar la IA aunque mejore la eficiencia	
La comunicación sobre la IA es clara y oportuna	
COMENTARIOS GENERALES	
¿Cuál considera el mayor obstáculo para usar IA en su empresa?	
¿Cuál considera la mayor oportunidad de la IA en la construcción?	

Anexo 2. Encuestas aplicadas

ENTREVISTA 1: ALEJANDRA OSORIO

Cargo: Ingeniera Civil, Especialista en Gerencia de Proyectos

Empresa: Constructora IHC Ingeniería

1. Rol y experiencia:

Llevo más de ocho años en el sector de la construcción, enfocada en la gestión de proyectos de infraestructura y vivienda. Actualmente lidero la planeación técnica y administrativa de obras en la Constructora IHC.

2. Uso de IA en construcción:

Personalmente utilizo herramientas de IA para optimizar informes, programar actividades y realizar análisis de riesgos. En la empresa estamos en una etapa inicial de capacitación para su uso en estimaciones de costos y seguimiento de proyectos.

3. Adopción técnica de IA:

La adopción aún es incipiente. Usamos algunas herramientas integradas en software como Excel o ChatGPT para tareas de apoyo, pero todavía no hay sistemas automatizados en los procesos constructivos.

4. Ética y gobernanza:

En este momento no existe una política formal de uso ético de la IA, pero considero fundamental crear lineamientos que aseguren la transparencia y la confiabilidad de la información generada.

5. Seguridad (ciber/operativa):

Las herramientas que usamos no están integradas con bases de datos internas, lo que reduce riesgos, aunque no hay todavía protocolos de ciberseguridad específicos.

6. Eficiencia y resultados:

La IA ha mejorado la productividad personal y ha reducido tiempos en la elaboración de

documentos. Sin embargo, su impacto aún no es medible.

7. Aceptación y percepción:

Hay interés y curiosidad entre los empleados, aunque también cierta desconfianza por desconocimiento técnico. La capacitación está ayudando a reducir esa resistencia.

8. Mis recomendaciones:

Implementar una estrategia institucional de adopción gradual, con formación continua y lineamientos éticos que garanticen un uso responsable.

ENTREVISTA 2: JHON ORTIZ

Cargo: Profesional en Georreferenciación

Empresa: Grupo Ortiz (Multinacional de Ingeniería Civil, Obras Hidráulicas y Viales)

1. Rol y experiencia:

Trabajo desde hace diez años en proyectos de infraestructura vial y geotécnica. Mi especialidad es la georreferenciación y el análisis espacial aplicado a obras civiles.

2. Uso de IA en construcción:

En Grupo Ortiz empleamos IA para el procesamiento de imágenes satelitales, detección de fallas en pavimentos y análisis predictivo de mantenimiento.

3. Adopción técnica de IA:

La empresa cuenta con una política formal de innovación y transformación digital. Tenemos un protocolo de uso de IA validado por el área de TI y el comité de ética tecnológica.

4. Ética y gobernanza:

Todos los proyectos con IA deben cumplir con normas de transparencia algorítmica y confidencialidad de datos. Además, se exige trazabilidad de los resultados generados por los modelos.

5. Seguridad (ciber/operativa):

Contamos con sistemas de seguridad en la nube y auditorías periódicas para proteger los datos

geoespaciales. El acceso a modelos de IA está restringido por niveles de autorización.

6. Eficiencia y resultados:

Hemos logrado reducir en un 30 % los tiempos de análisis topográfico y aumentar la precisión de nuestros modelos de terreno y costos.

7. Aceptación y percepción:

La IA es bien recibida por los equipos técnicos. Se percibe como un apoyo clave para la toma de decisiones. La mayoría de las áreas ya la considera parte del flujo de trabajo estándar.

8. Mis recomendaciones:

Promover alianzas con universidades y startups para seguir innovando en IA aplicada a la ingeniería civil y garantizar su adopción responsable a nivel global.

ENTREVISTA 3: JULIÁN ROJAS

Cargo: Gerente

Empresa: Nova Hábitat S.A.S.

1. Rol y experiencia:

Soy gerente general de Nova Hábitat S.A.S, y tengo 20 años de experiencia en el sector construcción, en gerencia de proyectos, planeación y gestión de recursos. He trabajado tanto en la obra como en la parte administrativa y comercial.

2. Uso de IA en construcción:

Para mí, la inteligencia artificial en construcción es el uso de herramientas digitales que permitan la automatización de procesos, el análisis de datos en tiempo real y la toma de decisiones, disminuyendo así errores y costos

3. Adopción técnica de IA:

Hemos iniciado el uso de IA en la planeación de proyectos y el control presupuestal con

herramientas que predicen desviaciones de costo y tiempos. Estamos empleando herramientas de análisis predictivo en Excel, aprovechando complementos de inteligencia artificial y software de gestión que utiliza algoritmos que aprenden de proyectos pasados. Aunque aún no hemos logrado una integración completa con BIM o ERP, actualmente estamos en una fase piloto donde estamos conectando nuestro software de costos (S10) con modelos BIM en Revit.

4. Ética y gobernanza:

Contamos con políticas básicas de protección de datos que se alinean con la Ley 1581 de 2012. Si bien no tenemos protocolos específicos relacionados con la IA, nos aseguramos de mantener la confidencialidad de la información que manejamos.

Para nosotros, la transparencia es fundamental, así que revisamos los resultados de los algoritmos y evitamos tomar decisiones automáticas sin una revisión humana previa.

5. Seguridad (ciber/operativa):

Implementamos protocolos básicos de ciberseguridad, incluyendo el uso de contraseñas seguras, respaldos de información y antivirus corporativo. Todas las decisiones finales en diseño, presupuesto o cronograma pasan por la revisión de un ingeniero o arquitecto; la IA simplemente brinda apoyo en la toma de decisiones.

6. Eficiencia y resultados

Hemos notado una mejora en el tiempo de respuesta para la elaboración de presupuestos y cerca de en el ahorro de materiales, aunque no está medido claramente.

7. Aceptación y percepción

Los empleados han mostrado interés, aunque hay quienes sienten cierta inquietud ante la posibilidad de que la IA pueda desplazar algunos roles administrativos.

Confío moderadamente en los resultados que arroja la IA; siempre es esencial validar estos resultados con la experiencia humana. Planeamos realizar inversiones en herramientas de IA que se integren con BIM, así como en la formación del equipo técnico.

8. Mis recomendaciones:

1. Iniciar con pequeños proyectos piloto.
2. Invertir en la capacitación digital del personal.
3. No delegar decisiones críticas a la IA sin supervisión adecuada.

ENTREVISTA 4: JOSE ANDRES RIVERA

Cargo: Ingeniero residente de obra

Empresa: Nova Hábitat S.A.S.

1. Rol y experiencia

Como ingeniero civil con seis años de experiencia como residente de obra, mi labor principal consiste en coordinar equipos de trabajo, supervisar avances y comprobar la calidad de los materiales.

2. Uso de IA en construcción

Mi perspectiva sobre la inteligencia artificial se centra en su potencial como herramienta digital.

Creo que estas tecnologías son increíbles aliadas para optimizar la organización de los proyectos, analizar datos y detectar posibles errores antes de que se conviertan en problemas.

3. Adopción técnica de IA

En la obra, utilizamos una aplicación muy útil que ayuda a predecir posibles retrasos en nuestras actividades basándose en factores como el clima y el rendimiento de nuestro equipo

Esta plataforma emplea algoritmos de aprendizaje automático que están conectados con los informes diarios que generamos.

4. Ética y gobernanza

En cuanto a la gestión de datos, aunque no contamos con protocolos específicos relacionados con la IA, siempre ponemos un fuerte énfasis en proteger la información personal y los datos de nuestros clientes. 2.2 Además, cada análisis o resultado que obtenemos es validado antes de ser reportado.

Es cierto que hasta ahora no hemos recibido formación en ética de IA, lo cual creo que sería muy beneficioso.

5. Seguridad

La seguridad también es crucial; cada usuario cuenta con una clave única y su acceso está limitado de acuerdo con su rol específico. De forma general, hay un nivel adecuado de supervisión humana, sobre todo antes de implementar cambios en los procesos o tomar decisiones en el terreno.

6. Eficiencia y resultados

Gracias a la incorporación de esta tecnología, hemos logrado reducir los tiempos de inactividad y mejorar la coordinación con nuestros proveedores. Es notable que hemos visto un ahorro promedio del 5% en los materiales adquiridos, así como un mejor cumplimiento de nuestros cronogramas.

7. Aceptación y percepción

Es cierto que al principio algunos de mis compañeros eran escépticos respecto a la IA, pero con el tiempo han ido reconociéndola como una herramienta valiosa. Aunque confío en los resultados que obtenemos de estas aplicaciones, siempre resto importancia a la experiencia personal y la intuición que he acumulado en los años.

8. Mis recomendaciones:

1. Capacitar a todo el personal en el uso de herramientas digitales.
2. Enfatizar que la tecnología no debe ser temida; al contrario, debe ser vista como una aliada en nuestro trabajo diario.
3. Empezar con soluciones sencillas y de bajo costo.

ENTREVISTA 5: JESUS GARCIA

Cargo: Directivo

Empresa: G&H CONSTRUCTORA S.A.S.

1. Rol y experiencia:

Soy directivo con más de 10 años en el sector construcción, enfocado en estrategia, innovación y transformación digital empresarial.

2. Uso de IA en construcción:

La IA se usa principalmente para análisis predictivo, control de costos, gestión documental y optimización de cronogramas.

3. Adopción técnica de IA:

Hemos implementado herramientas de análisis de datos y modelado BIM con soporte de IA, aunque aún estamos en fase de madurez media.

4. Ética y gobernanza:

Promovemos el uso responsable de la IA, con políticas de transparencia en la toma de decisiones y protección de datos sensibles.

5. Seguridad (ciber/operativa):

Priorizamos la ciberseguridad mediante protocolos de acceso, respaldos y capacitación al personal.

6. Eficiencia y resultados:

La IA ha mejorado la productividad y la precisión en la planificación de proyectos, reduciendo sobrecostos y tiempos muertos.

7. Aceptación y percepción:

La percepción es positiva, aunque algunos empleados aún desconfían por falta de conocimiento o miedo a la automatización.

8. Mis recomendaciones:

Fortalecer la capacitación, establecer marcos éticos claros y fomentar alianzas tecnológicas estratégicas.

ENTREVISTA 6: DANIELA ZUÑIGA

Cargo: Gerente de proyectos

Empresa: G&H CONSTRUCTORA S.A.S.

1. Rol y experiencia:

Soy gerente de proyectos con 8 años de experiencia en construcción, responsable de la planificación, ejecución y control de obras.

2. Uso de IA en construcción:

Utilizamos IA para seguimiento de obra, control de calidad y estimación de riesgos.

3. Adopción técnica de IA:

La integración con plataformas BIM y herramientas de gestión predictiva ha sido gradual, pero muestra resultados medibles.

4. Ética y gobernanza:

Es vital garantizar que los algoritmos sean justos y que las decisiones automatizadas no afecten la equidad laboral.

5. Seguridad:

Aplicamos sistemas IA para detección de riesgos en obra y monitoreo de cumplimiento de normas de seguridad.

6. Eficiencia y resultados:

La IA ha optimizado la logística y reducidos errores humanos, mejorando la coordinación entre equipos.

7. Aceptación y percepción:

El equipo la percibe como una herramienta útil, aunque requiere acompañamiento técnico para su adopción plena.

8. Recomendaciones:

Invertir en formación, acompañar el cambio cultural y establecer métricas claras de impacto.

ENTREVISTA 7: LUIS CARLOS SANCHEZ

Cargo: Director de Proyectos

Empresa: Prodesa S.A

1. Rol y experiencia:

Soy Director de Proyectos en Prodesa S.A., con más de 12 años de trayectoria liderando planes urbanísticos y de vivienda, liderando equipos multidisciplinarios y supervisando la planificación, ejecución y cierre de proyectos.

2. Uso de IA en construcción:

En Prodesa, utilizamos la IA para análisis predictivo de costos y cronogramas, gestión documental avanzada, automatización de reportes y monitoreo inteligente de avances en obra.

3. Adopción técnica de IA:

Hemos implementado herramientas de IA integradas a nuestras plataformas BIM y softwares de gestión de proyectos. Nuestro nivel de adopción es intermedio, en plena expansión con acciones de capacitación interna.

4. Ética y gobernanza:

Fomentamos la transparencia en el uso de la IA, protegemos los datos de clientes y colaboradores y disponemos de pautas claras sobre la responsabilidad en la toma de decisiones automatizadas.

5. Seguridad (ciber/operativa):

Implementamos protocolos de ciberseguridad, respaldos y monitoreo en obra para proteger datos y prevenir riesgos laborales. La IA ayuda en la detección temprana de incidentes y la gestión segura de los recursos.

6. Eficiencia y resultados:

La implementación de IA ha fortalecido significativamente la eficiencia operativa: hemos conseguido mayor precisión en la planificación, reducción de sobrecostos, mejor anticipación de riesgos y optimización de recursos. Además, los informes generados automáticamente permiten tomar decisiones más ágiles y fundamentadas.

7. Aceptación y percepción:

En general, la percepción es positiva entre la mayoría de los equipos técnicos y directivos, pues

observan mejoras en resultados y carga laboral. Sin embargo, todavía existen colaboradores que muestran cierta resistencia, lo que estamos abordando con capacitación y acompañamiento en los procesos de cambio.

8. Mis recomendaciones:

Reforzar la capacitación en nuevas tecnologías, implicar a todo el personal en la transformación digital, establecer protocolos éticos claros y seguir fomentando alianzas tecnológicas estratégicas que nos permitan mantenernos a la vanguardia del sector, asegurando una implementación responsable y efectiva de la IA en todos nuestros procesos.

ENTREVISTA 8: Daniel Garzón

Cargo: Coordinador de Proyectos

Empresa: Prodesa S.A

1. Rol y experiencia:

Soy Coordinador de Proyectos en Prodesa, con 4 años de experiencia supervisando avances, control de materiales y programación en proyectos residenciales y urbanísticos.

2. Uso de IA en construcción:

Apoyo el uso de IA para el control de materiales, seguimiento fotográfico de obra, y optimización de cronogramas mediante predicciones de tiempos y costos.

3. Adopción técnica de IA:

Aún en etapa inicial, pero ya se emplean herramientas predictivas integradas en plataformas de gestión de proyectos para monitorear avances y predecir posibles retrasos.

4. Ética y gobernanza:

Es importante que la utilización de IA sea transparente, con claridad sobre el uso de datos y responsabilidades en las decisiones automatizadas para mantener la confianza del equipo y de los clientes.

5. Seguridad:

La IA ayuda a identificar condiciones inseguras mediante cámaras y sensores, reduciendo riesgos laborales y asegurando un entorno de trabajo seguro y controlado.

6. Eficiencia y resultados:

La IA ha mejorado la precisión en el control de avances, redujo retrabajos y optimizó la gestión de recursos, permitiendo cumplir con los cronogramas y mejorar la calidad del trabajo en campo.

7. Aceptación y percepción:

Al inicio hubo resistencia por parte del personal, pero al evidenciar los beneficios en tiempos y control, la aceptación ha aumentado considerablemente y el equipo ahora la ve como una herramienta útil para su trabajo diario.

8. Mis recomendaciones:

Continuar con capacitaciones prácticas, involucrar a todo el personal operativo en el uso de estas herramientas y medir continuamente los resultados para ajustar y optimizar su implementación.

ENTREVISTA 9: CARLOS MARIÑO

Cargo: Gerente de proyectos

Empresa: Rubiano Constructora S.A.

1. Rol y experiencia:

Soy Gerente de Proyectos en Rubiano constructora S.A., con más de 15 años de experiencia en la dirección de obras civiles y proyectos de infraestructura. Me encargo de la planeación estratégica, control financiero y supervisión técnica de todas las etapas constructivas.

2. Uso de IA en construcción:

Utilizamos la IA para optimizar la planificación de obras, identificar desviaciones en cronogramas y realizar análisis predictivos de costos. Además, nos ayuda en la detección temprana de riesgos y en la simulación de escenarios constructivos.

3. Adopción técnica de IA:

Contamos con plataformas integradas con modelos BIM y herramientas de machine learning que

procesan información de sensores en obra. La adopción aún es parcial, pero está creciendo rápidamente en los proyectos de gran envergadura.

4. Ética y gobernanza:

La compañía mantiene políticas claras sobre el manejo de información, garantizando transparencia, seguridad y cumplimiento de las normas de protección de datos personales. Se promueve el uso ético de la tecnología y la supervisión humana en decisiones automatizadas.

5. Seguridad:

Aplicamos IA para monitorear condiciones en obra mediante cámaras inteligentes y alertas en tiempo real. Esto ha reducido incidentes laborales y permitido una gestión más proactiva de los riesgos.

6. Eficiencia y resultados:

Hemos mejorado la precisión en presupuestos, reducido sobrecostos y optimizado el uso de materiales. La IA también ha permitido una mejor coordinación entre los equipos técnicos y administrativos.

7. Aceptación y percepción:

El personal técnico percibe la IA como una aliada clave, aunque algunos colaboradores aún sienten incertidumbre. Por eso se están realizando jornadas de sensibilización y capacitación para fomentar su adopción.

8. Mis recomendaciones:

Reforzar los programas de formación digital, fomentar la innovación en todos los niveles de la empresa y seguir integrando tecnologías emergentes de forma gradual y controlada.

ENTREVISTA 10: IVAN ROMERO

Cargo: Ingeniero de Calidad

Empresa: Rubiano Constructora S.A.

1. Rol y experiencia:

Soy Ingeniero de Calidad, con 8 años de experiencia en aseguramiento de la calidad y control

técnico en proyectos de vivienda e infraestructura.

2. Uso de IA en construcción:

La IA nos ayuda en la inspección automática de materiales y estructuras mediante análisis de imágenes, detectando fallas antes de que generen reprocesos. También usamos algoritmos predictivos para planificar mantenimientos preventivos.

3. Adopción técnica de IA:

Estamos implementando herramientas basadas en visión computarizada y análisis de datos integrados al sistema de gestión de calidad. Actualmente, se usan en proyectos piloto con resultados muy prometedores.

4. Ética y gobernanza:

La empresa exige trazabilidad y transparencia en los registros digitales, asegurando que los datos no sean manipulados y que su uso cumpla con la legislación vigente.

5. Seguridad:

El uso de IA ha mejorado la seguridad operativa al identificar desviaciones o condiciones críticas en tiempo real, permitiendo acciones correctivas inmediatas.

6. Eficiencia y resultados:

Hemos logrado una reducción del 20% en tiempos de inspección y un 15% en desperdicio de materiales. Además, la IA permite documentar hallazgos de manera automática y generar reportes confiables.

7. Aceptación y percepción:

El equipo de calidad valora positivamente la herramienta porque mejora la precisión y reduce carga operativa. Sin embargo, se requiere reforzar la capacitación para su uso avanzado.

8. Mis recomendaciones:

Ampliar la implementación a todos los proyectos, capacitar al personal técnico y fortalecer la integración entre áreas para compartir información en tiempo real.