

Informe técnico resultado de investigación

Impacto de la Inteligencia Artificial en la ejecución y gestión de proyectos de Construcción de
Vías en Cundinamarca

Elaborado por:

Alba Luz Bermúdez Pulgarín

Carlos David Linares Forero

Juan Carlos Mutumbajoy Muchavisoy

Universidad Ean

Seminario de Investigación de Gerencia de Proyectos

Facultad de Ingeniería

Bogotá

26/05/25

Contenido

1. Resumen	3
2. Problema de Investigación	4
3. Objetivos.....	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. Justificación	6
5. Marco Teórico.....	7
5.1 Análisis de Casos y Tendencias Globales	8
5.2 Marco Conceptual	10
5.3 Marco Legal y Normativo	10
6. Metodología	11
6.1 Enfoque, alcance y diseño de la investigación	11
6.2 Definición de Variables	13
6.3 Población y Muestra	17
6.4 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	18
6.5 Técnicas de análisis de datos	23
7. Análisis y discusión de los resultados	24
Uso y aplicación de tecnologías de IA en proyectos viales	28
Grado de integración y percepción del impacto	30
Seguimiento de indicadores y capacidad de medición	32
8. Discusión de resultados	37
9. Conclusiones	42
10. Recomendaciones	44
Referencias	45

1. Resumen

Este proyecto de investigación explora el potencial de la Inteligencia Artificial (IA) en la gerencia de proyectos de ingeniería de construcción de vías en Cundinamarca, identificando su influencia en la toma de decisiones, optimización de recursos y gestión de riesgos. La IA puede optimizar la planificación y diseño de proyectos, implementar monitoreo y mantenimiento predictivo, y mejorar la gestión de recursos y costos. Aunque la adopción de la IA en proyectos viales en Cundinamarca es incipiente, el desarrollo de proyectos a nivel nacional y el gran interés que presenta el gobierno en la región podría impulsar su implementación. Este estudio busca analizar las oportunidades y desafíos de integrar IA en proyectos de ingeniería de infraestructura vial en Cundinamarca, contribuyendo a la modernización y eficiencia del sector.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Ingeniería de la construcción, Planificación Urbana, Tecnología de la Información, Innovación Tecnológica

2. Problema de Investigación

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) ha identificado que aproximadamente el 70% de las vías terciarias en Colombia están en afirmado, el 24% en tierra y solo el 6% están pavimentadas. Además, solo el 19% están en buen estado, mientras que el 41% están en estado regular y el 40% en mal estado (Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023).

Sumado a lo anterior, Colombia enfrenta importantes desafíos en la implementación de la inteligencia artificial (IA) en la construcción de vías, a pesar de los avances logrados. Uno de los principales obstáculos es la falta de talento especializado en IA, lo que limita la capacidad de las instituciones públicas y privadas para adoptar y gestionar estas tecnologías de manera efectiva (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023). Además, muchas entidades carecen de la infraestructura tecnológica necesaria, lo que dificulta su implementación. Los costos elevados asociados con el desarrollo y la adopción de sistemas de IA también representan un desafío significativo, especialmente para empresas más pequeñas y entidades públicas con presupuestos limitados (OECD, 2022).

Otro desafío clave es la necesidad de fortalecer el entorno de confianza y privacidad en el uso de estas tecnologías. La implementación de IA requiere un marco robusto que garantice la protección de datos y la privacidad de los ciudadanos (UNESCO, 2021). Aunque Colombia ha adoptado un marco ético de la UNESCO para la innovación en IA, aún se necesitan políticas y regulaciones más específicas para guiar su aplicación en el sector de la construcción de vías. A pesar de estos desafíos, el país ha logrado avances significativos, como la implementación de sistemas de monitoreo inteligente por parte del Instituto Nacional de Vías (Invías), que permiten una gestión más eficiente y proactiva de la infraestructura vial (Invías, 2023).

El impacto actual de la inteligencia artificial (IA) en la planificación, programación y ejecución de proyectos de construcción de vías en Cundinamarca se evidencia en avances significativos, aunque con desafíos por superar. En la planificación, la IA optimiza la identificación de necesidades y el diseño de vías mediante análisis de datos topográficos y

ambientales, permitiendo definir rutas eficientes y minimizar impactos ecológicos (Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023). Además, se utiliza para mapear vías terciarias, con ahorros estimados del 40-60% en costos de inventarios (Ministerio de Transporte, 2023). Sin embargo, persisten desafíos como la brecha de talento, ya que solo el 12% de las empresas constructoras en Colombia usan IA por falta de personal capacitado (OECD, 2022). Además, el 60% de las vías en Cundinamarca carecen de conectividad para sistemas IT avanzados (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023).

¿Cuál es el impacto actual de la inteligencia artificial en la planificación, programación y ejecución de actividades en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar el impacto de la inteligencia artificial en la gerencia de proyectos de ingeniería de construcción de vías en Cundinamarca, identificando su influencia en la toma de decisiones, optimización de recursos y gestión de riesgos

3.2 Objetivos específicos

1. Examinar las principales problemáticas en la gestión de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Cundinamarca que podrían ser abordadas mediante el uso de inteligencia artificial.
2. Identificar las funciones del gerente de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Cundinamarca que pueden ser optimizadas o complementadas con inteligencia artificial.
3. Analizar el uso de la inteligencia artificial en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca, identificando su grado de adopción, barreras de implementación y lecciones aplicables a partir de experiencias internacionales.
4. Sugerir acciones para la integración de inteligencia artificial en la gerencia de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Colombia.

4. Justificación

El presente estudio es fundamental para la optimización de la gestión de proyectos de construcción vial en Cundinamarca mediante la aplicación de inteligencia artificial (IA). Su relevancia radica en la necesidad de abordar problemáticas como retrasos, sobrecostos y deficiencias en la planificación, que afectan el desarrollo de infraestructura en Colombia (Rodríguez, 2018).

Desde una perspectiva social, la mejora en la ejecución de estos proyectos impacta directamente la movilidad, el desarrollo económico y la calidad de vida de la población. La eficiencia en la construcción de vías facilita la conectividad y fortalece sectores estratégicos como el comercio y el turismo (Chien et al., 2020).

En el ámbito práctico, el estudio identificará cómo la IA puede optimizar la toma de decisiones, mejorar la gestión de riesgos y racionalizar el uso de recursos en proyectos de ingeniería. Esto permitirá a empresas y profesionales del sector adoptar herramientas tecnológicas que incrementen la productividad y competitividad (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2024).

Teóricamente, el trabajo contribuye a la literatura sobre transformación digital en la ingeniería, ofreciendo un análisis del impacto de la IA en la gestión de proyectos y su aplicabilidad en el contexto colombiano. Metodológicamente, servirá de base para futuras investigaciones sobre la integración de tecnologías emergentes en la industria de la construcción (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2024).

En conclusión, esta investigación es clave para fomentar la adopción de la IA en la gerencia de proyectos de infraestructura vial, alineándose con tendencias globales y fortaleciendo la capacidad del sector para afrontar los desafíos actuales.

5. Marco Teórico

Estado del Arte

El uso de la inteligencia artificial (IA) en la gerencia de proyectos de infraestructura ha sido objeto de múltiples estudios en los últimos años, con un enfoque particular en su capacidad para optimizar la toma de decisiones, mejorar la planificación y mitigar riesgos. Investigaciones recientes destacan que la IA ha revolucionado la gestión de proyectos en países desarrollados, logrando mejoras significativas en eficiencia y reducción de costos (Chien, Wei & Lin, 2020).

En el contexto de la construcción de vías, diversas investigaciones han explorado la integración de la IA en la planificación, ejecución y monitoreo de proyectos. Rodríguez (2018) identificó que los principales desafíos en la construcción vial en Colombia incluyen sobrecostos, retrasos y deficiencias en la planificación. En este sentido, la IA ha demostrado ser una herramienta efectiva para predecir posibles retrasos y optimizar la distribución de recursos (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2024).

(EADIC, 2024) Afirma que la función de la IA en la gestión y mantenimiento de carreteras y otras infraestructuras debe ser clara: conseguir el mejor estado posible como una herramienta más de prevención de siniestros. Lo cual se consigue con las técnicas más sofisticadas de principio a fin de proceso: desde el modelado y la construcción de las carreteras convencionales, multicarril, autopistas y autovías, hasta las tareas de control y mejora con el paso de los años.

La informática perimetral abre innumerables posibilidades respecto de las carreteras inteligentes y conectadas. Habilita una latencia baja para el análisis y la inteligencia artificial (IA) que impulsan la infraestructura para carreteras inteligentes, como los semáforos adaptativos y las carreteras integradas. Por ejemplo, los semáforos que ajustan de forma automática su sincronización según los datos de sensores pueden mejorar el flujo de tráfico o cambiar las señales para proteger a quienes están en la carretera de conductores peligrosos. (Intel, s.f.)

La experiencia internacional indica que la aplicación de IA en la construcción ha sido clave para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de los proyectos. Por ejemplo, en China, el uso de

modelos predictivos basados en IA ha permitido reducir en un 30% los tiempos de construcción en proyectos de infraestructura vial (Wang et al., 2021).

5.1 Análisis de Casos y Tendencias Globales

1. Caso de Singapur: Uso de IA en Planificación Urbana y Vial

Singapur ha liderado la aplicación de IA en proyectos de infraestructura mediante el uso de tecnologías de modelado predictivo y análisis de datos en tiempo real. El gobierno ha implementado el sistema "Virtual Singapore", una plataforma que utiliza inteligencia artificial para simular escenarios urbanos y optimizar el diseño de infraestructuras viales (Liu et al., 2022). Gracias a esta implementación, los tiempos de construcción se han reducido en un 25% y los costos en un 18%.

2. Caso de Alemania: Implementación de IA en la Construcción de Autopistas

Alemania ha desarrollado un sistema basado en IA para optimizar la construcción y mantenimiento de autopistas. Utilizando algoritmos de aprendizaje automático, el sistema detecta patrones de desgaste en las carreteras y sugiere estrategias de mantenimiento preventivo, lo que ha permitido reducir en un 40% los costos de reparación y mejorar la seguridad vial (Schmidt & Becker, 2021).

3. Caso de Chile: Transformación Digital en Proyectos de Infraestructura

Chile ha comenzado a integrar IA en la gestión de infraestructura pública, particularmente en la planificación de autopistas y túneles. El Ministerio de Obras Públicas ha desarrollado un sistema de monitoreo basado en sensores inteligentes e inteligencia artificial para predecir fallas estructurales y reducir el impacto ambiental de los proyectos de infraestructura (Pérez & Gómez, 2023).

Tendencias Globales en la Aplicación de IA en Infraestructura

1. **Modelado predictivo y análisis de datos en tiempo real:** Países como Reino Unido y Japón han implementado sistemas de IA que analizan grandes volúmenes de datos en tiempo real para optimizar la planificación y gestión de proyectos viales (Yamamoto et al., 2021).
2. **Automatización en la construcción:** El uso de robots y drones equipados con inteligencia artificial está permitiendo una mayor eficiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura (Gopal et al., 2022).
3. **Sostenibilidad y reducción de impacto ambiental:** La IA está siendo utilizada para diseñar proyectos más sostenibles, reduciendo el uso de materiales contaminantes y optimizando el consumo energético en la construcción (Johnson et al., 2023).

El valor heurístico de la investigación radica en su capacidad para identificar patrones y tendencias en la implementación de IA en la gestión de proyectos de infraestructura, lo que permitirá una mejor toma de decisiones basada en datos. Asimismo, desde una perspectiva integradora, se busca analizar la complejidad del problema a través de múltiples enfoques teóricos, garantizando una visión holística del impacto de la IA en la construcción vial.

Fundamentos Teóricos

La investigación se fundamenta en teorías y modelos de gestión de proyectos, inteligencia artificial y transformación digital en la ingeniería. Entre los principales enfoques teóricos destacan:

- **Teoría de la Gestión de Proyectos (PMBOK):** Establece estándares para la dirección de proyectos, incluyendo procesos de planificación, ejecución y control, aspectos en los cuales la IA puede optimizar la gestión (Project Management Institute, 2021).
- **Modelo de Madurez en Gestión de Proyectos (Kerzner, 2019):** Plantea que las organizaciones pueden mejorar su eficiencia mediante el uso de tecnologías avanzadas, como la IA, en la gestión de proyectos.

- **Teoría de la Toma de Decisiones Basada en Datos (Simon, 1977):** Explica cómo las decisiones pueden mejorarse mediante el uso de herramientas tecnológicas que analicen grandes volúmenes de información, reduciendo la incertidumbre en la gestión de proyectos.
- **Transformación Digital en la Construcción (BIM y AI):** Se ha demostrado que la integración de modelos de información de construcción (BIM) con IA mejora la planificación y optimización de proyectos de infraestructura (Eastman et al., 2018).

5.2 Marco Conceptual

Para el desarrollo de esta investigación, se consideran los siguientes conceptos clave:

- **Inteligencia Artificial (IA):** Conjunto de tecnologías que permiten a las máquinas realizar tareas que requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y la predicción de riesgos (Russell & Norvig, 2020).
- **Gerencia de Proyectos:** Disciplina que abarca la planificación, ejecución y control de proyectos para alcanzar objetivos específicos dentro de restricciones de tiempo, costo y alcance (PMI, 2021).
- **Infraestructura Vial:** Conjunto de obras y estructuras que facilitan el transporte y la movilidad en un territorio, cuya gestión eficiente es clave para el desarrollo económico y social (Camacol, s.f.).
- **Optimización de Recursos:** Uso eficiente de materiales, tiempo y mano de obra para maximizar la productividad en proyectos de construcción (Kerzner, 2019).

5.3 Marco Legal y Normativo

El uso de IA en la construcción de infraestructura vial en Colombia debe alinearse con la normatividad vigente. Algunas regulaciones relevantes incluyen:

- **Ley 1508 de 2012:** Regula las asociaciones público-privadas en infraestructura, promoviendo la eficiencia en la ejecución de proyectos.

- **Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial (Departamento Nacional de Planeación, 2019):** Establece lineamientos para la adopción de IA en distintos sectores, incluyendo la construcción.
- **Normas ISO 19650:** Estándares internacionales para la gestión de información en proyectos de construcción, facilitando la integración de IA con metodologías BIM (International Organization for Standardization, 2018).
- **Proyecto de Ley 255/2024:** Este proyecto busca establecer lineamientos para el uso de la IA en la disminución de siniestros viales y sus costos, automatizando procesos de análisis y control de riesgos en tiempo real. Actualmente, está pendiente de ser debatido en el Congreso. (Bravo Colina, 2024).

En resumen, el marco teórico presentado sustenta la investigación sobre el impacto de la IA en la gerencia de proyectos de construcción vial en Cundinamarca, proporcionando una visión integral que abarca antecedentes, modelos teóricos y normativos.

La relevancia del estudio radica en su potencial para contribuir al desarrollo de infraestructura eficiente y sostenible, alineándose con tendencias globales de transformación digital en la ingeniería.

6. Metodología

6.1 Enfoque, alcance y diseño de la investigación

Enfoque de la Investigación

El presente estudio adopta un enfoque mixto, combinando los paradigmas cuantitativo y cualitativo, ya que busca tanto medir la incidencia de la inteligencia artificial (IA) en variables asociadas a la eficiencia, costos, tiempos y toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial en Cundinamarca, como también comprender las percepciones, barreras y experiencias de los actores involucrados en su implementación.

Desde la perspectiva cuantitativa, se recolectarán datos estructurados a través de encuestas aplicadas a profesionales y funcionarios que participan en la gerencia de proyectos de construcción de vías. Esto permitirá cuantificar el grado de adopción de la IA, los beneficios percibidos y los retos enfrentados, mediante técnicas estadísticas descriptivas que aporten evidencia objetiva al análisis.

Por su parte, el componente cualitativo se fundamenta en entrevistas semiestructuradas o grupos focales que permitan profundizar en las experiencias individuales, resistencias al cambio, expectativas y necesidades de formación frente al uso de la IA. Este enfoque busca capturar la complejidad del fenómeno desde la perspectiva de los actores involucrados, aportando una visión contextual e interpretativa del impacto de la IA en la gestión de proyectos viales.

La elección de un enfoque mixto se justifica plenamente debido a la naturaleza multidimensional del problema de investigación: no solo interesa saber qué tanto se implementa la IA y qué resultados produce, sino también entender por qué se implementa, cómo se percibe y cuáles son los factores organizacionales, sociales y tecnológicos que inciden en su adopción.

Asimismo, este enfoque permite triangular los resultados, aumentando la validez de los hallazgos y ofreciendo una visión integral que apoye recomendaciones sólidas tanto para la formulación de políticas públicas como para la mejora de prácticas gerenciales en proyectos de infraestructura vial.

Tipo de investigación

El estudio es de naturaleza no experimental, de corte transversal y descriptivo. Es de tipo no experimental ya que no se alteran las variables, sino que se examinan los sucesos tal como suceden en la realidad. Es de tipo transversal, dado que los datos se recopilarán en un solo instante específico del tiempo. Además, es descriptiva, pues aspira a reconocer y describir el empleo de la Inteligencia Artificial (IA) en la implementación y administración de proyectos de construcción de vías en Cundinamarca, facilitando la comprensión de su uso actual, ventajas y retos más significativos.

Alcance de la investigación

La investigación tiene un enfoque explicativo, pues tiene como objetivo examinar y entender cómo y por qué la Inteligencia Artificial (IA) afecta la implementación y administración de proyectos de edificación de carreteras en el departamento de Cundinamarca. La investigación busca descubrir las conexiones causales entre la utilización de herramientas de Inteligencia Artificial y factores como la eficiencia, los costos, los tiempos y la toma de decisiones en los proyectos de infraestructura. Mediante la recopilación de información y el estudio de casos reales, se pretende aclarar los impactos específicos de la IA en este sector y proporcionar recursos para su implementación eficaz.

Diseño de la investigación

La estructura de este estudio es no experimental, transversal y de enfoque mixto, dado que se examinarán los fenómenos en su contexto real sin alterar variables, recogiendo información en un único instante temporal. Se utilizarán métodos cuantitativos para examinar datos vinculados a eficiencia, costos y plazos, y métodos cualitativos para entender percepciones, experiencias y consecuencias de la implementación y administración de proyectos de infraestructura en Cundinamarca. Este diseño facilita la descripción y explicación de la implementación de la IA, su efecto y qué elementos inciden en su adopción en el ámbito de la infraestructura vial.

6.2 Definición de Variables

Definición de Variables Conceptuales

Tabla 1 Variables conceptuales

Variables Conceptuales	Definición conceptual
Inteligencia Artificial aplicada a proyectos viales	Conjunto de tecnologías y algoritmos que simulan procesos cognitivos humanos para optimizar la planificación, diseño, ejecución y

	mantenimiento de infraestructura vial en Cundinamarca.
Eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura	Capacidad para lograr los objetivos de un proyecto vial con optimización de recursos, tiempo y costos, maximizando la calidad de los resultados.
Toma de decisiones basada en datos	Proceso mediante el cual los gerentes de proyectos utilizan información analizada sistemáticamente para decidir sobre aspectos críticos de la ejecución de obras viales.
Optimización de recursos en proyectos viales	Asignación estratégica de recursos materiales, humanos, tecnológicos y financieros para maximizar la eficiencia y minimizar desperdicios en la construcción de vías.
Gestión preventiva de riesgos	Capacidad para identificar, evaluar, mitigar y monitorear potenciales amenazas a los objetivos del proyecto antes de que ocurran, mediante análisis predictivo.

Fuente: Propia

Definición de Variables Operacionales

Tabla 2 Variables operacionales

Variables operacionales	Definición operacional	Instrumento
Inteligencia Artificial aplicada a proyectos viales	Se medirá mediante un índice compuesto que evalúa: Tipos de tecnologías IA utilizadas (categorización: aprendizaje automático, visión artificial,	Cuestionario estructurado para directores de proyectos

	<p>procesamiento de lenguaje natural, etc.)</p> <p>Grado de automatización logrado (escala Likert de 1-5)</p> <p>Nivel de integración con sistemas existentes (porcentaje)</p>	
<p>Eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura</p>	<p>Se evaluará mediante:</p> <p>Indicadores de desempeño del cronograma (SPI - Schedule Performance Index)</p> <p>Variación de costos del proyecto (CPI - Cost Performance Index)</p> <p>Tiempo promedio de finalización respecto a lo planificado (porcentaje)</p> <p>Reducción de retrabajos (porcentaje)</p>	<p>Cuestionario estructurado para directores de proyectos</p>
<p>Toma de decisiones basada en datos</p>	<p>Se medirá a través de:</p> <p>Tiempo promedio requerido para tomar decisiones críticas (días/horas)</p>	<p>Encuestas a gerentes de proyecto y análisis de registros de decisiones</p>

	<p>Porcentaje de decisiones apoyadas en análisis de datos</p> <p>Precisión de predicciones realizadas por sistemas IA (porcentaje)</p> <p>Nivel de confianza en recomendaciones automatizadas (escala Likert 1-5)</p>	
Optimización de recursos en proyectos viales	<p>Se cuantificará mediante:</p> <p>Reducción de costos en materiales (porcentaje)</p> <p>Eficiencia en el uso de maquinaria (horas máquina/km de vía)</p> <p>Optimización de rutas logísticas (km recorridos/tonelada transportada)</p> <p>Reducción de desperdicios (porcentaje)</p>	Análisis comparativo de proyectos con y sin implementación de IA
Gestión preventiva de riesgos	<p>Se evaluará a través de:</p> <p>Número de incidentes previstos y evitados</p>	Registros de incidentes, informes de supervisión y encuestas a personal técnico

	<p>Tiempo de anticipación de problemas potenciales (días/semanas)</p> <p>Porcentaje de reducción de accidentes y problemas estructurales</p> <p>Efectividad de estrategias preventivas (escala Likert 1-5)</p>	
--	--	--

Fuente: Propia

6.3 Población y Muestra

Según la Gobernación de Cundinamarca (2024), se proyecta una transformación vial sin precedentes mediante la intervención de más de 250 kilómetros de vías, con el propósito de fortalecer la conectividad y la competitividad del departamento. Actualmente, Cundinamarca cuenta con más de 13 proyectos viales activos. En este contexto, la población objetivo de la investigación está conformada por las concesiones viales que operan en el departamento, dado su papel estratégico en el desarrollo y ejecución de estas iniciativas de infraestructura.

La muestra seleccionada corresponde a un muestreo de tipo no probabilístico, determinado por criterios de conveniencia y accesibilidad. Estará compuesta por 20 individuos vinculados directamente a los proyectos viales en ejecución en el Departamento de Cundinamarca. La elección de esta muestra se justifica debido a las características específicas de la población objetivo, que exige la selección de participantes con experiencia y conocimiento relevante en la implementación de inteligencia artificial en la gestión de infraestructura vial.

6.4 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Encuesta sobre el Impacto de la Inteligencia Artificial en Proyectos de Construcción de Vías en Cundinamarca

Objetivo: Recolectar información sobre el uso, impacto y percepción de la Inteligencia Artificial (IA) en la planificación, gestión y ejecución de proyectos de construcción de vías en Cundinamarca.

Instrucciones: Agradecemos su participación en esta encuesta. Sus respuestas son confidenciales y serán utilizadas únicamente con fines investigativos. Por favor, responda con la mayor honestidad posible.

Sección 1: Información General

Cargo/Posición: Pregunta abierta

Años de experiencia en el sector de construcción vial:

- a) Menos de 5 años
- b) 5-10 años
- c) 11-15 años
- d) Más de 15 años

Empresa/Entidad a la que pertenece: Pregunta abierta

¿Su empresa/entidad ha participado en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca?

- a) Sí
- b) No

- c) No estoy seguro

Sección 2: Uso de Inteligencia Artificial

¿Su empresa/entidad utiliza actualmente tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) en proyectos de construcción de vías?

- a) Sí
- b) No
- c) Estamos explorando su uso

En caso afirmativo, ¿en qué áreas se utiliza la IA? (Puede seleccionar varias opciones)

- a) Planificación y Diseño
- b) Gestión de Recursos
- c) Monitoreo y Control de Calidad
- d) Seguridad y Gestión de Riesgos
- e) Mantenimiento Predictivo
- f) Toma de Decisiones
- g) Otro (Especificar): _____

¿Qué tipos de tecnologías de IA se han aplicado a los proyectos viales? (Puede seleccionar varias opciones)

- a) Aprendizaje Automático (Machine Learning): Predicción de tiempos de construcción, detección de riesgos y optimización de cronogramas
- b) Visión Artificial: Inspección automática de obras (por ejemplo, detección de fisuras en pavimentos usando drones y cámaras), control de calidad en tiempo real.
- c) Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP): Interpretación automática de reportes de obra, análisis de contratos, extracción de datos de documentos técnicos
- d) Sistemas Expertos: Asistencia en la toma de decisiones en gerencia de proyectos, mediante simulaciones basadas en reglas
- e) Big Data e IA combinados: Análisis masivo de datos de sensores, GPS, y tráfico para planificación de nuevas vías y gestión predictiva de infraestructura existente.
- f) Otro (Especificar): _____

En una escala de 1 a 5, ¿cómo calificaría el nivel de integración de las tecnologías de IA con los sistemas existentes en su empresa/entidad?

1 (Muy Bajo)

2 (Bajo)

3 (Medio)

4 (Alto)

5 (Muy Alto)

Sección 3: Impacto y Eficiencia

En una escala de 1 a 5, ¿cómo considera que la IA ha impactado la eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura vial en su empresa/entidad?

1 (Muy Negativo)

2 (Negativo)

3 (Neutral)

4 (Positivo)

5 (Muy Positivo)

¿Ha observado cambios en los siguientes indicadores de desempeño desde la implementación de la IA? (marcar con X)

Indicador	Aumento	Disminución	Sin Cambio	No Aplica
Cumplimiento del cronograma				
Variación de costos del proyecto				
Tiempo de finalización del proyecto				
Retrabajos				

¿Cómo ha influido la IA en la toma de decisiones en su empresa/entidad?

a) Las decisiones se toman más rápido

- b) Las decisiones son más precisas
- c) Hay mayor confianza en las decisiones
- d) No ha habido cambios significativos

¿En qué medida está de acuerdo con las siguientes afirmaciones?

(Escala: 1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo)

Afirmación	1	2	3	4	5
La IA ha optimizado el uso de recursos (materiales, tiempo, etc.)					
La IA ha mejorado la gestión preventiva de riesgos en nuestros proyectos					
La IA ha reducido los costos en nuestros proyectos					
La IA ha mejorado la calidad de la infraestructura vial					

Sección 4: Desafíos y Oportunidades

¿Cuáles considera que son los principales desafíos para la adopción de la IA en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca? (Puede seleccionar varias opciones)

- a) Falta de talento especializado
- b) Costos elevados
- c) Falta de infraestructura tecnológica
- d) Preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos
- e) Resistencia al cambio por parte del personal

f) Falta de regulación clara

g) Otro (Especificar): _____

¿Qué acciones considera necesarias para fomentar la integración de la IA en la gerencia de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Colombia?

Respuesta abierta

6.5 Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos en las encuestas se tendrán en consideración las siguientes técnicas estadísticas:

Cálculo de frecuencias y porcentajes: Para variables categóricas (por ejemplo, el uso de IA en diferentes áreas, tipos de tecnologías de IA utilizadas, desafíos para la adopción de IA). Esto permitirá conocer la distribución de las respuestas.

Cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (desviación estándar, varianza): Para variables cuantitativas (por ejemplo, años de experiencia, nivel de integración de IA, impacto en la eficiencia). Esto dará una idea de los valores típicos y la variabilidad en las respuestas.

Tablas de contingencia: Esta nos ayudara a explorar relaciones entre variables y patrones de respuesta según perfiles de participantes.

Análisis comparativo de indicadores (antes y después): Para preguntas sobre cambios en cronogramas, costos, retrabajos desde la adopción de IA. Esto nos ayudara a detectar variaciones positivas, negativas o nulas de desempeño

Análisis de contenido (para respuestas abiertas): El objetivo será Identificar temas recurrentes, codificar respuestas en categorías, y detectar recomendaciones o preocupaciones comunes.

7. Análisis y discusión de los resultados

A partir del tratamiento estadístico de las respuestas asociadas a las preguntas de la encuesta descrita en el **numeral 6.4** del presente informe, se presentan a continuación los principales hallazgos, organizados conforme a las dimensiones definidas en la definición de variables y en relación directa con los objetivos específicos de la investigación.

Perfil profesional

Cargo/Posición

Ilustración 1 Perfil Profesional



Fuente: Propia

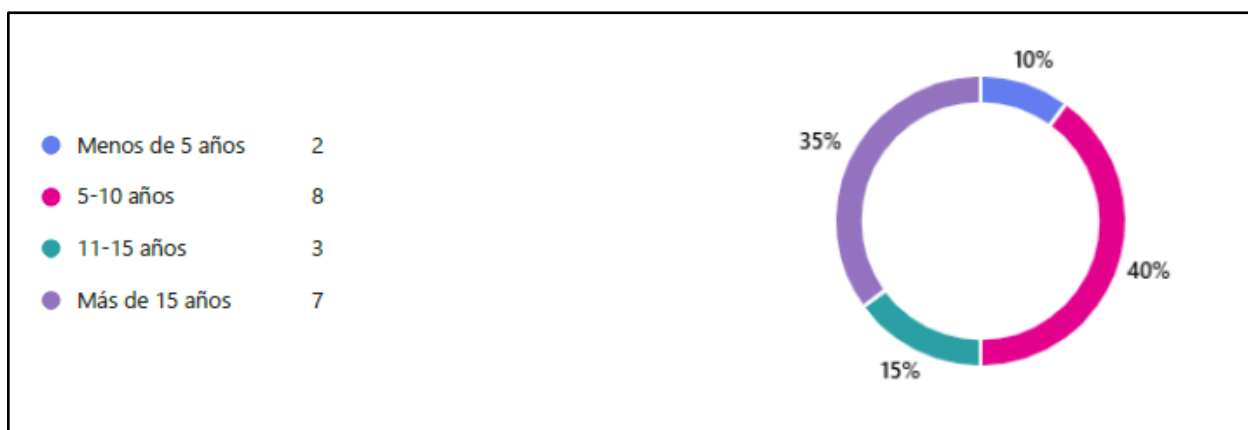
Teniendo en cuenta los resultados evidenciados en la **Ilustración 1** se puede interpretar lo siguiente:

- **Diversidad de roles:** Se cuenta con perfiles técnicos (diseñadores, especialistas), operativos (residentes, inspectores) y estratégicos (coordinadores, directores).
- **Cargos más representados:** Ingenieros civiles y directores de proyectos.
- **Nivel de experiencia y visión estratégica:** La mezcla de roles operativos y gerenciales permite una mirada amplia sobre el impacto y adopción de la IA en distintas fases del proyecto (desde diseño hasta ejecución y supervisión).

Experiencia profesional

Años de experiencia en el sector de construcción vial

Ilustración 2 Experiencia Profesional



Fuente: Propia

Como se muestra en la **Ilustración 2**, los años de experiencia de los profesionales encuestados se interpreta así:

Mayoría con experiencia intermedia:

- El 40% tiene entre 5 y 10 años en el sector, lo que representa una base sólida pero aún en desarrollo profesional.
- Estos perfiles son clave para la adopción tecnológica, pues suelen estar abiertos a nuevas herramientas como la IA.

Alta presencia de profesionales senior:

- El 35% tiene más de 15 años de experiencia y el 15% tiene entre 11 y 15 años de experiencia, lo que aporta conocimiento estratégico y visión histórica de los cambios en el sector.
- Pueden tener resistencia al cambio o, por el contrario, capacidad de liderazgo en implementación de nuevas tecnologías si están convencidos de su valor.

Participación de nuevos profesionales:

- El 10% tiene menos de 5 años de experiencia.

- Este grupo puede estar más familiarizado con herramientas digitales desde la formación universitaria, aunque puede carecer de autoridad para implementar cambios.

Participación por tipo de entidad

Empresa/Entidad a la que pertenece

Ilustración 3 Participación tipo entidad



Fuente: Propia

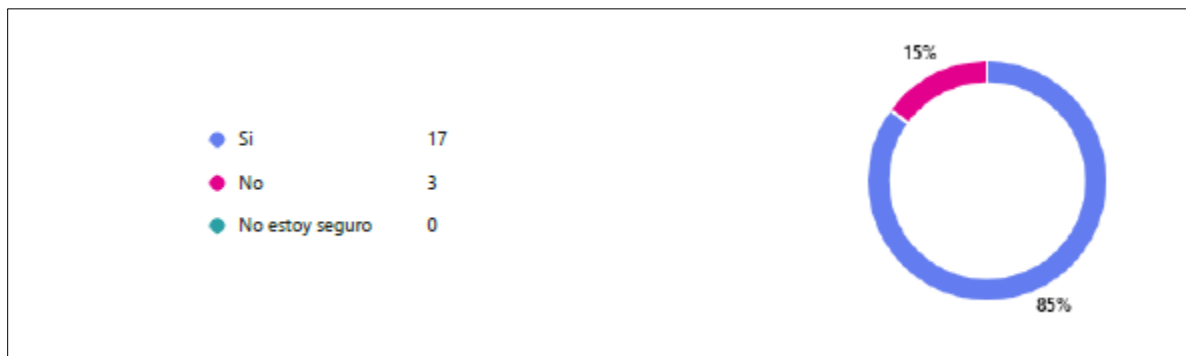
A partir de la **Ilustración 3**, se puede interpretar la participación de los encuestados por tipo de entidad:

- **Diversidad empresarial:** La mayoría proviene de empresas distintas, lo que aporta una visión más rica y transversal del sector.
- **Alto porcentaje de independientes (25%):** Indica una presencia relevante de profesionales autónomos o contratistas frecuentes. Estos pueden tener una perspectiva más crítica o variada sobre la implementación de IA, ya que trabajan en distintos contextos.
- **NOGAALL SAS con 4 respuestas (20%):** Posible sesgo si sus empleados tienen visiones similares.
- **Presencia de consultoras reconocidas:** Casos como LITORAL CONSULTING o JAM INGENIERÍA pueden indicar que algunas respuestas vienen de áreas especializadas en diseño, modelación o supervisión.

Conocimiento del entorno

¿Su empresa/entidad ha participado en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca?

Ilustración 4 Conocimiento del entorno



Fuente: Propia

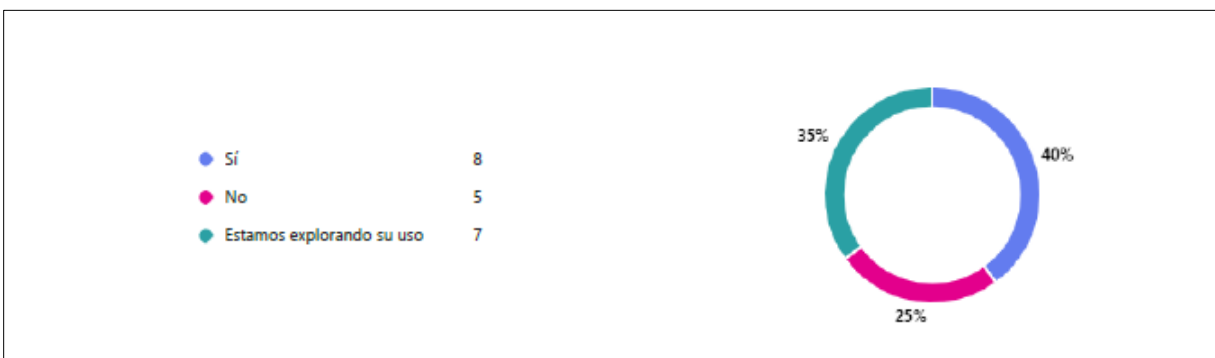
La visualización tipo pastel en la **Ilustración 4**, permite apreciar el conocimiento del entorno que tienen los encuestados:

- **Amplia experiencia territorial en Cundinamarca (85%)**: La mayoría de los encuestados han estado involucrados en proyectos viales en el departamento de Cundinamarca. Esto sugiere que las percepciones, beneficios o desafíos de la IA están basados en contextos reales y recientes en esta región.
- **Minoría sin participación (15%)**: Podría tratarse de empresas con operaciones en otras zonas o recién llegadas al sector. Este grupo puede aportar una visión externa o comparativa con otras regiones.
- No hubo respuestas de incertidumbre (“No estoy seguro”), lo que indica que los participantes conocen bien el historial de proyectos de sus empresas.

Adopción institucional de IA

Su empresa/entidad utiliza actualmente tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) en proyectos de construcción de vías?.

Ilustración 5 Adopción de la IA



Fuente: Propia

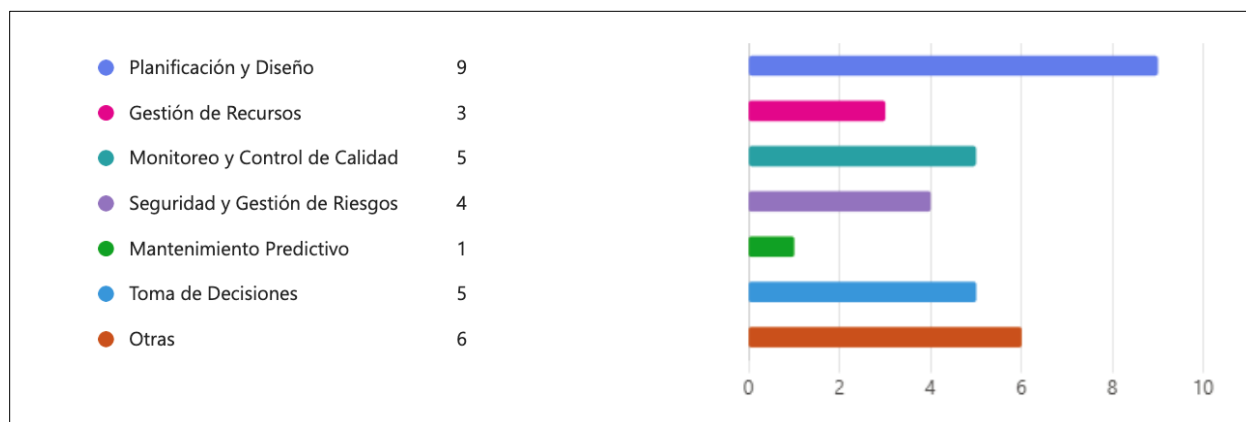
Tal como lo muestra la **Ilustración 5** de Adopción institucional de IA, los datos presentan el siguiente comportamiento:

- **Solo el 40% la usa activamente:** Aunque la mayoría de encuestados personales dice haber usado IA (ver gráfica anterior), solo 8 de las empresas representadas la aplican de forma institucionalizada o activa.
- **Gran interés en exploración (35%):** Una porción significativa de empresas está en fase de evaluación o pruebas, lo que sugiere un mercado en transición hacia la adopción tecnológica. Esto representa una oportunidad para formación, inversión y asesoría técnica.
- **Una cuarta parte aún no adopta IA (25%):** Esto podría indicar; falta de conocimiento sobre aplicaciones concretas, recursos limitados, retos de integración con procesos actuales.

Uso y aplicación de tecnologías de IA en proyectos viales

En caso afirmativo, ¿en qué áreas se utiliza la IA?

Ilustración 6 Áreas aplicación IA



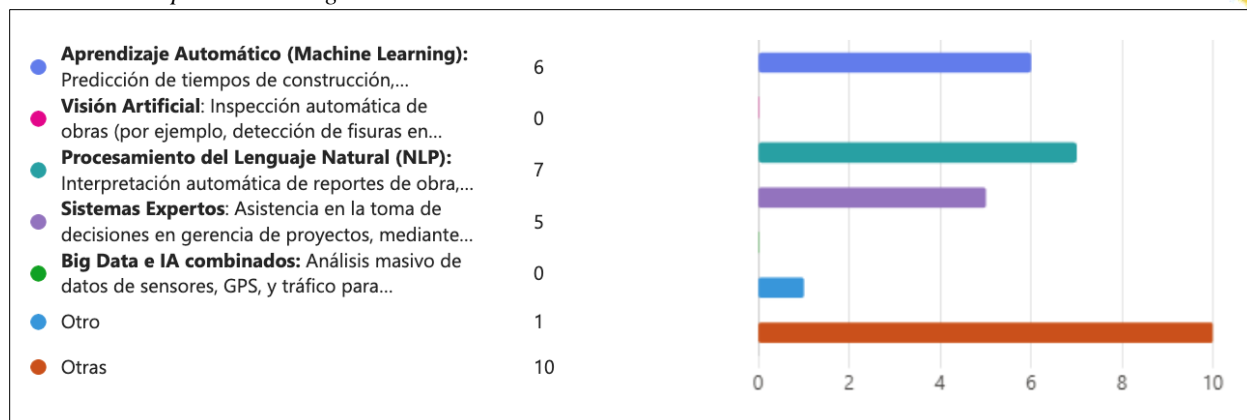
Fuente: Propia

Los datos que se muestran en la **Ilustración 6** dejan en evidencia que las áreas con mayor aplicación de inteligencia artificial son la planificación y diseño de los proyectos, con 9 menciones, seguida por actividades de monitoreo y control de calidad, así como toma de decisiones, ambas con 5 menciones. Llama la atención que el uso de IA en mantenimiento predictivo o en gestión de recursos es muy bajo, lo cual puede asociarse a limitaciones en infraestructura tecnológica, o a una priorización de funciones más estratégicas dentro del ciclo de vida del proyecto.

Tecnologías de IA aplicadas

¿Qué tipos de tecnologías de IA se han aplicado a los proyectos viales? (Puede seleccionar varias opciones)

Ilustración 7 Tipos de tecnología IA



Fuente: Propia

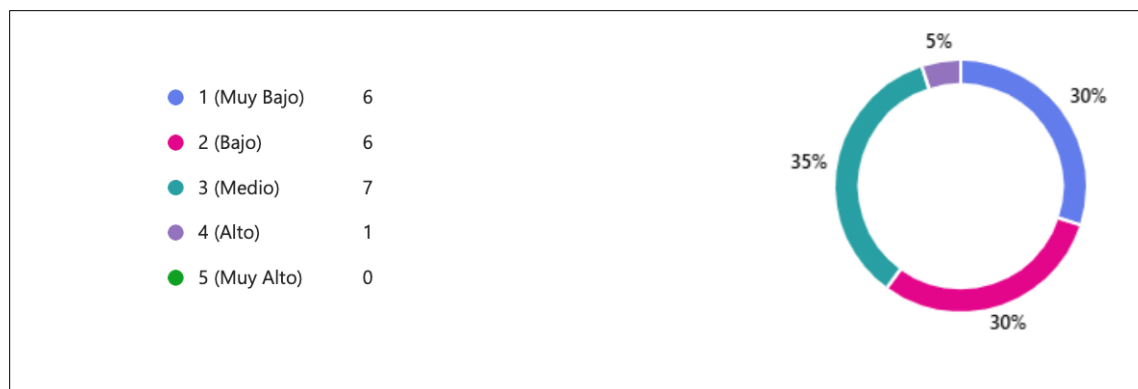
A partir de la representación de resultados en la **Ilustración 7** respecto a los tipos de tecnologías implementadas, se destacan herramientas como el procesamiento de lenguaje natural (7 respuestas) y el aprendizaje automático (6 respuestas). También se menciona el uso de sistemas expertos en algunos casos. No obstante, tecnologías más complejas o dependientes de hardware especializado, como visión artificial o Big Data combinado con IA, no fueron reportadas, lo cual refuerza la hipótesis de una adopción parcial centrada en soluciones digitales de menor barrera técnica.

Estas observaciones permiten concluir que la IA está siendo explorada principalmente en etapas tempranas del proyecto y en funciones de carácter analítico o documental, en línea con lo planteado por autores como Chien, Wei y Lin (2020), quienes señalan que la integración progresiva de la IA inicia típicamente en los procesos de diseño y modelado de información.

Grado de integración y percepción del impacto

En una escala de 1 a 5, ¿cómo calificaría el nivel de integración de las tecnologías de IA con los sistemas existentes en su empresa/entidad?

Ilustración 8 Grado de integración de IA



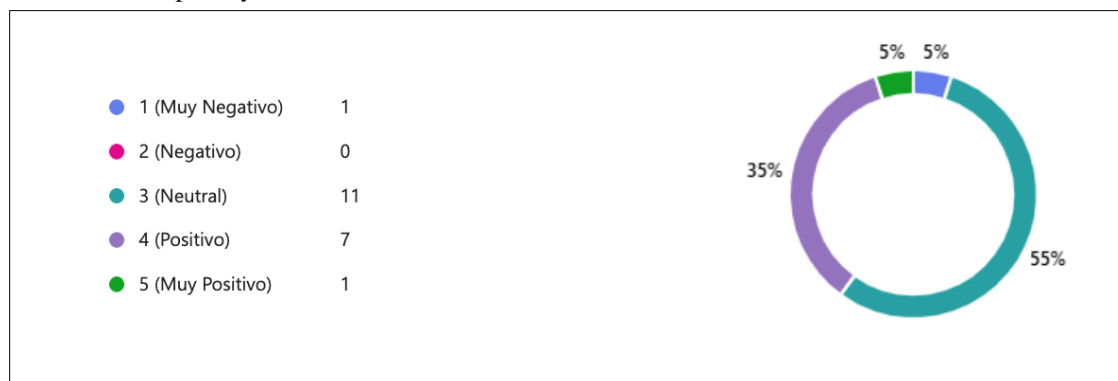
Fuente: Propia

Como se muestra en la representación de resultados de la **Ilustración 8** en cuanto al nivel de integración de las tecnologías de IA con los sistemas existentes, la mayoría de las respuestas se concentran entre niveles bajo (6) y medio (7), lo cual indica que las herramientas aún no han sido implementadas de manera transversal ni se han articulado completamente con los sistemas de gestión de proyectos existentes. Esta situación puede responder tanto a limitaciones técnicas como a la falta de alineación entre áreas tecnológicas y de operación.

Impacto de la IA en la eficiencia

En una escala de 1 a 5, ¿cómo considera que la IA ha impactado la eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura vial en su empresa/entidad?

Ilustración 9 Impacto y eficiencia



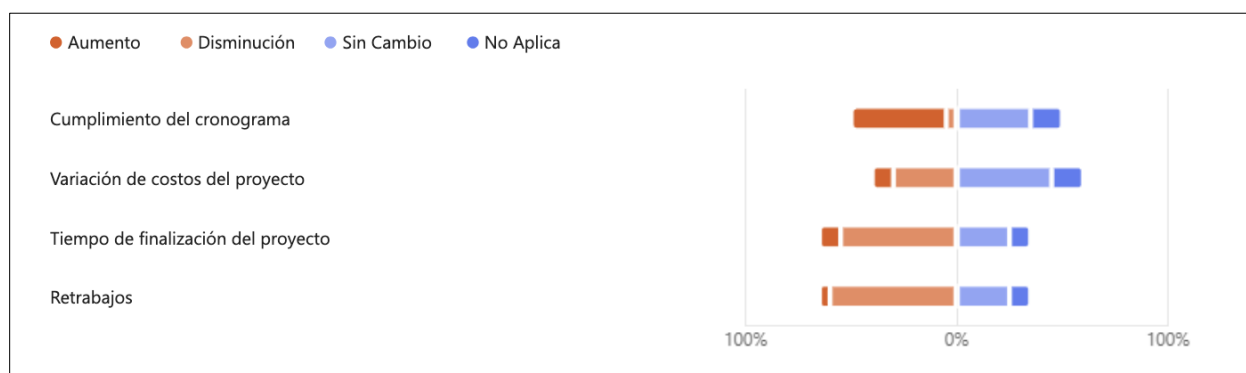
Fuente: Propia

Según la **Ilustración 9** en relación con el impacto percibido sobre la eficiencia, se observa una tendencia a respuestas neutrales (11 casos), aunque un grupo significativo de encuestados (7) considera que el impacto ha sido positivo, y uno lo califica como muy positivo. Estas percepciones reflejan que, si bien hay avances, los efectos de la IA aún no se manifiestan de manera sistemática en los indicadores de gestión.

Seguimiento de indicadores y capacidad de medición

¿Ha observado cambios en los siguientes indicadores de desempeño desde la implementación de la IA?

Ilustración 10 Seguimiento indicadores



Fuente: Propia

En la **Ilustración 10** se observan las respuestas de los encuestados, y está orientada a evaluar si se han observado cambios en indicadores como el cumplimiento del cronograma, variaciones de costos, tiempos de finalización o retrabajos, no presentó respuestas concluyentes. Esto podría deberse a dos razones: la dificultad para atribuir los resultados directamente al uso de IA o la ausencia de metodologías formales de medición en las organizaciones consultadas.

Tal como lo indica el modelo de madurez en gestión de proyectos propuesto por Kerzner (2019), la falta de seguimiento a indicadores clave es una señal de que la transformación digital aún no ha sido acompañada de un sistema de monitoreo robusto, lo cual limita la capacidad de evaluar objetivamente los beneficios reales de la IA en proyectos viales.

Toma de decisiones

¿Cómo ha influido la IA en la toma de decisiones en su empresa/entidad?

Ilustración 11 Toma de decisiones



Fuente: Propia

A partir de la visualización de los datos en la **Ilustración 11**, se observa que el 37% de los participantes en la encuesta expresaron que la Inteligencia Artificial ha facilitado el proceso de toma de decisiones en sus entidades. Esto indica que las herramientas de Inteligencia Artificial están demostrando su eficacia para manejar datos y proporcionar información en tiempo real, favoreciendo respuestas más rápidas en proyectos de edificación de vías.

Con un 30%, la exactitud al tomar decisiones es otro beneficio resaltado por los participantes. La Inteligencia Artificial parece estar potenciando la calidad de las decisiones al minimizar fallos y ofrecer análisis más exhaustivos, lo cual es vital en un sector donde la precisión influye directamente en costos y plazos.

Un 18.5% indicó un incremento en la confianza para tomar decisiones, lo que señala que la Inteligencia Artificial no solo impacta en la velocidad y exactitud, sino también en la seguridad y el respaldo que los encargados experimentan al fundamentarse en datos y modelos predictivos.

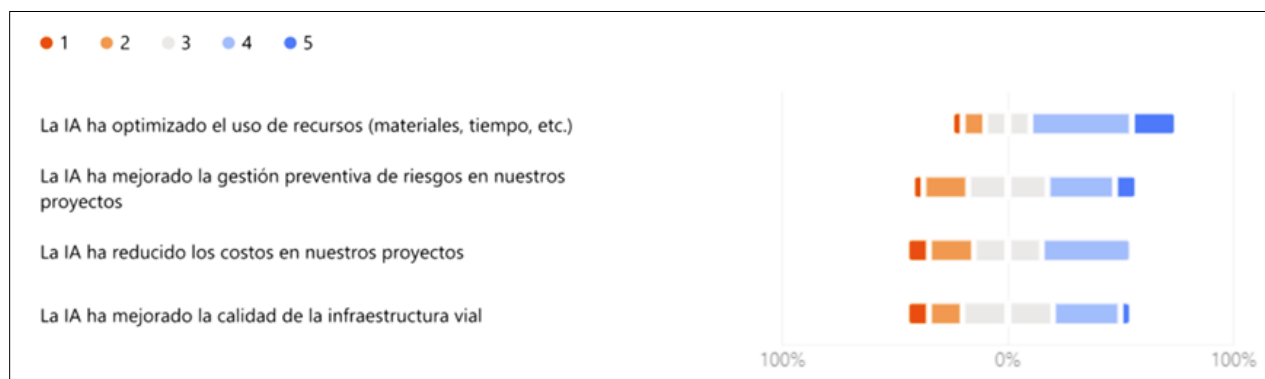
Un 15% no ha notado un impacto significativo de la Inteligencia Artificial en sus procesos de toma de decisiones, lo que podría ser resultado de la escasa adopción de tecnologías,

ausencia de formación o a que la IA todavía no se ha incorporado completamente en sus procesos laborales.

Impactos de la IA

¿En qué medida está de acuerdo con las siguientes afirmaciones?

Ilustración 12 Impactos de la IA



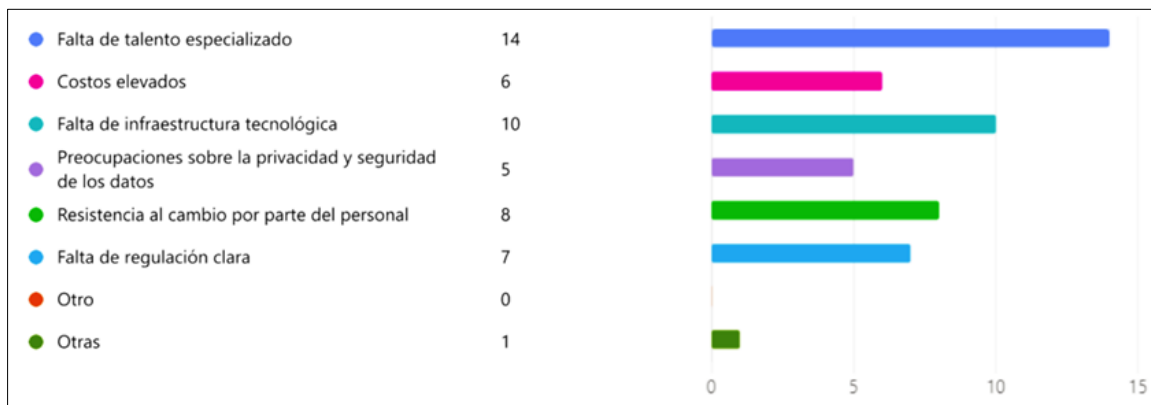
Fuente: Propia

Los resultados representados gráficamente en la **Ilustración 12**, muestran que las respuestas señalan una visión moderadamente favorable del efecto de la Inteligencia Artificial. La optimización de recursos es donde la Inteligencia Artificial obtiene una valoración superior (media más elevada). La reducción de costos es el elemento con menor aceptación, lo que indica que todavía existen obstáculos o escasas pruebas de ahorro económico evidente. La valoración de la infraestructura y la administración de riesgos es positiva, aunque existe un margen para incrementar la percepción.

Desafíos

¿Cuáles considera que son los principales desafíos para la adopción de la IA en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca?

Ilustración 13 Desafíos de la IA



Fuente: Propia

Desde la perspectiva de la **Ilustración 13**, se puede interpretar que el reto más significativo detectado es la falta de personal con las habilidades requeridas para implementar y administrar soluciones de Inteligencia Artificial. Esto subraya la importancia de potenciar la educación y formación en tecnologías novedosas en el sector de la construcción en Cundinamarca.

La falta de infraestructura apropiada restringe la habilidad para incorporar herramientas de Inteligencia Artificial, tales como sistemas de procesamiento de datos sofisticados o redes sólidas, lo cual puede obstaculizar la implementación eficaz de estas tecnologías.

El cambio cultural y organizacional representa un desafío importante, en el que los empleados pueden mostrar resistencia a incorporar tecnologías emergentes, probablemente por miedo a la automatización o carencia de conocimiento.

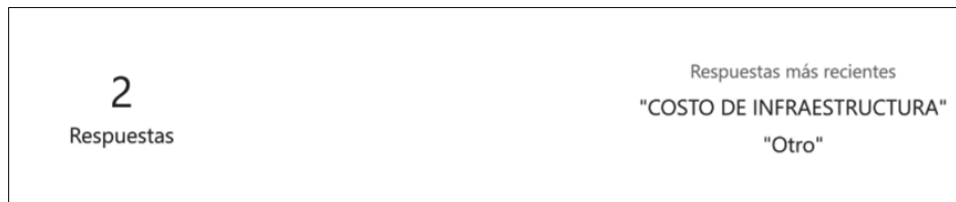
La falta de un marco normativo específico provoca dudas acerca del uso, la ética y la responsabilidad en la gestión de IA, lo cual puede impactar en la confianza para su puesta en marcha.

Los gastos vinculados a la compra, puesta en marcha y conservación de tecnologías de Inteligencia Artificial son un obstáculo que restringe la inversión, en particular para compañías con presupuestos limitados.

Las preocupaciones en torno al tratamiento seguro y moral de los datos empleados por sistemas de inteligencia artificial impactan en la adopción, debido al peligro de vulnerabilidades o uso indebido de los datos.

Si seleccionaste 'Otro' en la pregunta anterior, por favor especifícalo a continuación.

Ilustración 14 otros desafíos



Fuente: Propia

Se hace evidente, mediante la **Ilustración 14**, que la respuesta extra registrada en la categoría "Otro" fue "Costo de infraestructura", que coincide directamente con dos preguntas previamente reconocidos en la consulta anterior:

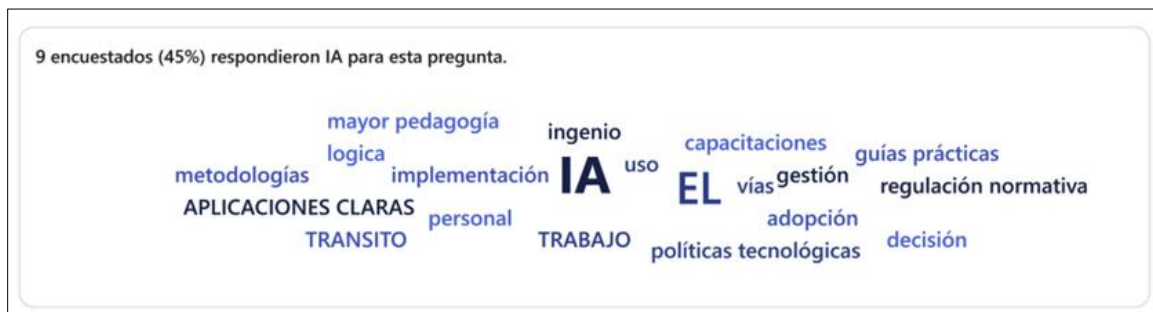
- Insuficiencia de infraestructura tecnológica
- Costos altos

Esto señala que, pese a ser categorizada como "Otro", esta respuesta refuerza la idea de que la inversión requerida en infraestructura tecnológica (hardware, software, conectividad, almacenamiento, etc.) representa uno de los principales impedimentos para la implementación de IA en proyectos de edificación de carreteras.

Oportunidades

¿Qué acciones considera necesarias para fomentar la integración de la IA en la gerencia de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Colombia?

Ilustración 15 Fomento de la integración IA



Fuente: Propia

La **Ilustración 15** proporciona un panorama de las respuestas de los encuestados de una pregunta abierta, los encuestados proporcionan múltiples acciones clave para fomentar la integración de la IA en la gerencia de proyectos viales, destacándose especialmente la formación técnica, la regulación adecuada, la integración tecnológica y la comunicación de casos exitosos.

8. Discusión de resultados

A continuación, realizaremos una discusión de los resultados obtenidos en la encuesta con cada uno de los objetivos específicos de la investigación.

Objetivo específico 1: Examinar las principales problemáticas en la gestión de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Cundinamarca que podrían ser abordadas mediante el uso de inteligencia artificial.

La gestión de proyectos viales en Cundinamarca enfrenta desafíos relevantes como la escasez de personal capacitado en tecnologías digitales, la falta de infraestructura tecnológica adecuada y la resistencia cultural al cambio. Estos factores limitan la adopción de herramientas de Inteligencia Artificial (IA).

Los sistemas actuales carecen de mecanismos robustos de medición y trazabilidad de indicadores, dificultando la evaluación del impacto de la IA sobre el desempeño del proyecto. La ausencia de líneas base y seguimiento sistemático reduce la capacidad de tomar decisiones informadas.

La falta de un marco normativo claro sobre el uso de IA en la construcción genera incertidumbre legal y técnica en las organizaciones.

Objetivo específico 2: Identificar las funciones del gerente de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Cundinamarca que pueden ser optimizadas o complementadas con inteligencia artificial.

Los hallazgos del análisis estadístico de la encuesta (punto 6.4) facilitan la identificación de funciones esenciales del gerente de proyectos viales en Cundinamarca que pueden robustecerse a través de la implementación de inteligencia artificial (IA), acorde con el segundo propósito específico de la investigación.

La diversidad del perfil de los participantes en la encuesta (Ilustración 1) y su experiencia de nivel medio-alto (Ilustración 2) ofrecen una perspectiva completa del ciclo del proyecto. Las tareas que pueden ser más asistidas por la Inteligencia Artificial son la planificación, diseño, supervisión y toma de decisiones (Ilustración 6), particularmente a través de herramientas como el aprendizaje automático y el procesamiento de lenguaje natural (Ilustración 7).

No obstante, la incorporación de la Inteligencia Artificial en los procesos todavía es limitada (Ilustración 8), lo que restringe su verdadero efecto en la eficiencia (Ilustración 9) y en la optimización de indicadores esenciales (Ilustración 10). No obstante, los participantes en la encuesta indican ventajas en la toma de decisiones, tales como mayor agilidad, exactitud y seguridad (Ilustración 11).

La optimización de recursos y la administración de riesgos (Ilustración 12) sobresalen como sectores con gran potencial de mejora, aunque aún existen obstáculos como la escasez de personal formado, infraestructura y elevados gastos (Ilustración 13 y 14).

Para avanzar en la integración de la Inteligencia Artificial en la administración de proyectos, se sugiere potenciar la capacitación técnica, definir marcos normativos claros e incorporar las tecnologías emergentes con los sistemas ya existentes (Ilustración 15).

Objetivo específico 3: Analizar el uso de la inteligencia artificial en proyectos de construcción de vías en Cundinamarca, identificando su grado de adopción, barreras de implementación y lecciones aplicables a partir de experiencias internacionales.

Los hallazgos del sondeo realizado facilitan el análisis del nivel de adopción, obstáculos y posibilidades del empleo de la inteligencia artificial (IA) en proyectos de edificación de vías en Cundinamarca.

Los participantes de la encuesta representan una variedad de perfiles técnicos y estratégicos, con extensa experiencia en la industria (Ilustración 1 y 2). El 85% ha colaborado en proyectos de infraestructura en Cundinamarca (Ilustración 4), lo que confiere a las respuestas una validez contextual.

Solo el 40% de las organizaciones emplea actualmente Inteligencia Artificial en sus iniciativas (Ilustración 5), destacando las áreas de planificación, diseño y control de calidad como las más favorecidas (Ilustración 6). Las tecnologías más utilizadas son el procesamiento de lenguaje natural y el aprendizaje automático (Ilustración 7), a pesar de que la integración con los sistemas ya existentes aún es restringida (Ilustración 8).

Respecto al efecto, la mayoría experimenta ventajas en la toma de decisiones, particularmente en rapidez y exactitud (Ilustración 11), aunque no se observan avances significativos en indicadores de administración (Ilustración 10), lo que indica ausencia de monitoreo y seguimiento formal.

Los principales obstáculos para la implementación de la Inteligencia Artificial abarcan la falta de personal cualificado, infraestructura deficiente, resistencia al cambio, costos elevados y la falta de regulaciones claras (Ilustración 13). Como oportunidades, resalta la importancia de capacitación técnica, una regulación apropiada y la divulgación de casos exitosos (Ilustración 15), siguiendo las buenas prácticas internacionales.

Objetivo específico 4: Sugerir acciones para la integración de inteligencia artificial en la gerencia de proyectos de ingeniería en la construcción de vías en Colombia.

La integración eficaz de la IA requiere una estrategia integral basada en cuatro pilares: formación técnica especializada, inversión en infraestructura digital, gestión del cambio organizacional y desarrollo de un marco normativo específico.

Formación técnica especializada

La falta de talento capacitado fue identificada como el principal obstáculo para la adopción de IA (Ilustración 13), con una frecuencia notable entre los encuestados. Por tanto, se propone implementar programas de formación dirigidos tanto a perfiles técnicos como a cargos directivos. Estos programas deben incluir contenidos relacionados con algoritmos de IA aplicados a la construcción, interpretación de modelos predictivos, procesamiento de datos de sensores y análisis de riesgos asistido por tecnología. Es esencial que estas iniciativas sean lideradas en conjunto por universidades, gremios del sector (como la Cámara Colombiana de la Infraestructura) y centros de innovación tecnológica.

Inversión en infraestructura digital

Otro de los factores limitantes identificados es la carencia de infraestructura tecnológica adecuada. Este componente implica dotar a las entidades —tanto públicas como privadas— de recursos como redes seguras, servidores, plataformas de modelado, software especializado (BIM + IA), así como sensores para recopilación de datos en campo. La inversión debe priorizar la interoperabilidad de los sistemas, garantizando que las soluciones de IA puedan integrarse fácilmente a los sistemas de gestión existentes. De igual forma, se deben considerar incentivos fiscales o líneas de crédito orientadas a financiar esta modernización tecnológica.

Gestión del cambio organizacional

La resistencia al cambio por parte del personal fue otro desafío recurrente identificado en la investigación. Para mitigar este fenómeno, es fundamental desarrollar estrategias de gestión del

cambio que incluyan procesos de sensibilización, divulgación de beneficios reales, acompañamiento técnico y la creación de "embajadores digitales" dentro de los equipos de trabajo. La IA no solo requiere tecnología, sino también una transformación cultural que promueva la innovación, la experimentación y la confianza en la toma de decisiones basadas en datos.

Marco normativo específico y ético

Finalmente, la ausencia de una regulación clara sobre el uso de inteligencia artificial en proyectos de infraestructura genera incertidumbre legal y técnica. Se sugiere que el país avance en la formulación de una política pública específica para IA aplicada a infraestructura, que incluya lineamientos sobre seguridad de la información, protección de datos, responsabilidades legales frente a decisiones automatizadas, interoperabilidad y transparencia algorítmica. La regulación debe fomentar la adopción responsable, garantizar la equidad en el acceso a estas tecnologías, y establecer estándares mínimos de calidad.

9. Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten identificar que la gestión de proyectos viales en Cundinamarca enfrenta limitaciones significativas que pueden ser mitigadas con el uso de inteligencia artificial (IA). La encuesta aplicada a profesionales del sector reveló como principales problemáticas la falta de personal capacitado en IA, la carencia de infraestructura tecnológica adecuada, los altos costos de adopción y la resistencia organizacional al cambio. Estas barreras son coherentes con estudios previos y reflejan un entorno aún en proceso de maduración tecnológica. Se confirma, por tanto, el cumplimiento de este objetivo al evidenciar claramente qué obstáculos existen y cómo la IA podría contribuir a resolverlos, especialmente en términos de eficiencia, análisis predictivo y automatización de procesos.

El análisis de las respuestas permitió identificar que las funciones del gerente de proyectos con mayor potencial de mejora mediante inteligencia artificial son aquellas relacionadas con la planificación, el diseño, la toma de decisiones, el monitoreo y el control de calidad. Estas actividades ya presentan ciertas aplicaciones de IA, como el uso de modelos predictivos o el análisis de datos para soportar decisiones estratégicas. Sin embargo, áreas como el mantenimiento predictivo y la gestión de recursos aún muestran un bajo nivel de implementación, lo que representa una oportunidad de mejora. Este objetivo se considera cumplido, al haberse determinado con claridad cuáles responsabilidades del gerente pueden ser optimizadas con IA y en qué medida están siendo aprovechadas actualmente.

La investigación mostró que el grado de adopción de la IA en el sector vial de Cundinamarca es moderado, con solo el 40% de las entidades aplicándola de manera activa y un 35% en fase exploratoria. Las tecnologías más utilizadas incluyen procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático y sistemas expertos, aplicadas principalmente en etapas de diseño y análisis. Las barreras detectadas —tecnológicas, económicas, normativas y culturales— coinciden con las reportadas a nivel internacional, lo que permite concluir que el sector local enfrenta desafíos comunes, pero también tiene acceso a aprendizajes globales que pueden

facilitar su evolución. Este objetivo se cumplió plenamente al documentarse el estado actual, las dificultades concretas y las conexiones con tendencias internacionales.

Con base en los hallazgos de la encuesta y el análisis documental, se proponen como acciones prioritarias: el fortalecimiento de la formación técnica del personal, la modernización de la infraestructura digital, la adopción de políticas regulatorias específicas y la comunicación de casos de éxito para fomentar la confianza en el uso de IA. Estas sugerencias surgieron de forma directa en las respuestas abiertas de los encuestados y se alinean con prácticas recomendadas en otros contextos internacionales. El procedimiento seguido permitió identificar medidas concretas, viables y pertinentes al contexto colombiano, por lo que se considera que el objetivo fue cumplido en su totalidad.

El desarrollo de esta investigación permitió cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados, mediante la aplicación de una encuesta estructurada a profesionales del sector de infraestructura vial con experiencia en Cundinamarca. Se evidenció que, aunque la adopción de inteligencia artificial aún es parcial, existe un interés creciente por su implementación, especialmente en funciones analíticas, estratégicas y de soporte a decisiones. No obstante, persisten limitaciones estructurales y culturales que deben ser abordadas mediante acciones concretas y políticas públicas que promuevan una transformación digital inclusiva, sostenible y alineada con las necesidades del territorio. Los hallazgos obtenidos no solo enriquecen el entendimiento actual del tema, sino que también ofrecen insumos relevantes para la formulación de estrategias de mejora en la gestión de proyectos de ingeniería en Colombia.

10. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos y del análisis técnico realizado, se presentan las siguientes recomendaciones para fomentar la integración eficaz de la inteligencia artificial en la gerencia de proyectos de construcción de vías en Colombia:

1. Diseñar programas de capacitación técnica y gerencial en IA, dirigidos al personal de empresas constructoras, consultoras y entidades públicas, con enfoque en herramientas prácticas aplicadas al ciclo de vida del proyecto.
2. Promover alianzas público-privadas para la inversión en infraestructura digital, especialmente en regiones con menor nivel de conectividad o acceso a tecnologías emergentes.
3. Desarrollar campañas de sensibilización sobre los beneficios de la IA, con énfasis en casos reales, reducción de riesgos, y mejoras en la eficiencia y calidad de la ejecución de obras.
4. Crear pilotos demostrativos en proyectos viales estratégicos, que permitan validar la utilidad de la IA y generar lecciones aprendidas que puedan ser replicadas en otras regiones.
5. Fortalecer el marco regulatorio nacional, impulsando una normativa específica sobre el uso ético, técnico y operativo de IA en la infraestructura, en línea con estándares internacionales.
6. Fomentar sistemas de monitoreo de desempeño apoyados en IA, que permitan hacer seguimiento a indicadores clave como cronograma, costos, calidad de obra y gestión de riesgos.
7. Apoyar investigaciones interdisciplinarias sobre IA y proyectos de infraestructura, articulando a universidades, centros de desarrollo tecnológico y el sector empresarial para construir conocimiento aplicado y contextualizado.

Estas recomendaciones buscan servir de hoja de ruta tanto para entidades del sector público como para empresas del sector privado interesadas en avanzar hacia un modelo de gestión de proyectos más moderno, predictivo y sostenible.

Referencias

Brace, I. (2018). *Questionnaire design: How to plan, structure and write survey material for effective market research* (3rd ed.). Kogan Page.

<https://www.koganpage.com/product/questionnaire-design-9780749481971>

Bravo Colina, F. A. (2024, 25 de noviembre). Inteligencia Artificial: Definición, Evolución, Regulación E Impacto (Parte II). *Blog Jurídico - TECH*.

<https://telecomunicaciones.uexternado.edu.co/inteligencia-artificial-definicion-evolucion-regulacion-e-impacto-parte-ii/>

Camacol. (s.f.). *Infraestructura vial y desarrollo económico*. Cámara Colombiana de la Construcción.

Chien, H., Wei, L., & Lin, P. (2020). Artificial Intelligence in Project Management: A Systematic Review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(12), 04020144.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001926](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001926)

Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial (Documento CONPES 3975)*.

https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-210525_recurso_1.pdf

EADIC. (2024, 14 de febrero). La Inteligencia Artificial (IA) en el mantenimiento de las carreteras. *EADIC Blog*. <https://eadic.com/blog/entrada/la-inteligencia-artificial-ia-en-el-mantenimiento-de-las-carreteras/>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. John Wiley & Sons.

Gopal, P., Singh, R., & Verma, K. (2022). Automation in Construction: The Role of AI and Robotics in Infrastructure Development. *Automation in Construction*, 132, 103929.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103929>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education.

<https://www.mheducation.com.mx/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.html>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México: McGraw Hill. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=>

Instituto Nacional de Vías. (2023, 17 de abril). Inviás apuesta por el uso de tecnología e inteligencia artificial para optimizar recursos y mejorar la movilidad vial del país. <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/4554-invias-apuesta-por-el-uso-de-tecnologia-e-inteligencia-artificial-para-optimizar-recursos-y-mejorar-la-movilidad-vial-del-pais>

Intel. (s.f.). Infraestructura para carreteras inteligentes. *Intel*. Recuperado el 25 de marzo de 2025, de <https://www.intel.la/content/www/xl/es/transportation/smart-road-infrastructure.html>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. <https://www.iso.org/standard/68078.html>

Johnson, T., Wang, L., & Kim, H. (2023). Sustainable Construction: The Impact of AI on Green Building Projects. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104075. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104075>

Kerzner, H. (2019). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.

Lara, S. (2022). *La inteligencia artificial aplicada a la gestión de proyectos: Un estudio del estado del arte* [Tesis de máster, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/211455>

Liu, F., Zhang, T., & Chen, Y. (2022). Smart Cities and AI: The Case of Virtual Singapore. *Journal of Urban Technology*, 29(4), 22-39. <https://doi.org/10.1080/10630732.2022.2069548>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). *Estrategia nacional de inteligencia artificial*. <https://www.mintic.gov.co>

Muñoz, D., et al. (2022). Aportes a la inteligencia artificial hacia una construcción sostenible. *Revista CEA*, 8(1), 13-25. <https://revistas.uns.edu.ar/cea/article/view/4944>

OECD & CAF. (2022). *The strategic and responsible use of artificial intelligence in the public sector of Latin America and the Caribbean*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/the-strategic-and-responsible-use-of-artificial-intelligence-in-the-public-sector-of-latin-america-and-the-caribbean_1f334543-en.html

Pérez, J., & Gómez, L. (2023). Inteligencia Artificial en la Infraestructura Pública Chilena: Un Enfoque Hacia la Eficiencia y Sostenibilidad. *Revista Latinoamericana de Infraestructura*, 12(3), 45-67.

Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.

Rodríguez, E. (2018). Desafíos en la construcción de infraestructura vial en Colombia: Un análisis del sector de las vías en Cundinamarca. *Revista Colombiana de Infraestructura*, 14(1), 45-62.

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

Schmidt, M., & Becker, K. (2021). Machine Learning in Road Maintenance: The German Autobahn Case Study. *Transportation Research Record*, 2675(9), 34-49.
<https://doi.org/10.1177/0361198121991736>

Simon, H. A. (1977). *The New Science of Management Decision*. Prentice Hall.

UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*.
<https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2024). *Aplicación de los modelos de inteligencia artificial como apoyo en la gestión de conocimiento de proyectos*.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/64318/erojaspat.pdf?sequence=1>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2024). *Herramientas de inteligencia artificial en la gestión de proyectos*.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58474>

Wang, X., Li, Z., & Zhou, Y. (2021). AI-Driven Infrastructure Development in China: A Data-Driven Approach to Construction Management. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(2), 78-92. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14127>

Yamamoto, H., Takeda, S., & Nakamura, T. (2021). Big Data and AI in Infrastructure Management: Lessons from Japan and the UK. *International Journal of Infrastructure Planning*, 10(1), 112-135.