

**Soluciones basadas en inteligencia artificial para reducir tiempos y costos en la
interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia**

José Sebastián Morales Godoy y Alexander Rodríguez Cujia

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de
la Construcción**

Director

Arq. Fabio Andrés Lizcano Prada

Máster en Ordenamiento Territorial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en interventoría y Supervisión de la Construcción

2026

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes han sido el principal apoyo durante nuestro proceso académico y profesional. Gracias por su comprensión, motivación y acompañamiento constante en cada etapa de este camino.

Asimismo, dedicamos esta investigación a nuestros docentes y a todas las personas que contribuyeron con sus conocimientos y experiencias al fortalecimiento de nuestra formación profesional.

Finalmente, este proyecto está dedicado a quienes creen en la innovación y en la transformación tecnológica como herramientas para mejorar la eficiencia, la transparencia y el desarrollo del sector de la construcción en Colombia.

Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Santo Tomás, por brindarnos la formación académica y los espacios necesarios para el desarrollo de esta investigación.

De igual manera, agradecemos al Arq. Fabio Andrés Lizcano Prada, director del proyecto, por su orientación, acompañamiento y aportes académicos durante el proceso de elaboración del trabajo de grado.

Asimismo, reconocemos el apoyo de los docentes de la Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción, quienes mediante sus conocimientos y recomendaciones contribuyeron significativamente al fortalecimiento técnico y conceptual de esta investigación.

Agradecemos también a las personas y profesionales del sector construcción que aportaron ideas, sugerencias y referencias bibliográficas útiles para el desarrollo del estudio y la comprensión de los procesos de interventoría y transformación digital en Colombia.

Finalmente, extendemos un especial agradecimiento a nuestras familias por su apoyo incondicional, comprensión y motivación permanente durante esta etapa académica y profesional.

Contenido

Introducción	13
1. Desafíos en la interventoría y supervisión de contratos de obra pública y la necesidad de implementar soluciones basadas en inteligencia artificial.	19
1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.2 Justificación.....	23
1.3 Objetivos	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	25
1.4 Alcance del proyecto	26
2. Marco referencial	28
2.1 Marco teórico	28
2.1.1 Interventoría y gestión de la obra pública en Colombia.....	28
2.1.2 Evolución de la interventoría y limitaciones del enfoque tradicional	29
2.1.3 Inteligencia artificial y su aplicación en la gestión pública.....	29
2.1.4 Inteligencia artificial aplicada a proyectos de infraestructura y obra pública	30
2.1.5 Transformación digital e inteligencia artificial en la interventoría	31
2.1.6 Inteligencia artificial aplicada a la interventoría y supervisión de obras	33
2.1.7 Retos y consideraciones éticas en la implementación de la inteligencia artificial	35
2.2 Antecedentes	36
2.3 Marco conceptual	39
2.4 Marco legal.....	62
3. Método	65

3.1. Enfoque de la investigación.....	65
3.2. Tipo y diseño de investigación	65
3.3. Método de investigación.....	66
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información	72
3.5 Fases de la investigación	73
3.6 Criterios de validación conceptual del modelo.....	75
3.7 Población y unidad de análisis.....	79
3.8 Consideraciones éticas.....	80
4. Resultados, propuesta y aplicación conceptual.....	81
4.1. Resultados del análisis documental	81
4.2 Modelo conceptual basado en inteligencia artificial y Procore.....	89
4.3 Lineamientos estratégicos para la implementación del modelo conceptual.....	120
4.4 Impacto operativo del uso de Procore e inteligencia artificial	122
4.5 Limitaciones para la implementación del modelo	125
5. Discusión.....	129
6. Conclusiones	134
Recomendaciones	137
Referencias.....	139

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Comparativa de aplicativos de inteligencia artificial aplicados a la interventoría de obra pública.....</i>	46
Tabla 2. <i>Beneficios de Procore en la interventoría de obra pública.</i>	56
Tabla 3. <i>Riesgos que pueden prevenirse.....</i>	57
Tabla 4. <i>Metodologías implementadas por Procore.....</i>	59
Tabla 5. <i>Categorías de análisis utilizadas en la investigación.....</i>	67
Tabla 6. <i>Comparación conceptual de plataformas digitales aplicables a la interventoría</i>	68
Tabla 7. <i>Procedimiento metodológico de la investigación.....</i>	74
Tabla 8. <i>Medición del desempeño real de una herramienta.....</i>	76
Tabla 9. <i>Interpretación del resultado.....</i>	77
Tabla 10. <i>Principales hallazgos identificados en el análisis documental.....</i>	81
Tabla 11. <i>Priorización de necesidades de modernización.....</i>	83
Tabla 12. <i>Matriz de priorización de necesidades de modernización</i>	85
Tabla 13. <i>Escala de valoración de los criterios de priorización.....</i>	86
Tabla 14. <i>Metodología operativa del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)</i>	109
Tabla 15. <i>Evaluación comparativa del aporte del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).</i>	114
Tabla 16. <i>Informaciones utilizadas en el seguimiento de un contrato de obra pública</i>	116
Tabla 17. <i>Señales identificadas clasificadas por el MCII</i>	117
Tabla 18. <i>Actores del proceso contractual</i>	118
Tabla 19. <i>Criterios técnicos del modelo.....</i>	119

Tabla 20. Lineamientos estratégicos para la implementación del modelo conceptual	122
Tabla 21. Comparación entre la interventoría tradicional y el modelo conceptual basado en Procore e inteligencia artificial	123
Tabla 22. Beneficios esperados del modelo conceptual basado en Procore e inteligencia artificial	124
Tabla 23. Principales limitaciones para la implementación del MCII.....	128

Lista de figuras

Figura 1. <i>Comparación cualitativa de las capacidades de herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la interventoría de contratos de obra.</i>	46
Figura 2. <i>Comparación de funcionalidades principales de herramientas IA.</i>	47
Figura 3. <i>Comparación de niveles de riesgo.</i>	58
Figura 4. <i>Diagrama metodológico para la formulación del Modelo Conceptual.</i>	73
Figura 5. <i>Valoración del impacto de las problemáticas identificadas en la interventoría tradicional.</i>	82
Figura 6. <i>Estructura general del modelo conceptual</i>	91
Figura 7. <i>Interfaz de la herramienta de gestión documental de Procore.</i>	93
Figura 8. <i>Visualización y gestión de planos en Procore.</i>	95
Figura 9. <i>Funcionalidades de inteligencia artificial y agentes de Procore.</i>	98
Figura 10. <i>Funcionalidades de inteligencia artificial y agentes de Procore.</i>	98
Figura 11. <i>Arquitectura general del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).</i>	103
Figura 12. <i>Componentes funcionales del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)</i>	106
Figura 13. <i>Flujograma operacional del MCII</i>	110

Resumen

La interventoría y supervisión de contratos de obra pública desempeñan un papel fundamental en el control técnico, administrativo, financiero y contractual de los proyectos de infraestructura. No obstante, estos procesos enfrentan dificultades relacionadas con retrasos, sobrecostos, gestión manual de la información y limitaciones en el seguimiento oportuno de los contratos, afectando la eficiencia de la gestión pública. La presente investigación tuvo como objetivo proponer un modelo conceptual basado en técnicas de inteligencia artificial, particularmente aprendizaje automático (Machine Learning), procesamiento de lenguaje natural (PLN) y modelos de IA generativa, orientado al fortalecimiento de la eficiencia en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia. Para ello, se desarrolló una investigación de enfoque cualitativo, carácter descriptivo y alcance propositivo, sustentada en la revisión documental de la literatura especializada, la normatividad vigente y los estudios relacionados con la inteligencia artificial, la transformación digital y la gestión contractual. Los resultados permitieron identificar factores técnicos, administrativos y operativos que afectan la eficiencia de la interventoría tradicional, así como analizar el potencial de las herramientas de inteligencia artificial para apoyar la gestión de riesgos, la automatización documental, la trazabilidad de la información y la toma de decisiones basada en datos. Asimismo, se planteó un modelo conceptual tomando como referencia la plataforma Procore por sus capacidades de gestión colaborativa y centralización de información. Finalmente, se concluye que la incorporación gradual de herramientas basadas en inteligencia artificial podría contribuir al fortalecimiento de la transparencia, la eficiencia operativa y la capacidad preventiva de los procesos de supervisión de obra pública en Colombia.

Palabras clave: inteligencia artificial, interventoría, supervisión de obra pública, transformación digital, gestión contractual.

Abstract

This research aimed to propose a conceptual model based on artificial intelligence (AI), particularly machine learning, natural language processing (NLP), and generative AI models to optimize public works supervision processes in Colombia. The study identifies limitations of the traditional supervision model, including delays, deficiencies in document management, and difficulties in contractual control. Likewise, the study proposes a conceptual model based on digital platforms such as Procore to strengthen operational efficiency, information traceability, and early risk detection through automation and real-time monitoring. The research used a qualitative, descriptive approach supported by a documentary review of academic, legal, and technological sources on digital transformation in the construction sector. The results show that integrating artificial intelligence and collaborative tools can improve decision-making, optimize administrative processes, and strengthen transparency in public infrastructure contracts. Finally, the study concludes that artificial intelligence does not replace the supervisor's professional judgment but instead supports preventive control and operational efficiency in public works supervision processes in Colombia.

Keywords: artificial intelligence, public works supervision, Procore, risk management, digital transformation.

Glosario

Automatización: proceso de utilizar tecnología, como la inteligencia artificial, para realizar tareas repetitivas o complejas sin intervención humana, mejorando la eficiencia en actividades como la supervisión de contratos (Silva Rojas, 2014).

Contrato de obra: acuerdo celebrado por entidades estatales para la construcción, mantenimiento, instalación o realización de trabajos materiales sobre bienes inmuebles, bajo cualquier modalidad de ejecución y pago (Gestor Normativo Función Pública, 2013).

Ejecución contractual: fase de la contratación pública en la cual las partes cumplen las obligaciones establecidas: el contratista ejecuta la obra, suministra el bien o presta el servicio, y la entidad efectúa el pago acordado (Gestor Normativo Función Pública, 2013).

Entidad estatal: organismos públicos como la Nación, departamentos, municipios, distritos, establecimientos públicos, empresas industriales y comerciales del Estado, y sociedades de economía mixta con participación estatal superior al 50% (Ley 80 de 1993).

Inteligencia Artificial (IA): conjunto de tecnologías que permiten a las computadoras realizar funciones avanzadas, como el reconocimiento de patrones, la comprensión del lenguaje, el análisis de datos y la toma de decisiones, simulando procesos de inteligencia humana (Rouhiainen, 2018).

Interventoría: servicio de supervisión y control que asegura el cumplimiento del objeto contractual y la correcta destinación de los recursos públicos en un contrato estatal, realizado por un servidor público o un particular (Silva Rojas, 2014).

Planeación contractual: proceso previo a la contratación que incluye la elaboración de estudios y documentos previos, como la descripción de la necesidad, el objeto del contrato, el

presupuesto estimado y la asignación de riesgos, para garantizar una ejecución eficiente (Gestor Normativo Función Pública, 2013).

Riesgo contractual: evento o condición incierta que puede afectar el cumplimiento de los objetivos del contrato, como retrasos, sobrecostos o fallas técnicas, y que puede ser mitigado mediante herramientas de inteligencia artificial (Silva Rojas, 2014).

Servidor público: persona natural que presta servicios dependientes a entidades estatales, incluyendo aquellos que celebran contratos en representación de asociaciones o fundaciones de participación mixta (Ley 80 de 1993).

Sistema experto: aplicación de inteligencia artificial que utiliza conocimientos especializados y reglas para resolver problemas específicos, como la supervisión técnica de contratos de obra pública (Ganascia, 2018).

Unión temporal: acuerdo entre dos o más personas que presentan una propuesta conjunta para un contrato, respondiendo solidariamente por el cumplimiento, pero con sanciones proporcionales a su participación (Gestor Normativo Función Pública, 2013).

Introducción

La obra pública comprende el conjunto de actuaciones destinadas a la construcción, adecuación, ampliación, mantenimiento o rehabilitación de infraestructura orientada a satisfacer necesidades colectivas y prestar servicios de interés público. Su ejecución involucra recursos económicos, capacidades técnicas, procesos administrativos y decisiones contractuales que deben articularse para alcanzar las condiciones de calidad, costo, plazo y alcance establecidas en cada proyecto. Debido a esta complejidad, el seguimiento y control durante la ejecución contractual constituye un componente esencial para verificar el cumplimiento de las obligaciones pactadas, anticipar posibles desviaciones y promover el uso adecuado de los recursos destinados a la infraestructura pública. En este sentido, la interventoría y la supervisión adquieren especial relevancia como mecanismos de seguimiento y control de los contratos de obra pública, al permitir verificar de manera sistemática los aspectos técnicos, administrativos, financieros y contractuales asociados al desarrollo de los proyectos.

En el contexto colombiano, la ejecución de los contratos de obra pública constituye uno de los mecanismos mediante los cuales las entidades estatales materializan proyectos de infraestructura dirigidos a atender necesidades de la población y contribuir al desarrollo económico y social del territorio. El marco de la contratación estatal establece mecanismos de supervisión e interventoría destinados a realizar el seguimiento al cumplimiento de las obligaciones contractuales y a verificar las condiciones bajo las cuales se ejecutan los proyectos. No obstante, las características propias de las obras públicas, sumadas al volumen de información técnica, administrativa, financiera y contractual que se genera durante su ejecución, plantean retos para realizar un seguimiento oportuno, articulado y basado en información confiable.

A estas condiciones se suman situaciones como retrasos en la ejecución, modificaciones contractuales, dificultades en la consolidación y consulta de información, seguimiento manual de documentos y limitaciones para identificar oportunamente posibles riesgos o desviaciones del proyecto. Estos factores pueden dificultar la toma de decisiones durante la ejecución contractual y generar mayores exigencias para los equipos responsables de la supervisión e interventoría. Por esta razón, el fortalecimiento de las herramientas y metodologías utilizadas para el seguimiento de las obras públicas representa un campo de interés para la gestión contractual y la transformación digital de las entidades públicas.

A pesar de la existencia de un marco normativo que regula la contratación pública en Colombia, diferentes informes institucionales y estudios especializados evidencian que aún persisten problemáticas asociadas a retrasos en la ejecución, modificaciones contractuales recurrentes, deficiencias en la gestión documental, limitaciones en el seguimiento técnico y posibles sobrecostos en algunos contratos de infraestructura. Estas situaciones ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los procesos de interventoría mediante estrategias que mejoren la capacidad de análisis, la trazabilidad de la información y la identificación temprana de riesgos. La dificultad no radica únicamente en la cantidad de información generada durante la ejecución contractual, sino también en la capacidad de organizarla, relacionarla y utilizarla oportunamente para apoyar las decisiones de supervisión.

En los últimos años, la transformación digital y el desarrollo de tecnologías basadas en inteligencia artificial han generado nuevas oportunidades para optimizar la gestión de proyectos de construcción. Herramientas de analítica de datos, automatización documental, monitoreo digital y plataformas colaborativas permiten procesar grandes volúmenes de información y apoyar la toma de decisiones mediante el análisis continuo de variables técnicas, administrativas y financieras. En

este sentido, *Zabala-Vargas, Jaimes-Quintanilla y Jimenez-Barrera (2023)*, mediante una revisión sistemática de 57 estudios, identificaron aplicaciones de la inteligencia artificial, la ciencia de datos y el big data en la industria de arquitectura, ingeniería y construcción, particularmente en aspectos relacionados con costos, calidad, tiempo, alcance y gestión de riesgos. No obstante, gran parte de las investigaciones disponibles se centran en el estudio de herramientas tecnológicas específicas, sin proponer modelos metodológicos adaptados a las particularidades de la contratación pública colombiana. Esta situación evidencia una oportunidad para desarrollar propuestas que no se limiten a describir las capacidades de una tecnología, sino que establezcan cómo podría integrarse en los procesos de interventoría.

Investigaciones científicas recientes evidencian que la incorporación de inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, especialmente en aplicaciones relacionadas con el análisis predictivo de riesgos, el monitoreo del avance de obra, la automatización documental y el apoyo a la toma de decisiones. *Taboada et al. (2023)*, a partir de una revisión sistemática sobre la aplicación de inteligencia artificial en la gestión de proyectos, identificaron un crecimiento de la investigación en este campo y destacaron el uso del aprendizaje automático para actividades relacionadas con la predicción y el apoyo a la toma de decisiones. De igual manera, *Hossain et al. (2024)*, mediante una revisión de aplicaciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático en el ciclo de vida de los proyectos de construcción, identificaron usos relacionados con la planificación, estimación de costos, programación, gestión de riesgos y seguimiento de la ejecución. Las revisiones sistemáticas más recientes concluyen que estas tecnologías constituyen una de las principales tendencias de la transformación digital del sector de la construcción, al demostrar su capacidad para optimizar la gestión de costos, tiempos, seguridad, control documental y supervisión de

proyectos mediante técnicas de analítica predictiva y aprendizaje automático. Asimismo, la literatura identifica que las aplicaciones más consolidadas se orientan a la predicción de retrasos, la estimación y control de costos, la identificación temprana de riesgos, el monitoreo de la seguridad en obra y el procesamiento automatizado de grandes volúmenes de información. Estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados por *Zabala-Vargas et al. (2023)*, *Taboada et al. (2023)* y *Hossain et al. (2024)*, quienes reconocen el potencial de estas tecnologías para mejorar diferentes actividades asociadas con la gestión y ejecución de proyectos de construcción. Sin embargo, estos estudios también coinciden en que la implementación exitosa de estas tecnologías depende de factores como la calidad de los datos, la interoperabilidad entre sistemas, la madurez digital de las organizaciones, la disponibilidad de infraestructura tecnológica y la capacitación del talento humano. En consecuencia, diversos autores destacan la necesidad de desarrollar modelos metodológicos adaptados a los contextos institucionales y regulatorios de cada país, especialmente en aquellos donde los procesos de transformación digital aún se encuentran en etapas de consolidación.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito formular el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), una propuesta metodológica orientada a fortalecer los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública mediante la integración de inteligencia artificial, analítica de datos y gestión documental digital. El modelo plantea un enfoque preventivo de la supervisión, en el cual la información generada durante la ejecución contractual es organizada, analizada y transformada en conocimiento útil para apoyar la toma de decisiones y facilitar la identificación temprana de riesgos asociados a la ejecución de los proyectos. Su planteamiento busca complementar el criterio técnico del

interventor y no sustituir las responsabilidades profesionales, administrativas o legales de los actores que participan en el proceso contractual.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo documental, mediante la revisión y análisis de literatura científica, normativa vigente, informes institucionales, documentos técnicos y experiencias nacionales e internacionales relacionadas con la aplicación de inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción. Asimismo, se incorporó un ejercicio de aplicación conceptual utilizando como referencia un caso real divulgado por la Procuraduría General de la Nación sobre presuntos sobrecostos en un contrato estatal de obra para la recuperación e intervención del parque principal de Girón, con el propósito de ilustrar el funcionamiento del modelo propuesto dentro de un escenario representativo de la contratación pública colombiana. Este ejercicio no tuvo como propósito probar o validar empíricamente el modelo propuesto, sino ilustrar conceptualmente su posible aplicación en el análisis de situaciones asociadas al seguimiento de un contrato de obra pública. Este ejercicio tiene un carácter exclusivamente académico y metodológico, por lo que no constituye una validación empírica del modelo ni un pronunciamiento sobre las actuaciones adelantadas por los organismos de control.

El principal aporte de esta investigación consiste en la formulación de una propuesta metodológica desarrollada para el contexto colombiano que integra inteligencia artificial, analítica de datos, gestión documental digital y evaluación preventiva de riesgos, con el propósito de fortalecer la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad de apoyo a la toma de decisiones en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública. El aporte no se limita al uso de una plataforma tecnológica específica, sino que propone una estructura de integración que puede servir como base conceptual para futuras aplicaciones y procesos de validación en escenarios reales de contratación pública.

La estructura del documento se organiza en seis capítulos. El primero presenta el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos y el alcance de la investigación. El segundo desarrolla el marco teórico y conceptual relacionado con la interventoría, la contratación pública, la transformación digital y la inteligencia artificial aplicada al sector de la construcción. El tercer capítulo describe la metodología utilizada para el desarrollo del estudio. El cuarto expone los resultados obtenidos a partir del análisis documental y presenta como principal aporte de la investigación, incluyendo su arquitectura, componentes, funcionamiento, aplicación conceptual e indicadores de evaluación. Finalmente, los capítulos quinto y sexto contienen la discusión de los resultados y las conclusiones, respectivamente, destacando las coincidencias y diferencias frente a investigaciones anteriores, las limitaciones del estudio y el alcance del aporte desarrollado.

1. Desafíos en la interventoría y supervisión de contratos de obra pública y la necesidad de implementar soluciones basadas en inteligencia artificial.

1.1 Planteamiento del problema

En Colombia, la contratación de obras públicas constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico, la competitividad territorial y la mejora de la calidad de vida de la población. Sin embargo, a pesar de su importancia estratégica, la ejecución de los contratos de obra pública continúa enfrentando problemas estructurales que afectan la eficiencia, los costos y los plazos de entrega. Entre estos, destacan el incumplimiento de los cronogramas contractuales, los sobrecostos derivados de deficiencias en la planeación y las limitaciones en los procesos de supervisión e interventoría, aspectos que reducen la efectividad de las inversiones y afectan la confianza ciudadana en la gestión de los recursos públicos.

Uno de los principales factores que contribuyen a esta situación es la falta de herramientas tecnológicas modernas en los procesos de planeación, ejecución y seguimiento de los contratos. Esta situación ha sido identificada en la literatura científica relacionada con la gestión de proyectos de construcción, en la cual se evidencia que determinadas actividades de gestión y control continúan apoyándose en procesos manuales, información fragmentada y en la experiencia de los profesionales. En este sentido, Zabala-Vargas, Jaimes-Quintanilla y Jimenez-Barrera (2023), mediante una revisión sistemática de 57 estudios, identificaron que la incorporación de tecnologías como el big data, la ciencia de datos y la inteligencia artificial busca, entre otros aspectos, mejorar la predicción, la identificación de riesgos, la automatización de tareas y el apoyo a la toma de decisiones. De manera complementaria, un estudio de revisión sobre gestión de riesgos en proyectos de construcción publicado en 2023 señala que esta gestión continúa desarrollándose en

gran medida mediante procesos manuales y basados en la experiencia, identificando en las técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático alternativas para fortalecer estos procesos. La interventoría y supervisión funciones esenciales para asegurar la correcta ejecución técnica, administrativa y financiera de las obras suelen desarrollarse de forma manual y fragmentada, basadas en la experiencia individual de los profesionales más que en sistemas objetivos de análisis de datos. Esta condición dificulta la anticipación de riesgos contractuales, la detección oportuna de desviaciones y la toma de decisiones informadas en tiempo real.

Aunque el marco normativo colombiano (Ley 80 de 1993, Ley 1150 de 2007 y Decreto 1082 de 2015) ha buscado mejorar la transparencia y eficiencia de la contratación estatal, persisten debilidades estructurales en la gestión de la información y el control de los procesos.

Según informes de la Contraloría General de la República (2020), una parte importante de los contratos de infraestructura pública en Colombia presenta ampliaciones de plazo y adiciones presupuestales derivadas de deficiencias en el seguimiento y control contractual. En consecuencia, la ausencia de herramientas tecnológicas predictivas incrementa el riesgo de sobrecostos y retrasos en la ejecución de las obras.

Frente a estas dificultades, la literatura especializada reconoce diferentes alternativas para fortalecer el seguimiento y control de los proyectos de construcción, entre ellas el fortalecimiento de los procesos de gestión de riesgos, la implementación de metodologías de planificación y control, la gestión integrada de la información y el uso de herramientas digitales para apoyar el seguimiento de las variables técnicas, administrativas y financieras. En particular, las investigaciones recientes sobre inteligencia artificial en la construcción han identificado aplicaciones de aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural, sistemas basados en conocimiento y visión por computador para la predicción y gestión de riesgos, el análisis de

información, el seguimiento del avance y el apoyo a la toma de decisiones. Una revisión sistemática de 84 estudios publicados entre 2014 y 2024 identificó precisamente estas aplicaciones y señaló que su implementación debe considerar factores como la calidad de los datos, la interpretabilidad de los modelos y las capacidades del personal.

Asimismo, los interventores no siempre cuentan con bases de datos unificadas, trazabilidad digital o sistemas de alerta temprana que permitan realizar análisis predictivos sobre el avance físico, financiero o administrativo de las obras. De esta manera, los retrasos, las adiciones presupuestales y las reclamaciones contractuales se vuelven frecuentes, afectando tanto a las entidades contratantes como a los contratistas y a la ciudadanía beneficiaria.

En este sentido, el uso de metodologías apoyadas en tecnologías de analítica de datos e inteligencia artificial se considera pertinente para esta investigación no como una sustitución de los mecanismos tradicionales de supervisión e interventoría, sino como un complemento orientado a fortalecer su capacidad de análisis y seguimiento. La literatura evidencia que el aprendizaje automático puede emplearse en actividades como la predicción de costos, la programación, el seguimiento del avance, la detección de riesgos y la predicción de retrasos, mientras que otras técnicas de inteligencia artificial pueden apoyar el procesamiento y análisis de información documental. Una revisión sistemática publicada en 2026, que analizó 64 estudios sobre aprendizaje automático en gestión de proyectos de construcción, identificó aplicaciones precisamente en planificación, seguimiento de avances, detección de riesgos, control de costos y predicción de retrasos.

En contraste, el avance de la inteligencia artificial (IA) en los sectores público y privado ofrece oportunidades significativas para transformar la forma en que se planifican, ejecutan y controlan los proyectos de infraestructura. La IA permite analizar grandes volúmenes de

información, identificar patrones ocultos, generar predicciones basadas en datos históricos y automatizar tareas repetitivas que actualmente demandan tiempo y esfuerzo humano. En contextos internacionales, su aplicación ha demostrado mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos y optimizar el uso de los recursos públicos (OECD, 2022). Sin embargo, en Colombia su uso en la interventoría y supervisión de obras públicas sigue siendo incipiente y con escasas implementaciones reales o institucionalizadas.

La ausencia de sistemas inteligentes que integren la información contractual, los informes de interventoría y los datos técnicos de ejecución, impide desarrollar una visión integral y anticipada del estado de los contratos. En la mayoría de los casos, los informes se elaboran en formatos dispersos, con bajo nivel de estandarización y sin mecanismos de retroalimentación automática. Esta situación se traduce en una falta de trazabilidad y en la dificultad de identificar riesgos tempranos, lo cual genera demoras, conflictos contractuales y mayores costos.

Por tanto, el problema central que se aborda en esta investigación es la ineficiencia en el cumplimiento de los tiempos y costos en los contratos de obra pública, ocasionada por la limitada incorporación de herramientas de inteligencia artificial en los procesos de interventoría y supervisión. Este problema no solo afecta la ejecución física y financiera de las obras, sino también la credibilidad institucional y la percepción social sobre la gestión de los recursos del Estado.

Frente a este contexto, ¿De qué manera un modelo conceptual basado en inteligencia artificial puede fortalecer la eficiencia, la trazabilidad documental y la gestión predictiva de riesgos en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia?

Finalmente, la problemática descrita resalta la importancia de abordar este estudio desde una perspectiva multidisciplinaria, que combine conocimientos en ingeniería, tecnología, derecho contractual y gestión pública. Solo de esta forma será posible construir un modelo conceptual de

aplicación de IA adaptado al contexto colombiano, que permita reducir los tiempos de ejecución, prevenir sobrecostos y mejorar la calidad en la supervisión de los contratos de obra pública, contribuyendo así al fortalecimiento institucional y a la eficiencia en el uso de los recursos públicos.

1.2 Justificación

La interventoría y supervisión de contratos de obra pública constituyen funciones esenciales para garantizar el cumplimiento de las condiciones técnicas, administrativas, financieras y legales establecidas en los proyectos financiados con recursos del Estado. Sin embargo, en Colombia persisten dificultades relacionadas con retrasos, sobrecostos, modificaciones contractuales, deficiencias en la planeación y dispersión de la información utilizada para el seguimiento. Estas condiciones pueden limitar la identificación oportuna de desviaciones y dificultar la toma de decisiones preventivas.

Una de las principales dificultades corresponde al manejo fragmentado y predominantemente manual de documentos, informes, cronogramas, presupuestos, actas, registros fotográficos y comunicaciones. Cuando esta información no se encuentra articulada, el análisis depende en gran medida de revisiones periódicas y del criterio individual de los responsables, lo que puede generar respuestas tardías frente a situaciones que afectan el costo, el tiempo o el alcance contractual.

En este contexto, la inteligencia artificial (IA), la analítica de datos y la gestión documental digital representan herramientas con potencial para fortalecer el control contractual. Estas tecnologías pueden facilitar el análisis de grandes volúmenes de información, identificar patrones o desviaciones y generar alertas tempranas. No obstante, su incorporación no pretende reemplazar

al interventor, supervisor o demás responsables del contrato, sino proporcionar información organizada que apoye su análisis y toma de decisiones.

La investigación se justifica, por tanto, en la necesidad de superar una visión centrada exclusivamente en la utilización de una plataforma tecnológica. Aunque Procore constituye una referencia para representar capacidades de gestión documental, seguimiento, programación y análisis, el aporte principal de este estudio corresponde al **(MCII)**, entendido como una propuesta metodológica que articula procesos, actores, información, herramientas digitales, criterios de seguimiento, evaluación de riesgos e indicadores.

El MCII busca integrar la participación del contratista o ejecutor, interventoría, supervisión y entidad contratante, reconociendo que la gestión contractual requiere intercambio permanente de información entre estos actores. De igual manera, propone utilizar criterios verificables para priorizar situaciones que requieran revisión, evitando que una alerta tecnológica sea interpretada automáticamente como incumplimiento, sobrecosto o responsabilidad contractual.

El modelo también se diferencia de metodologías generales de gestión de proyectos, como PMBOK, al incorporar una estructura específicamente orientada a las necesidades de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia. Su propósito es complementar las prácticas existentes mediante herramientas de transformación digital y análisis inteligente de información.

Finalmente, la aplicación conceptual del MCII a un caso representativo permite ilustrar su posible funcionamiento frente a situaciones asociadas con desviaciones presupuestales, modificaciones y riesgos contractuales. Este ejercicio tiene carácter académico y metodológico y no constituye una validación empírica. En consecuencia, la investigación aporta una base conceptual adaptable para futuras implementaciones y estudios piloto que permitan evaluar

cuantitativamente sus efectos sobre tiempos de respuesta, trazabilidad, gestión de riesgos y eficiencia del control contractual.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Formular un Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), basado en soluciones de inteligencia artificial, particularmente aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y analítica de datos, orientado a contribuir a la **reducción de tiempos y costos**, así como al fortalecimiento de la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad preventiva de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- *Identificar* los factores técnicos, administrativos, operativos y relacionados con la gestión de la información que afectan los tiempos y costos de los procesos de interventoría y supervisión en los contratos de obra pública en Colombia, mediante el análisis de literatura científica, normativa vigente e informes institucionales.
- *Analizar* las soluciones basadas en inteligencia artificial, particularmente aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y analítica de datos, así como las plataformas digitales de gestión aplicables a los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública, con el propósito de establecer sus potencialidades para contribuir a la reducción de tiempos y costos y al fortalecimiento del control contractual.

- *Formular* el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), integrando componentes de gestión documental digital, inteligencia artificial, analítica de datos, evaluación preventiva de riesgos y apoyo a la toma de decisiones, y aplicarlo conceptualmente a un caso representativo de contratación de obra pública en Colombia, con el propósito de ilustrar su posible contribución al seguimiento y control contractual.

1.4 Alcance del proyecto

El presente estudio se desarrolla con un alcance claramente delimitado, con el propósito de garantizar la coherencia entre los objetivos planteados, la metodología adoptada y los resultados esperados. La investigación se centra exclusivamente en contratos de obra pública de infraestructura vial, tales como carreteras, vías urbanas e interurbanas, puentes y obras complementarias, financiados con recursos públicos y ejecutados en el territorio colombiano.

Desde el punto de vista temporal, el análisis se circunscribe a contratos adjudicados o ejecutados entre los años 2015 y 2024, periodo en el cual se consolidaron importantes programas de infraestructura y se fortalecieron los sistemas electrónicos de contratación estatal, permitiendo el acceso a información documental relevante para su revisión.

En cuanto al alcance tecnológico, el estudio se enfoca en el análisis conceptual y funcional de herramientas de inteligencia artificial aplicables a los procesos de interventoría y supervisión contractual, sin abordar el desarrollo técnico de algoritmos, software o sistemas informáticos específicos. Asimismo, la investigación no contempla la implementación práctica ni la validación experimental de dichas herramientas en proyectos reales.

Particularmente, se analizan aplicaciones de inteligencia artificial orientadas a la detección temprana de desviaciones de cronograma y presupuesto mediante análisis predictivo, la

clasificación automatizada de alertas contractuales, el procesamiento de información documental y el uso de plataformas digitales de gestión de proyectos con capacidades analíticas, tomando como referencia funcional la plataforma Procore.

La selección de Procore en la presente investigación se debe a su potencial como plataforma colaborativa para la gestión documental, el seguimiento contractual y la integración de herramientas tecnológicas aplicables a la interventoría. Sin embargo, la investigación no pretende demostrar la superioridad de una plataforma específica, sino utilizarla como caso de referencia tecnológica para ilustrar las posibilidades de incorporación de herramientas digitales en los procesos de supervisión y control contractual.

El estudio no incluye contratos de obra privada, proyectos de edificación residencial o comercial, ni herramientas de inteligencia artificial orientadas directamente a la ejecución física de actividades constructivas, tales como robótica, maquinaria autónoma o sistemas automatizados de construcción.

Finalmente, la investigación tiene un carácter documental, descriptivo y propositivo. En consecuencia, los resultados obtenidos corresponden a una propuesta conceptual sustentada en la literatura especializada y en el análisis comparativo de herramientas tecnológicas. Desde esta perspectiva, las soluciones planteadas no constituyen resultados empíricamente comprobados, sino alternativas que podrían contribuir al fortalecimiento de la eficiencia, la trazabilidad, la transparencia y la toma de decisiones dentro de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Interventoría y gestión de la obra pública en Colombia*

La *contratación de obra pública* constituye uno de los principales mecanismos del Estado colombiano para impulsar el desarrollo económico y social, mediante la ejecución de proyectos de infraestructura vial, educativa, sanitaria y de servicios básicos. De conformidad con la *Ley 80 de 1993* y la *Ley 1150 de 2007*, la contratación estatal debe desarrollarse bajo los principios de transparencia, economía, responsabilidad y selección objetiva, con el fin de garantizar la adecuada inversión de los recursos públicos (Congreso de la República de Colombia, 1993, 2007).

En este contexto, la *interventoría* se concibe como la actividad mediante la cual se realiza el seguimiento técnico, administrativo, financiero, jurídico y contable al cumplimiento del objeto contractual en los contratos de obra pública. Su propósito fundamental es verificar que la ejecución de los proyectos se lleve a cabo conforme a los diseños, especificaciones técnicas, cronogramas, presupuestos y condiciones pactadas entre las partes.

Las funciones de la interventoría incluyen, entre otras, *el control técnico* de las actividades constructivas, el seguimiento al cronograma de obra, la verificación de la calidad de materiales y procesos, la revisión de informes, actas y pagos, la identificación de riesgos y la formulación de acciones correctivas, así como la verificación del cumplimiento del marco legal y contractual.

No obstante, distintos informes institucionales han evidenciado que una parte significativa de los contratos de obra pública presenta retrasos, adiciones presupuestales y deficiencias en la planeación. Estas situaciones suelen estar relacionadas con la ausencia de controles preventivos,

la fragmentación de la información, la baja estandarización de los procesos y el uso predominante de metodologías manuales en las labores de interventoría (Contraloría General de la República, 2020).

2.1.2 Evolución de la interventoría y limitaciones del enfoque tradicional

Históricamente, la interventoría de obra pública en Colombia se ha apoyado en la experiencia profesional, el seguimiento presencial y la elaboración manual de reportes técnicos y administrativos. Si bien este enfoque ha permitido ejercer un control básico sobre los contratos, resulta insuficiente frente a la creciente complejidad y magnitud de los proyectos de infraestructura actuales.

Entre las principales limitaciones del modelo tradicional se encuentran la alta dependencia del registro manual de la información, la duplicidad documental, la dificultad para garantizar la trazabilidad de los datos y la escasa capacidad para realizar análisis predictivos. Estas condiciones afectan la oportunidad en la toma de decisiones, reducen la eficiencia del control y aumentan el riesgo de errores humanos.

En consecuencia, la evolución de los proyectos públicos demanda metodologías de supervisión más integradas, apoyadas en herramientas tecnológicas que permitan un control continuo y fundamentado en información confiable.

2.1.3 Inteligencia artificial y su aplicación en la gestión pública

La inteligencia artificial (IA) se define como el conjunto de técnicas y sistemas informáticos orientados a la realización de tareas que tradicionalmente requieren capacidades humanas, como el aprendizaje, el razonamiento, la identificación de patrones y la toma de decisiones basada en datos (Russell & Norvig, 2021).

En el ámbito de la gestión pública, la inteligencia artificial se ha consolidado como una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia administrativa, fortalecer la transparencia y optimizar el uso de los recursos públicos. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de información en tiempo real facilita la detección de irregularidades, la anticipación de desviaciones presupuestales y el apoyo a la toma de decisiones basada en evidencia.

En Colombia, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial promueve el uso responsable de estas tecnologías en diferentes sectores del Estado, incluyendo la planeación, ejecución y control de la contratación pública, reconociendo su potencial para fortalecer los mecanismos de vigilancia y control institucional (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

2.1.4 Inteligencia artificial aplicada a proyectos de infraestructura y obra pública

En el sector de la construcción y la obra pública, la inteligencia artificial se ha incorporado progresivamente como un complemento a los sistemas tradicionales de gestión de proyectos. Estas tecnologías permiten automatizar la captura y el procesamiento de información proveniente de diversas fuentes, tales como informes de obra, registros contractuales, sensores, cámaras, modelos BIM y bases de datos institucionales.

Entre las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en proyectos de infraestructura se encuentran la automatización de la gestión de información, la conversión de datos técnicos en análisis útiles para la toma de decisiones, la predicción de retrasos y sobrecostos, el fortalecimiento de la seguridad industrial y la optimización de los procesos contractuales mediante flujos de trabajo más eficientes (Eastman et al., 2018).

La adopción de estas herramientas contribuye a mejorar la calidad y consistencia de la información, reducir la subjetividad en la evaluación del avance de los proyectos y fortalecer la transparencia en la gestión pública.

2.1.5 Transformación digital e inteligencia artificial en la interventoría

La transformación digital ha generado cambios significativos en la manera en que las organizaciones gestionan la información, ejecutan procesos y toman decisiones. En el sector de la construcción, estas transformaciones han impulsado la incorporación de herramientas tecnológicas orientadas a mejorar la planificación, el seguimiento y el control de los proyectos de infraestructura. En consecuencia, la digitalización se ha convertido en un factor estratégico para fortalecer la eficiencia operativa, la trazabilidad documental y la coordinación entre los diferentes actores involucrados en la ejecución contractual (Ramírez Cubides, 2023).

En el ámbito de la interventoría y supervisión de obra pública, la transformación digital permite superar algunas de las limitaciones asociadas a los métodos tradicionales de control, caracterizados por el uso de registros físicos, procesos manuales y sistemas de información fragmentados. Asimismo, facilita la consolidación de datos provenientes de diferentes fuentes, permitiendo un acceso más rápido y organizado a la información relevante para el seguimiento contractual.

Por otra parte, la inteligencia artificial representa una de las tecnologías con mayor potencial dentro de los procesos de modernización de la gestión pública y del sector construcción. Según Russell y Norvig (2021), la inteligencia artificial comprende sistemas capaces de procesar información, identificar patrones y generar resultados que apoyan la toma de decisiones en diferentes contextos organizacionales. De igual manera, la OCDE (2022) destaca que estas

tecnologías pueden fortalecer la eficiencia institucional mediante la automatización de procesos, el análisis de grandes volúmenes de datos y la identificación temprana de riesgos.

Aplicada a la interventoría, la inteligencia artificial ofrece posibilidades relacionadas con el procesamiento automatizado de información contractual, la generación de alertas preventivas, la identificación de desviaciones de cronograma y presupuesto, así como el análisis de indicadores de desempeño. Estas capacidades permiten complementar las actividades desarrolladas por los interventores, proporcionando herramientas que facilitan el monitoreo continuo y la gestión preventiva de los proyectos.

No obstante, la incorporación de tecnologías digitales también plantea desafíos relacionados con la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la calidad de los datos, la capacitación del talento humano y la adaptación de los procesos institucionales. En consecuencia, la transformación digital no debe entenderse únicamente como la adopción de nuevas herramientas tecnológicas, sino como un proceso integral que involucra cambios organizacionales, fortalecimiento de capacidades y actualización de los modelos de gestión existentes (BID, 2023).

Desde esta perspectiva, la inteligencia artificial no debe concebirse como un mecanismo destinado a reemplazar el criterio técnico y profesional del interventor, sino como una herramienta complementaria orientada a fortalecer la gestión de la información, el análisis de riesgos y la toma de decisiones. En consecuencia, su principal aporte radica en la capacidad de transformar grandes volúmenes de datos en información útil para mejorar los procesos de supervisión, control contractual y seguimiento de obras públicas (Wirtz, Weyerer & Geyer, 2019; Russell & Norvig, 2021).

Análisis crítico. Aunque la transformación digital representa una oportunidad para fortalecer los procesos de interventoría, su implementación no garantiza, por sí sola, mejoras en la

eficiencia de los contratos de obra pública. La experiencia internacional demuestra que los beneficios de las plataformas digitales dependen de factores organizacionales, tecnológicos y humanos que trascienden la simple adquisición de software.

En el contexto colombiano, uno de los principales desafíos radica en la heterogeneidad de las entidades públicas. Mientras algunas organizaciones cuentan con infraestructura tecnológica, personal capacitado y procesos digitalizados, otras continúan desarrollando la gestión contractual mediante procedimientos predominantemente manuales. Esta situación podría limitar la adopción homogénea de herramientas basadas en inteligencia artificial.

Asimismo, la efectividad de los algoritmos depende directamente de la calidad de los datos utilizados para su entrenamiento y funcionamiento. Si la información contractual presenta inconsistencias, registros incompletos o baja estandarización documental, las predicciones generadas por los sistemas inteligentes podrían disminuir su nivel de confiabilidad.

Por esta razón, la incorporación de inteligencia artificial debe entenderse como parte de un proceso integral de transformación institucional y no únicamente como una innovación tecnológica. La modernización de la interventoría requiere fortalecer simultáneamente la calidad de la información, la capacitación del talento humano, la interoperabilidad de los sistemas y la definición de lineamientos que regulen el uso responsable de estas tecnologías dentro del sector público colombiano.

2.1.6 Inteligencia artificial aplicada a la interventoría y supervisión de obras

La incorporación de la inteligencia artificial en los procesos de interventoría y supervisión de obras públicas representa una evolución significativa frente a los métodos tradicionales de control contractual. Mientras que los enfoques convencionales dependen en gran medida de la

revisión manual de documentos, visitas periódicas de inspección y análisis reactivos de la información, las herramientas basadas en inteligencia artificial permiten desarrollar procesos de seguimiento más continuos, sistemáticos y fundamentados en datos.

En este contexto, la inteligencia artificial puede aplicarse al análisis automatizado de información contractual, cronogramas de obra, reportes de avance, registros fotográficos, actas, solicitudes de información (RFI) y demás documentos generados durante la ejecución de los proyectos. Gracias a estas capacidades, es posible identificar patrones de comportamiento, detectar desviaciones respecto a las metas establecidas y generar alertas tempranas que apoyen la gestión preventiva de riesgos (Russell & Norvig, 2021).

Asimismo, los modelos predictivos permiten analizar información histórica y variables de desempeño para estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos como retrasos, sobrecostos, incumplimientos contractuales o deficiencias en la ejecución de actividades críticas. Desde esta perspectiva, la inteligencia artificial fortalece la capacidad de anticipación de las interventorías, permitiendo orientar los esfuerzos de control hacia los aspectos con mayor nivel de riesgo (Rodríguez Arévalo, 2021).

Por otra parte, la automatización de tareas administrativas contribuye a disminuir el tiempo destinado a actividades repetitivas como la consolidación de informes, la clasificación documental y el seguimiento de observaciones contractuales. En consecuencia, los profesionales responsables de la supervisión pueden dedicar una mayor proporción de sus actividades al análisis técnico, la evaluación de riesgos y la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la ejecución del proyecto.

De igual manera, la implementación de tableros de control digitales y sistemas de trazabilidad fortalece la transparencia y el seguimiento contractual, permitiendo consolidar

información proveniente de diferentes fuentes dentro de una misma plataforma. Esto facilita el monitoreo en tiempo real de indicadores de desempeño, avance físico, ejecución presupuestal y cumplimiento de hitos contractuales, mejorando la capacidad de respuesta frente a posibles desviaciones.

No obstante, la aplicación de inteligencia artificial en la interventoría también enfrenta desafíos asociados a la calidad de los datos disponibles, la interoperabilidad entre sistemas, la capacitación del talento humano y la adaptación de los procesos institucionales. Por esta razón, su implementación debe desarrollarse de manera gradual y complementaria a la experiencia técnica de los profesionales responsables de la supervisión.

Desde esta perspectiva, la inteligencia artificial no debe entenderse únicamente como una herramienta de automatización de procesos, sino como un mecanismo de apoyo para la gestión de información y la toma de decisiones dentro de los procesos de interventoría. En consecuencia, su aporte principal radica en la capacidad de transformar grandes volúmenes de datos en información útil para fortalecer el seguimiento contractual, la gestión preventiva de riesgos y la eficiencia de los proyectos de infraestructura pública (Wirtz, Weyerer & Geyer, 2019; OCDE, 2022).

2.1.7 Retos y consideraciones éticas en la implementación de la inteligencia artificial

A pesar de los beneficios asociados al uso de la inteligencia artificial en la gestión pública, su implementación implica retos importantes relacionados con la calidad y disponibilidad de los datos, la capacitación del talento humano, la adecuación del marco normativo y la observancia de principios éticos.

El uso responsable de estas tecnologías exige garantizar la protección de los datos, la transparencia en los modelos utilizados y la supervisión humana en la toma de decisiones,

especialmente cuando estas inciden directamente en el uso de recursos públicos. En el contexto colombiano, la aplicación de la inteligencia artificial en la interventoría debe alinearse con los principios de la contratación estatal, de manera que se promueva la eficiencia sin comprometer la responsabilidad ni la integridad del proceso.

Por ello, la incorporación de la inteligencia artificial en la interventoría de obras públicas debe ir acompañada de lineamientos institucionales claros, protocolos de validación técnica y programas de capacitación continua que aseguren su adecuada y responsable adopción.

2.2 Antecedentes

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en los procesos de gestión pública ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la necesidad de fortalecer la eficiencia administrativa, la transparencia y la toma de decisiones basada en datos. En el ámbito de la contratación de obras públicas, la IA se perfila como una herramienta con alto potencial para transformar la planificación, ejecución y supervisión de proyectos, especialmente en los procesos de interventoría y supervisión, donde históricamente han predominado metodologías manuales y enfoques reactivos.

Los antecedentes de esta investigación se analizan en tres niveles internacional, nacional e institucional con el propósito de contextualizar el estado del conocimiento y las experiencias previas relacionadas con la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión y control de obras públicas.

Antecedentes internacionales. A nivel internacional, organismos multilaterales y distintos gobiernos han promovido la incorporación de tecnologías de inteligencia artificial como un medio para fortalecer la integridad, eficiencia y transparencia de los sistemas de contratación pública. La

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) señala que el uso de análisis de datos y modelos predictivos permite identificar patrones de riesgo, detectar irregularidades y optimizar la asignación de recursos en proyectos de infraestructura (OCDE, 2022).

Países como Corea del Sur, Canadá y Finlandia han integrado soluciones de IA en plataformas digitales de licitación y seguimiento contractual, logrando reducciones en los tiempos de supervisión y mejoras en la trazabilidad de la información. Estas experiencias evidencian que la automatización del análisis de datos y la generación de alertas tempranas favorecen una gestión más proactiva de los contratos de obra pública.

En América Latina, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha documentado experiencias exitosas en países como Chile y Uruguay, donde se han implementado sistemas de monitoreo automatizado para el seguimiento de proyectos de infraestructura. Estas herramientas permiten evaluar en tiempo real el avance físico y financiero de las obras, anticipar desviaciones y fortalecer los mecanismos de rendición de cuentas (BID, 2023).

Desde el ámbito académico, Russell y Norvig (2021) destacan que las técnicas de aprendizaje automático permiten procesar grandes volúmenes de información para identificar comportamientos atípicos, lo que convierte a la inteligencia artificial en una herramienta relevante para la supervisión y el control estatal de contratos de alta complejidad.

Antecedentes nacionales. En Colombia, el interés por la adopción de inteligencia artificial en la gestión pública ha sido impulsado por la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 2024–2030, liderada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2024). Esta política pública promueve el uso responsable y ético de la IA en diferentes sectores del Estado, incluyendo la planeación, ejecución y control de la contratación estatal.

Investigaciones como la desarrollada por Rodríguez Arévalo (2021) evidencian el potencial de los modelos predictivos para identificar riesgos en los procesos de contratación pública, proponiendo metodologías aplicables a las etapas de planeación, adjudicación y ejecución de obras. Estos estudios resaltan la importancia de fortalecer el control preventivo mediante herramientas analíticas que reduzcan la incertidumbre en la gestión contractual.

Asimismo, Jaimes-Quintanilla y Zabala-Vargas (2024) analizan la baja adopción tecnológica en el sector de la construcción colombiano, especialmente en los procesos de interventoría, donde persisten prácticas manuales, fragmentación de la información y limitada integración de herramientas digitales. Los autores coinciden en que la modernización tecnológica es un factor determinante para mejorar la eficiencia y la transparencia del sector.

Por su parte, la Contraloría General de la República ha señalado que los sistemas de vigilancia basados en análisis de datos permiten detectar irregularidades financieras y técnicas de manera temprana, fortaleciendo los mecanismos de control fiscal y preventivo en los contratos de obra pública (Contraloría General de la República, 2025).

Antecedentes institucionales. En el ámbito institucional, diversas entidades del Estado colombiano han iniciado proyectos piloto orientados a la incorporación de inteligencia artificial y análisis de datos en la administración pública. La Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra Eficiente ha explorado el uso de sistemas automatizados para la clasificación de proveedores, el análisis de pliegos tipo y la estandarización de la información contractual.

De igual manera, la Contraloría General de la República, en alianza con la Universidad de Antioquia, ha desarrollado un sistema analítico de seguimiento de contratos que emplea herramientas de inteligencia artificial para priorizar auditorías, identificar alertas de riesgo y fortalecer el control preventivo sobre la gestión de los recursos públicos.

Si bien estas iniciativas representan avances importantes hacia una gestión pública basada en datos, aún no se cuenta con un modelo integral, estructurado y estandarizado que aplique la inteligencia artificial de manera específica a los procesos de interventoría de obras públicas. Esta brecha evidencia la necesidad de desarrollar propuestas que integren la IA de forma sistemática en la supervisión técnica, administrativa y financiera de los contratos de obra, lo cual justifica y fundamenta la presente investigación.

2.3 Marco conceptual

El marco conceptual establece las categorías de análisis que orientan la presente investigación y permite comprender las relaciones existentes entre la inteligencia artificial, la interventoría de obra pública, la transformación digital y la eficiencia en la gestión contractual. Asimismo, proporciona una base teórica para interpretar los desafíos actuales de los procesos de supervisión y analizar el potencial de las herramientas tecnológicas aplicadas al control de proyectos de infraestructura.

Desde esta perspectiva, la investigación parte de la premisa de que los procesos tradicionales de interventoría presentan limitaciones relacionadas con la gestión manual de la información, la baja capacidad de análisis predictivo y la limitada integración tecnológica. En consecuencia, conceptos como inteligencia artificial, automatización, trazabilidad digital y análisis de datos adquieren relevancia como elementos que podrían contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa y la capacidad preventiva de los procesos de supervisión contractual.

El análisis conceptual desarrollado en este apartado no busca presentar definiciones aisladas, sino establecer las relaciones existentes entre las diferentes categorías de estudio. De esta manera, la inteligencia artificial se entiende como una herramienta de apoyo para la gestión de

información y la toma de decisiones; la interventoría como un mecanismo de control técnico, administrativo y financiero; y la transformación digital como un proceso orientado a modernizar los sistemas de seguimiento y supervisión de proyectos de infraestructura pública.

Asimismo, resulta importante reconocer que la incorporación de tecnologías digitales no constituye una solución automática a los problemas de la contratación estatal. Su efectividad depende de factores como la calidad de los datos disponibles, la capacidad institucional para gestionar la información, la capacitación del talento humano y la existencia de lineamientos normativos que permitan una implementación adecuada. Por esta razón, el presente estudio aborda la inteligencia artificial desde una perspectiva complementaria al criterio técnico del interventor y no como un mecanismo destinado a sustituir las funciones profesionales asociadas al control contractual.

A partir de este enfoque, se presentan los principales conceptos que sustentan el desarrollo de la investigación y permiten comprender la propuesta conceptual basada en inteligencia artificial aplicada a la interventoría de obra pública en Colombia.

Inteligencia artificial (IA). La inteligencia artificial es una rama de la informática que busca desarrollar sistemas capaces de ejecutar tareas que requieren razonamiento, aprendizaje, predicción o toma de decisiones similares a las humanas. Según Russell y Norvig (2021), la IA se fundamenta en el uso de algoritmos que permiten a las máquinas aprender de los datos y mejorar su desempeño con la experiencia.

Dentro del contexto de la gestión pública, la IA se aplica para procesar grandes volúmenes de información, detectar patrones y generar alertas tempranas ante posibles riesgos o incumplimientos. De acuerdo con la OCDE (2022), la IA en el sector gubernamental contribuye a fortalecer la eficiencia operativa, la transparencia y la toma de decisiones basada en evidencia. En

el caso colombiano, el MinTIC (2024) promueve su implementación a través de la *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 2024–2030*, con el fin de mejorar los servicios públicos y la administración estatal.

Contratos de obra pública. Los contratos de obra pública son acuerdos celebrados entre una entidad estatal y un contratista para la construcción, mantenimiento o adecuación de infraestructura pública. Estos contratos están regulados por la Ley 80 de 1993, la Ley 1150 de 2007 y el Decreto 1082 de 2015, los cuales establecen los principios de transparencia, responsabilidad, selección objetiva y eficiencia en la ejecución de recursos públicos.

Su correcta ejecución depende de una planeación adecuada, un seguimiento riguroso y una interventoría efectiva que garantice el cumplimiento de los plazos, la calidad y los costos definidos contractualmente.

Interventoría y supervisión. La interventoría es el proceso de verificación y control mediante el cual se asegura que un contrato de obra se ejecute conforme a las especificaciones técnicas, administrativas, financieras y legales pactadas. Según el Decreto 1082 de 2015, el interventor tiene la responsabilidad de garantizar el cumplimiento del objeto contractual, la correcta inversión de los recursos y la calidad de los resultados.

Por su parte, la supervisión es la actividad mediante la cual la entidad contratante controla directamente el cumplimiento de los contratos, especialmente cuando no se contrata una interventoría externa. Ambos procesos constituyen mecanismos de control preventivo y correctivo que buscan asegurar la eficiencia y la transparencia en la ejecución de las obras públicas.

Eficiencia y reducción de tiempos contractuales. La eficiencia en la gestión contractual se entiende como la capacidad de alcanzar los objetivos previstos utilizando los recursos disponibles

de forma óptima. En el contexto de la obra pública, implica cumplir los plazos establecidos, reducir sobrecostos y garantizar la calidad de las construcciones.

El uso de herramientas de inteligencia artificial puede mejorar la eficiencia al permitir el análisis predictivo de los cronogramas, la automatización de reportes y la detección temprana de desviaciones. Según Rodríguez Arévalo (2021), los modelos predictivos aplicados a la contratación pública ayudan a anticipar riesgos y tomar decisiones correctivas antes de que los problemas se materialicen.

Automatización y análisis predictivo. La automatización consiste en el uso de sistemas tecnológicos que ejecutan tareas repetitivas con mínima intervención humana. En la interventoría, esto puede incluir la generación automática de reportes de avance, la clasificación de documentos y el monitoreo de indicadores en tiempo real.

El análisis predictivo, por su parte, utiliza algoritmos de IA para identificar patrones históricos que permitan predecir resultados futuros, como retrasos, sobrecostos o fallas de cumplimiento. Estas herramientas apoyan la gestión proactiva de los contratos, optimizando los tiempos de respuesta y la asignación de recursos.

Transparencia y trazabilidad. La transparencia se refiere al acceso claro y verificable a la información sobre la gestión pública, mientras que la trazabilidad implica la capacidad de seguir el curso de las acciones y decisiones dentro de un proceso contractual. La integración de IA en la interventoría facilita la creación de registros automáticos y auditables, fortaleciendo la rendición de cuentas y la confianza ciudadana en las instituciones públicas (Contraloría General de la República & Universidad de Antioquia, 2025).

Desde una perspectiva crítica, la incorporación de inteligencia artificial en los procesos de interventoría también presenta desafíos importantes. Aunque estas tecnologías tienen el potencial

de fortalecer la eficiencia operativa y la capacidad de análisis, su implementación puede verse limitada por factores como la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la calidad de los datos utilizados, la resistencia al cambio organizacional y los costos asociados a la adopción de nuevas herramientas digitales. Asimismo, la dependencia excesiva de sistemas automatizados podría generar riesgos relacionados con la interpretación de resultados y la toma de decisiones, razón por la cual la inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta complementaria al criterio técnico y profesional del interventor (Wirtz, Weyerer & Geyer, 2019; BID, 2023).

2.3.1 Aplicativos de inteligencia artificial utilizados en la interventoría de obra pública.

El avance de la inteligencia artificial y la transformación digital ha impulsado el desarrollo de diversas herramientas tecnológicas orientadas a mejorar la gestión, supervisión y control de proyectos de construcción. Estas soluciones permiten optimizar procesos relacionados con el seguimiento de obra, la gestión documental, el control de avances, la identificación de riesgos y la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, los aplicativos de inteligencia artificial se han convertido en un componente cada vez más relevante dentro de los procesos de modernización del sector construcción.

Actualmente, existen plataformas que incorporan tecnologías de visión computacional, análisis predictivo, procesamiento de datos y monitoreo automatizado para apoyar la gestión de proyectos de infraestructura. Estas herramientas permiten recopilar información en tiempo real, comparar el avance físico de las obras con la planificación establecida y generar alertas sobre posibles desviaciones que puedan afectar el cumplimiento de cronogramas, costos o estándares de calidad.

Entre las soluciones tecnológicas más reconocidas a nivel internacional se encuentran Buildots, Doxel, OpenSpace y Procore. Cada una de estas plataformas presenta características particulares orientadas a fortalecer diferentes aspectos de la gestión de proyectos. Algunas se especializan en el monitoreo automatizado mediante inteligencia artificial y visión computacional, mientras que otras se enfocan en la gestión documental, la colaboración entre actores y el seguimiento integral de contratos de construcción.

Buildots utiliza tecnologías de análisis automatizado para comparar el avance real de la obra con los modelos de planificación previamente definidos. Esta funcionalidad permite identificar desviaciones en la ejecución y facilitar procesos de control y seguimiento de proyectos constructivos, además detecta errores y retrasos de manera automática, sirviendo como alerta temprana para evitar errores.

Por su parte, Doxel emplea inteligencia artificial y análisis predictivo para monitorear el progreso de las obras mediante la recopilación y procesamiento de datos obtenidos en campo. Su enfoque se orienta principalmente a la identificación temprana de riesgos relacionados con retrasos y sobrecostos.

OpenSpace incorpora herramientas de captura visual y documentación digital que permiten generar recorridos virtuales de las obras y facilitar el seguimiento de actividades constructivas. Estas funcionalidades contribuyen a mejorar la trazabilidad de la información y el control de los avances ejecutados.

Finalmente, Procore se destaca por ofrecer una solución integral de gestión de proyectos que combina funcionalidades de control documental, seguimiento contractual, gestión de costos, coordinación entre actores y análisis de información. Debido a su enfoque colaborativo y a su capacidad para centralizar procesos técnicos, administrativos y financieros, la presente

investigación lo adopta como plataforma de referencia para el desarrollo del modelo conceptual propuesto.

La literatura científica publicada recientemente muestra que la evolución de la inteligencia artificial en la gestión contractual ha dejado de centrarse únicamente en herramientas aisladas para avanzar hacia plataformas capaces de integrar análisis predictivo, automatización documental y apoyo a la toma de decisiones. Las revisiones sistemáticas indican que estas soluciones permiten mejorar la identificación de riesgos, la gestión de reclamaciones y el seguimiento de cronogramas, aunque su efectividad depende de la calidad de los datos y del nivel de digitalización de las organizaciones.

No obstante, es importante señalar que ninguna de estas herramientas constituye una solución única o universal para los desafíos de la interventoría y supervisión de obra pública. Su efectividad depende de factores como la calidad de la información disponible, la infraestructura tecnológica, la capacitación de los usuarios y el nivel de madurez digital de las organizaciones. Desde esta perspectiva, los aplicativos de inteligencia artificial deben entenderse como herramientas complementarias orientadas a fortalecer los procesos de gestión y control contractual, sin reemplazar el criterio técnico y profesional de los interventores.

Con el propósito de identificar las características, ventajas y limitaciones de las principales herramientas tecnológicas utilizadas actualmente en la gestión de proyectos de construcción, se realizó una comparación general de plataformas que incorporan inteligencia artificial y funcionalidades orientadas al monitoreo, control y seguimiento de obras. Esta comparación permitió establecer criterios de análisis relacionados con su potencial aplicación en procesos de interventoría y supervisión contractual.

Tabla 1. *Comparativa de aplicativos de inteligencia artificial aplicados a la interventoría de obra pública*

Herramienta	Tipo de Tecnología	Funciones principales	Ventajas	Limitaciones
Buildots	Visión por computadora + BIM	Comparación real-vs-plan, reportes automáticos, avance físico	Alta precisión; trazabilidad visual; reducción de inspecciones manuales	Requiere BIM y cámaras especializadas
Doxel	IA predictiva + robots/drones	Análisis predictivo, control de costos y programación	Predicción anticipada de riesgos; automatización total.	Alto costo de implementación
OpenSpace	Gemelo digital + IA de organización visual	Recorridos virtuales, control fotográfico, trazabilidad	Fácil uso; revisión remota; soporte para informes	No incluye módulos contractuales
Smartvid.io	Visión por computadora	Seguridad industrial, detección de riesgos	Reduce accidentes; automatiza reportes de seguridad	No controla cronogramas ni presupuestos
Procore	IA para gestión integral	Reportes automáticos, control contractual, dashboards, trazabilidad	Plataforma completa para interventoría; soporte en español; integración con procesos públicos	La IA depende de la calidad de los datos ingresados

Tomado en Buildots (2024), Doxel (2024), OpenSpace (2024), Smartvid.io (2024) y Procore Technologies (2024).

Figura 1. *Comparación cualitativa de las capacidades de herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la interventoría de contratos de obra.*

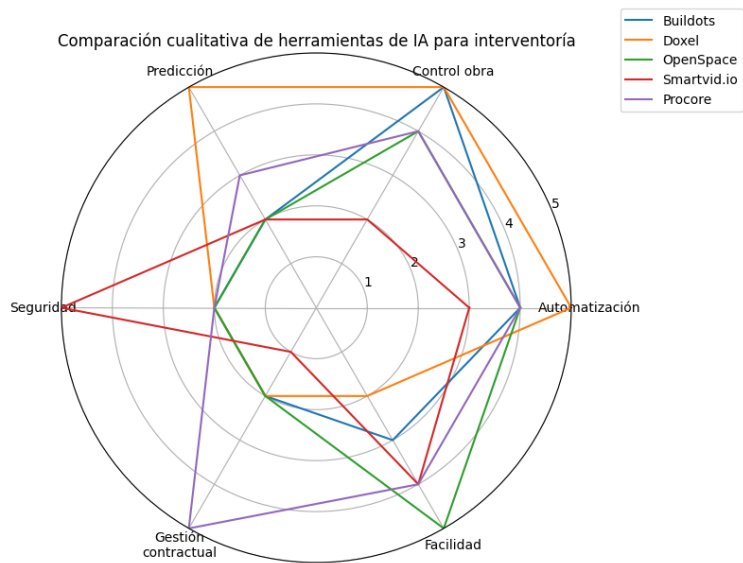
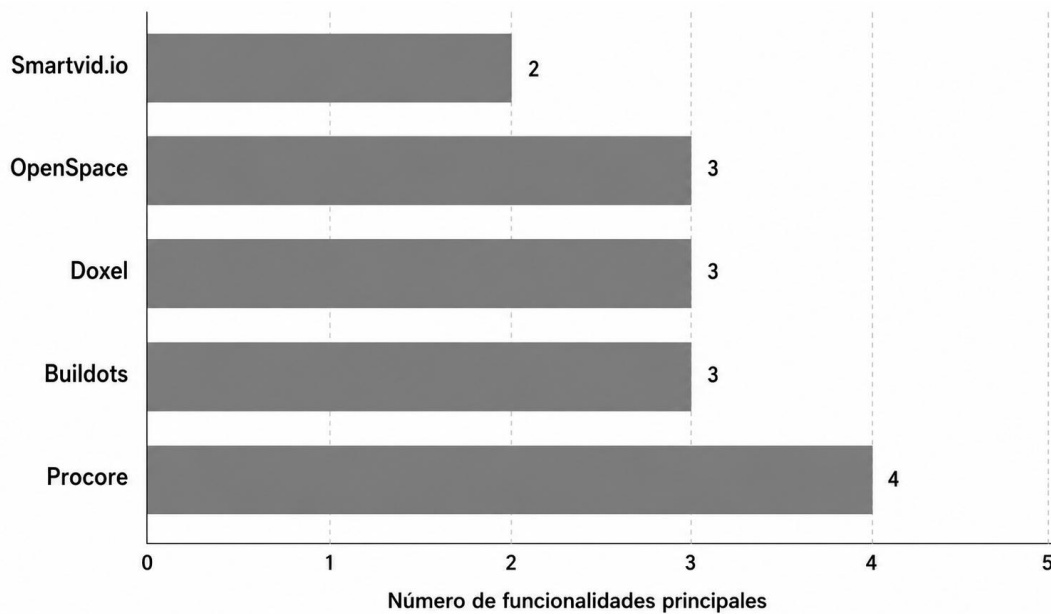


Figura 2. Comparación de funcionalidades principales de herramientas IA.

Análisis crítico. Si bien las plataformas analizadas evidencian avances importantes en la aplicación de inteligencia artificial al sector construcción, ninguna constituye una solución universal para los problemas de la interventoría pública colombiana. La mayoría fueron desarrolladas para mercados con altos niveles de digitalización, procesos estandarizados y disponibilidad permanente de información estructurada.

En Colombia, la realidad institucional presenta características diferentes, como la coexistencia de múltiples sistemas de información, distintos niveles de madurez tecnológica entre entidades y limitaciones presupuestales para la adopción de soluciones especializadas. En consecuencia, la implementación directa de estas plataformas podría generar beneficios parciales si no se acompaña de procesos de adaptación metodológica.

Precisamente esta situación justifica el desarrollo del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), cuyo propósito no consiste en proponer una plataforma

específica, sino una metodología adaptable que permita integrar diferentes herramientas tecnológicas de acuerdo con las necesidades particulares de cada entidad pública.

2.3.2 Limitaciones del modelo tradicional

Históricamente, la interventoría de obra pública se ha desarrollado mediante procesos manuales basados en visitas de campo, elaboración de informes físicos y seguimiento documental fragmentado. Estas características generan limitaciones que afectan la eficiencia de los procesos de supervisión y control contractual.

Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran la alta dependencia del criterio individual de los profesionales, la baja trazabilidad de la información, la existencia de procesos administrativos repetitivos, la dificultad para identificar riesgos de manera temprana y la limitada integración de herramientas tecnológicas. Estas condiciones reducen la capacidad preventiva de la interventoría y dificultan la toma de decisiones basada en información actualizada y consolidada.

De acuerdo con Jaimes-Quintanilla y Zabala-Vargas (2024), la baja adopción tecnológica en el sector construcción colombiano continúa siendo uno de los principales factores que limitan la modernización de los procesos de seguimiento y control de obras públicas.

Las limitaciones identificadas no obedecen exclusivamente a deficiencias tecnológicas. También responden a factores relacionados con la cultura organizacional, la gestión del conocimiento, la planeación contractual y la coordinación entre los diferentes actores involucrados en la ejecución de las obras públicas.

Estudios científicos recientes coinciden en que la principal limitación para la adopción de inteligencia artificial en el sector de la construcción no corresponde a la disponibilidad de la

tecnología, sino a factores asociados con la calidad de los datos, la interoperabilidad entre plataformas, la estandarización de la información, la capacitación del talento humano y la resistencia organizacional frente a los procesos de transformación digital. Asimismo, las investigaciones señalan que el éxito de estas iniciativas depende del fortalecimiento de las capacidades institucionales, de la existencia de marcos de gobernanza de datos y de una adecuada articulación entre los procesos técnicos, administrativos y tecnológicos. Estos desafíos adquieren especial relevancia en países que aún consolidan sus estrategias de transformación digital, como Colombia, donde persisten diferencias en el nivel de madurez tecnológica entre las entidades públicas y las organizaciones responsables de la supervisión de proyectos de infraestructura.

Por ello, la incorporación de inteligencia artificial no debe entenderse como una solución aislada frente a los problemas de la contratación estatal. Su efectividad dependerá de la capacidad institucional para integrar procesos, fortalecer la calidad de la información y mantener el criterio técnico del interventor como eje central de la toma de decisiones. En consecuencia, la inteligencia artificial debe concebirse como una herramienta de apoyo que complemente la experiencia profesional y fortalezca la capacidad preventiva de la interventoría, más que como un mecanismo destinado a reemplazar las funciones técnicas, administrativas o de control que desempeñan los profesionales responsables de la supervisión contractual.

2.3.3 Inteligencia artificial aplicada a la gestión pública

La inteligencia artificial se define como el conjunto de tecnologías y sistemas capaces de desarrollar tareas que tradicionalmente requieren capacidades humanas, tales como el aprendizaje, el razonamiento, el reconocimiento de patrones y la toma de decisiones basada en datos (Russell & Norvig, 2021). En los últimos años, su aplicación se ha extendido progresivamente a diferentes

ámbitos de la gestión pública, debido a su potencial para fortalecer la eficiencia administrativa, optimizar procesos y mejorar la calidad de los servicios ofrecidos a los ciudadanos.

En el sector público, la inteligencia artificial permite procesar grandes volúmenes de información provenientes de diversas fuentes, facilitando la identificación de tendencias, la detección de riesgos y la generación de análisis que apoyan la toma de decisiones institucionales. Asimismo, estas tecnologías contribuyen a automatizar actividades repetitivas, mejorar los mecanismos de control y fortalecer la capacidad de respuesta de las entidades frente a situaciones que requieren seguimiento permanente.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2022), la incorporación de inteligencia artificial en la administración pública puede contribuir al fortalecimiento de la transparencia, la eficiencia operativa y la gestión basada en evidencia. En este sentido, su aplicación no se limita únicamente a la automatización de tareas, sino que también permite mejorar los procesos de planeación, supervisión, monitoreo y evaluación de programas, proyectos y contratos financiados con recursos públicos.

En el contexto colombiano, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial promueve la adopción responsable de estas tecnologías como un mecanismo para impulsar la transformación digital del Estado y fortalecer la capacidad institucional de las entidades públicas (MinTIC, 2024). Desde esta perspectiva, la inteligencia artificial se proyecta como una herramienta con potencial para apoyar los procesos de interventoría y supervisión contractual, facilitando la gestión de información, el seguimiento de indicadores y la identificación temprana de riesgos asociados a la ejecución de proyectos de infraestructura.

No obstante, su implementación requiere garantizar la calidad de los datos, la interoperabilidad de los sistemas de información, la capacitación del talento humano y la existencia

de lineamientos normativos que orienten su uso adecuado. Por esta razón, la inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta complementaria al criterio profesional de los servidores públicos y no como un mecanismo destinado a reemplazar la supervisión y el control ejercidos por las entidades responsables de la gestión contractual.

2.3.4 Transformación digital en la interventoría

La transformación digital constituye uno de los procesos de modernización más relevantes en los sectores de la construcción y la gestión pública durante las últimas décadas. Este fenómeno implica la incorporación de tecnologías digitales en los procesos organizacionales con el propósito de mejorar la eficiencia, optimizar la gestión de la información y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, la digitalización ha dejado de ser una opción tecnológica para convertirse en un factor estratégico que permite aumentar la competitividad y la capacidad de adaptación de las organizaciones frente a entornos cada vez más complejos y dinámicos (Ramírez Cubides, 2023).

En el ámbito de la interventoría y supervisión de obra pública, la transformación digital representa una oportunidad para superar las limitaciones asociadas a los métodos tradicionales de seguimiento contractual, caracterizados por el uso de registros físicos, procesos manuales y sistemas de información fragmentados. Asimismo, permite centralizar la documentación técnica y administrativa, mejorar la trazabilidad de las actividades ejecutadas y facilitar el acceso oportuno a la información por parte de interventores, contratistas y entidades públicas.

Por otra parte, la incorporación de herramientas digitales favorece el monitoreo continuo de indicadores relacionados con cronogramas, costos, avances físicos, gestión documental y cumplimiento contractual. Desde esta perspectiva, la digitalización contribuye al fortalecimiento

de los mecanismos de control y supervisión, permitiendo una mayor capacidad de seguimiento y respuesta frente a posibles desviaciones durante la ejecución de los proyectos de infraestructura.

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (2019), la transformación digital constituye un componente fundamental para modernizar la gestión pública y fortalecer la eficiencia institucional mediante el aprovechamiento estratégico de las tecnologías de la información. En este sentido, la adopción de plataformas digitales, sistemas colaborativos y herramientas de análisis de datos permite optimizar los procesos administrativos y mejorar la calidad de la información utilizada para la toma de decisiones.

Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023) destaca que la implementación de tecnologías digitales en las entidades públicas contribuye a incrementar la transparencia, fortalecer los mecanismos de control y promover una gestión más eficiente de los recursos públicos. En consecuencia, la transformación digital se proyecta como un elemento clave para modernizar los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública.

No obstante, la implementación de procesos de transformación digital también enfrenta desafíos importantes. Entre ellos se encuentran la necesidad de inversión en infraestructura tecnológica, la capacitación del talento humano, la interoperabilidad entre sistemas de información y la resistencia al cambio organizacional. Adicionalmente, la calidad y disponibilidad de los datos constituyen factores determinantes para garantizar el adecuado funcionamiento de las herramientas tecnológicas utilizadas en los procesos de supervisión.

Desde esta perspectiva, la transformación digital no debe entenderse únicamente como la incorporación de nuevas tecnologías, sino como un proceso integral de cambio organizacional que involucra aspectos técnicos, administrativos y culturales. Por esta razón, su éxito depende tanto de

la disponibilidad de herramientas tecnológicas como de la capacidad institucional para adaptarlas a las necesidades específicas de cada organización.

En consecuencia, la transformación digital representa una oportunidad para fortalecer la eficiencia, la transparencia y la capacidad de seguimiento de los procesos de interventoría. Asimismo, constituye la base sobre la cual pueden implementarse soluciones más avanzadas, como la inteligencia artificial y el análisis predictivo, orientadas a mejorar la gestión contractual y la supervisión de proyectos de infraestructura pública.

2.3.5 Procore como herramienta de gestión inteligente

Procore es una de las plataformas de gestión de proyectos de construcción más utilizadas a nivel internacional para la administración integral de obras civiles, infraestructura y edificaciones. La plataforma fue desarrollada con el propósito de centralizar la información técnica, administrativa y financiera de los proyectos de construcción en un entorno digital colaborativo, permitiendo mejorar la coordinación entre contratistas, interventores, supervisores y entidades públicas.

Como se expuso en apartados anteriores, la automatización documental, la trazabilidad de la información y el análisis de datos constituyen algunos de los principales aportes de la transformación digital aplicada a la interventoría. En este contexto, Procore integra estas funcionalidades dentro de una plataforma colaborativa orientada a facilitar la gestión contractual, el seguimiento de proyectos y la coordinación entre los diferentes actores involucrados en la ejecución de obras de infraestructura. Asimismo, su utilidad radica en la posibilidad de centralizar la información y apoyar los procesos de supervisión mediante herramientas digitales que podrían

contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos (Procore Technologies, 2024).

De acuerdo con Procore Technologies (2024), las organizaciones que implementan plataformas integradas de gestión de proyectos pueden reducir hasta en un 25 % los tiempos administrativos asociados al seguimiento contractual y disminuir significativamente los reprocesos documentales. Asimismo, estudios sobre transformación digital en construcción evidencian incrementos de productividad cercanos al 20 % cuando se incorporan sistemas colaborativos de monitoreo y trazabilidad digital (Eastman et al., 2018).

La plataforma permite centralizar en una sola interfaz la gestión de cronogramas de obra, presupuestos, control de costos, documentación contractual, reportes diarios, solicitudes de información (RFI), actas, registros fotográficos, seguimiento de calidad, control de seguridad industrial e indicadores de desempeño.

Uno de los principales aportes de Procore consiste en la integración de procesos técnicos, administrativos y documentales dentro de un entorno digital único. Desde esta perspectiva, la plataforma se proyecta como una herramienta que podría contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la trazabilidad de la información y la capacidad de seguimiento contractual en proyectos de infraestructura pública.

2.3.6 Importancia de Procore en la interventoría moderna

La transformación digital del sector construcción ha impulsado la adopción de plataformas tecnológicas orientadas a mejorar la gestión, el seguimiento y el control de los proyectos de infraestructura. En este contexto, Procore se ha consolidado como una de las herramientas más

utilizadas a nivel internacional para la administración integral de proyectos, debido a su capacidad para centralizar información técnica, administrativa y financiera dentro de un entorno colaborativo.

La importancia de plataformas como Procore radica en la posibilidad de integrar en un mismo sistema procesos que tradicionalmente se desarrollan de manera independiente, tales como la gestión documental, el seguimiento de cronogramas, el control presupuestal, el registro de avances de obra y la comunicación entre los diferentes actores involucrados en la ejecución contractual. En consecuencia, estas herramientas tienen el potencial de fortalecer la coordinación institucional y mejorar la disponibilidad de información para los procesos de supervisión y control.

Asimismo, la centralización de la información facilita la trazabilidad documental y el acceso oportuno a registros relacionados con actas, informes, evidencias fotográficas, observaciones técnicas y actividades ejecutadas durante el desarrollo de los proyectos. Desde esta perspectiva, las plataformas digitales contribuyen a fortalecer la transparencia y la capacidad de seguimiento de las entidades responsables de la interventoría y supervisión de obra pública.

Por otra parte, la integración de funcionalidades de monitoreo y análisis de información permite consolidar indicadores de desempeño relacionados con avance físico, ejecución presupuestal, cumplimiento de cronogramas y gestión de riesgos. Esto favorece una supervisión más organizada y fundamentada en datos, facilitando la identificación de posibles desviaciones durante la ejecución contractual.

No obstante, la efectividad de estas plataformas depende de factores como la calidad de la información registrada, la capacitación de los usuarios y el nivel de adopción tecnológica de las organizaciones. Por esta razón, herramientas como Procore deben entenderse como mecanismos de apoyo a la gestión contractual y no como sustitutos de las funciones técnicas y profesionales desarrolladas por interventores y supervisores.

En consecuencia, la presente investigación considera a Procore como un caso de referencia tecnológica para analizar el potencial de las plataformas digitales en la modernización de los procesos de interventoría. Su selección responde a criterios de aplicabilidad, gestión colaborativa, trazabilidad documental y compatibilidad con las necesidades de supervisión identificadas en el contexto de la obra pública colombiana.

Tabla 2. *Beneficios de Procore en la interventoría de obra pública.*

Beneficio	Aplicación en interventoría	Impacto esperado
Centralización documental	Gestión unificada de actas, informes y evidencias	Mayor trazabilidad
Automatización de reportes	Generación automática de informes	Reducción de tiempos administrativos
Monitoreo en tiempo real	Seguimiento continuo del avance	Mejor control contractual
Alertas predictivas	Identificación temprana de riesgos	Prevención de retrasos
Gestión de costos	Seguimiento presupuestal automatizado	Disminución de sobrecostos
Comunicación integrada	Coordinación entre actores	Respuesta más rápida
Registro auditable	Historial digital de actividades	Mayor transparencia
Acceso móvil	Supervisión desde dispositivos móviles	Agilidad operativa

Los beneficios identificados evidencian que la implementación de Procore permite fortalecer significativamente los procesos de interventoría y supervisión de obra pública. Asimismo, la centralización documental y la automatización de reportes contribuyen a reducir tiempos administrativos y mejorar la trazabilidad de la información contractual. De igual manera, el monitoreo en tiempo real facilita la detección temprana de riesgos y optimiza la capacidad de respuesta frente a posibles desviaciones del cronograma o del presupuesto. En consecuencia, la

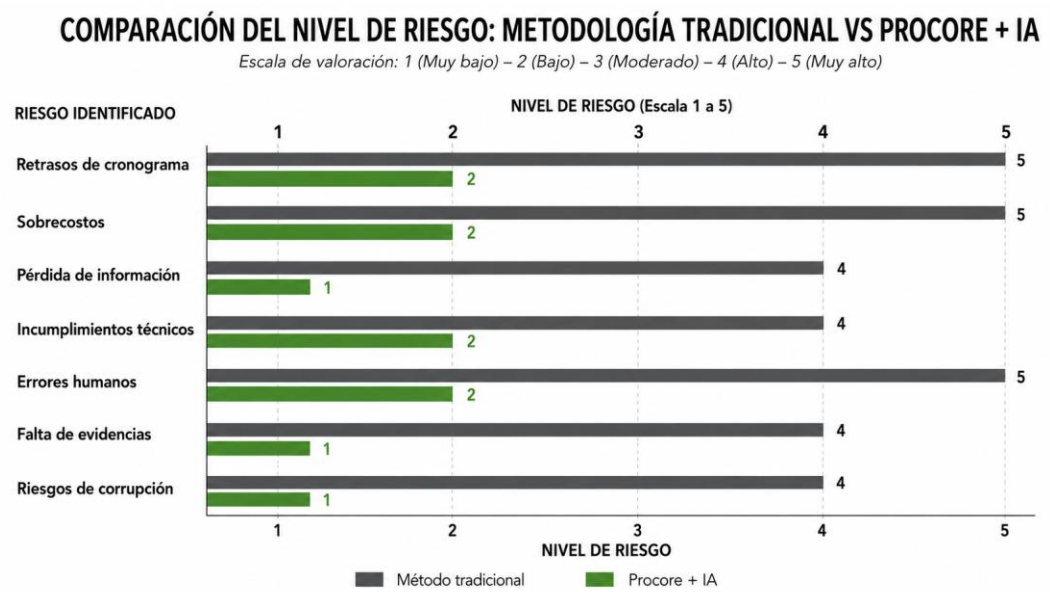
plataforma se consolida como una herramienta estratégica para modernizar la gestión contractual y fortalecer la transparencia en los proyectos de infraestructura.

Riesgos que pueden prevenirse mediante Procore e inteligencia artificial. La integración de herramientas de inteligencia artificial dentro de plataformas como Procore permite fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría mediante análisis automatizados y monitoreo continuo, entre los principales riesgos que pueden prevenirse se encuentran:

Tabla 3. *Riesgos que pueden prevenirse.*

Riesgo identificado	Método tradicional	Con Procore + IA	Impacto esperado
Retrasos de cronograma	Detectados tardíamente	Alertas automáticas	Reducción de retrasos
Sobrecostos	Control manual	Seguimiento presupuestal automático	Mayor eficiencia financiera
Pérdida de información	Archivos dispersos	Nube centralizada	Mayor trazabilidad
Incumplimientos técnicos	Revisiones periódicas	Monitoreo continuo	Prevención temprana
Errores humanos	Alta probabilidad	Automatización documental	Menor reproceso
Falta de evidencias	Fotografías aisladas	Registro digital permanente	Mejor soporte contractual
Riesgos de corrupción	Baja trazabilidad	Historial auditable	Mayor transparencia

Figura 3. Comparación de niveles de riesgo.



Desde esta perspectiva, la integración de herramientas de inteligencia artificial dentro de plataformas colaborativas como Procore permite transformar la interventoría tradicional en un modelo preventivo y basado en datos. Por otra parte, el análisis automatizado de información facilita la identificación temprana de riesgos técnicos, administrativos y contractuales que anteriormente eran detectados únicamente cuando ya habían generado impactos significativos en el proyecto. Asimismo, la generación automática de alertas contribuye a fortalecer la capacidad de control y seguimiento por parte de las entidades públicas y las interventorías.

2.3.7 Metodologías utilizadas por Procore

Procore incorpora metodologías de gestión utilizadas internacionalmente en proyectos de infraestructura y construcción. Entre ellas se destacan la gestión colaborativa de proyectos, la metodología Lean Construction y los sistemas de trazabilidad digital. Estas metodologías permiten optimizar los procesos constructivos, mejorar la coordinación entre actores y fortalecer el control

documental durante la ejecución contractual. Asimismo, la integración de herramientas analíticas facilita el monitoreo continuo de indicadores de desempeño y contribuye a una toma de decisiones más eficiente y basada en datos.

Tabla 4. *Metodologías implementadas por Procore.*

Metodología	Aplicación
Gestión colaborativa	Trabajo simultáneo entre actores
Lean Construction	Optimización y reducción de desperdicios
Gestión basada en datos	Toma de decisiones basada en evidencia
Trazabilidad digital	Seguimiento histórico y auditoría
Automatización documental	Reducción de reprocesos

Tomado de Procore Technologies (2024).

2.3.8 Inteligencia artificial y ventajas tecnológicas de Procore

Las ventajas asociadas a la automatización, la trazabilidad documental y la gestión inteligente de la información fueron abordadas previamente desde una perspectiva general. No obstante, en el caso de Procore, estas capacidades se integran dentro de una plataforma colaborativa que permite su aplicación práctica en actividades relacionadas con la supervisión y el control de proyectos de construcción.

La incorporación de tecnologías digitales en plataformas de gestión representa una de las principales transformaciones del sector construcción durante los últimos años. En este contexto, herramientas como Procore facilitan la centralización de información, la coordinación entre actores y el monitoreo continuo de indicadores de desempeño, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos de gestión contractual y seguimiento de obra (Procore Technologies, 2024).

Asimismo, la integración de funcionalidades basadas en análisis de datos permite procesar grandes volúmenes de información provenientes de cronogramas, reportes de avance, registros fotográficos, actas, observaciones técnicas y documentos contractuales. En consecuencia, los responsables de la supervisión pueden disponer de información más organizada y oportuna para apoyar la toma de decisiones durante la ejecución de los proyectos.

Entre las principales capacidades tecnológicas asociadas a plataformas como Procore se destacan la gestión documental centralizada, la actualización de información en tiempo real, la generación de reportes automatizados, el monitoreo de indicadores de desempeño y la trazabilidad de actividades ejecutadas. Estas funcionalidades tienen el potencial de fortalecer la coordinación entre contratistas, interventores y entidades públicas, facilitando el acceso a información relevante para el control contractual.

Por otra parte, el uso de herramientas analíticas permite identificar tendencias, detectar desviaciones respecto a la planificación inicial y apoyar procesos de gestión preventiva de riesgos. Desde esta perspectiva, la tecnología se convierte en un mecanismo complementario para mejorar la capacidad de seguimiento y supervisión de proyectos de infraestructura.

No obstante, la efectividad de estas herramientas depende de factores como la calidad de los datos registrados, la capacitación de los usuarios, la disponibilidad de infraestructura tecnológica y el nivel de adopción digital de las organizaciones. Por esta razón, la implementación de plataformas inteligentes debe entenderse como parte de un proceso más amplio de transformación digital y fortalecimiento institucional.

De acuerdo con la OCDE (2022), la incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial dentro de los procesos de gestión pública puede contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la transparencia institucional y la toma de decisiones fundamentada en

evidencia. En consecuencia, plataformas como Procore representan una alternativa tecnológica con potencial para apoyar la modernización de los procesos de interventoría y supervisión de obra pública.

2.3.9 Procore como futuro de la interventoría digital

El avance de la transformación digital y la inteligencia artificial permite prever que en los próximos años las plataformas colaborativas de gestión serán fundamentales para la supervisión y control de proyectos de infraestructura.

En este contexto, Procore representa una solución tecnológica alineada con las nuevas tendencias internacionales de construcción inteligente, debido a que:

- Reduce tiempos operativos.
- Mejora la coordinación institucional.
- Facilita auditorías.
- Optimiza la toma de decisiones.
- Fortalece la transparencia.
- Permite control en tiempo real.
- Integra inteligencia artificial y analítica de datos.

Si bien Procore constituye una de las plataformas más reconocidas en la gestión digital de proyectos de construcción, no representa la única alternativa tecnológica disponible para apoyar procesos de interventoría y supervisión contractual. Herramientas como Buildots, Doxel y OpenSpace también incorporan funcionalidades orientadas al monitoreo de obra, captura de información en campo y análisis de datos. Sin embargo, la presente investigación adopta Procore como caso de referencia tecnológica debido a su enfoque integral de gestión contractual,

trazabilidad documental, colaboración en tiempo real y compatibilidad con los procesos de supervisión requeridos en el contexto colombiano. Asimismo, su selección responde a criterios de aplicabilidad potencial dentro de los procesos de interventoría analizados y no implica que sea la única solución disponible para la transformación digital del sector construcción.

Por estas razones, la presente investigación considera que plataformas digitales como Procore representan una alternativa tecnológica con potencial para fortalecer los procesos de interventoría y supervisión de obra pública. Desde esta perspectiva, herramientas de este tipo podrían contribuir al mejoramiento de la trazabilidad documental, la gestión de riesgos, la eficiencia administrativa y la toma de decisiones basada en datos dentro de proyectos de infraestructura ejecutados con recursos públicos.

2.4 Marco legal

El marco legal de la investigación establece las normas, leyes y disposiciones que rigen la contratación de obra pública, la interventoría y la incorporación de tecnologías de información en la gestión pública en Colombia. Dicho marco sirve de soporte jurídico para la propuesta de aplicación de inteligencia artificial (IA) en los procesos de supervisión y control contractual, garantizando que su implementación se ajuste a los principios de transparencia, eficiencia y responsabilidad estatal.

Ley 80 de 1993 – Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. La Constituye la base normativa de la contratación estatal en Colombia. Define los principios de transparencia, economía, responsabilidad, selección objetiva y publicidad, que deben regir todos los contratos celebrados por las entidades públicas.

Esta ley establece en su artículo 25 que las entidades deben velar por la adecuada ejecución de los contratos mediante la supervisión o interventoría, figura destinada a garantizar el cumplimiento técnico, financiero y administrativo del objeto contractual. En este sentido, el uso de herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial podría fortalecer los mecanismos de control establecidos en dicha ley, permitiendo una gestión más eficiente y preventiva de los riesgos contractuales.

Ley 1150 de 2007 – Reforma a la Ley 80. Introdujo medidas orientadas a mejorar la eficiencia y transparencia en la contratación estatal. Entre sus principales aportes se encuentra la modernización de los procedimientos de selección y la implementación de mecanismos de control más ágiles.

Esta ley promueve la gestión contractual basada en resultados, lo que implica que las entidades deben adoptar herramientas que permitan evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos y la correcta ejecución de los recursos públicos. La inteligencia artificial, al generar información en tiempo real y facilitar la toma de decisiones, se ajusta a esta perspectiva de eficiencia y control moderno.

Decreto 1082 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional. Consolida las disposiciones reglamentarias relacionadas con la contratación estatal y define en detalle las responsabilidades del interventor o supervisor. En su articulado, se señala que el interventor debe verificar la correcta ejecución del contrato, la calidad de las obras y la adecuada inversión de los recursos públicos.

Este decreto refuerza la importancia del seguimiento técnico y administrativo durante todo el ciclo contractual, lo cual se vería fortalecido mediante la aplicación de sistemas de inteligencia

artificial (IA) no que automaticen la supervisión y alerten sobre posibles incumplimientos o desviaciones.

Ley 1474 de 2011 – Estatuto Anticorrupción. Busca fortalecer los mecanismos de control y transparencia en la administración pública. Establece responsabilidades disciplinarias y penales para los funcionarios y contratistas que incumplan los principios de la contratación.

La implementación de inteligencia artificial en la interventoría puede contribuir a la prevención de actos de corrupción mediante la automatización de registros, trazabilidad documental y generación de alertas tempranas, alineándose con los fines de esta ley.

Ley 1712 de 2014 – Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública. Garantiza el acceso de los ciudadanos a la información pública y obliga a las entidades estatales a divulgar de manera proactiva los datos relacionados con la contratación. La inteligencia artificial puede ser una herramienta clave para gestionar grandes volúmenes de información pública, facilitar su análisis y promover la rendición de cuentas en tiempo real.

Política Nacional de Gobierno Digital – Decreto 1008 de 2018. Promueve la transformación digital del Estado colombiano, fomentando el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el *big data* y la analítica avanzada para mejorar la prestación de servicios públicos. Esta política respalda directamente el propósito del presente estudio, al incentivar la adopción de tecnologías inteligentes en los procesos administrativos y contractuales.

Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (MinTIC, 2024–2030). El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) publicó la *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 2024–2030*, que busca promover el uso ético, transparente y responsable de la inteligencia artificial (IA) en el sector público y privado. Esta estrategia plantea el desarrollo de

capacidades técnicas e institucionales para aprovechar la IA en la optimización de procesos, la toma de decisiones y la eficiencia administrativa.

3. Método

3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y propositivo, ya que busca analizar el fenómeno de estudio la eficiencia en la interventoría de obras públicas y proponer soluciones basadas en inteligencia artificial para optimizar los tiempos y costos contractuales.

Según Bernal (2000), el enfoque cualitativo permite comprender la realidad a partir de la observación y análisis de procesos, más que de la medición numérica, lo cual es pertinente cuando se estudian prácticas administrativas o tecnológicas en un contexto institucional. En este caso, se analizan experiencias, documentos, políticas públicas y estudios académicos que describen el estado actual de la interventoría en Colombia y las posibilidades de mejora mediante la aplicación de inteligencia artificial (IA).

3.2. Tipo y diseño de investigación

El estudio es de tipo *descriptivo y propositivo*.

- *Descriptivo*, porque caracteriza la situación actual de la interventoría de contratos de obra pública, identificando los factores técnicos, administrativos y tecnológicos que inciden en los retrasos y sobre costos.

- *Propositivo*, porque plantea el diseño de un modelo conceptual de aplicación de inteligencia artificial, que sirva como referencia para su futura implementación en entidades públicas o empresas interventoras.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipulan variables ni se realizan pruebas de campo controladas; en cambio, se analiza la realidad existente con base en documentos, experiencias y teorías previas. El propósito es construir un modelo conceptual viable, sustentado en evidencia documental y bibliográfica.

3.3. Método de investigación

Se emplea el método analítico–documental, complementado con el método inductivo.

- El método analítico–documental permite examinar, clasificar y relacionar la información proveniente de diversas fuentes (artículos, leyes, informes técnicos y estudios de caso), para comprender las causas de ineficiencia en los contratos de obra pública y las oportunidades de aplicar inteligencia artificial (IA).
- El método inductivo posibilita formular una propuesta general (modelo conceptual) a partir del análisis de casos particulares, experiencias internacionales y marcos normativos nacionales.
- Esta combinación metodológica favorece la construcción de un enfoque sistemático que integra lo teórico, lo normativo y lo tecnológico, respondiendo al objetivo general de la investigación.

3.3.1 Criterios de selección documental

Las fuentes documentales utilizadas en la presente investigación fueron seleccionadas con base en criterios de actualidad, relevancia temática, reconocimiento académico e institucional y relación directa con los temas objeto de estudio. En consecuencia, se priorizaron artículos científicos, libros especializados, informes institucionales, documentos normativos y publicaciones académicas relacionadas con la inteligencia artificial, la interventoría de obra pública, la contratación estatal y la transformación digital en el sector construcción.

Asimismo, se consideraron fuentes publicadas por organismos nacionales e internacionales reconocidos, tales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), la Contraloría General de la República, el Project Management Institute (PMI) y revistas científicas indexadas, con el fin de garantizar la calidad y confiabilidad de la información analizada. Según Bernal (2016), la selección rigurosa de fuentes constituye un elemento fundamental para asegurar la validez y consistencia de los estudios documentales. De igual manera, Hernández Sampieri y Mendoza (2018) señalan que la calidad de las fuentes utilizadas influye directamente en la solidez metodológica de la investigación.

Tabla 5. *Categorías de análisis utilizadas en la investigación.*

Categoría	Variables analizadas
Interventoría tradicional	Retrasos, control manual, trazabilidad documental
Inteligencia artificial	Automatización, análisis predictivo, gestión de riesgos
Plataformas digitales	Monitoreo, reportes, dashboards, gestión documental
Gestión contractual	Costos, cronogramas, cumplimiento contractual, riesgos

Tomado de Bernal (2016), Hernández Sampieri y Mendoza (2018) y OECD (2022).

3.3.2 Justificación de la selección de Procore

La selección de la plataforma *Procore* como referencia tecnológica dentro del presente estudio responde a criterios de funcionalidad, integración y aplicabilidad potencial en procesos de interventoría y supervisión de obra pública. Esta plataforma fue identificada durante la revisión documental como una de las soluciones digitales más utilizadas internacionalmente para la gestión colaborativa de proyectos de construcción (Procore Technologies, 2024).

Asimismo, Procore integra funcionalidades relacionadas con gestión documental, seguimiento de cronogramas, monitoreo de actividades, control de información contractual y generación de reportes en tiempo real, características que guardan relación directa con las necesidades identificadas en los procesos de interventoría analizados. Estas capacidades coinciden con los principios de transformación digital planteados por Eastman et al. (2018) y con los enfoques modernos de gestión de proyectos descritos por Kerzner (2022).

No obstante, la presente investigación no pretende establecer a Procore como la única alternativa tecnológica disponible en el mercado, sino utilizarla como un caso de referencia tecnológica que permita ilustrar las posibilidades de integración entre inteligencia artificial, gestión de la información y control contractual en proyectos de infraestructura pública.

Tabla 6. Comparación conceptual de plataformas digitales aplicables a la interventoría

Plataforma	Automatización	Gestión documental	IA predictiva	Compatibilidad sector público	Viabilidad Colombia
Buildots	Alta	Media	Alta	Baja	Baja
Doxel	Alta	Baja	Alta	Baja	Baja
OpenSpace	Media	Media	Baja	Media	Media
Procore	Alta	Alta	Media	Alta	Alta

Tomado de Buildots (2024), Doxel (2024), OpenSpace (2024) y Procore Technologies (2024).

3.3.3 Análisis documental y estudios de caso

Con el fin de dar soporte al primer objetivo específico de la investigación, se desarrolló una fase explícita de análisis documental y revisión de estudios de caso, orientada a identificar patrones recurrentes de retrasos, sobrecostos y debilidades en la interventoría y supervisión de contratos de obra pública. Esta fase incluyó la revisión de estudios académicos, informes de auditoría y supervisión, análisis normativo, documentos institucionales y bases de datos públicas de contratación estatal.

3.3.4 Revisión de estudios de interventoría y auditorías contractuales

Uno de los estudios analizados corresponde a la investigación desarrollada en el departamento del Valle del Cauca sobre el rol del interventor en contratos de obra pública adjudicados mediante concurso de méritos. Este estudio evidenció diferencias significativas en el alcance y profundidad de las funciones de interventoría entre contratos de características similares, así como vacíos en la aplicación práctica de la normativa vigente. Los autores concluyen que la falta de estandarización de procesos y herramientas de seguimiento incide negativamente en la eficiencia del control contractual, generando riesgos asociados a retrasos y sobrecostos (Gómez & Ramírez, 2021).

Este tipo de análisis documental resulta relevante para la presente investigación, ya que permite identificar debilidades estructurales en la interventoría tradicional que podrían ser mitigadas mediante sistemas automatizados y analíticos basados en inteligencia artificial.

3.3.5 Análisis de informes de supervisión y casos de desviaciones contractuales

Dentro de la revisión documental se analizó el caso del proyecto de modernización de la Refinería de Cartagena (Reficar), ampliamente documentado en informes de organismos de control y literatura secundaria. Dicho proyecto presentó incrementos sustanciales en los costos y retrasos significativos en los cronogramas inicialmente establecidos, asociados a deficiencias en la planeación, cambios frecuentes de alcance y fallas en los mecanismos de supervisión y control (Contraloría General de la República, 2016).

Este caso se toma como referencia documental para evidenciar cómo la ausencia de herramientas de monitoreo oportuno y análisis predictivo limita la capacidad de los interventores y supervisores para anticipar desviaciones contractuales, convirtiendo la supervisión en un proceso reactivo.

3.3.6 Revisión de programas de infraestructura de gran escala

Asimismo, se revisó información documental relacionada con el programa de concesiones viales de cuarta generación (Vías 4G) en Colombia, el cual agrupa múltiples contratos de infraestructura de alta complejidad técnica y financiera. Diversos análisis institucionales y académicos han señalado que, aunque el programa introdujo mejoras en estructuración contractual, persistieron desafíos relacionados con la supervisión integral de los proyectos, la gestión de riesgos y la consolidación de información en tiempo real (Agencia Nacional de Infraestructura [ANI], 2018).

Este programa se utiliza como estudio de caso documental para analizar cómo la multiplicidad de actores y contratos incrementa la necesidad de sistemas integrados de información

y apoyo a la toma de decisiones, aspecto central de las soluciones basadas en inteligencia artificial propuestas en esta investigación.

3.3.7 Revisión normativa aplicable a la interventoría y supervisión

En el ámbito normativo, se realizó una revisión de la Ley 80 de 1993, la Ley 1150 de 2007 y conceptos emitidos por la Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra Eficiente, en particular aquellos relacionados con las obligaciones de vigilancia, control y seguimiento contractual. Estos documentos establecen que la interventoría y la supervisión son mecanismos obligatorios para garantizar la correcta ejecución de los contratos estatales, asignando responsabilidades técnicas, administrativas y financieras claramente definidas (Colombia Compra Eficiente, 2025).

El análisis normativo permitió contrastar las exigencias legales con las prácticas observadas en los estudios de caso, identificando brechas operativas que pueden ser abordadas mediante herramientas tecnológicas avanzadas.

3.3.8 Revisión de estudios académicos internacionales sobre retrasos y sobre costos

Como complemento al análisis nacional, se revisaron estudios académicos internacionales que analizan las causas de retrasos y sobre costos en proyectos de infraestructura pública. Investigaciones realizadas en proyectos universitarios en Arabia Saudita evidencian que los cambios de orden, deficiencias en la planificación inicial y la falta de control sistemático del avance son factores recurrentes en los incrementos de costos finales (Aljohani et al., 2017).

Estos estudios aportan evidencia comparada que refuerza la pertinencia de incorporar modelos predictivos y sistemas de análisis de riesgos, principios fundamentales de la propuesta de inteligencia artificial desarrollada en este trabajo.

3.3.9 Análisis de bases de datos de contratos estatales

Finalmente, se consideró el análisis descriptivo de bases de datos públicas de contratación estatal, tales como las disponibles en el Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOP). Aunque este estudio no desarrolla un análisis estadístico profundo, la revisión de información agregada permite identificar patrones generales de duración contractual, adiciones presupuestales y modificaciones de plazo, que respaldan los hallazgos obtenidos en la revisión documental y estudios de caso.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo del estudio se emplearon las siguientes técnicas:

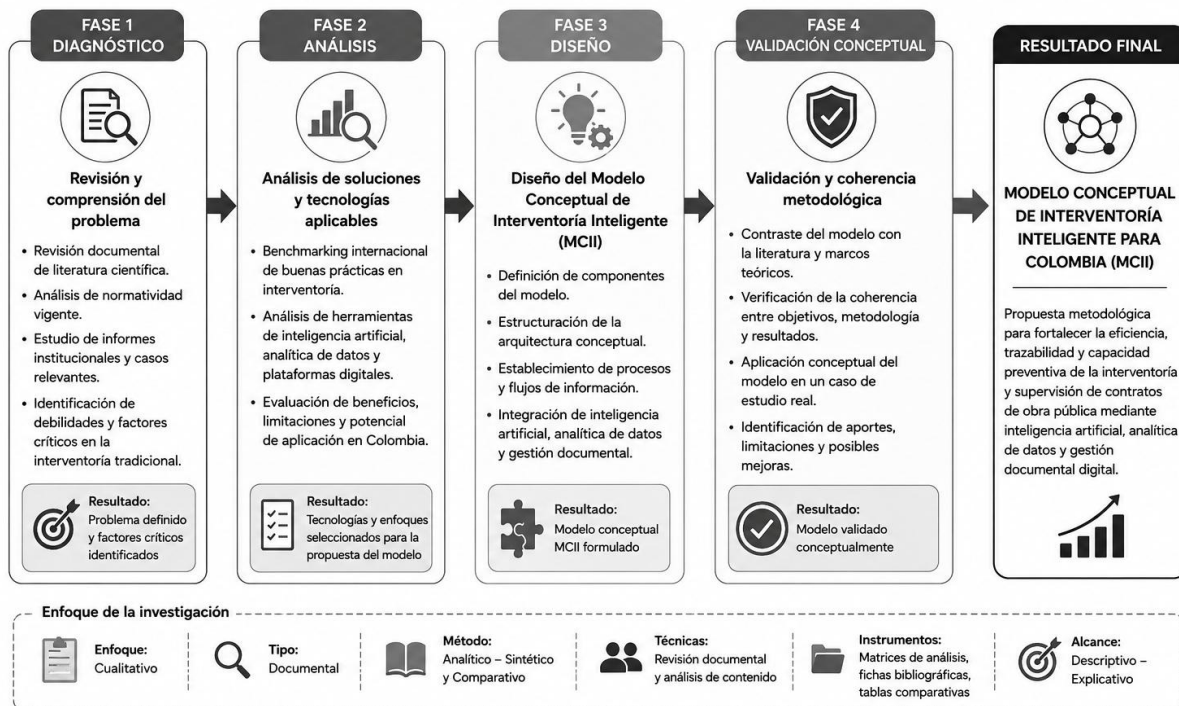
- *Revisión documental:* análisis de artículos científicos, informes institucionales, tesis, leyes y políticas públicas sobre IA y contratación pública.
- *Análisis comparativo:* contraste entre las metodologías tradicionales de interventoría y las estrategias tecnológicas basadas en inteligencia artificial utilizadas en otros países.
- *Análisis de contenido:* identificación de conceptos, patrones y variables recurrentes en las fuentes revisadas.

Los instrumentos utilizados incluyen fichas de registro bibliográfico, matrices de análisis documental y cuadros de categorización temática, elaborados con base en la metodología propuesta por Bernal (2000).

3.5 Fases de la investigación

La investigación se desarrolló mediante un procedimiento metodológico estructurado en cinco fases secuenciales, con el propósito de garantizar la coherencia entre el problema de investigación, los objetivos planteados y los resultados obtenidos. Estas fases permitieron identificar la problemática objeto de estudio, analizar la literatura especializada, evaluar herramientas tecnológicas aplicables a la interventoría y formular el Modelo Conceptual Propuesto.

Figura 4. Diagrama metodológico para la formulación del Modelo Conceptual.



El diagrama metodológico sintetiza el proceso seguido durante la investigación para la formulación del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII). Cada una de las fases permitió avanzar de manera progresiva desde el diagnóstico de las problemáticas presentes en la interventoría tradicional hasta la construcción y validación conceptual del modelo

propuesto, garantizando la articulación entre el análisis documental, el diseño metodológico y los resultados alcanzados.

Tabla 7. *Procedimiento metodológico de la investigación*

Fase	Actividad desarrollada	Resultado esperado
Diagnóstico	Identificación de problemáticas asociadas a la interventoría tradicional de obra pública	Determinación de factores que afectan la eficiencia contractual
Revisión documental	Análisis de literatura científica, normativa y documentos institucionales	Fundamentación teórica y conceptual
Análisis comparativo	Evaluación de herramientas tecnológicas e inteligencia artificial aplicables a la interventoría	Identificación de alternativas tecnológicas
Diseño conceptual	Construcción del modelo conceptual basado en inteligencia artificial y Procore	Formulación de la propuesta de investigación
Formulación de lineamientos	Elaboración de recomendaciones para implementación gradual en entidades públicas	Lineamientos estratégicos para adopción tecnológica

Fase 1. Diagnóstico: Se realizó la recopilación y análisis de información relacionada con la situación actual de la interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia, identificando las principales problemáticas asociadas a la gestión documental, el seguimiento contractual y la identificación de riesgos.

Fase 2. Revisión documental y análisis comparativo: Se efectuó la revisión de literatura científica, normativa vigente, informes institucionales y experiencias nacionales e internacionales sobre inteligencia artificial aplicada a la construcción. Asimismo, se analizaron herramientas tecnológicas como Procore, Buildots, Doxel y OpenSpace para identificar sus potencialidades y limitaciones en los procesos de interventoría.

Fase 3. Diseño conceptual: Con base en los hallazgos obtenidos, se formuló el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), definiendo su arquitectura,

componentes, funcionamiento y enfoque metodológico para fortalecer la eficiencia, la trazabilidad documental y la capacidad preventiva de la interventoría.

Fase 4. Validación conceptual: El modelo propuesto fue contrastado con la literatura científica, el marco normativo colombiano y experiencias internacionales, con el propósito de verificar su coherencia metodológica y su pertinencia como propuesta conceptual para la supervisión de contratos de obra pública.

Fase 5. Formulación de resultados y lineamientos: Finalmente, se consolidaron los resultados de la investigación, se estructuraron los lineamientos estratégicos para la implementación gradual del modelo y se desarrolló una aplicación conceptual mediante un caso de estudio basado en información pública, con el fin de ilustrar el funcionamiento del MCII en un escenario representativo de la contratación pública colombiana.

3.6 Criterios de validación conceptual del modelo

La validación conceptual del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) se desarrolló mediante un procedimiento de evaluación multicriterio orientado a establecer, de manera explícita y trazable, la correspondencia entre los componentes propuestos, las necesidades identificadas en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública y los requerimientos normativos, operativos y tecnológicos asociados con su implementación.

Dado que la investigación presenta un enfoque cualitativo, documental y propositivo, la valoración realizada no corresponde a una validación experimental ni pretende demostrar estadísticamente la efectividad del modelo. Su finalidad es establecer la consistencia conceptual

de la propuesta mediante criterios verificables derivados de la revisión documental, normativa, técnica y tecnológica desarrollada durante la investigación.

Para reducir la subjetividad en las valoraciones, se estableció una matriz de evaluación compuesta por cinco criterios: coherencia normativa, pertinencia frente a la problemática identificada, viabilidad operativa, compatibilidad tecnológica e integración funcional. Cada criterio fue asociado con variables observables que permiten determinar el nivel de correspondencia del componente evaluado con los requerimientos del proceso de interventoría.

La incorporación de estos criterios permite diferenciar entre una apreciación general sobre la utilidad de una herramienta y una valoración sustentada en condiciones previamente definidas. De esta manera, un componente no se considera prioritario únicamente porque los autores lo consideren conveniente, sino porque presenta correspondencia con una necesidad identificada, evidencia documental de su pertinencia y capacidad potencial de integrarse al proceso de seguimiento y control contractual.

Para efectos de la valoración conceptual se utilizó una escala ordinal de cinco niveles, definida de la siguiente manera:

Tabla 8. Medición del desempeño real de una herramienta

Valor	Nivel de cumplimiento	Criterio de interpretación
1	Muy bajo	No existe correspondencia suficiente con el criterio evaluado o la evidencia disponible es insuficiente.
2	Bajo	Existe una correspondencia limitada y requiere condiciones adicionales para su aplicación.
3	Medio	Existe correspondencia parcial y el componente presenta condiciones básicas de aplicabilidad.
4	Alto	Existe una correspondencia clara y suficiente con el criterio evaluado.
5	Muy alto	Existe una correspondencia directa, consistente y ampliamente sustentada con el criterio evaluado.

La valoración se realizó mediante la asignación de una puntuación de 1 a 5 para cada criterio, acompañada de la identificación de la evidencia documental que sustenta dicha valoración. Por tanto, la puntuación no representa una medición del desempeño real de una herramienta o del modelo en condiciones de ejecución, sino un nivel de correspondencia conceptual frente a los requerimientos analizados.

Para establecer el resultado global de cada componente se utilizó el promedio aritmético de las puntuaciones obtenidas en los cinco criterios:

$$\text{Puntuación global} = (CN + PP + VO + CT + IF) / 5 \text{ donde:}$$

- *CN*: coherencia normativa.
- *PP*: pertinencia frente a la problemática.
- *VO*: viabilidad operativa.
- *CT*: compatibilidad tecnológica.
- *IF*: integración funcional.

La interpretación del resultado global se estableció mediante los siguientes rangos:

Tabla 9. Interpretación del resultado

Puntuación promedio	Nivel de valoración	Interpretación
1,00 – 1,80	Muy bajo	El componente presenta baja correspondencia con las necesidades y condiciones analizadas.
1,81 – 2,60	Bajo	El componente presenta correspondencia limitada y requiere ajustes significativos.
2,61 – 3,40	Medio	El componente presenta condiciones parciales de aplicabilidad y requiere fortalecimiento.
3,41 – 4,20	Alto	El componente presenta condiciones favorables de integración al modelo.
4,21 – 5,00	Muy alto	El componente presenta alta correspondencia y condiciones favorables para formar parte del modelo conceptual.

La coherencia normativa se evaluó verificando que el componente propuesto no contradiga las disposiciones aplicables a la contratación estatal, la interventoría y la supervisión de contratos de obra pública. Este criterio permite establecer que la incorporación de herramientas digitales y sistemas de inteligencia artificial se plantee como mecanismo de apoyo y no como sustitución de las responsabilidades jurídicas, administrativas o profesionales asignadas a los actores contractuales.

La pertinencia frente a la problemática se determinó a partir de la relación entre cada componente tecnológico y las necesidades identificadas durante el análisis documental, particularmente aquellas relacionadas con gestión documental, trazabilidad, seguimiento contractual, identificación de riesgos, control de cronogramas, gestión presupuestal y toma de decisiones.

La viabilidad operativa se valoró considerando la posibilidad de incorporar el componente dentro de las actividades habituales de seguimiento, control, registro, análisis y comunicación desarrolladas durante la ejecución contractual. Se consideró especialmente la disponibilidad de información necesaria, la participación de los responsables del proceso y la posibilidad de incorporar el componente sin alterar las competencias legalmente asignadas a cada actor.

La compatibilidad tecnológica se determinó mediante el análisis de las funcionalidades de las herramientas digitales estudiadas y su capacidad potencial para intercambiar, consolidar, procesar y visualizar información procedente de diferentes fuentes. En este criterio se consideraron aspectos relacionados con interoperabilidad, gestión de información, analítica de datos, automatización, inteligencia artificial y disponibilidad de información estructurada.

Finalmente, la integración funcional evaluó la capacidad del componente para articularse con las diferentes actividades y etapas del proceso de interventoría y supervisión. Este criterio

permitió determinar si una herramienta o funcionalidad opera de manera aislada o si puede integrarse al ciclo completo de captura de información, análisis, generación de alertas, evaluación profesional, toma de decisiones, seguimiento de acciones y retroalimentación.

La aplicación de estos criterios permitió establecer una relación verificable entre las problemáticas identificadas, las necesidades de modernización y los componentes incluidos posteriormente en el MCII. En consecuencia, la priorización de los componentes del modelo no se fundamentó exclusivamente en la apreciación de los investigadores, sino en una estructura de valoración conceptual sustentada en criterios previamente definidos y en la evidencia documental analizada.

Es importante señalar que los resultados obtenidos mediante este procedimiento deben interpretarse dentro del alcance de la investigación. Debido a que el estudio no contempla una implementación experimental del MCII en contratos reales, las puntuaciones obtenidas representan niveles de correspondencia conceptual y no porcentajes de efectividad, reducción de costos, disminución de tiempos o mejora real del desempeño contractual. La comprobación de estos efectos requerirá investigaciones posteriores mediante proyectos piloto, aplicación en escenarios reales y comparación de indicadores antes y después de la implementación.

3.7 Población y unidad de análisis

La investigación no trabaja con una población estadística tradicional, dado su carácter documental. Sin embargo, la unidad de análisis está compuesta por:

- Documentos oficiales emitidos por la Contraloría General de la República, el MinTIC y la Agencia Nacional de Contratación Pública (Colombia Compra Eficiente).

- Normas legales relacionadas con la contratación estatal (Leyes 80 de 1993, 1150 de 2007, 1712 de 2014, 1474 de 2011, Decreto 1082 de 2015).
- Estudios académicos y técnicos nacionales e internacionales sobre inteligencia artificial y gestión pública.
- Estas fuentes permiten obtener información confiable y actualizada para el análisis y la formulación del modelo conceptual propuesto.

3.8 Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo principios de integridad académica, transparencia y responsabilidad en el manejo de la información. Las fuentes científicas, institucionales y normativas fueron citadas y referenciadas conforme a las normas APA, séptima edición, respetando los derechos de autor.

El caso de estudio utilizado corresponde a información pública y fue incorporado exclusivamente con fines académicos, sin emitir juicios sobre las actuaciones de las entidades involucradas. Asimismo, el MCII se plantea como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, manteniendo el criterio profesional del interventor y la responsabilidad de las entidades competentes.

4. Resultados, propuesta y aplicación conceptual

4.1. Resultados del análisis documental

A partir del análisis de las fuentes consultadas (artículos científicos, informes institucionales, auditorías contractuales, normativa vigente, políticas públicas y estudios internacionales) se identificaron una serie de factores críticos que afectan la eficiencia en la ejecución de los contratos de obra pública en Colombia. Dichos factores inciden directamente en la generación de retrasos, sobrecostos y dificultades en los procesos de interventoría y supervisión.

Entre los principales hallazgos se evidencian deficiencias en la planeación contractual, las cuales se reflejan en cronogramas poco realistas, estimaciones imprecisas de costos y una débil identificación de riesgos desde las etapas iniciales del proyecto. Estas falencias generan ajustes recurrentes durante la ejecución contractual, impactando negativamente los plazos y el presupuesto de las obras.

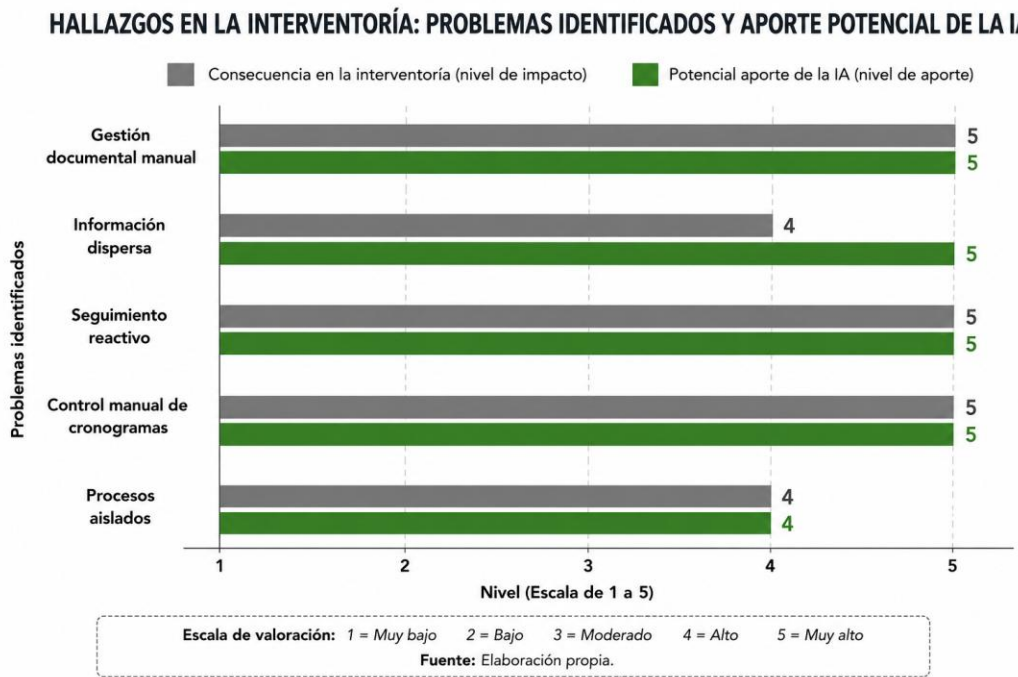
Tabla 10. Principales hallazgos identificados en el análisis documental.

Problema identificado	Consecuencia en la interventoría	Potencial aporte de la IA
Gestión documental manual	Retrasos administrativos	Automatización documental
Información dispersa	Baja trazabilidad	Centralización digital
Seguimiento reactivo	Identificación tardía de riesgos	Alertas predictivas
Control manual de cronogramas	Incremento de retrasos	Monitoreo en tiempo real
Procesos aislados	Baja coordinación institucional	Plataformas colaborativas

La Tabla 8. resume las principales problemáticas identificadas durante el análisis documental y evidencia la relación existente entre cada dificultad observada en la interventoría

tradicional y el potencial aporte que podrían ofrecer las herramientas basadas en inteligencia artificial para fortalecer los procesos de supervisión contractual.

Figura 5. Valoración del impacto de las problemáticas identificadas en la interventoría tradicional.



La Figura 5. permite observar el nivel de impacto asociado a las principales problemáticas identificadas durante el análisis documental. Se evidencia que la gestión documental manual, el seguimiento reactivo y el control manual de cronogramas presentan los niveles de impacto más altos sobre la eficiencia de los procesos de interventoría. Asimismo, la información dispersa y los procesos aislados afectan significativamente la trazabilidad y la coordinación institucional, lo que justifica la necesidad de fortalecer estos procesos mediante estrategias de transformación digital y análisis inteligente de la información.

Los resultados sintetizados en la *tabla 8* y la *figura 5* evidencian que las principales limitaciones de la interventoría tradicional se concentran en la gestión documental manual, la

fragmentación de la información, el seguimiento reactivo y la baja integración tecnológica. Estas problemáticas presentan un nivel de impacto alto sobre la eficiencia de los procesos de supervisión, debido a que afectan la trazabilidad de la información, incrementan la carga administrativa y dificultan la identificación temprana de riesgos durante la ejecución contractual.

Asimismo, se observa que los procesos administrativos repetitivos y la limitada interoperabilidad entre sistemas representan factores que reducen la capacidad de respuesta de la interventoría frente a situaciones que requieren decisiones oportunas. En consecuencia, los hallazgos obtenidos justifican la necesidad de incorporar herramientas de transformación digital e inteligencia artificial que permitan fortalecer la capacidad preventiva de la supervisión, aspecto que fundamenta la formulación del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).

Con base en los resultados obtenidos y en el nivel de impacto identificado, se realizó una priorización de las principales necesidades de modernización de la interventoría, con el propósito de establecer los componentes que servirían de fundamento para la formulación del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).

Tabla 11. Priorización de necesidades de modernización.

Necesidad identificada	Justificación	Prioridad
Alertas tempranas	Permiten identificar riesgos antes de que afecten la ejecución contractual.	Muy alta
Centralización documental	Facilita la trazabilidad y disponibilidad de la información.	Muy alta
Inteligencia artificial predictiva	Favorece la identificación temprana de desviaciones.	Muy alta
Analítica de datos	Apoya la toma de decisiones basada en evidencia.	Alta

Necesidad identificada	Justificación	Prioridad
Dashboard de seguimiento	Facilita el monitoreo continuo de indicadores.	Alta
Automatización de procesos	Reduce tiempos administrativos y tareas repetitivas.	Media

A partir de las problemáticas identificadas en la interventoría y supervisión tradicional y de las necesidades de modernización relacionadas en la Tabla 9, se estableció una matriz de priorización orientada a determinar la importancia relativa de cada necesidad dentro de la estructuración del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).

La Tabla 9 permitió identificar las principales necesidades de modernización y establecer una clasificación inicial de acuerdo con su relevancia para el fortalecimiento de los procesos de control contractual. Sin embargo, con el propósito de hacer explícitos los criterios utilizados para dicha priorización, se desarrolló una valoración multicriterio que relaciona cada necesidad con cinco dimensiones de análisis: impacto sobre el control contractual, capacidad preventiva, trazabilidad de la información, apoyo a la toma de decisiones y articulación con el modelo propuesto.

Estos criterios fueron definidos a partir de las categorías de análisis establecidas en la investigación, particularmente aquellas relacionadas con control, trazabilidad documental, gestión de riesgos, análisis predictivo, monitoreo, reportes, gestión documental y toma de decisiones. De esta manera, la valoración mantiene correspondencia con el análisis documental realizado y con las necesidades identificadas durante el diagnóstico.

Cada criterio se valoró mediante una escala ordinal de uno a cinco, donde 1 representa una correspondencia muy baja y 5 una correspondencia muy alta. La valoración se realizó considerando la relación conceptual entre cada necesidad de modernización y las funciones que se

pretende fortalecer mediante el MCII. En consecuencia, los valores asignados no representan porcentajes de eficiencia ni resultados de desempeño obtenidos en proyectos reales, sino niveles de correspondencia metodológica derivados del análisis documental.

El puntaje global de cada necesidad se obtuvo mediante el promedio aritmético de los cinco criterios de valoración:

$$\text{Puntaje global} = (\text{Impacto sobre el control} + \text{Capacidad preventiva} + \text{Trazabilidad} + \text{Apoyo a la decisión} + \text{Articulación con el MCII}) / 5$$

Para interpretar los resultados se establecieron cuatro niveles de prioridad: baja, media, alta y muy alta. Las necesidades con puntajes iguales o superiores a 4,21 se clasificaron como de prioridad muy alta; aquellas entre 3,41 y 4,20 como de prioridad alta; entre 2,61 y 3,40 como de prioridad media; y entre 1,00 y 2,60 como de prioridad baja.

Este procedimiento permite establecer una relación trazable entre el diagnóstico de las problemáticas, la identificación de necesidades de modernización y la selección de los componentes funcionales y tecnológicos del MCII. Por tanto, la priorización deja de depender exclusivamente de una apreciación descriptiva y pasa a sustentarse en criterios previamente definidos y aplicados de manera homogénea a las diferentes necesidades analizadas.

Tabla 12. Matriz de priorización de necesidades de modernización

Necesidad de modernización	Impacto sobre el control	Capacidad preventiva	Trazabilidad de la información	Apoyo a la decisión	Articulación con el MCII	Puntaje global	Prioridad
Alertas tempranas	5	5	4	5	5	4,8	Muy alta
Centralización documental	5	4	5	5	5	4,8	Muy alta
IA predictiva	5	5	4	5	5	4,8	Muy alta
Análítica de datos	4	5	4	5	5	4,6	Muy alta
Dashboard de seguimiento	4	4	5	4	5	4,4	Muy alta
Automatización de procesos	3	4	4	4	4	3,8	Alta

Tomado a partir del análisis documental y de los criterios de valoración establecidos en la investigación.

Tabla 13. Escala de valoración de los criterios de priorización

Valor	Nivel	Criterio de interpretación
1	Muy bajo	La necesidad presenta una relación mínima o indirecta con el criterio evaluado.
2	Bajo	La necesidad presenta una relación limitada con el criterio evaluado.
3	Medio	La necesidad presenta una relación relevante, pero no determinante, con el criterio evaluado.
4	Alto	La necesidad presenta una relación directa y significativa con el criterio evaluado.
5	Muy alto	La necesidad presenta una relación directa, crítica y estratégica con el criterio evaluado.

Los criterios utilizados en la matriz de priorización se definieron de la siguiente manera:

Impacto sobre el control contractual: determina en qué medida la atención de una necesidad contribuye directamente al seguimiento, verificación y control de las condiciones técnicas, administrativas, financieras y contractuales del proyecto.

Capacidad preventiva: determina la capacidad de la necesidad para contribuir a la identificación anticipada de riesgos, desviaciones, inconsistencias o situaciones que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos contractuales.

Trazabilidad de la información: determina en qué medida la necesidad contribuye a garantizar que la información generada durante el proyecto pueda ser centralizada, consultada, relacionada y seguida a través del tiempo, reduciendo la dispersión documental.

Apoyo a la toma de decisiones: determina la capacidad de la necesidad para proporcionar información estructurada, indicadores, análisis o alertas que permitan al interventor, supervisor y demás actores responsables adoptar decisiones sustentadas en evidencia.

Articulación con el MCII: determina el grado en que la necesidad puede integrarse con los componentes funcionales del modelo, particularmente con la gestión documental, el análisis de

datos, la inteligencia artificial, el sistema de alertas, los mecanismos de seguimiento y la toma de decisiones.

La definición de estos criterios responde directamente a las características identificadas en el análisis documental. La investigación reconoce que las principales oportunidades de transformación se relacionan con la gestión de información, la identificación anticipada de riesgos, el seguimiento de actividades y la integración de herramientas digitales. Asimismo, las plataformas analizadas presentan funcionalidades asociadas con gestión documental, seguimiento de cronogramas, monitoreo, información contractual y generación de reportes, lo que permite relacionar estas capacidades con las necesidades identificadas.

Los resultados de la matriz muestran que las necesidades de modernización asociadas con alertas tempranas, centralización documental e inteligencia artificial predictiva presentan los mayores niveles de correspondencia con los criterios establecidos, con un puntaje global de 4,8 sobre 5,0. Estas necesidades adquieren una prioridad muy alta debido a su relación directa con el fortalecimiento del control contractual, la prevención de desviaciones, la disponibilidad de información y el apoyo a la toma de decisiones.

La analítica de datos obtuvo un puntaje de 4,6, igualmente correspondiente a una prioridad muy alta. Su valoración se explica por la capacidad de transformar información contractual y operativa en elementos de análisis que pueden apoyar la identificación de patrones, riesgos y desviaciones. Esta función resulta coherente con el enfoque del MCII, en el cual la información consolidada constituye el insumo para procesos posteriores de análisis inteligente.

El dashboard de seguimiento obtuvo un puntaje de 4,4 y fue clasificado como de prioridad muy alta. Su importancia se relaciona principalmente con la posibilidad de integrar indicadores y facilitar el seguimiento continuo de las condiciones del proyecto. En este sentido, el dashboard se

considera un mecanismo de visualización y comunicación de resultados más que una herramienta aislada de análisis.

Por su parte, la automatización de procesos obtuvo un puntaje de 3,8, correspondiente a una prioridad alta. Aunque contribuye a disminuir actividades repetitivas y tiempos administrativos, su impacto dentro del MCII se considera complementario frente a aquellos componentes que permiten anticipar riesgos, estructurar información y apoyar directamente la toma de decisiones.

En conjunto, la matriz permite establecer que la prioridad de los componentes del MCII no depende únicamente de la existencia de una tecnología determinada, sino de su capacidad para responder a las necesidades identificadas en el diagnóstico y de su posibilidad de integrarse dentro de una metodología articulada de seguimiento y control contractual.

Esta consideración resulta especialmente relevante frente al propósito de la investigación, debido a que el modelo no plantea la adopción de una plataforma específica como solución única. Procore, por ejemplo, fue utilizada como referencia tecnológica debido a sus funcionalidades de gestión documental, seguimiento, monitoreo y generación de reportes, pero la investigación reconoce que existen diferentes alternativas tecnológicas y que la propuesta metodológica debe conservar capacidad de adaptación.

A partir de la priorización obtenida, se estableció la correspondencia entre las necesidades de modernización y los componentes funcionales del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII). De esta manera, las necesidades identificadas no se incorporan de manera independiente, sino que se articulan dentro de una secuencia metodológica que inicia con la estructuración de la información contractual, continúa con su centralización y análisis,

genera alertas frente a posibles desviaciones y finaliza con la evaluación humana, la toma de decisiones y el seguimiento de las acciones adoptadas.

En este sentido, la centralización documental constituye la base informacional del modelo; la analítica de datos y la inteligencia artificial permiten procesar dicha información; las alertas tempranas permiten transformar los resultados del análisis en señales para la intervención preventiva; los dashboards facilitan la visualización de indicadores; y la automatización contribuye a reducir actividades administrativas repetitivas. Esta articulación permite que las herramientas tecnológicas funcionen como componentes de una metodología de control y no como soluciones independientes.

Por consiguiente, la priorización desarrollada en esta etapa constituye el vínculo metodológico entre el diagnóstico de las deficiencias de la interventoría tradicional y la arquitectura funcional propuesta para el MCII. La propuesta se orienta así a complementar el criterio profesional de los responsables del control contractual mediante información estructurada, análisis y mecanismos de alerta, sin sustituir las responsabilidades profesionales, administrativas o legales de los actores involucrados.

4.2 Modelo conceptual basado en inteligencia artificial y Procore

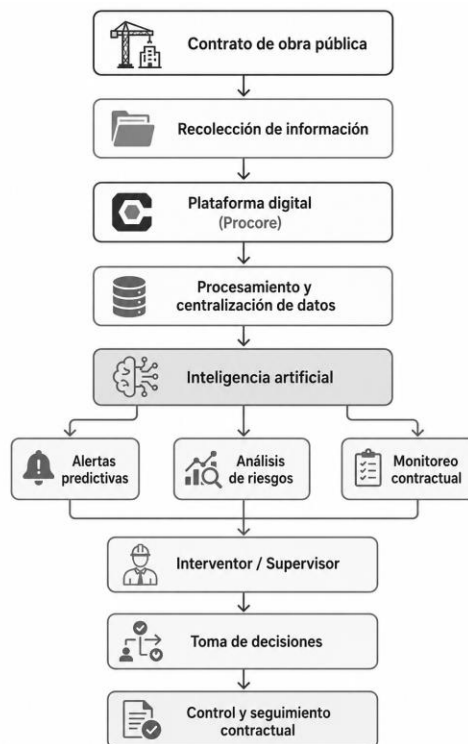
A partir de los hallazgos obtenidos mediante el análisis documental, se formuló un modelo conceptual orientado al fortalecimiento de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública mediante la incorporación de herramientas de inteligencia artificial y plataformas digitales de gestión. La propuesta surge como respuesta a las limitaciones identificadas en los modelos tradicionales de supervisión, caracterizados por la fragmentación de la información, el uso de procesos manuales y la limitada capacidad para anticipar riesgos durante la ejecución contractual.

El modelo conceptual propuesto integra herramientas de inteligencia artificial con funcionalidades de gestión documental, monitoreo de actividades, análisis de información y seguimiento contractual, tomando como referencia la plataforma Procore debido a sus capacidades de centralización de datos, trabajo colaborativo y trazabilidad de procesos. Su propósito es facilitar la gestión de la información, apoyar la toma de decisiones y fortalecer el control de los proyectos de infraestructura pública.

La estructura del modelo se fundamenta en cuatro componentes principales. El primero corresponde a la recolección y centralización de información proveniente de informes de obra, registros fotográficos, actas, cronogramas, presupuestos y demás documentos relacionados con la ejecución contractual. El segundo componente está asociado al procesamiento y organización de la información mediante plataformas digitales que permitan consolidar los datos en un entorno colaborativo y accesible para los diferentes actores involucrados en el proyecto.

El tercer componente incorpora herramientas de inteligencia artificial orientadas al análisis de datos, identificación de patrones, generación de alertas tempranas y apoyo al seguimiento de indicadores de desempeño. Estas funcionalidades permiten fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría y facilitar la identificación de posibles desviaciones relacionadas con cronogramas, costos, calidad o cumplimiento contractual.

Finalmente, el cuarto componente corresponde al proceso de toma de decisiones por parte de interventores, supervisores y entidades contratantes. A través del acceso oportuno a información consolidada y análisis automatizados, los responsables de la supervisión contractual disponen de mayores elementos para realizar seguimiento, formular recomendaciones y adoptar medidas correctivas cuando sea necesario.

Figura 6. Estructura general del modelo conceptual

La Figura 6 presenta la estructura general del modelo conceptual propuesto y la interacción entre sus diferentes componentes.

4.2.1 Funcionalidades potenciales de inteligencia artificial aplicadas a la interventoría

Funcionalidad 1. Monitoreo predictivo del cronograma

La inteligencia artificial integrada en Procore permite analizar automáticamente el avance físico del proyecto y compararlo con el cronograma base, generando alertas tempranas ante posibles retrasos.

Funcionalidad 2. Automatización de informes

La plataforma consolida información técnica y administrativa en tiempo real, permitiendo generar reportes automáticos con evidencias fotográficas, hallazgos y seguimiento contractual.

Funcionalidad 3. Gestión inteligente de riesgos

La inteligencia artificial (IA) permite clasificar riesgos según impacto, probabilidad y criticidad, facilitando priorizar actividades de control y seguimiento.

Funcionalidad 4. Trazabilidad documental

Procore centraliza actas, informes, fotografías y comunicaciones en un entorno digital auditable, fortaleciendo la transparencia y reduciendo pérdida documental.

Funcionalidad 5. Tableros inteligentes

La plataforma genera dashboards en tiempo real con indicadores de avance físico, financiero y contractual, facilitando la toma de decisiones preventivas.

4.2.2 Evidencia ilustrativa de las funcionalidades de Procore

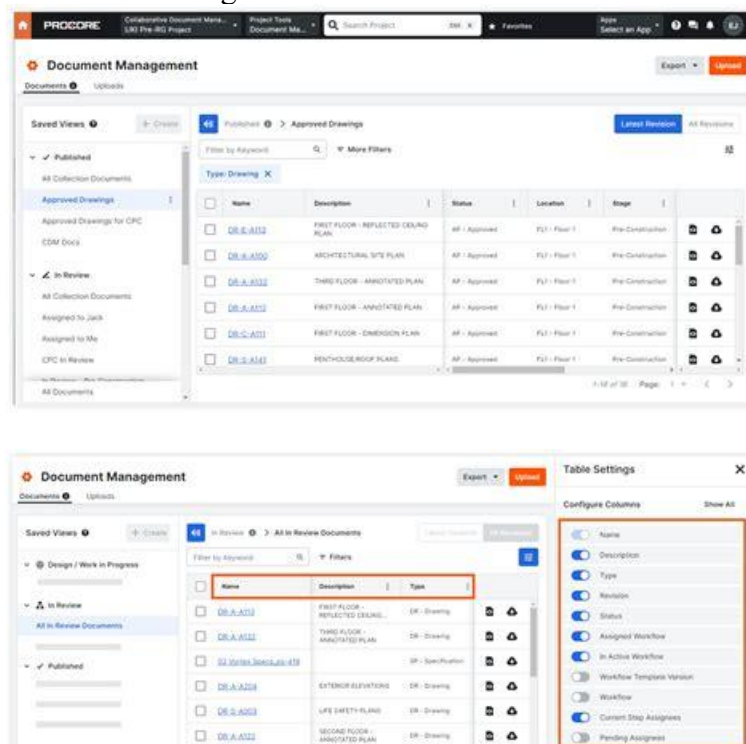
La plataforma Procore se incorpora en esta investigación como una referencia tecnológica para analizar la forma en que diferentes herramientas digitales pueden articularse con los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública. Su utilización dentro del presente estudio no corresponde a una implementación experimental en un contrato real, sino a una revisión de las funcionalidades disponibles y de su correspondencia con los componentes propuestos en el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).

La revisión de la documentación oficial de Procore permite identificar funcionalidades relacionadas con la administración documental, gestión de solicitudes de información (RFI), control de planos, programación, generación de reportes y utilización de herramientas de inteligencia artificial. Estas capacidades resultan relevantes para el modelo propuesto debido a que permiten relacionar información documental, técnica y administrativa con procesos de seguimiento, análisis y toma de decisiones.

Gestión documental. La gestión documental constituye uno de los componentes fundamentales del MCII, debido a que la calidad de las decisiones de interventoría depende, entre otros factores, de la disponibilidad, actualización, trazabilidad y organización de la información contractual y técnica.

Procore dispone de funcionalidades orientadas a centralizar documentos del proyecto, controlar versiones, establecer permisos de acceso y facilitar la consulta de información desde diferentes dispositivos. La documentación oficial también señala la posibilidad de relacionar documentos con otros elementos del proyecto y utilizar flujos de trabajo para su revisión y aprobación.

Figura 7. Interfaz de la herramienta de gestión documental de Procore.



La funcionalidad observada permite identificar una correspondencia directa con el componente de gestión documental planteado en el MCII. En particular, la centralización de

archivos y el control de las diferentes revisiones permiten reducir el riesgo de utilizar información desactualizada y facilitan la construcción de una trazabilidad documental. De esta manera, la plataforma puede constituirse en una fuente estructurada de información para posteriores procesos de análisis y generación de alertas.

Dentro del MCII, esta capacidad se relaciona con la siguiente secuencia:

Documento → clasificación → almacenamiento → actualización → consulta → análisis → decisión → registro de actuación.

Por tanto, el valor de esta funcionalidad para el modelo no radica únicamente en digitalizar documentos, sino en convertir la información documental en un insumo disponible para los procesos posteriores de análisis y control.

Gestión de solicitudes de información (RFI). Las solicitudes de información constituyen un mecanismo relevante para documentar consultas, aclaraciones, decisiones y comunicaciones producidas durante la ejecución de un proyecto. Desde la perspectiva de la interventoría, su adecuada gestión permite mantener evidencia de las situaciones que requieren definición y de las respuestas proporcionadas por los diferentes actores.

Procore incorpora una herramienta específica para la administración de RFI y permite relacionar estas solicitudes con documentos, planos, especificaciones y fotografías. Asimismo, la plataforma plantea mecanismos para realizar seguimiento de las solicitudes y mantener información asociada al proceso de respuesta.

Desde el punto de vista del MCII, la herramienta RFI presenta una correspondencia con el componente de comunicación y seguimiento de decisiones. Una solicitud puede originarse en una situación identificada durante la ejecución, generar una consulta, requerir una respuesta técnica o administrativa y posteriormente producir una instrucción o acción de seguimiento.

Por esta razón, dentro del modelo conceptual la información asociada a las RFI puede integrarse a los mecanismos de análisis de riesgos y seguimiento mediante una secuencia como la siguiente:

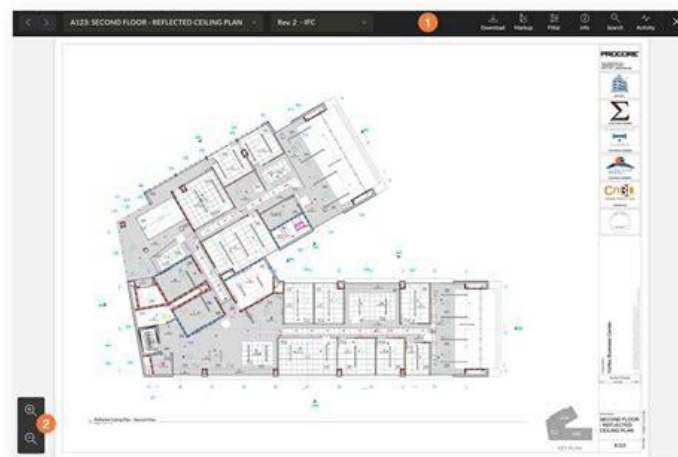
Situación identificada → RFI → análisis → respuesta → instrucción → responsable → plazo → verificación → cierre.

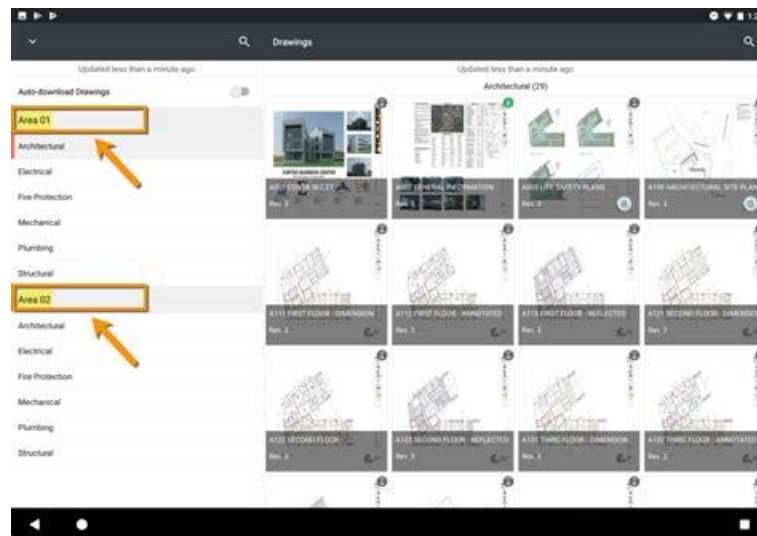
Esta estructura permite superar una visión exclusivamente documental de la RFI y utilizarla como fuente de información para identificar situaciones recurrentes, retrasos en respuestas, cambios de alcance o posibles desviaciones que requieran atención por parte de la interventoría.

Gestión y control de planos. La información gráfica constituye otro componente fundamental dentro de los proyectos de construcción. Los cambios, revisiones y actualizaciones de los planos pueden tener efectos sobre cantidades, costos, programación, calidad y ejecución de las actividades.

La documentación oficial de Procore señala que su herramienta de planos permite centralizar los documentos gráficos, gestionar diferentes revisiones y facilitar la consulta de la información durante la ejecución del proyecto. También permite relacionar los planos con otros elementos de gestión, como las RFI y diferentes registros del proyecto

Figura 8. Visualización y gestión de planos en Procore.





Esta funcionalidad presenta especial interés para el MCII debido a que permite vincular la información gráfica con otros componentes del proyecto. Desde una perspectiva de control, una modificación de planos puede constituir una señal que requiera analizar sus posibles efectos sobre el presupuesto, el cronograma, las cantidades de obra o las obligaciones contractuales.

En consecuencia, el modelo propuesto plantea que la información gráfica no debe permanecer aislada de la información administrativa y contractual, sino que debe formar parte del conjunto de datos utilizado para la identificación y evaluación de riesgos.

La relación conceptual puede expresarse de la siguiente manera:

Plano/revisión → cambio identificado → relación con actividad → análisis de impacto → alerta → revisión humana → decisión → seguimiento.

Esta articulación constituye uno de los elementos mediante los cuales el MCII busca avanzar desde un control predominantemente reactivo hacia un esquema de seguimiento preventivo.

Programación y seguimiento del proyecto. La programación constituye una fuente relevante para la evaluación del desempeño temporal de un contrato de obra. Los retrasos y

desviaciones en las actividades pueden relacionarse con solicitudes de información, cambios, aprobaciones, restricciones y otras situaciones registradas durante la ejecución.

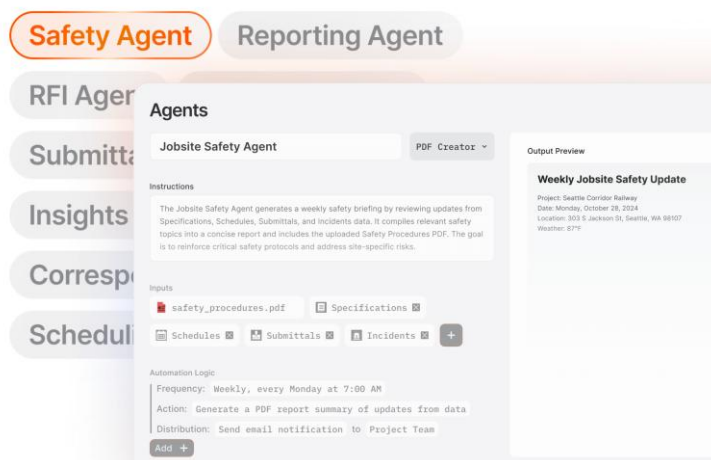
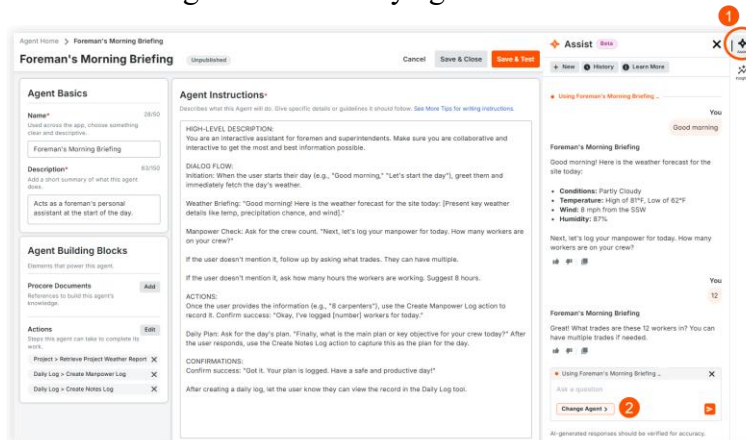
Procore incorpora herramientas de programación que permiten trabajar con información de planificación y relacionarla con otros elementos del proyecto. La plataforma también dispone de capacidades para realizar seguimiento mediante información integrada y análisis del desempeño.

En el MCII, la programación puede utilizarse como una de las fuentes para establecer indicadores de seguimiento y generar señales de alerta. Por ejemplo, una actividad que presenta una desviación respecto de su programación puede analizarse conjuntamente con información documental, RFI, cambios, registros diarios y demás fuentes disponibles.

De esta forma, el modelo plantea que el seguimiento temporal no se limite a registrar el porcentaje de avance, sino que permita relacionar las desviaciones con sus posibles causas y determinar si requieren una actuación preventiva.

Inteligencia artificial y analítica de información. La incorporación de inteligencia artificial constituye uno de los componentes diferenciadores del MCII. En este sentido, Procore representa una referencia tecnológica relevante debido a que actualmente incorpora funcionalidades de IA orientadas al análisis de información propia de los proyectos de construcción.

La documentación oficial de Procore señala que sus herramientas de IA pueden trabajar con diferentes fuentes de información, entre ellas planos, documentos, RFI, submittals, fotografías, registros diarios y otros datos del proyecto. Asimismo, la plataforma dispone de agentes capaces de analizar información, identificar posibles riesgos y generar borradores que posteriormente son revisados por los usuarios.

Figura 9. Funcionalidades de inteligencia artificial y agentes de Procore.**Figura 10.** Funcionalidades de inteligencia artificial y agentes de Procore.

Entre las capacidades documentadas por Procore se encuentran agentes orientados a la búsqueda de información, revisión de submittals, generación de borradores de RFI, análisis de contratos, análisis de cambios y elaboración de registros diarios. La plataforma también plantea un esquema de intervención humana, en el cual los resultados generados por los agentes deben ser revisados y aprobados por los usuarios antes de producir determinadas acciones.

Esta característica presenta una relación directa con el enfoque planteado en el MCII. El modelo no propone sustituir al interventor, sino utilizar herramientas tecnológicas para procesar mayores volúmenes de información, identificar patrones, establecer señales de alerta y facilitar la evaluación humana.

Por consiguiente, la estructura conceptual puede representarse así:

Fuentes de información → IA/analítica → identificación de patrones → alerta → revisión humana → decisión → instrucción → seguimiento.

La intervención humana conserva un papel fundamental, especialmente en aquellas decisiones que puedan producir efectos contractuales, económicos, técnicos o administrativos. De esta manera, la tecnología actúa como mecanismo de apoyo y no como sustituto de las responsabilidades profesionales y contractuales.

Consideración metodológica sobre las imágenes y el uso de Procore. Las imágenes presentadas en esta sección corresponden a material publicado en la documentación oficial de Procore y se incorporan exclusivamente con fines académicos e ilustrativos. Su función es evidenciar la existencia y características generales de determinadas funcionalidades tecnológicas relacionadas con la gestión de proyectos de construcción.

La inclusión de estas imágenes no implica que los investigadores hayan realizado una implementación experimental de Procore en un contrato de obra pública, ni que los resultados mostrados en las interfaces constituyan resultados obtenidos durante la aplicación del MCII. La aplicación desarrollada en esta investigación corresponde a una aplicación conceptual del modelo, construida a partir de información documental y de un caso de estudio de carácter académico.

En consecuencia, debe diferenciarse entre tres elementos: (1) las funcionalidades reales documentadas por Procore; (2) la propuesta metodológica del MCII formulada por los investigadores; y (3) la aplicación conceptual del modelo al caso de estudio. Esta diferenciación permite evitar que la referencia tecnológica sea interpretada como una validación empírica del modelo.

La utilidad de Procore dentro de la investigación se encuentra, por tanto, en servir como referente de viabilidad tecnológica para algunas de las capacidades requeridas por el MCII. La propuesta metodológica mantiene independencia respecto de una plataforma específica y podría, en principio, articular diferentes soluciones tecnológicas que cumplan funciones equivalentes.

4.2.2.1 Consideraciones sobre uso y licenciamiento de Procore

La plataforma Procore se incorpora en la presente investigación como referencia tecnológica para ilustrar las posibilidades de integración entre gestión documental, seguimiento de proyectos, coordinación entre actores y análisis de información dentro de los procesos de interventoría y supervisión. Su selección responde a las funcionalidades identificadas durante el análisis comparativo de plataformas digitales, particularmente aquellas relacionadas con la centralización de información, el seguimiento contractual, la generación de reportes y la coordinación de actividades.

Es importante precisar que la incorporación de Procore dentro del modelo conceptual no implica que la implementación del MCII dependa exclusivamente de esta plataforma. El modelo se plantea como una estructura metodológica adaptable a diferentes soluciones tecnológicas que dispongan de capacidades equivalentes o compatibles con los requerimientos definidos.

El acceso a las funcionalidades de Procore se encuentra condicionado por el esquema comercial y de licenciamiento establecido por el proveedor, así como por el tipo de usuario, proyecto y módulos contratados. En consecuencia, las funcionalidades observadas y utilizadas como referencia en esta investigación deben entenderse dentro del alcance de la versión o modalidad de acceso disponible durante el desarrollo del estudio.

Las capturas de pantalla incorporadas en esta sección tienen una finalidad exclusivamente ilustrativa y académica. Su propósito es evidenciar las funcionalidades de la plataforma que guardan correspondencia con los componentes propuestos en el MCII y no constituyen evidencia de una implementación integral del modelo en un contrato real.

Desde esta perspectiva, Procore representa un referente funcional dentro de la propuesta, mientras que el aporte principal de la investigación corresponde a la metodología de articulación entre información contractual, herramientas digitales, analítica de datos, inteligencia artificial, alertas preventivas y toma de decisiones humanas.

4.2.3 Arquitectura general del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)

La arquitectura del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* se diseñó con el propósito de representar, de manera estructurada, el funcionamiento de un sistema de apoyo a la interventoría y supervisión de contratos de obra pública mediante la integración de herramientas de inteligencia artificial, analítica de datos y plataformas digitales de gestión contractual. A diferencia de los enfoques tradicionales, el modelo propone una interacción continua entre la información generada durante la ejecución del contrato y los procesos de análisis que apoyan la toma de decisiones del interventor.

La arquitectura conceptual parte del principio de que la eficiencia en la supervisión contractual depende de la disponibilidad de información confiable, organizada y accesible en tiempo real. En consecuencia, el modelo integra diferentes fuentes de información relacionadas con la ejecución del contrato, permitiendo consolidar datos técnicos, administrativos y financieros

en un entorno digital colaborativo. Esta integración facilita el procesamiento sistemático de la información y fortalece la capacidad de seguimiento durante las diferentes etapas del proyecto.

El funcionamiento del modelo inicia con la recopilación y centralización de la información contractual, incluyendo estudios previos, presupuestos oficiales, análisis de precios unitarios, cronogramas, actas de obra, informes de interventoría, registros fotográficos, avances físicos y financieros, modificaciones contractuales y demás documentos asociados a la ejecución del proyecto. Esta información constituye la base sobre la cual se desarrollan los procesos posteriores de análisis y evaluación.

Posteriormente, los datos consolidados son procesados mediante un *motor de análisis inteligente*, concebido como el componente central del modelo conceptual. Este componente incorpora herramientas de inteligencia artificial y analítica de datos orientadas a identificar patrones de comportamiento, analizar indicadores de desempeño, comparar la información registrada con parámetros previamente establecidos y detectar posibles desviaciones relacionadas con tiempos de ejecución, costos, cantidades de obra, avance físico y cumplimiento contractual.

Como resultado del procesamiento de la información, el modelo genera *alertas preventivas* que apoyan el trabajo del interventor durante el seguimiento del contrato. Estas alertas permiten identificar oportunamente situaciones que requieren revisión técnica, tales como posibles retrasos, variaciones presupuestales, inconsistencias documentales, modificaciones contractuales recurrentes o riesgos asociados a la ejecución del proyecto. De esta manera, el modelo busca fortalecer el carácter preventivo de la interventoría, favoreciendo la toma de decisiones basada en información objetiva y actualizada.

Finalmente, la información analizada se presenta mediante tableros de control e indicadores de gestión que facilitan el monitoreo continuo del contrato por parte de interventores,

supervisores y entidades públicas. Estos elementos permiten visualizar el estado general del proyecto, realizar seguimiento al cumplimiento de los objetivos contractuales y documentar las actuaciones desarrolladas durante el proceso de supervisión, fortaleciendo la trazabilidad, la transparencia y el control sobre la ejecución de los recursos públicos.

Es importante precisar que la arquitectura propuesta corresponde a un *modelo conceptual* construido a partir del análisis documental realizado en la presente investigación. En consecuencia, no representa el diseño de un software específico ni la implementación de una plataforma tecnológica, sino una estructura metodológica que integra herramientas de inteligencia artificial, gestión documental y análisis de datos con el propósito de fortalecer la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad predictiva de los procesos de interventoría de obra pública en Colombia.

La Figura 7. presenta la arquitectura general del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)*, mostrando la relación existente entre las fuentes de información, el procesamiento mediante inteligencia artificial, la generación de alertas preventivas y el apoyo a la toma de decisiones durante los procesos de interventoría y supervisión contractual.

Figura 11. Arquitectura general del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).



4.2.3 Componentes del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)

El *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* se encuentra conformado por cinco componentes funcionales que interactúan de manera articulada para fortalecer los procesos de supervisión y control de los contratos de obra pública. Cada componente cumple una función específica dentro del modelo, permitiendo integrar la información contractual, analizar riesgos y apoyar la toma de decisiones mediante el uso de herramientas digitales e inteligencia artificial.

Gestión documental inteligente. La gestión documental constituye el punto de partida del modelo, ya que permite consolidar en un entorno digital toda la información generada durante el ciclo de vida del contrato. Este componente integra estudios previos, pliegos de condiciones, análisis de precios unitarios, presupuestos oficiales, cronogramas, informes de interventoría, actas de obra, registros fotográficos, modificaciones contractuales y demás documentos relacionados con la ejecución del proyecto.

La centralización de la información favorece la trazabilidad documental, reduce la dispersión de los registros y facilita la consulta permanente por parte de los actores responsables del seguimiento contractual. Asimismo, este componente permite mantener un historial organizado de las actuaciones desarrolladas durante la interventoría, fortaleciendo la transparencia y el control administrativo.

Motor de inteligencia artificial y analítica de datos. Este componente representa el núcleo del modelo conceptual. Su función consiste en procesar la información recopilada mediante herramientas de inteligencia artificial y técnicas de analítica de datos, con el propósito de identificar patrones, comparar información histórica y detectar posibles desviaciones durante la ejecución del contrato.

El análisis automatizado permite evaluar aspectos relacionados con el cumplimiento del cronograma, el comportamiento de los costos, las modificaciones contractuales, las cantidades de obra ejecutadas y la consistencia de la información documental. De esta manera, el modelo fortalece la capacidad analítica de la interventoría y proporciona información objetiva para apoyar el proceso de supervisión.

Sistema de alertas preventivas. A partir de los resultados obtenidos por el motor de análisis inteligente, el modelo genera alertas preventivas orientadas a informar oportunamente sobre situaciones que podrían representar riesgos para la ejecución contractual. Estas alertas pueden estar relacionadas con posibles desviaciones presupuestales, retrasos en el cronograma, inconsistencias documentales, modificaciones recurrentes o cualquier otra condición que requiera revisión por parte del interventor.

El propósito de este componente no es establecer responsabilidades ni emitir conclusiones automáticas, sino fortalecer el enfoque preventivo de la interventoría mediante la identificación temprana de situaciones que ameriten un análisis técnico más detallado.

Tablero de control (Dashboard). El tablero de control constituye la interfaz mediante la cual el interventor visualiza la información procesada por el modelo. En este componente se consolidan indicadores técnicos, administrativos y financieros que permiten realizar un seguimiento integral al estado del contrato.

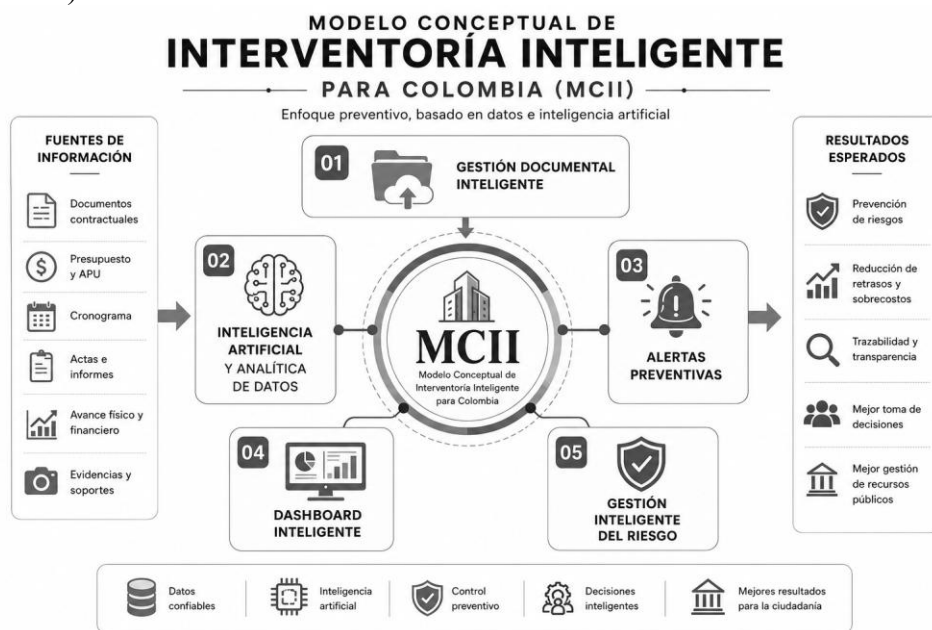
La información presentada en el tablero facilita la interpretación de los resultados obtenidos durante el análisis, permitiendo visualizar el avance físico y financiero del proyecto, el comportamiento del cronograma, las alertas activas y los principales indicadores de desempeño. Esto favorece una supervisión más organizada y fundamentada en datos objetivos.

Gestión inteligente del riesgo contractual. El componente de gestión del riesgo integra los resultados obtenidos durante el análisis de la información con el fin de identificar aquellos factores que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos del contrato. Entre los principales riesgos considerados se encuentran las desviaciones presupuestales, los retrasos en la ejecución, las modificaciones contractuales, las inconsistencias documentales y las posibles diferencias entre la planeación inicial y el desarrollo real de la obra.

La evaluación continua de estos factores permite priorizar actividades de seguimiento y orientar las acciones de control desarrolladas por la interventoría, fortaleciendo la capacidad preventiva del modelo y promoviendo una toma de decisiones sustentada en evidencia técnica.

En conjunto, estos cinco componentes conforman la estructura funcional del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)*, permitiendo integrar la información contractual, apoyar el análisis de riesgos y fortalecer la eficiencia, la trazabilidad documental y la capacidad preventiva de la interventoría en los contratos de obra pública.

Figura 12. Componentes funcionales del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)



4.2.4 Funcionamiento del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)

El *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* funciona mediante un proceso secuencial que integra la recopilación de información contractual, el análisis inteligente de datos y la generación de alertas para apoyar la toma de decisiones durante la supervisión de contratos de obra pública. Su funcionamiento está orientado a fortalecer el seguimiento preventivo de los proyectos mediante el uso de herramientas digitales e inteligencia artificial.

El proceso inicia con la *recopilación y centralización de la información* relacionada con el contrato de obra pública. En esta etapa se integran documentos como los estudios previos, análisis de precios unitarios (APU), presupuestos oficiales, cronogramas de ejecución, actas de obra, informes de interventoría, registros fotográficos, avances físicos y financieros, modificaciones contractuales y demás soportes técnicos. La consolidación de esta información permite disponer de una base documental organizada y actualizada para el desarrollo del proceso de supervisión.

Posteriormente, la información recopilada es incorporada a una *plataforma digital de gestión*, la cual facilita el almacenamiento, la organización y la trazabilidad de los documentos. Esta plataforma constituye el entorno de trabajo donde se centraliza la información proveniente de los diferentes actores del contrato y se garantiza su disponibilidad para los procesos de análisis y seguimiento.

Una vez organizada la información, el modelo incorpora un *motor de inteligencia artificial y analítica de datos*, encargado de procesar los registros disponibles mediante técnicas de comparación, reconocimiento de patrones y análisis predictivo. Durante esta etapa se evalúan variables relacionadas con el comportamiento de los costos, el cumplimiento del cronograma, el

avance físico y financiero, las modificaciones contractuales y la consistencia de la información documental, con el propósito de identificar posibles desviaciones que puedan representar riesgos para la ejecución del proyecto.

Como resultado del análisis realizado, el modelo genera *alertas preventivas* que permiten informar oportunamente al interventor sobre situaciones que requieren revisión técnica. Estas alertas pueden estar asociadas con posibles retrasos en la ejecución, variaciones presupuestales, inconsistencias documentales, desviaciones en los análisis de precios unitarios o riesgos derivados del comportamiento del contrato. El objetivo de este componente es fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría y facilitar una intervención oportuna antes de que las situaciones identificadas generen impactos significativos.

Posteriormente, el interventor analiza la información suministrada por el modelo y, con base en su experiencia profesional y en la evidencia disponible, adopta las decisiones correspondientes para el seguimiento del contrato. En este proceso, la inteligencia artificial actúa como una herramienta de apoyo para el análisis de información, sin sustituir el criterio técnico ni las responsabilidades propias de la interventoría.

Finalmente, el modelo incorpora un proceso de *retroalimentación y mejora continua*, mediante el cual la información generada durante la ejecución contractual se actualiza de forma permanente, permitiendo fortalecer el análisis de riesgos, mejorar la calidad de la información y optimizar progresivamente los procesos de supervisión en futuros proyectos.

En conjunto, el funcionamiento del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* propone una evolución desde un esquema tradicional de supervisión, basado en procesos manuales y reactivos, hacia un enfoque preventivo sustentado en la integración de información, el análisis inteligente de datos y la generación de alertas tempranas. De esta manera,

el modelo busca contribuir al fortalecimiento de la eficiencia administrativa, la trazabilidad documental, la transparencia y la capacidad predictiva de la interventoría de contratos de obra pública en Colombia.

Tabla 14. Metodología operativa del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)

Etapas	Entrada	Proceso desarrollado	Resultado esperado
Planeación contractual	Estudios previos, presupuesto, APU, cronograma	Consolidación y organización de la información contractual	Base documental estructurada
Gestión documental	Actas, informes, registros fotográficos, documentos técnicos	Centralización y trazabilidad de la información mediante plataforma digital	Información organizada y disponible
Análisis inteligente	Información consolidada del contrato	Procesamiento mediante inteligencia artificial y analítica de datos para identificar patrones y riesgos	Detección de posibles desviaciones
Sistema de alertas	Resultados del análisis de datos	Generación de alertas preventivas sobre retrasos, sobrecostos, inconsistencias o riesgos	Priorización de acciones de seguimiento
Toma de decisiones	Alertas e indicadores generados por el modelo	Evaluación técnica por parte del interventor y definición de acciones correctivas o preventivas	Fortalecimiento del control contractual
Retroalimentación	Resultados del seguimiento y decisiones adoptadas	Actualización continua de la información y mejora del proceso de supervisión	Mejora continua del modelo conceptual

La metodología operativa del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* describe la secuencia funcional mediante la cual la información contractual es recopilada, procesada y analizada para apoyar las actividades de interventoría. Cada etapa representa un componente del modelo y evidencia la interacción entre la gestión documental, la

La *Figura 13* presenta el flujograma operacional del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)*, el cual sintetiza la secuencia metodológica propuesta para la gestión de la información durante los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública. El modelo inicia con la recopilación y centralización de la información contractual, continúa con la validación de la calidad de los datos y el procesamiento mediante herramientas de inteligencia artificial y analítica de datos, para posteriormente generar alertas preventivas que apoyan el análisis técnico realizado por el interventor.

A diferencia del enfoque tradicional, el flujo operacional incorpora un proceso continuo de retroalimentación que permite actualizar permanentemente la información del contrato y fortalecer la trazabilidad documental durante todas las etapas de ejecución. Bajo este esquema, la inteligencia artificial no sustituye el criterio profesional del interventor, sino que actúa como una herramienta de apoyo para facilitar la identificación temprana de riesgos, optimizar el análisis de la información y fortalecer la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

En consecuencia, el flujograma operacional evidencia cómo el MCII integra la gestión documental digital, la inteligencia artificial, la analítica de datos y el seguimiento contractual dentro de un proceso metodológico estructurado, orientado a fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría y contribuir al mejoramiento de la eficiencia, la transparencia y el control de los contratos de obra pública en Colombia.

El flujograma operacional constituye la representación práctica del funcionamiento del MCII y demuestra que el modelo puede implementarse mediante una secuencia lógica de actividades que integra procesos administrativos, tecnológicos y de análisis, aspecto que lo diferencia de los enfoques tradicionales de interventoría basados principalmente en procedimientos manuales y seguimiento reactivo.

4.2.6 Diferenciador del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)

El principal aporte de la presente investigación consiste en la formulación del *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)*, una propuesta metodológica diseñada para fortalecer los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública mediante la integración de inteligencia artificial, analítica de datos y gestión documental digital, adaptada al contexto normativo, técnico y administrativo colombiano.

A diferencia de investigaciones previas, cuyo enfoque se concentra principalmente en describir plataformas tecnológicas o analizar los beneficios individuales de herramientas de inteligencia artificial aplicadas al sector de la construcción, el *MCII* propone una estructura metodológica que integra procesos, componentes y mecanismos de análisis dentro de un modelo conceptual orientado específicamente a las necesidades de la interventoría de obra pública en Colombia. En este sentido, la investigación trasciende el análisis de tecnologías existentes para plantear una propuesta conceptual que puede servir como referente para futuras estrategias de modernización de la supervisión contractual.

Uno de los principales elementos diferenciadores del modelo es su *enfoque preventivo*. Tradicionalmente, los procesos de interventoría identifican retrasos, inconsistencias documentales o posibles desviaciones presupuestales cuando estas ya han generado impactos sobre la ejecución contractual. En contraste, el *MCII* propone un esquema basado en la recopilación continua de información, el análisis inteligente de datos y la generación de alertas tempranas, con el propósito de apoyar al interventor en la identificación oportuna de riesgos antes de que estos afecten el desarrollo del contrato.

De igual manera, el modelo integra en una sola arquitectura conceptual componentes que normalmente son abordados de manera independiente, tales como la gestión documental, la

inteligencia artificial, la analítica de datos, la evaluación de riesgos, la generación de alertas preventivas y el apoyo a la toma de decisiones. La interacción de estos componentes permite consolidar un proceso de supervisión más organizado, sistemático y orientado al análisis permanente de la información contractual.

Otro aspecto diferenciador corresponde a la incorporación de una *aplicación conceptual* del modelo utilizando como referencia un caso real divulgado por la Procuraduría General de la Nación relacionado con presuntos sobrecostos en un contrato de obra pública. Este ejercicio permite ilustrar el funcionamiento del MCII dentro de un escenario representativo de la contratación pública colombiana y demostrar, desde una perspectiva conceptual, cómo el análisis inteligente de la información podría fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría. Es importante precisar que esta aplicación no constituye una validación empírica del modelo ni un pronunciamiento sobre el caso analizado, sino un ejemplo metodológico de su posible funcionamiento.

En consecuencia, el *Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII)* representa el principal aporte académico de la presente investigación, al proponer una metodología conceptual adaptable al contexto colombiano que integra inteligencia artificial, gestión documental digital y analítica de datos para fortalecer la eficiencia administrativa, la trazabilidad documental, la transparencia y la capacidad preventiva de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública.

La originalidad de esta investigación no radica en el análisis de una plataforma tecnológica específica, sino en la formulación del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), una propuesta metodológica propia que integra herramientas digitales, inteligencia artificial y análisis de riesgos dentro de un esquema conceptual orientado a fortalecer

la prevención, la trazabilidad documental y la toma de decisiones en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia.

Tabla 15. Evaluación comparativa del aporte del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII).

Aspecto evaluado	Interventoría tradicional	Modelo MCII (Aporte de la investigación)
Gestión de riesgos	Reactivo	Preventiva mediante alertas tempranas
Gestión de la información	Fragmentada	Integrada y centralizada
Toma de decisiones	Basada principalmente en experiencia	Basada en datos y analítica de información
Generación de alertas	No dispone	Alertas tempranas automatizadas
Seguimiento contractual	Manual y periódico	Continuo y en tiempo real
Gestión documental	Procesos manuales	Gestión documental digital integrada
Trazabilidad	Limitada	Integral
Apoyo tecnológico	Bajo	Alto (IA, analítica y gestión documental)

La evaluación comparativa presentada evidencia que el principal aporte del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) no radica únicamente en la incorporación de herramientas de inteligencia artificial, sino en la integración metodológica de procesos, información y tecnologías dentro de un esquema orientado a fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría. A diferencia del enfoque tradicional, el MCII promueve una supervisión basada en el análisis continuo de datos, la generación de alertas tempranas y el apoyo inteligente a la toma de decisiones, contribuyendo al fortalecimiento de la eficiencia, la trazabilidad documental y la gestión anticipada de riesgos.

4.2.7 Aplicación conceptual del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) mediante un caso de estudio

Con el propósito de ilustrar el funcionamiento del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), se presenta una aplicación conceptual basada en un caso de interés público divulgado por la Procuraduría General de la Nación, relacionado con la formulación de cargos por presuntos sobrecostos en un contrato de obra pública ejecutado en el departamento de Santander.

La selección del caso permite analizar, desde una perspectiva metodológica, cómo el modelo podría contribuir a la identificación temprana de posibles desviaciones económicas, técnicas y contractuales. La aplicación tiene un carácter exclusivamente académico y no pretende establecer responsabilidades sobre los actores involucrados ni sustituir las actuaciones de las autoridades competentes.

Selección y descripción del caso. El caso resulta pertinente debido a que los presuntos sobrecostos pueden estar relacionados con diferentes variables de ejecución contractual. De manera individual, una variación en cantidades, precios, programación o presupuesto no necesariamente representa una irregularidad; sin embargo, la coincidencia o recurrencia de varias señales puede justificar una revisión técnica y documental más detallada.

En este sentido, el MCII propone analizar de manera integrada información como presupuesto, precios unitarios, cantidades de obra, programación, modificaciones contractuales, actas, informes de interventoría, avances físicos y financieros y demás documentos asociados al contrato.

Información y organización. Para la aplicación conceptual se consideran las principales fuentes de información utilizadas en el seguimiento de un contrato de obra pública:

Tabla 16. Informaciones utilizadas en el seguimiento de un contrato de obra pública

Tipo de información	Elementos principales	Finalidad
Contractual	Contrato, actas y modificaciones	Verificar condiciones contractuales
Financiera	Presupuesto, pagos y ejecución	Identificar variaciones económicas
Técnica	Cantidades, especificaciones e informes	Verificar la ejecución
Programación	Cronograma y avances	Identificar desviaciones de plazo
Documental	Informes, comunicaciones y soportes	Fortalecer la trazabilidad
Seguimiento	Requerimientos y acciones	Controlar compromisos

La información se organiza en un entorno digital para facilitar su consulta, relación y análisis. De esta manera, el aporte del MCII no se limita al uso de inteligencia artificial, sino que comprende la articulación entre información, procesos de control y herramientas tecnológicas.

Identificación de señales de riesgo. Una vez organizada la información, el MCII permite establecer criterios para identificar posibles señales de atención. Entre las principales variables se consideran:

- Variaciones respecto al presupuesto aprobado.
- Cambios en cantidades de obra.
- Diferencias entre avance físico y financiero.
- Modificaciones contractuales recurrentes.
- Desviaciones frente al cronograma.
- Incrementos en precios unitarios.

- Documentación pendiente o inconsistente.

Estas situaciones no constituyen automáticamente incumplimientos o irregularidades. Se consideran señales que deben ser revisadas por los profesionales responsables. Por tanto, el modelo diferencia entre la detección de una señal y la determinación de una situación contractual, siendo esta última responsabilidad del análisis profesional.

Análisis, alertas y toma de decisiones. El MCII propone clasificar las señales identificadas de acuerdo con su nivel de prioridad:

Tabla 17. Señales identificadas clasificadas por el MCII

Nivel	Característica	Acción
Bajo	Variación menor o aislada	Seguimiento ordinario
Medio	Variación que requiere revisión	Verificación documental
Alto	Variación significativa o recurrente	Revisión técnica y contractual
Crítico	Convergencia de varias señales	Revisión integral y acción preventiva

Los niveles de alerta deben ajustarse a las características de cada proyecto y no corresponden a porcentajes universales de incumplimiento.

La inteligencia artificial y la analítica de datos pueden apoyar la identificación de patrones, comparación de información y priorización de situaciones. Sin embargo, la alerta no constituye una decisión automática. El interventor, supervisor o profesional competente debe validar la información, realizar la revisión técnica y contractual y establecer la actuación correspondiente.

El proceso se resume en:

Información → análisis → identificación de señal → alerta → revisión profesional → decisión → acción → seguimiento.

De esta manera, el modelo conserva la participación humana y utiliza la tecnología como apoyo para fortalecer la oportunidad y objetividad del proceso.

Seguimiento de las acciones. Una vez adoptada una acción, el MCII propone registrar su responsable, fecha, actividad requerida, estado y evidencia de cumplimiento.

El seguimiento puede estructurarse mediante los siguientes estados:

Pendiente → En gestión → En verificación → Cumplida → Cerrada.

Este mecanismo permite mantener la trazabilidad de las actuaciones y verificar que las situaciones identificadas no queden únicamente registradas como alertas, sino que tengan una respuesta y un cierre documentado.

Articulación de actores y tecnologías. El MCII no se limita al trabajo del interventor. Su funcionamiento requiere la articulación de los principales actores del proceso contractual:

Tabla 18. Actores del proceso contractual

Actor	Participación dentro del MCII
Contratista	Genera y actualiza información de la ejecución
Interventoría	Verifica, analiza y recomienda actuaciones
Supervisión	Realiza seguimiento conforme a sus competencias
Entidad contratante	Recibe información y adopta decisiones
Ordenador del gasto	Participa en las decisiones correspondientes
Plataforma digital	Organiza y conserva la información
IA y analítica	Apoyan el análisis y la identificación de señales

El flujo general puede representarse así:

Contratista → plataforma digital → integración de información → IA/analítica → alerta → interventoría/supervisión → validación técnica → entidad contratante → decisión → seguimiento y cierre.

Cuando el proyecto cuente con modelos BIM, sistemas de programación u otras plataformas digitales, estos podrán integrarse al esquema siempre que existan condiciones de interoperabilidad, disponibilidad de información y permisos de acceso.

Indicadores de seguimiento. Para fortalecer los criterios técnicos del modelo, se propone utilizar indicadores ajustados al tipo y características de cada contrato:

Tabla 19. Criterios técnicos del modelo

Indicador	Finalidad
Variación presupuestal	Identificar desviaciones económicas
Variación de cantidades	Controlar cambios relevantes
Desviación del cronograma	Identificar retrasos
Diferencia físico-financiera	Identificar posibles inconsistencias
Modificaciones contractuales	Identificar recurrencias
Alertas generadas y atendidas	Evaluar la respuesta preventiva
Tiempo de atención	Evaluar oportunidad de respuesta
Acciones pendientes y cerradas	Controlar compromisos
Estado de documentación	Fortalecer la trazabilidad

Estos indicadores no representan resultados medidos en el presente estudio. Constituyen criterios propuestos para el seguimiento del modelo y deberán establecerse según las condiciones particulares de cada proyecto.

Resultados de la aplicación conceptual. La aplicación conceptual del MCII permite evidenciar que su principal aporte no consiste únicamente en incorporar herramientas de inteligencia artificial, sino en articular procesos, información, criterios técnicos, actores y tecnologías dentro de un mismo esquema de seguimiento contractual.

Frente al caso analizado, el modelo permitiría organizar la información disponible, relacionar variables económicas, técnicas y contractuales, identificar señales que requieran atención, priorizar su revisión y mantener la trazabilidad de las acciones posteriores.

Por tanto, el MCII fortalece conceptualmente la capacidad preventiva de la interventoría y supervisión al orientar el proceso hacia la identificación anticipada de señales y el apoyo a la toma de decisiones basada en información verificable.

No obstante, estos resultados corresponden a una aplicación conceptual y no a una medición experimental de reducción de tiempos, costos o incumplimientos. La comprobación de dichos beneficios requeriría implementar el modelo en proyectos reales y comparar indicadores antes y después de su aplicación.

En consecuencia, el caso de estudio permite demostrar la operacionalidad conceptual del MCII, al establecer una secuencia definida entre información, análisis, alertas, validación profesional, toma de decisiones y seguimiento, diferenciando la propuesta de una simple incorporación aislada de herramientas digitales.

4.3 Lineamientos estratégicos para la implementación del modelo conceptual

La implementación gradual de soluciones basadas en inteligencia artificial dentro de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública requiere la adopción de lineamientos técnicos, administrativos y organizacionales que faciliten la transformación digital de las entidades públicas y empresas interventoras. En este sentido, la incorporación de tecnologías digitales debe desarrollarse de manera progresiva y alineada con las necesidades operativas, la disponibilidad de recursos y las capacidades institucionales de cada organización.

En primer lugar, resulta fundamental fortalecer la infraestructura tecnológica necesaria para soportar plataformas de gestión documental, monitoreo contractual y análisis de datos. La disponibilidad de sistemas interoperables y mecanismos de almacenamiento seguro de

información constituye un requisito indispensable para garantizar la trazabilidad y confiabilidad de los procesos asociados a la supervisión de obras públicas.

Asimismo, es necesario promover programas de capacitación dirigidos a interventores, supervisores y demás actores involucrados en la gestión contractual. La apropiación de herramientas digitales y el desarrollo de competencias relacionadas con el análisis de información, gestión de datos y uso de tecnologías basadas en inteligencia artificial representan factores clave para facilitar los procesos de adopción tecnológica.

Por otra parte, las entidades públicas deben establecer procedimientos y protocolos orientados a garantizar la calidad, integridad y actualización permanente de la información utilizada por las plataformas digitales. La efectividad de los sistemas de inteligencia artificial depende en gran medida de la disponibilidad de datos confiables y estructurados que permitan generar análisis consistentes y apoyar adecuadamente la toma de decisiones.

De igual manera, se recomienda desarrollar procesos piloto que permitan evaluar gradualmente la aplicabilidad de las herramientas tecnológicas en diferentes tipos de proyectos de infraestructura. Estos ejercicios facilitan la identificación de oportunidades de mejora, la validación de procedimientos y la adaptación de las soluciones digitales a las particularidades del contexto institucional colombiano.

Finalmente, la implementación de modelos basados en inteligencia artificial debe acompañarse de estrategias de gestión del cambio organizacional orientadas a fortalecer la cultura de innovación y transformación digital dentro de las entidades responsables de la supervisión contractual. En consecuencia, la adopción tecnológica no debe entenderse únicamente como la incorporación de nuevas herramientas, sino como un proceso integral que involucra cambios en la gestión de la información, los procedimientos de trabajo y las capacidades institucionales.

Con base en estos lineamientos, la implementación gradual de plataformas colaborativas y herramientas de inteligencia artificial podría contribuir al fortalecimiento de la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad preventiva de los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia.

Tabla 20. Lineamientos estratégicos para la implementación del modelo conceptual

Lineamiento	Objetivo
Fortalecimiento tecnológico	Garantizar infraestructura adecuada
Capacitación del talento humano	Desarrollar competencias digitales
Gestión de datos	Mejorar calidad y trazabilidad de la información
Implementación piloto	Validar la aplicabilidad del modelo
Gestión del cambio	Facilitar la adopción tecnológica
Seguimiento y mejora continua	Evaluar resultados y ajustes

4.4 Impacto operativo del uso de Procore e inteligencia artificial

La presente investigación no contempla la implementación práctica del modelo conceptual propuesto; sin embargo, el análisis documental realizado permite identificar diversos impactos potenciales asociados a la incorporación de herramientas de inteligencia artificial y plataformas digitales en los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública.

Desde una perspectiva operativa, la integración de sistemas de gestión documental, monitoreo de actividades y análisis de datos podría contribuir al fortalecimiento de la trazabilidad de la información y facilitar el seguimiento continuo de las actividades contractuales. Asimismo, la centralización de documentos, registros y evidencias permitiría mejorar el acceso a la información y apoyar los procesos de control desarrollados por interventores, supervisores y entidades contratantes.

Por otra parte, la incorporación de funcionalidades asociadas a la inteligencia artificial tiene potencial para fortalecer la capacidad preventiva de la interventoría mediante la identificación temprana de riesgos, el monitoreo de indicadores de desempeño y la generación de alertas relacionadas con posibles desviaciones en cronogramas, costos o actividades contractuales. Estas capacidades podrían facilitar procesos de toma de decisiones más oportunos y fundamentados en información actualizada.

De igual manera, la automatización de actividades administrativas y la consolidación digital de información podrían contribuir a disminuir reprocesos operativos y fortalecer la eficiencia en la elaboración de informes, seguimiento documental y control contractual. No obstante, la materialización de estos beneficios dependerá de factores como la calidad de los datos, la disponibilidad tecnológica, la capacitación de los usuarios y el nivel de adopción institucional de las herramientas propuestas.

Con el fin de visualizar los cambios potenciales entre el modelo tradicional de interventoría y el modelo conceptual basado en inteligencia artificial y Procore, se presenta la siguiente comparación.

Tabla 21. Comparación entre la interventoría tradicional y el modelo conceptual basado en Procore e inteligencia artificial

Aspecto	Interventoría tradicional	Modelo conceptual basado en IA y Procore
Gestión documental	Manual y dispersa	Digital y centralizada
Seguimiento de riesgos	Reactivo	Preventivo
Generación de informes	Manual	Parcialmente automatizada
Control de cronograma	Periódico	Continuo
Trazabilidad de la información	Limitada	Integrada

Monitoreo contractual	Basado en revisiones periódicas	Apoyado por análisis de datos
Toma de decisiones	Basada principalmente en experiencia	Apoyada por información consolidada
Coordinación entre actores	Fragmentada	Colaborativa

Los resultados de la comparación evidencian que la incorporación de herramientas digitales y tecnologías basadas en inteligencia artificial podría contribuir al fortalecimiento de diversos procesos asociados a la interventoría y supervisión contractual. Entre los principales impactos esperados se encuentran una mayor trazabilidad documental, una mejor capacidad para identificar riesgos de manera anticipada, una gestión más eficiente de la información y un fortalecimiento de los mecanismos de seguimiento y control.

Asimismo, el modelo conceptual propuesto se proyecta como una alternativa orientada a apoyar los procesos de transformación digital del sector construcción y de las entidades públicas responsables de la supervisión contractual. No obstante, su implementación efectiva requerirá futuras investigaciones de carácter aplicado que permitan validar empíricamente los beneficios potenciales identificados en la presente investigación.

Tabla 22. Beneficios esperados del modelo conceptual basado en Procore e inteligencia artificial

Beneficio esperado	Situación tradicional	Impacto potencial del modelo conceptual
Gestión documental	Información dispersa y registros manuales	Centralización y organización digital de la información
Trazabilidad contractual	Seguimiento limitado de actividades y documentos	Mayor control y trazabilidad de los procesos contractuales
Elaboración de informes	Procesos manuales y repetitivos	Automatización parcial de reportes y consolidación de información

Gestión de riesgos	Identificación reactiva de problemas	Detección temprana mediante alertas y análisis de datos
Seguimiento de cronogramas	Control periódico y dependiente de reportes manuales	Monitoreo continuo de actividades y avances
Toma de decisiones	Basada principalmente en experiencia y revisión documental	Apoyada por información consolidada y análisis automatizado
Coordinación entre actores	Comunicación fragmentada entre participantes	Interacción colaborativa mediante plataformas digitales
Transparencia y control	Limitaciones en acceso y verificación de información	Mayor disponibilidad y trazabilidad de registros contractuales

Tomado de base en OCDE (2022), BID (2023), Procore Technologies (2024) y revisión documental realizada en la investigación.

Los beneficios identificados evidencian que la incorporación de herramientas de inteligencia artificial y plataformas digitales de gestión tiene potencial para fortalecer los procesos de interventoría y supervisión de obra pública. Asimismo, la centralización documental, el monitoreo continuo y el análisis de información podrían contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la trazabilidad contractual y la capacidad preventiva frente a riesgos asociados a la ejecución de proyectos de infraestructura. No obstante, la materialización de estos beneficios dependerá de factores relacionados con la adopción tecnológica, la calidad de los datos y las capacidades institucionales de las organizaciones responsables de la supervisión contractual.

4.5 Limitaciones para la implementación del modelo

La presente investigación tiene un carácter documental y cualitativo, por lo que el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) constituye una propuesta metodológica sustentada en la revisión de literatura científica, normativa vigente e informes institucionales, sin que se haya desarrollado una implementación práctica o una validación

experimental en proyectos reales de infraestructura. En consecuencia, las limitaciones identificadas corresponden tanto al alcance metodológico del estudio como a los desafíos que podrían presentarse durante una eventual implementación del modelo en entidades públicas responsables de la interventoría y supervisión contractual.

Costos de implementación. Una de las principales limitaciones para la adopción del MCII corresponde a los costos asociados con la transformación digital de las entidades públicas. La implementación de plataformas tecnológicas, infraestructura informática, almacenamiento de datos, licenciamiento de software, capacitación del personal y mantenimiento de los sistemas puede representar inversiones significativas, especialmente para entidades territoriales con restricciones presupuestales. En este sentido, la viabilidad del modelo dependerá de la disponibilidad de recursos financieros y de una implementación gradual que priorice los procesos de mayor impacto.

Barreras normativas e institucionales. Aunque el marco jurídico colombiano promueve la transformación digital y la modernización de la administración pública, la incorporación de inteligencia artificial en los procesos de interventoría aún enfrenta desafíos relacionados con la actualización de procedimientos administrativos, la estandarización de los procesos de gestión documental y la definición de lineamientos específicos para el uso de herramientas basadas en inteligencia artificial dentro de la contratación estatal. Por ello, la implementación del MCII requeriría una adecuada articulación entre los desarrollos tecnológicos y el marco normativo vigente.

Resistencia al cambio organizacional. La adopción de nuevas tecnologías implica transformaciones en la forma de gestionar la información y desarrollar las actividades de supervisión. En consecuencia, uno de los principales desafíos corresponde a la resistencia al

cambio por parte de los diferentes actores involucrados en los procesos de interventoría. La aceptación del modelo dependerá del fortalecimiento de la cultura organizacional, la capacitación permanente y el acompañamiento institucional durante los procesos de transformación digital.

Calidad e interoperabilidad de los datos. El funcionamiento del MCII depende de la disponibilidad de información confiable, completa y actualizada. Si los datos registrados durante la ejecución contractual presentan inconsistencias, duplicidades o ausencia de estandarización, la capacidad de la inteligencia artificial para generar análisis confiables disminuirá significativamente. De igual manera, la falta de interoperabilidad entre las plataformas utilizadas por las diferentes entidades puede limitar la integración de la información y reducir el potencial del modelo.

Ciberseguridad y protección de la información. La centralización digital de la información contractual incrementa la necesidad de implementar mecanismos robustos de ciberseguridad. La protección de documentos, bases de datos, evidencias técnicas y registros administrativos constituye un aspecto fundamental para garantizar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información utilizada por el modelo. En consecuencia, cualquier implementación futura del MCII deberá contemplar políticas de seguridad informática, control de accesos, respaldo de información y gestión de riesgos asociados con incidentes cibernéticos.

Consideraciones éticas sobre el uso de inteligencia artificial. La inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones y no como un mecanismo autónomo de supervisión contractual. En este sentido, las decisiones relacionadas con la aprobación de modificaciones contractuales, la interpretación técnica de los hallazgos o la determinación de responsabilidades deberán continuar bajo el criterio profesional del interventor y de las autoridades competentes. Asimismo, será necesario garantizar la transparencia de los

algoritmos utilizados, minimizar posibles sesgos en el procesamiento de la información y asegurar que el uso de la inteligencia artificial respete los principios de legalidad, objetividad, responsabilidad y debido proceso que rigen la contratación pública colombiana.

Síntesis de las limitaciones. En conjunto, estas limitaciones evidencian que el éxito del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) no dependerá exclusivamente de la disponibilidad de herramientas tecnológicas, sino de la capacidad institucional para integrar procesos, fortalecer la calidad de la información, adaptar el marco normativo y promover una cultura organizacional orientada a la innovación. Por esta razón, el modelo debe entenderse como una propuesta metodológica susceptible de validación y perfeccionamiento mediante futuras investigaciones y proyectos piloto desarrollados en escenarios reales de contratación pública.

Tabla 23. Principales limitaciones para la implementación del MCII

Limitación	Posible impacto	Estrategia de mitigación
Costos de implementación	Alta inversión inicial	Implementación gradual
Barreras normativas	Retrasos en la adopción	Actualización de lineamientos
Resistencia al cambio	Baja adopción del modelo	Capacitación y gestión del cambio
Calidad de los datos	Análisis poco confiables	Estandarización y gobernanza de datos
Ciberseguridad	Riesgo sobre la información	Controles de seguridad y respaldo
Aspectos éticos	Sesgos o decisiones inadecuadas	Supervisión humana y transparencia algorítmica

Las limitaciones presentadas evidencian que la implementación del Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII) requiere un enfoque integral que trascienda la incorporación de herramientas tecnológicas. Su adopción dependerá del fortalecimiento institucional, la disponibilidad de recursos, la calidad de la información, la capacitación del talento

humano y la adecuación del marco normativo. Estos aspectos constituyen elementos fundamentales para futuras investigaciones y posibles procesos de validación e implementación del modelo en escenarios reales de contratación pública.

5. Discusión

Los resultados obtenidos mediante el análisis documental permiten establecer que los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia continúan enfrentando dificultades relacionadas con la gestión manual de la información, la fragmentación documental, la limitada interoperabilidad entre sistemas y la dificultad para identificar oportunamente situaciones que puedan afectar los costos, los tiempos y el cumplimiento contractual. Estas condiciones resultan especialmente relevantes en proyectos de infraestructura que involucran múltiples actores, grandes volúmenes de información y modificaciones durante su ejecución. Los hallazgos coinciden con lo planteado por Jaimes-Quintanilla y Zabala-Vargas (2024), quienes identifican la baja adopción tecnológica como una de las principales barreras para la modernización del sector construcción colombiano.

De manera similar, los resultados guardan relación con los planteamientos de la OCDE (2022) y el BID (2023), organismos que reconocen el potencial de la inteligencia artificial y la transformación digital para fortalecer la eficiencia, la transparencia y la gestión basada en datos dentro del sector público. Sin embargo, mientras estos planteamientos se desarrollan principalmente desde una perspectiva general de modernización institucional, la presente investigación adapta dichos principios al contexto específico de la interventoría y supervisión de contratos de obra pública en Colombia. En este sentido, el Modelo Conceptual de Interventoría

Inteligente para Colombia (MCII) busca trasladar las capacidades de las tecnologías digitales a una estructura metodológica orientada específicamente al seguimiento y control contractual.

La revisión de investigaciones y herramientas tecnológicas relacionadas con el sector de la construcción evidencia que plataformas como Procore, Buildots, Doxel y OpenSpace han desarrollado capacidades para la gestión documental, el seguimiento del avance, el análisis de información y la identificación de posibles desviaciones. No obstante, buena parte de estos desarrollos se concentra en funcionalidades particulares de una plataforma o en aplicaciones específicas de inteligencia artificial. Frente a este panorama, el principal aporte de la presente investigación no consiste en desarrollar una nueva plataforma tecnológica, sino en formular una metodología que articula procesos de interventoría, gestión documental, analítica de datos, inteligencia artificial, gestión de riesgos e indicadores de seguimiento dentro de una misma estructura conceptual.

Esta diferencia resulta importante frente al uso de herramientas como Procore. En la investigación, Procore se utiliza como referencia tecnológica por sus capacidades de centralización de información, gestión colaborativa y seguimiento de proyectos, pero no constituye el modelo metodológico propuesto. El MCII establece una lógica de funcionamiento en la que la información contractual es organizada, analizada y relacionada con criterios de seguimiento, indicadores y señales de riesgo, permitiendo generar alertas que posteriormente deben ser revisadas por los responsables del contrato. Por tanto, el modelo no depende exclusivamente de Procore y puede adaptarse a diferentes plataformas tecnológicas que dispongan de capacidades equivalentes.

De igual manera, el MCII no pretende sustituir metodologías consolidadas de gestión de proyectos como PMBOK, ni reemplazar los procedimientos establecidos para la planeación, ejecución y control contractual. Su aporte se encuentra en incorporar una capa metodológica de

transformación digital e inteligencia artificial específicamente orientada a la interventoría y supervisión de obra pública. De esta manera, el modelo complementa las prácticas existentes mediante la integración de información, analítica y mecanismos de alerta que pueden fortalecer la capacidad preventiva de los profesionales responsables del seguimiento contractual.

Otro resultado relevante es que la transformación digital de la interventoría no puede limitarse al trabajo individual del interventor. El seguimiento de un contrato de obra pública requiere la participación articulada del contratista o ejecutor, la interventoría, el supervisor y la entidad contratante. Dentro del MCII, el contratista aporta información relacionada con la ejecución; la interventoría realiza la revisión técnica, administrativa y financiera; la entidad contratante utiliza la información consolidada para el seguimiento y la toma de decisiones; y las herramientas digitales facilitan la organización, integración y análisis de los datos. La inteligencia artificial, en este esquema, funciona como un mecanismo de apoyo para identificar patrones, inconsistencias o señales que requieren revisión, mientras que la decisión final permanece bajo responsabilidad humana.

La aplicación conceptual del modelo mediante el caso de estudio permitió ilustrar cómo la integración de información contractual podría contribuir a identificar señales asociadas con posibles sobrecostos, modificaciones contractuales, desviaciones presupuestales y diferencias entre la planificación y la ejecución. El ejercicio permitió mostrar la forma en que un sistema organizado de información y análisis podría orientar la atención hacia situaciones que requieren revisión técnica, administrativa o financiera, fortaleciendo potencialmente el carácter preventivo de la interventoría. Sin embargo, este ejercicio corresponde a una aplicación conceptual y no constituye una validación experimental del modelo; por tanto, no permite afirmar reducciones cuantificadas en tiempos, costos o riesgos.

Esta precisión es importante para interpretar adecuadamente los resultados. Los beneficios identificados en la investigación corresponden a aportes potenciales derivados del análisis documental y de la formulación del modelo, y no a resultados obtenidos mediante la implementación del MCII en un contrato real. En consecuencia, expresiones como reducción de tiempos, disminución de costos, identificación predictiva de riesgos o seguimiento en tiempo real deben entenderse como capacidades que podrían alcanzarse mediante una implementación adecuada, y no como resultados empíricamente comprobados en este estudio.

Los resultados también evidencian que la inteligencia artificial no constituye por sí sola una solución para las problemáticas de la contratación pública. Su efectividad depende de factores como la calidad y disponibilidad de los datos, la estandarización de la documentación, la interoperabilidad entre plataformas, la capacitación del talento humano, la ciberseguridad y la capacidad institucional para gestionar procesos de transformación digital. Por esta razón, el principal desafío para la adopción del MCII no es exclusivamente tecnológico, sino también organizacional e institucional.

En este contexto, la participación humana adquiere especial importancia. Las alertas producidas mediante herramientas de inteligencia artificial no deben interpretarse como conclusiones automáticas ni como determinaciones de responsabilidad contractual. Su función es facilitar la identificación y priorización de situaciones que requieren análisis profesional. La interventoría conserva la responsabilidad de verificar la información, contrastarla con los documentos contractuales, evaluar sus implicaciones y adoptar las acciones que correspondan dentro de sus competencias.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación presenta las limitaciones propias de un estudio cualitativo, documental y de alcance propositivo. El MCII fue formulado a partir de

literatura científica, normativa, información institucional y análisis de herramientas tecnológicas, por lo que sus capacidades no fueron sometidas a una implementación experimental en un proyecto real. Esta condición limita la posibilidad de establecer resultados cuantitativos sobre su desempeño, pero no impide valorar su coherencia conceptual, pertinencia frente a las problemáticas identificadas y potencial de aplicación.

A partir de estas limitaciones, futuras investigaciones podrían desarrollar proyectos piloto que permitan validar empíricamente el MCII mediante indicadores objetivos relacionados con tiempos de respuesta, gestión documental, identificación temprana de riesgos, cumplimiento de hitos, seguimiento presupuestal y eficiencia administrativa. También sería pertinente analizar su integración con modelos BIM utilizados durante la ejecución de los proyectos, sistemas de información de las entidades públicas y otras plataformas de gestión contractual, con el propósito de fortalecer la interoperabilidad entre la información técnica, financiera, administrativa y contractual.

En términos generales, los resultados permiten establecer que el principal aporte de la investigación consiste en formular una metodología de interventoría inteligente adaptada al contexto de la contratación pública colombiana, y no simplemente en demostrar las ventajas de una herramienta tecnológica determinada. El MCII integra procesos, actores, información, analítica de datos, inteligencia artificial, gestión documental, criterios de seguimiento y mecanismos de alerta dentro de una estructura orientada a fortalecer la trazabilidad, la prevención de riesgos y el apoyo a la toma de decisiones. Esta propuesta complementa las investigaciones existentes al trasladar las capacidades de la transformación digital y la inteligencia artificial al ámbito específico de la interventoría y supervisión de obra pública en Colombia.

En consecuencia, el MCII debe entenderse como una base metodológica susceptible de implementación, evaluación y perfeccionamiento, más que como una solución tecnológica terminada. Su efectividad dependerá de la interacción entre tecnología, información, procesos y personas. Por ello, la inteligencia artificial debe ser considerada un mecanismo de apoyo al criterio profesional y no un sustituto de este, permitiendo avanzar hacia procesos de interventoría con mayor capacidad de análisis, trazabilidad y prevención, sin modificar las responsabilidades legales y profesionales de los actores que participan en la supervisión de los contratos de obra pública.

6. Conclusiones

La presente investigación permitió formular el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia (MCII), como una propuesta metodológica orientada a fortalecer los procesos de interventoría y supervisión de contratos de obra pública mediante la integración de inteligencia artificial, analítica de datos y gestión documental digital. El modelo parte de las necesidades identificadas en el contexto colombiano y plantea una estructura de articulación entre información, procesos, actores y herramientas tecnológicas, con énfasis en la trazabilidad, la identificación temprana de riesgos y el apoyo a la toma de decisiones. En relación con el propósito de contribuir a la reducción de tiempos y costos, los componentes propuestos en el MCII permiten plantear oportunidades de mejora asociadas con la automatización y gestión digital de documentos, la centralización y consulta oportuna de información, la identificación preventiva de riesgos y el análisis de datos para apoyar la toma de decisiones durante la ejecución contractual. Estas capacidades podrían contribuir a disminuir tiempos asociados a actividades manuales de seguimiento y procesamiento de información, así como a prevenir o detectar oportunamente situaciones que puedan generar mayores costos durante la ejecución de las obras. En consecuencia,

el MCII constituye el principal aporte académico de la investigación, al trascender el análisis individual de una plataforma tecnológica y proponer una metodología adaptable a diferentes entornos institucionales y tecnológicos.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar los factores técnicos, administrativos y operativos que afectan la eficiencia de los procesos de interventoría y supervisión, el análisis documental permitió establecer que las principales dificultades se relacionan con la gestión manual y fragmentada de la información, la dispersión documental, la limitada integración entre sistemas, las dificultades para realizar seguimiento oportuno y la identificación tardía de situaciones que pueden afectar costos, tiempos, calidad y cumplimiento contractual. Estos factores evidencian que las oportunidades de mejora no dependen exclusivamente de incorporar nuevas tecnologías, sino también de fortalecer la organización de los procesos, la calidad de la información y la articulación entre los actores que intervienen en la ejecución contractual.

Respecto al segundo objetivo específico, relacionado con el análisis de herramientas de inteligencia artificial, analítica de datos y plataformas digitales aplicables a la interventoría y supervisión, se identificó que estas tecnologías presentan capacidades potenciales para centralizar información, facilitar la gestión documental, analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones, generar alertas y apoyar el seguimiento de variables técnicas, administrativas y financieras. El análisis de plataformas como Procore permitió reconocer funcionalidades que pueden servir como soporte tecnológico para una interventoría más integrada y orientada a la información. Sin embargo, los resultados también permiten concluir que ninguna herramienta por sí sola constituye una metodología completa de interventoría inteligente, debido a que su utilidad depende de los procesos, criterios, información y responsabilidades definidos para su utilización.

En relación con el tercer objetivo específico, orientado a formular y aplicar conceptualmente el MCII, se logró estructurar una propuesta que integra gestión documental, analítica de datos, inteligencia artificial, gestión de riesgos, indicadores y mecanismos de alerta dentro de un esquema de apoyo al seguimiento contractual. La aplicación conceptual mediante el caso de estudio permitió ilustrar cómo el modelo podría utilizar información relacionada con presupuestos, cantidades, modificaciones, cronogramas y demás documentos contractuales para identificar señales que requieran una revisión técnica, administrativa o financiera. Este ejercicio permitió demostrar la operatividad conceptual del modelo; sin embargo, no constituye una validación experimental ni permite afirmar reducciones cuantitativas de tiempos, costos o riesgos.

Uno de los principales aportes de la investigación consiste en diferenciar el MCII del simple uso de plataformas como Procore. Mientras una plataforma proporciona funcionalidades tecnológicas para gestionar información y procesos, el MCII establece una metodología para determinar cómo deben articularse dichas capacidades con los procesos de interventoría, los criterios de análisis, los indicadores, las alertas y la participación de los diferentes actores contractuales. De esta manera, Procore se entiende como una referencia tecnológica dentro del modelo y no como el modelo mismo. Esta característica permite que la propuesta pueda adaptarse a otras soluciones tecnológicas con capacidades equivalentes.

De igual manera, el MCII no busca sustituir metodologías consolidadas de gestión de proyectos, como PMBOK, ni modificar las responsabilidades legales y profesionales de los actores de la contratación pública. Su aporte se encuentra en complementar los procesos existentes mediante una estructura orientada al uso sistemático de información, analítica e inteligencia artificial para fortalecer la capacidad preventiva del seguimiento contractual. En este sentido, la

propuesta representa una evolución metodológica hacia una interventoría apoyada en datos, sin reemplazar el criterio técnico y profesional requerido para la toma de decisiones.

La investigación también permite concluir que la implementación de inteligencia artificial en la interventoría debe desarrollarse bajo una perspectiva integral. La tecnología requiere información confiable y estructurada, procesos estandarizados, interoperabilidad entre sistemas, capacitación del talento humano, mecanismos de seguridad y una definición clara de responsabilidades. La participación humana continúa siendo fundamental, debido a que las alertas generadas por herramientas digitales deben ser interpretadas y verificadas por profesionales antes de adoptar decisiones contractuales. Por tanto, la inteligencia artificial debe entenderse como un mecanismo de apoyo y no como un sustituto del interventor, supervisor o de los demás responsables del control contractual.

Recomendaciones

La principal limitación del estudio corresponde a su carácter cualitativo, documental y propositivo. Aunque el caso de estudio permitió demostrar conceptualmente la forma en que podría funcionar el MCII, no se realizó una implementación en un contrato real ni una comparación experimental con procesos tradicionales. Por esta razón, los beneficios identificados deben interpretarse como potenciales y no como resultados empíricamente comprobados. Esta limitación establece, a su vez, una oportunidad para continuar desarrollando la investigación mediante proyectos piloto que permitan evaluar objetivamente el desempeño del modelo.

Como línea de investigación futura, se recomienda implementar el MCII en proyectos reales de obra pública y establecer indicadores que permitan medir aspectos como la reducción de tiempos asociados a los procesos de seguimiento y supervisión, los costos relacionados con

actividades administrativas y de gestión de información, los tiempos de respuesta, la eficiencia en la gestión documental, la identificación anticipada de riesgos, el cumplimiento de cronogramas, el seguimiento presupuestal y la reducción de actividades administrativas repetitivas. Asimismo, se recomienda realizar mediciones comparativas entre los procesos tradicionales de interventoría y supervisión y aquellos apoyados en las soluciones de inteligencia artificial propuestas por el MCII, con el fin de determinar, mediante evidencia empírica, su contribución a la reducción de tiempos y costos durante la ejecución de contratos de obra pública.

También resulta pertinente estudiar la integración del modelo con sistemas BIM, plataformas de gestión contractual y sistemas de información de las entidades públicas, con el propósito de alcanzar una mayor interoperabilidad entre la información técnica, administrativa, financiera y contractual.

En conclusión, el Modelo Conceptual de Interventoría Inteligente para Colombia constituye una propuesta metodológica que busca superar una visión de la transformación digital centrada exclusivamente en la adquisición de herramientas tecnológicas. Su aporte consiste en articular tecnología, procesos, información, actores y criterios de decisión dentro de una estructura orientada a fortalecer la trazabilidad y la capacidad preventiva de la interventoría y supervisión de contratos de obra pública. Aunque su validación práctica requiere investigaciones posteriores, el MCII establece una base conceptual para avanzar hacia procesos de control contractual más integrados, sistemáticos y soportados en información, manteniendo en todo momento la responsabilidad y el juicio profesional de los actores involucrados.

Referencias

- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Inteligencia artificial para el sector público: Guía práctica para gobiernos latinoamericanos*. BID. <https://publications.iadb.org>
- Bernal, C. A. (2016). *Metodología de la investigación* (4.^a ed.). Pearson Educación.
- Buildots. (2024). *Construction performance management platform*. <https://www.buildots.com>
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094 del 28 de octubre de 1993.
- Congreso de Colombia. (2007). *Ley 1150 de 2007. Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre contratación con recursos públicos*. Diario Oficial No. 46.691 del 16 de julio de 2007.
- Congreso de Colombia. (2011). *Ley 1474 de 2011. Estatuto Anticorrupción*. Diario Oficial No. 48.128 del 12 de julio de 2011.
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1712 de 2014. Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional*. Diario Oficial No. 49.084 del 6 de marzo de 2014.
- Contraloría General de la República & Universidad de Antioquia. (2025). *Sistema analítico para la vigilancia de contratos públicos en Colombia*. Contraloría General de la República.
<https://www.contraloria.gov.co>
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). *Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial*. Departamento Nacional de Planeación.
- Decreto 1082 de 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional*. Diario Oficial No. 49.523 del 26 de mayo de 2015.

Decreto 1008 de 2018. *Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Política de Gobierno Digital*. Diario Oficial No. 50.673 del 14 de junio de 2018.

Doxel. (2024). *AI-powered construction progress tracking*. <https://www.doxel.ai>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Jaimes-Quintanilla, A., & Zabala-Vargas, J. (2024). *Adopción tecnológica en el sector construcción colombiano: retos y oportunidades para la supervisión de obras públicas*. *Revista UIS Ingenierías*, 23(2), 45–59. <https://revistas.uis.edu.co>

Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (13th ed.). John Wiley & Sons.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2024). *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de Colombia 2024–2030*. Gobierno de Colombia. <https://www.mintic.gov.co>

OpenSpace. (2024). *Construction reality capture platform*. <https://www.openspace.ai>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *Artificial intelligence in the public sector: Opportunities and challenges*. OECD Publishing.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). *Artificial Intelligence in Public Procurement: Enhancing Efficiency and Integrity*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/governance/public-procurement>

Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1082 de 2015*.

Presidencia de la República de Colombia. (2018). *Decreto 1008 de 2018. Política de Gobierno Digital*.

Procore Technologies. (2024). *Construction management platform overview*. <https://www.procore.com>

- Procuraduría General de la Nación. (2025). *Por presuntos sobre costos en contrato de obra, Procuraduría profirió cargos al exsecretario de Infraestructura de Santander*.
<https://www.procuraduria.gov.co/Pages/presuntos-sobrecostos-contrato-obra-procuraduria-profirio-cargos-exsecretario-infraestructura-santander.aspx>
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Ramírez Cubides, J. (2023). *Innovación y transformación digital en la gestión pública colombiana*. *Revista de Administración Pública y Gobierno*, 8(1), 67–84. <https://revistas.unal.edu.co>
- Rodríguez Arévalo, J. (2021). *Modelo predictivo para riesgos en contratación pública colombiana*. Universidad Santiago de Cali. <https://repositorio.usc.edu.co/handle/20.500.12421/5559>
- Rouhiainen, L. (2022). *Inteligencia artificial: Cómo cambiará el mundo (y tu empresa)*. Alienta Editorial.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson Education.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596–615.
<https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103>