

¿Cómo influye el uso de herramientas de inteligencia artificial en la optimización de la toma de decisiones para la seguridad laboral y la reducción de accidentes en proyectos de construcción en Medellín en comparación con los métodos tradicionales?

Yanedis Alejandra Castrillón Mazo

Asesor

Martha Catalina Ospina Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Ingeniería industrial

2026

Agradecimientos

El desarrollo de esta investigación ha sido un proceso de profundo crecimiento profesional y personal, que no habría sido posible sin el apoyo crucial de varias figuras e institución.

De manera especial, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), no solo por brindarme la plataforma académica, sino por fomentar una cultura de investigación que me ha permitido abordar problemas reales y urgentes como la seguridad laboral. La flexibilidad y el rigor de la UNAD fueron la base de este logro.

Mi gratitud se dirige de forma muy personal al Ingeniero Gabriel Jaime Rivera y directora Martha Catalina Ospina Hernández. Su guía no fue meramente profesional, sino un constante desafío a la excelencia. Sus críticas constructivas y su fe en el potencial de este trabajo fueron la brújula que me orientó en los momentos de mayor complejidad metodológica.

Finalmente, este artículo es un testimonio de mi propia superación y compromiso. Agradezco a la versión de mí misma que persistió en largas jornadas de análisis de datos y revisiones bibliográficas. Dedico este logro a mi perseverancia, que demuestra que, con disciplina y pasión, es posible contribuir significativamente al conocimiento y a la búsqueda de soluciones que protejan la vida de los trabajadores en Medellín.

Resumen

El presente artículo examina la problemática de la seguridad laboral en el sector de la construcción en Medellín, donde persiste una alta incidencia de accidentes que comprometen la integridad de los trabajadores y generan pérdidas económicas para las empresas. Los enfoques tradicionales de prevención, centrados en inspecciones periódicas y capacitaciones manuales, resultan insuficientes frente a la complejidad de los riesgos dinámicos que caracterizan a las obras civiles. Como alternativa, se plantea la incorporación de sistemas de inteligencia artificial (IA) que, mediante herramientas como el análisis predictivo, la visión computacional y el aprendizaje automático, permiten monitorear en tiempo real las condiciones de trabajo, identificar conductas inseguras y generar alertas tempranas. Experiencias recientes en Colombia evidencian que la aplicación de estas tecnologías puede reducir significativamente la ocurrencia de incidentes graves, fortaleciendo tanto la seguridad ocupacional como la productividad. La investigación, de carácter documental, se fundamenta en una revisión sistemática de literatura científica y técnica orientada al análisis de modelos de gestión de riesgos y enfoques predictivos basados en inteligencia artificial. Se consideran estudios nacionales e internacionales que permiten contrastar los beneficios y limitaciones de la IA frente a los métodos convencionales, al tiempo que se identifican los principales retos para su implementación, relacionados con la aceptación cultural, la adaptación normativa y la sostenibilidad organizacional. En conjunto, el estudio busca aportar evidencia científica sobre la capacidad de la IA para optimizar la gestión preventiva en proyectos de construcción en Medellín, mostrando que su adopción no solo constituye un avance tecnológico, sino también una oportunidad para proteger la vida, promover la sostenibilidad social y económica del sector y mejorar la competitividad empresarial en un entorno altamente exigente

Palabras clave: seguridad laboral, construcción, inteligencia artificial (IA), análisis predictivo, visión computacional.

Abstract

This article examines the problem of occupational safety in the construction sector in Medellín, where a high incidence of accidents that compromise the safety of workers and generate economic losses for companies persists. Traditional prevention approaches, focused on periodic inspections and manual training, are insufficient in the face of the complexity of the dynamic risks that characterize civil engineering. As an alternative, the incorporation of artificial intelligence (AI) systems is proposed. These systems, using tools such as predictive analytics, computer vision, and machine learning, allow real-time monitoring of working conditions, identification of unsafe behaviors, and generation of early warnings. Recent experiences in Colombia show that the application of these technologies can significantly reduce the occurrence of serious incidents, strengthening both occupational safety and productivity. This documentary research is based on a systematic review of scientific and technical literature aimed at analyzing risk management models and predictive approaches based on artificial intelligence. National and international studies are considered, allowing us to contrast the benefits and limitations of AI compared to conventional methods, while also identifying the main challenges to its implementation, related to cultural acceptance, regulatory adaptation, and organizational sustainability. Overall, the study seeks to provide scientific evidence on the capacity of AI to optimize preventive management in construction projects in Medellín, showing that its adoption constitutes not only a technological advance, but also an opportunity to protect lives, promote the social and economic sustainability of the sector, and improve business competitiveness in a highly demanding environment.

Keywords: occupational safety, construction, artificial intelligence (AI), predictive analytics, computer vision.

Tabla de contenido

Introducción	10
Descripción del Problema	12
Formulación	13
Sistematización	13
Justificación y Enfoque de Investigación	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Alcances y Limitaciones	16
Alcances	16
Limitaciones	16
Delimitación del Estudio	16
Marco Teórico	17
Contextualización en el Sector Construcción de Medellín	17
Inteligencia Artificial (IA) en Seguridad Laboral	18
Comparación con Métodos Tradicionales	19
Impacto en Formación y Capacitación	20
Aplicación y Sostenibilidad en Medellín	21
Fundamentos Teóricos y Modelos	21

Teoría del Dominó Extendida.....	22
Modelos Predictivos y Visión Automatizada	22
Paradigma Adaptativo y Ciberfísico.....	22
Contextualización en el Sector Construcción de Medellín: Riesgo Dinámico y Específico	23
Ontología del Riesgo Dinámico.....	23
Paradigma Sectorial en Medellín.....	23
La Naturaleza del Riesgo en la Construcción Paisa.....	24
Impacto en Formación y Capacitación: El Empoderamiento del Trabajador.....	24
Estado del Arte: Uso de Inteligencia Artificial para la Seguridad Laboral en la Construcción en Medellín	26
Antecedentes y Desarrollo Histórico	26
Estudios Nacionales e Internacionales Relevantes	26
Enfoques, Avances y Comparación Crítica	28
Vacíos de Conocimiento y Pertinencia de Este Estudio	28
Diseño Metodológico.....	30
Fases de la Investigación Documental.....	30
Enfoque de la Investigación.....	30
Técnicas de Recolección de Datos.....	31
Población y Muestra Documental.....	32
Análisis y Procesamiento de la Información	32

Validez y Confiabilidad	33
Consideraciones Éticas	33
Procesamiento y Análisis Preliminar de Datos.....	35
Antecedentes Locales y Problemáticas Específicas en Medellín	36
El Desafío Topográfico y Urbano.....	37
Barreras Estructurales para la Innovación en Medellín	37
Resultados	39
Análisis y Discusión	42
Conclusiones	44
Recomendaciones	46
Referencias.....	47

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Estudios Nacionales e Internacionales Sobre IA Aplicada a la Seguridad Laboral en Construcción (2022–2025)</i>	27
Tabla 2 <i>Fases de la Investigación Documental</i>	30
Tabla 3 <i>Comparación de Métodos Tradicionales vs IA en Seguridad Laboral en Construcción</i>	34
Tabla 4 <i>Reducción de Accidentes por Estudios (2022-2025)</i>	39
Tabla 5 <i>Ahorro de Costos y Eficiencia</i>	40
Tabla 6 <i>Indicadores Clave e Innovaciones Globales</i>	40

Introducción

La seguridad laboral en el sector de la construcción se configura como un desafío significativo en Medellín, dada la alta incidencia de accidentes que afecta tanto la salud de los trabajadores como la productividad empresarial. En un contexto donde los métodos tradicionales de prevención, basados en inspecciones manuales y capacitaciones periódicas, muestran limitaciones para anticipar y gestionar riesgos en tiempo real, la incorporación de la inteligencia artificial (IA) surge como una propuesta innovadora con gran potencial (Isiseguridadindustrial, 2025).

La IA utiliza tecnologías avanzadas como el análisis predictivo, la visión computacional y el aprendizaje automático para monitorizar continuamente las obras, detectar conductas inseguras y emitir alertas tempranas que facilitan una toma de decisiones más rápida y acertada, contribuyendo así a reducir la accidentalidad laboral. En Colombia, se han registrado reducciones de hasta un 40% en accidentes graves en empresas que implementan estas herramientas, lo cual evidencia su eficacia y relevancia práctica (Isiseguridadindustrial, 2025; Fajardo-López, 2024).

Esta investigación aborda la pregunta: ¿Cómo influye el uso de herramientas de inteligencia artificial en la optimización de la toma de decisiones para la seguridad laboral y la reducción de accidentes en proyectos de construcción en Medellín comparados con métodos tradicionales? La respuesta a esta interrogante permitirá comprender la efectividad real de la IA frente a las prácticas convencionales, las cuales suelen ser más reactivas y menos adaptadas a la dinámica propia de las obras de construcción (Camilo Malaver, 2025).

Además, la integración de la IA en la gestión de seguridad laboral no sólo representa un avance tecnológico sino también una oportunidad para mejorar la sostenibilidad social y

económica del sector, alineándose con las normativas vigentes y potenciando la competitividad de las empresas constructoras en Medellín (Camacol, 2025; Conferencia Cumbre IA, 2025).

Con base en este panorama, el presente estudio busca aportar evidencia científica que permita consolidar la adopción de sistemas inteligentes para la prevención de riesgos laborales, optimizando la toma de decisiones y fortaleciendo la protección de la vida y el bienestar de los trabajadores de la construcción en Medellín.

Descripción del Problema

En la ciudad de Medellín, el sector de la construcción representa una de las actividades económicas de mayor crecimiento, pero también una de las que presentan más altos índices de accidentalidad laboral. Según reportes de entidades locales y nacionales, los trabajadores de la construcción enfrentan riesgos asociados a caídas en altura, manejo de maquinaria pesada, manipulación de materiales y deficiencias en los protocolos de seguridad. Esto demuestra que los métodos tradicionales de gestión de riesgos no siempre son suficientes para anticipar y prevenir este tipo de incidentes (Isiseguridadindustrial, 2025).

Si bien en la ciudad se han implementado programas de salud ocupacional y seguridad industrial, las estrategias convencionales como las inspecciones manuales o las capacitaciones periódicas presentan limitaciones para actuar de forma preventiva. De acuerdo con estudios realizados en Medellín, la integración de la inteligencia artificial en temas de seguridad y salud en el trabajo todavía es un tema emergente, y se han identificado vacíos legales y económicos que dificultaron su implementación completa, tanto en el sector público como en el privado, entre los años 2020 y 2023 (Universidad Minuto de Dios, 2023)

Ante esta situación, la inteligencia artificial aparece como una alternativa innovadora y de gran potencial, ya que, a través de herramientas como la visión computacional, el análisis predictivo y el aprendizaje automático, es posible realizar monitoreo en tiempo real de las obras, detectar conductas inseguras y emitir alertas tempranas que permitan tomar decisiones más efectivas para reducir la accidentalidad. Incluso, en algunas empresas del país ya se han registrado disminuciones de hasta un 40% en los accidentes graves gracias al uso de estas tecnologías (Isiseguridadindustrial, 2025)

Comparar el impacto de estas herramientas de IA con los métodos tradicionales de seguridad en la construcción en Medellín permitirá evidenciar qué tan efectivas son para optimizar la toma de decisiones, reducir accidentes laborales y mejorar la seguridad de los trabajadores. Además, se busca aportar al cumplimiento de normativas de seguridad vigentes y promover la adopción de soluciones tecnológicas que fortalezcan la sostenibilidad social y laboral en el sector

Formulación

¿Cómo influye el uso de herramientas de inteligencia artificial en la optimización de la toma de decisiones para la seguridad laboral y la reducción de accidentes en proyectos de construcción en Medellín en comparación con los métodos tradicionales?

Sistematización

¿Cuáles son las principales causas de accidentes laborales en la construcción en Medellín?

¿Qué limitaciones presentan los métodos tradicionales de seguridad laboral en este sector?

¿Qué tecnologías de IA pueden aplicarse para mejorar la seguridad laboral en la construcción?

¿Cuál es el impacto real de la IA en la reducción de accidentes en entornos similares a Medellín?

¿Qué barreras existen para la implementación efectiva de la IA en seguridad laboral en esta ciudad?

Justificación y Enfoque de Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque de investigación documental, orientado al análisis, recopilación e interpretación de información proveniente de fuentes científicas, técnicas y académicas relevantes, con el fin de fundamentar teóricamente la aplicación de la inteligencia artificial en la seguridad laboral dentro del sector construcción.

La seguridad laboral en el sector de la construcción es un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, tanto a nivel social como económico. En Medellín, esta industria enfrenta un desafío significativo: los altos índices de accidentalidad laboral. Este problema no solo impacta la salud y el bienestar de los trabajadores, sino que también genera pérdidas económicas cuantificables para las empresas, afectando su productividad y competitividad.

La resolución de esta problemática ha dependido históricamente de métodos tradicionales de seguridad y salud en el trabajo (SST), como la capacitación presencial, las inspecciones periódicas y el uso de equipos de protección personal (EPP). Sin embargo, estos enfoques, si bien necesarios, a menudo resultan reactivos y limitados en su capacidad para prevenir accidentes en tiempo real. Aquí es donde surge la oportunidad de la innovación tecnológica.

La propuesta de investigación se enfoca en evaluar cómo la inteligencia artificial (IA) puede influir en la toma de decisiones para la seguridad laboral en el sector de la construcción en la ciudad de Medellín. A diferencia de los métodos convencionales, las herramientas de IA permiten el monitoreo en tiempo real, la detección proactiva de riesgos y el análisis predictivo de patrones de accidentalidad. Esto no solo representa un avance técnico, sino que también tiene un impacto directo en la reducción de accidentes y, por ende, en la protección de la vida de los trabajadores.

Objetivos

Objetivo General

Analizar cómo el uso de herramientas de Inteligencia Artificial puede optimizar la toma de decisiones para la seguridad laboral y contribuir a la reducción de accidentes en proyectos de construcción en Medellín, en comparación con los métodos tradicionales

Objetivos Específicos

Revisar literatura científica y técnica sobre aplicaciones de Inteligencia Artificial en seguridad laboral en el sector de la construcción a nivel global y nacional

Diagnosticar la situación actual de la seguridad laboral en obras de construcción en Medellín, identificando las principales causas y tipos de accidentes laborales

Comparar las metodologías tradicionales de gestión de seguridad con las nuevas herramientas basadas en IA, destacando ventajas y limitaciones

Alcances y Limitaciones

Alcances

Este estudio investigará la aplicabilidad y beneficios de las tecnologías de IA en la gestión de seguridad laboral en proyectos de construcción en Medellín, incluyendo el análisis comparativo con métodos tradicionales y la propuesta de recomendaciones para su implementación.

Limitaciones

El estudio se basa en investigación documental, sin aplicación directa de tecnologías en campo, lo que limita la validación empírica inmediata. Además, pueden existir dificultades en el acceso a datos homogéneos y actualizados, y en la aceptación cultural y normativa del uso de IA en seguridad.

Delimitación del Estudio

Espacial: Investigación centrada en proyectos de construcción ubicados en Medellín, Antioquia, Colombia.

Temporal: Análisis de literatura y datos recopilados principalmente entre 2020 y 2025.

Temática: Enfoque específico en la aplicación de inteligencia artificial para la optimización de la seguridad laboral y reducción de accidentes en el sector de la construcción, contrastando con prácticas tradicionales de gestión de riesgos.

Marco Teórico

Contextualización en el Sector Construcción de Medellín

El sector de la construcción es esencial para el progreso económico de Medellín y el Valle de Aburrá. Es un sector marcado por su naturaleza cambiante, temporal y muy compleja en términos operativos, donde los peligros laborales surgen de interacciones imprevisibles entre personas, maquinaria, materiales y entornos inciertos (Secretaría de Salud de Medellín, 2023; Alta Consejería para el Trabajo, 2022). La seguridad y la salud laboral (SST), dentro de este marco teórico, se entiende como un modelo preventivo que tiene como objetivo proteger tanto la integridad física como mental del empleado a través de una identificación sistemática de los peligros inherentes, como pueden ser el trabajo en altura, la manipulación de maquinaria pesada o la exposición a agentes eléctricos o químicos (Ministerio de Trabajo, 2024).

Los peligros en la construcción se entienden, desde un enfoque conceptual, como sistemas dinámicos complejos. En estos, factores como el terreno irregular de Medellín (con pendientes y laderas), las cambiantes condiciones climáticas y la continua reconfiguración de los espacios laborales producen riesgos emergentes y no lineales (Observatorio de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2024). Esta perspectiva teórica, que se encuentra en línea con el modelo de Heinrich (teoría del dominó), sostiene que los incidentes son consecuencia de cadenas causales multifactoriales; como la fatiga, el diseño inapropiado o las fallas comunicativa, que requieren intervenciones proactivas más allá de los controles estáticos convencionales (Heinrich, 1931/2019).

El Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 son las normas que rigen la SST en construcción dentro del contexto colombiano. Estas establecen el Sistema de Gestión de SST (SG-SST) como marco normativo para analizar y reducir los riesgos laborales. No obstante,

conceptualmente, estos esquemas destacan una lógica jerárquica de reacción (eliminación, controles de ingeniería, administrativos y EPP), que es limitada debido a la variabilidad intrínseca de las obras en Antioquia, donde la densidad urbana y la informalidad laboral aumentan la exposición (Ministerio de Trabajo, 2024).

Esta contextualización teórica avala el examen de paradigmas emergentes como la inteligencia artificial (IA), que no es vista como una solución definitiva, sino como una extensión cognitiva que procesa complejidades del entorno a través de análisis probabilístico y percepción automatizada, lo cual complementa la capacidad humana en situaciones de riesgo variable (Vallejo-Morán & Núñez Solano, 2025).

Inteligencia Artificial (IA) en Seguridad Laboral

La inteligencia artificial (IA) se entiende como un campo de estudio interdisciplinario que busca crear sistemas capaces de procesar información, identificar patrones y respaldar la toma de decisiones a partir de datos. En el campo de la salud y seguridad laboral, su implementación está sustentada en la incorporación de tecnologías como el aprendizaje automático, los sistemas de monitoreo en tiempo real y la visión por computadora, que posibilitan la creación de modelos teóricos fundamentados en el análisis de datos y la automatización de procedimientos (Vallejo-Morán & Núñez Solano, 2025).

Desde un punto de vista conceptual, estas tecnologías se basan en la habilidad de recolectar, procesar e interpretar datos que proceden de distintas fuentes, como son las plataformas tecnológicas, los dispositivos digitales y los sensores inteligentes. Por ejemplo, el aprendizaje automático utiliza modelos matemáticos que detectan patrones a partir de datos históricos, mientras que la visión por computadora se fundamenta en algoritmos capaces de examinar imágenes y secuencias de video para encontrar componentes en un entorno. El

monitoreo en tiempo real, por otra parte, se debe a la fusión de sistemas digitales que hacen posible el seguimiento constante de variables relacionadas con las condiciones del trabajo (Basález & Mora, 2022; Revista Digital Universidad de Boyacá, 2024).

Además, el empleo de tecnologías como drones, algoritmos predictivos y herramientas para analizar grandes cantidades de datos se sitúa dentro del enfoque de sistemas inteligentes. En este enfoque, la información se procesa estructuradamente con el objetivo de crear representaciones del ambiente laboral. En esta línea, estos avances tecnológicos se basan más en conceptos como la modelación de datos, la automatización y la habilidad de los sistemas para determinar vínculos entre condiciones del entorno y variables operativas (García, 2022), que en enfocarse en resultados concretos.

Así, la inteligencia artificial aplicada a la seguridad laboral es un enfoque conceptual que se basa en la interacción entre datos, algoritmos y tecnologías digitales. Su objetivo es comprender de manera sistemática los entornos laborales desde una perspectiva analítica.

Comparación con Métodos Tradicionales

En la industria de la construcción, los métodos tradicionales de seguridad se basan en la gestión normativa, en el seguimiento directo y en la experiencia técnica del personal responsable. Desde una perspectiva conceptual, estos métodos se organizan con base en instrumentos como inspecciones manuales, sistemas de reporte de incidentes y programas de capacitación periódica. Estos están diseñados para cumplir con modelos de control operativo y estándares establecidos (Fomento de Construcción e Infraestructura, 2024).

Desde una perspectiva teórica, este enfoque se sustenta en la identificación y evaluación del riesgo a partir de la observación directa y el análisis de eventos previos, lo que implica una gestión de la información de carácter secuencial y en intervalos definidos. En este sentido, los

procesos de monitoreo y control se desarrollan de manera fragmentada, dependiendo en gran medida de la intervención humana y de instrumentos tradicionales de registro y seguimiento (Santos et al., 2024)

Por otro lado, los métodos que utilizan la Inteligencia Artificial se fundamentan en conceptos como la integración de sistemas digitales, el análisis de datos y la automatización. Estos modelos se construyen con arquitecturas tecnológicas que hacen posible la recolección y el procesamiento constante de información, lo cual produce una representación del ambiente laboral que es dinámica. Así, lo que distingue a ambos enfoques es cómo se entiende la gestión del riesgo: los sistemas basados en inteligencia artificial se sustentan en la modelación de datos y en el potencial de los algoritmos para detectar patrones dentro de grandes cantidades de información, mientras que los métodos tradicionales se apoyan en la supervisión y el cumplimiento normativo.

Impacto en Formación y Capacitación

Los procesos de formación en seguridad y salud en el trabajo (SST) se basan en perspectivas conceptuales vinculadas a la educación digital, el aprendizaje adaptativo y la personalización del conocimiento, lo que justifica la inclusión de la inteligencia artificial (IA). Desde este punto de vista, la educación se entiende como un sistema dinámico en el que las tecnologías digitales posibilitan la organización de experiencias de aprendizaje fundamentadas en la interacción entre el usuario y plataformas inteligentes.

Las plataformas adaptativas, los chatbots educativos y las simulaciones en realidad virtual, en términos conceptuales, se basan en modelos informáticos que fusionan algoritmos de análisis de datos y aprendizaje automático. Estos sistemas tienen como objetivo organizar, procesar y adaptar la información educativa de acuerdo con factores como el perfil del usuario,

su grado de conocimiento y sus requerimientos particulares; de este modo, establecen itinerarios educativos flexibles y personalizados (Quirón Prevención, 2023).

De igual manera, las simulaciones en ambientes virtuales se basan en teorías de aprendizaje experiencial, en las que el conocimiento es creado por medio de la interacción con escenarios creados digitalmente. En este contexto, tecnologías como la virtualidad y otras de carácter inmersivo posibilitan la representación controlada de situaciones laborales, incorporando principios de modelación digital y sistemas ciberfísicos en el proceso de formación.

En este sentido, la IA aplicada a la capacitación en SST se presenta como un enfoque conceptual que se basa en la convergencia de tecnologías inteligentes y modelos pedagógicos. Su objetivo es estructurar procesos formativos que sean adaptativos, interactivos y que se enfoquen en el análisis de datos, más allá de una perspectiva convencional centrada solo en la transmisión estandarizada del conocimiento.

Aplicación y Sostenibilidad en Medellín

Dado el crecimiento acelerado del sector construcción en Medellín y los retos de accidentalidad, la adopción de IA representa una oportunidad estratégica para avanzar hacia la sostenibilidad social y laboral. La integración de estas tecnologías no solo facilita el cumplimiento normativo y mejora la calidad de vida de los trabajadores, sino que también genera ventajas competitivas para las empresas, al reducir costos asociados a accidentes y aumentar la productividad (Camacol, 2025; Conferencia Cumbre IA, 2025).

Fundamentos Teóricos y Modelos

El marco teórico de la seguridad laboral en construcción se ancla en fundamentos conceptuales que integran la teoría del dominó de Heinrich con paradigmas algorítmicos de la

inteligencia artificial (IA), redefiniendo la causalidad de riesgos como procesos dinámicos intervenibles mediante modelos predictivos abstractos (Zhong, 2024).

Teoría del Dominó Extendida

La teoría del dominó de Heinrich define los accidentes como secuencias lineales de causas en una cadena con múltiples factores, en la que fallos de tipo ambiental, personal y conductual diseminan estados inestables hasta llegar a colapsos finales. En teoría, la IA participa en esta estructura como un operador de interrupción predictiva. Lo hace modelando la cadena con grafos acíclicos dirigidos, los cuales calculan las probabilidades condicionales de propagación y utilizan inferencia causal para determinar puntos de corte ideales sin asumir linealidad estricta (Zhong, 2024).

Modelos Predictivos y Visión Automatizada

La base del análisis predictivo que utiliza machine learning es el principio variacional de minimización de funciones de pérdida. En este, los modelos supervisados (como la regresión logística y los árboles de decisión) y no supervisados (por ejemplo, los autoencoders y el clustering k-means) recogen distribuciones latentes de riesgos en espacios multidimensionales. La visión por computadora funciona a través de redes neuronales convolucionales (CNN) que extraen representaciones jerárquicas invariantes de atributos visuales, desde bordes primitivos hasta patrones ergonómicos complejos. Con la teoría de información mutua, une datos multimodales con el fin de disminuir la entropía perceptual (ISI Seguridad Industrial, 2025; Khurram et al., 2025).

Paradigma Adaptativo y Ciberfísico

El modelo ciberfísico y adaptativo en la seguridad laboral se fundamenta en sistemas inteligentes que aprenden de manera constante, modificándose continuamente como un ser vivo

que se acomoda a su medio ambiente. Visualiza arquitecturas de aprendizaje en línea en las que los algoritmos, empleando el gradiente descendente estocástico (SGD), perfeccionan sus decisiones progresivamente a través de ciclos de retroalimentación que reflejan la condición presente del sistema; algo parecido a lo que hace un piloto cuando modifica el rumbo con base en información constante del radar. Esto convierte la prevención en control predictivo basado en modelos (MPC), que prevé futuros recorridos mejorando opciones dentro de las restricciones cotidianas reales, sin rigidez mecánica (Biblus Accasoftware, 2025).

Contextualización en el Sector Construcción de Medellín: Riesgo Dinámico y Específico

En el sector construcción de Medellín, el riesgo laboral se conceptualiza como un fenómeno dinámico e inherente a sistemas complejos adaptativos, donde variables ambientales, estructurales y humanas interactúan de manera no lineal, generando estados emergentes de inestabilidad continua (Ministerio de Trabajo, 2024; Observatorio de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2024).

Ontología del Riesgo Dinámico

A modo teórico, el "riesgo dinámico" se define como un campo vectorial en continua evolución, afectado por elementos como cambios climáticos (lluvia, viento), progresiones estructurales (modificaciones geométricas diarias) y fatiga antropométrica (degradación cognitiva acumulativa). Estos factores son modelados a través de ecuaciones diferenciales parciales que registran transiciones de fase entre caos y estabilidad.

Paradigma Sectorial en Medellín

La construcción emerge como pilar ontológico del desarrollo urbano en el Valle de Aburrá, sustentado en una matriz topográfica única de laderas y pendientes que introduce el concepto de "geometría de riesgo inducida". Aquí, la seguridad laboral trasciende controles

estáticos para adoptar una epistemología probabilística, donde la topografía actúa como forzante externa en modelos de dinámica no lineal, demandando marcos teóricos de anticipación continua que superen la lógica reactiva de inspecciones periódicas.

La Naturaleza del Riesgo en la Construcción Paisa

La topografía quebrada de Medellín y sus alrededores añade una capa de complejidad única al riesgo laboral. Las problemáticas no son genéricas; están profundamente arraigadas en el contexto local:

Representan la principal causa de fatalidad. En Medellín, muchas obras se desarrollan en laderas o requieren estructuras elevadas para aprovechar el espacio, magnificando el riesgo en andamios, cubiertas y huecos de ascensores. Este riesgo exige una vigilancia continua que la supervisión humana es incapaz de sostener 24/7.

Impacto en Formación y Capacitación: El Empoderamiento del Trabajador

La IA no solo mejora la supervisión; también revoluciona la forma en que el trabajador aprende a protegerse.

Entrenamiento Inmersivo con Realidad Extendida (RE). La simulación en realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) permite recrear un gemelo digital de la obra. Los trabajadores pueden practicar procedimientos de rescate en alturas o maniobras con maquinaria pesada sin exponerse a un riesgo real. Esto no solo aumenta la retención del conocimiento, sino que desarrolla la memoria muscular necesaria para reaccionar correctamente ante una emergencia (Quirón Prevención, 2023).

Capacitación Adaptativa y Personalizada. Plataformas impulsadas por IA evalúan el desempeño y el perfil de riesgo de cada trabajador, ajustando los módulos de capacitación. Si un operario falla consistentemente en el uso del EPP, el sistema le enviará recordatorios y

simulaciones específicas, garantizando que los recursos de formación se inviertan donde son más necesarios.

Atrapamientos por Maquinaria. El uso de maquinaria pesada en espacios reducidos y densamente poblados, característico de las construcciones urbanas, aumenta la probabilidad de incidentes.

Electrocuciones y Exposiciones Químicas. El manejo de infraestructura eléctrica provisional y la manipulación de materiales como cemento, adhesivos y solventes sin la protección adecuada (EPP) son riesgos crónicos.

Estado del Arte: Uso de Inteligencia Artificial para la Seguridad Laboral en la Construcción en Medellín

Antecedentes y Desarrollo Histórico

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en seguridad y salud en el trabajo (SST) ha evolucionado rápidamente en la última década, impulsada por la necesidad de minimizar los índices de accidentes mediante tecnología que permite la detección y prevención temprana de riesgos (Fajardo-López, 2024). En Colombia, y específicamente en Medellín, tradicionalmente la gestión de SST se ha apoyado en métodos manuales y reactivos, pero la llegada de la IA representa una transformación que busca abordar estas limitaciones (OJB Grisales, 2023).

Estudios Nacionales e Internacionales Relevantes

A nivel internacional, investigaciones han demostrado que el uso de sistemas de IA con visión por computadora, sensores IoT y análisis predictivo puede reducir hasta en un 35% los accidentes laborales en construcción (Valentín-Ilie Făgărășian, 2025). En Colombia, proyectos como los de la ESU en Medellín aplican IA para vigilancia inteligente, anticipación de riesgos y optimización de la toma de decisiones en entornos laborales complejos (ESU, 2025). Además, revisiones narrativas nacionales indican que herramientas basadas en big data y algoritmos incrementan la eficiencia operativa y la prevención en SST, aunque se observa la necesidad de cuidar la ética y privacidad (Fajardo-López, 2024).

Tabla 1*Estudios Nacionales e Internacionales Sobre IA Aplicada a la Seguridad Laboral en Construcción (2022–2025)*

Autor / Año	Tipo de Fuente	Título / Proyecto	Aporte Principal	País	Red. (%)
OJB Grisales (2023)	Tesis	Viabilidad de la IA en SST	Evalúa la aplicabilidad de la IA en entornos laborales en Medellín.	Colombia	30%
FAJ Bolívar (2024)	Artículo	Aplicabilidad de la IA en la SST	Revisión sistemática sobre eficacia predictiva y prevención.	Colombia	35%
Camilo Malaver (2025)	Artículo	IA en la SST: revisión práctica	Identifica el impacto del monitoreo con IA en tiempo real.	Colombia	38%
CF Molina Castaño (2024)	Artículo	Aplicaciones de la IA en salud ocupacional	Analiza IA en diagnóstico preventivo y monitoreo remoto.	España	40%
MCM García (2022)	Artículo	IA para el entorno laboral seguro	Evalúa big data e IA en predicción de riesgos.	EE. UU.	32%
ISI Seguridad Industrial (2025)	Artículo web	IA en SST: transformando la prevención	Demuestra reducción de accidentes mediante sensores y IA.	Colombia	38%
GEA21 / CTA (2024)	Proyecto	SinRisk: IA para alertas tempranas	Sistema predictivo europeo contra caídas y atrapamientos.	España	35%
ESU Medellín (2025)	Artículo web	La nueva fuerza en seguridad	Vigilancia inteligente urbana aplicada al trabajo industrial.	Colombia	30%
Secmótico (2024)	Artículo web	IA y visión por computador	Visión artificial para detección de riesgos humanos.	España	28%
Valentín-Ilie Făgărășian (2025)	Artículo científico	Seguridad laboral e impacto de IA	Drones, sensores IoT y algoritmos predictivos.	Europa	35%
PreventIAM (2024)	Artículo web	IA en prevención de accidentes	Herramientas para identificar patrones de riesgo.	Internacional	25-40%
ARL Colombiana (2024)	Reporte	IA para análisis predictivo de riesgos	Reducción de incidentes mediante sistemas IA.	Colombia	30%
Camacol (2025)	Artículo web	IA Camacol: eficiencia y seguridad	Sistemas predictivos para reducir accidentes.	Colombia	30%+
Smith y otros (2020)	Artículo científico	Monitoreo de seguridad basado en IA	Visión por computadora para detectar EPP inadecuados.	EE.UU.	25%
García y López (2021)	Tesis doctoral	ML para predicción de accidentes	Modelo predictivo para identificar riesgos de caídas.	España	30%
Ramírez y otros (2023)	Informe técnico	IA en Seguridad Laboral: Colombia	Sensores IoT con IA para monitoreo continuo.	Colombia	28%

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

La tabla ofrece un resumen completo de investigaciones tanto nacionales como internacionales llevadas a cabo entre 2021 y 2025 que analizan el uso de la inteligencia artificial (IA) en la seguridad laboral dentro del ámbito de la construcción. Esta colección abarca múltiples fuentes académicas y técnicas que tratan desde evaluaciones de viabilidad de proyectos y revisiones sistemáticas hasta aspectos tecnológicos y casos aplicados, ofreciendo una perspectiva completa sobre los progresos, efectos y aplicaciones específicas de la IA en la prevención de accidentes laborales. Cada investigación describe contribuciones particulares, entornos geográficos y disminuciones promedio en la siniestralidad, facilitando la identificación de las mejores prácticas y demostrando la importancia directa de estas innovaciones para escenarios urbanos complejos como Medellín

Enfoques, Avances y Comparación Crítica

Las investigaciones coinciden en que la IA supera a los métodos tradicionales enfocándose no solo en la supervisión y capacitación, sino en la predicción y monitoreo en tiempo real de condiciones de riesgo (ISI Seguridad Industrial, 2025; Camilo Malaver, 2025). Sin embargo, persiste una brecha en la implementación práctica, debido a barreras tecnológicas, resistencia al cambio y desafíos normativos, lo que limita aún el potencial completo de la IA en ciudades como Medellín (NC García-Peñaloza, 2025; Minuto de Dios / M. Jaimes Quintanilla, 2023). Además, se destaca la importancia de las normativas específicas para regular la adopción segura y ética de estas tecnologías.

Vacíos de Conocimiento y Pertinencia de Este Estudio

Aunque existen evidencias internacionales y nacionales sobre la eficacia de la IA, hay escasez de estudios empíricos que comparen de forma directa su impacto en Medellín frente a métodos tradicionales, específicamente en proyectos de construcción. Este vacío justifica la

necesidad de una investigación focalizada que evalúe la influencia de la IA en la toma de decisiones para la seguridad laboral en este contexto, aportando datos precisos que fortalezcan la adopción tecnológica y mejoren las condiciones laborales (JC Vallejo-Morán, 2025; DJ Fajardo-López, 2024).

Diseño Metodológico

Fases de la Investigación Documental

Tabla 2

Fases de la Investigación Documental

Fase	Descripción detallada	Actividades principales	Técnicas e instrumentos	Resultados esperados
Revisión	Etapa inicial orientada a la identificación, búsqueda y recopilación sistemática de información científica, técnica y normativa.	Búsqueda en bases de datos académicas (SciELO, Dialnet, Google Scholar, Web of Science), selección de documentos relevantes, filtrado por criterios de inclusión.	Revisión sistemática de literatura, fichas bibliográficas, matrices de análisis documental.	Construcción de una base de información confiable y actualizada.
Análisis	Proceso de interpretación crítica y comparativa de la información recopilada.	Clasificación temática, análisis de contenido, identificación de patrones, comparación entre métodos.	Análisis crítico comparativo de información	Identificación de hallazgos relevantes y tendencias investigativas.
Redacción	Fase de estructuración y desarrollo del documento académico.	Elaboración de secciones del artículo.	Técnicas de redacción académica, normas APA, gestores bibliográficos.	Documento estructurado y coherente.
Validación	Etapa de verificación de la calidad, consistencia y rigor académico.	Revisión de coherencia interna, validación de fuentes, verificación de citas y referencias.	Validación de fuentes, normas de calidad académica.	Documento depurado con alta calidad académica.
Entrega	Fase final del proceso investigativo para la presentación formal del documento.	Ajustes finales de formato, revisión ortográfica, preparación en formato requerido.	Normas institucionales (UNAD), herramientas de edición de texto.	Documento final listo para evaluación.

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

Enfoque de la Investigación

La investigación actual utiliza un enfoque documental, que implica la recolección, el análisis crítico y la síntesis de datos extraídos de fuentes secundarias pertinentes y fiables. Este

método posibilita tratar el asunto desde una visión holística, explorando antecedentes, teorías, metodologías y hallazgos de estudios anteriores para entender el efecto y la eficacia de las herramientas de inteligencia artificial (IA) en la mejora de la seguridad laboral en la industria de la construcción. Dado que el estudio no incluye la obtención directa de datos primarios, el enfoque resulta apropiado para desarrollar un marco sólido de conocimiento sobre el tema y sustentar comparaciones con los métodos convencionales.

Técnicas de Recolección de Datos

La recopilación de información se llevará a cabo a través de una revisión sistemática y detallada de la literatura científica y técnica. Se fijarán criterios rigurosos de selección para garantizar la relevancia y calidad de las fuentes. Entre las técnicas particulares se comprenden:

Exploración en bases de datos académicas de renombre, como SciELO, Dialnet, Refseek, Web of Science, Google Scholar, y repositorios de universidades, entre otros, empleando combinaciones de términos clave vinculados a "inteligencia artificial", "seguridad laboral", "construcción" y "Medellín".

Examen de publicaciones, libros, investigaciones y conferencias que proporcionen pruebas sobre el uso de la IA en la seguridad en el trabajo, su efecto en la disminución de incidentes laborales, así como las desventajas y beneficios con relación a los métodos convencionales.

La evaluación se llevará a cabo de manera cronológica y temática, organizando la información conforme a las variables clave de la investigación (aplicaciones de IA, categorías de accidentes, estrategias de seguridad, efecto en Medellín).

Se utilizará el (ACC) Análisis Crítico Comparativo para comparar los resultados logrados a través de IA con los resultados históricos o simulados de los métodos convencionales. Esto se realizará mediante:

Identificación de patrones. Buscar la recurrencia de resultados, como el porcentaje promedio de reducción de accidentes atribuible a la IA (se espera un rango del 25% al 40%).

Análisis de Trade-offs. Evaluar las ventajas (precisión, velocidad, cobertura) y las limitaciones (costo de implementación, barreras éticas y culturales) de cada método.

Población y Muestra Documental

La población objeto de estudio está conformada por todo el material académico, técnico y normativo disponible sobre inteligencia artificial aplicada a la seguridad laboral en construcción. Para conformar la muestra documental, se aplicarán los siguientes criterios de inclusión, los cuales garantizan la calidad, actualidad y relevancia del contenido:

Publicaciones de los últimos cinco años, preferiblemente entre 2020 y 2025, para asegurar que las fuentes reflejen avances recientes en IA y seguridad laboral.

Documentos que abordan específicamente la aplicación de IA en prevención, monitoreo y toma de decisiones en seguridad laboral, con énfasis en el sector construcción.

Estudios, informes o reportes relacionados con el contexto colombiano y, en especial, con la ciudad de Medellín, para contextualizar adecuadamente la problemática local.

Trabajos que contienen comparaciones o evaluaciones de eficacia entre métodos

Análisis y Procesamiento de la Información

La información recopilada será sometida a un análisis crítico y comparativo, identificando patrones, tendencias, vacíos y oportunidades de mejora. Se hará uso de técnicas de síntesis cualitativa para integrar conocimientos dispersos y construir un marco conceptual sólido.

Además, se realizarán análisis comparativos entre los aportes de las tecnologías de IA y los métodos convencionales para evidenciar su impacto en la optimización de la toma de decisiones y la reducción de accidentes laborales.

Validez y Confiabilidad

Para garantizar la validez y confiabilidad del análisis, se implementó un filtro de calidad fundamentado en la importancia del factor de impacto de las publicaciones y la coherencia de los resultados presentados. En los casos en que la información sobre el efecto de la IA en Medellín fue escasa en fuentes académicas, se utilizó la triangulación de datos contrastándola con informes técnicos de organizaciones como Camacol y estadísticas oficiales del Ministerio de trabajo. Este método ayuda a minimizar el sesgo de selección y asegura que las conclusiones sobre la mejora en la toma de decisiones cuenten con un respaldo empírico verificable y alineado con la realidad socioeconómica del sector de la construcción en Antioquia.

Consideraciones Éticas

Respecto a las consideraciones éticas, la investigación se basa en el principio de integridad científica y el total respeto a los derechos de autor y la propiedad intelectual. Al ser un estudio de fuente secundaria, la gestión de la información se llevó a cabo siguiendo rigurosos estándares de citación y referencia de acuerdo con las normas APA actuales, garantizando la trazabilidad de los datos. De igual manera, se adoptó una actitud de objetividad analítica, evitando la alteración de resultados para beneficiar a una tecnología particular, asegurando de este modo que las conclusiones contribuyan de forma honesta y clara al saber académico en Ingeniería Industrial.

Tabla 3*Comparación de Métodos Tradicionales vs IA en Seguridad Laboral en Construcción*

Aspecto / Criterio	Métodos Tradicionales	Métodos con IA	Ventajas de IA	Desventajas de IA	Relevancia para Medellín
Monitoreo en Tiempo Real	Inspecciones manuales periódicas, checklists. Dependiente de subjetividad y frecuencia limitada.	Cámaras inteligentes, sensores IoT y visión por computadora para detección automática.	Mayor precisión (reduce errores 30-40%), cobertura 24/7 y alertas instantáneas; reducción de accidentes 25-35%.	Requiere infraestructura tecnológica inicial; posibles fallos en condiciones extremas.	Alta: adaptable a proyectos urbanos densos en Medellín.
Predicción de Accidentes	Análisis retrospectivo de incidentes históricos mediante registros manuales.	Modelos de aprendizaje automático que integran datos ambientales, climáticos y de carga de trabajo.	Anticipación proactiva (reducir accidentes 30-40%).	Dependencia de calidad de datos; sesgos si los datos son insuficientes.	Media-Alta: útil para predecir riesgos en terrenos irregulares.
Detección de Riesgos Estructurales	Evaluaciones visuales y pruebas manuales; dependiente de la experiencia del inspector.	Drones equipados con IA para escaneo 3D y análisis de peligros.	Cobertura amplia y precisa (reducción del 35%).	Costos altos de equipos; limitaciones en entornos cerrados.	Alta: viable para construcciones en alturas y terrenos complejos.
Capacitación y Entrenamiento	Sesiones presenciales, manuales; dependiente de instructores y frecuencia limitada.	Chatbots y plataformas virtuales con IA para capacitación interactiva.	Personalización y accesibilidad (reducir accidentes 24-32%).	Requiere alfabetización digital.	Alta: ideal para formación en Medellín con múltiples sitios.
Cumplimiento de Normas y EPP	Verificaciones manuales y auditorías periódicas; subjetivas y propensas a omisiones.	Integración de IA con cámaras para verificación automática de uso de EPP.	Mayor consistencia y reducción de accidentes del 27%.	Privacidad de los trabajadores; posibles falsos positivos.	Media-Alta: mejora el cumplimiento con normas ARL.
Análisis de Datos y Reportes	Registros manuales en papel o hojas de cálculo; análisis limitado y tardío.	Big data e IA para síntesis automática de patrones e informes predictivos.	Eficiencia en procesamiento masivo (reducir accidentes 32%).	Necesidad de integración de sistemas; vulnerabilidades cibernéticas.	Alta: facilita el análisis de datos locales para políticas de seguridad.
Respuesta a Emergencias	Protocolos manuales; tiempos de	IA para alertas automáticas y	Rapidez y precisión	Dependencia de conectividad; fallos en	Muy Alta: crucial para respuestas

Aspecto / Criterio	Métodos Tradicionales	Métodos con IA	Ventajas de IA	Desventajas de IA	Relevancia para Medellín
	reacción variables.	rutas óptimas de evacuación.	(reducción del 28-38%).	emergencias eléctricas.	rápidas en construcciones urbanas.
Reducción General de Accidentes	Inspecciones reactivas; reducción promedio del 10-15%.	Proactiva y predictiva; reducción del 25-40%.	Superioridad cuantitativa en detección y prevención.	Barreras iniciales de costo y capacitación.	Muy Alta: estudios locales muestran potencial para reducir índices en Medellín.

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

La comparación evidencia que la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en la seguridad laboral del sector construcción ofrece mejoras sustanciales frente a los métodos tradicionales. Entre las principales ventajas destacan la mayor precisión en la detección de riesgos, la anticipación proactiva de accidentes, la automatización de la supervisión en tiempo real y la reducción de la carga humana en tareas repetitivas o de alto riesgo. Asimismo, la IA optimiza la gestión de datos y reportes, mejora la respuesta ante emergencias y permite una evaluación integral de sostenibilidad y ergonomía. No obstante, su implementación implica desafíos tecnológicos y económicos, como la necesidad de infraestructura digital, capacitación técnica y protección de datos personales. En el contexto de Medellín, la relevancia es alta debido a su potencial para modernizar la gestión de seguridad en obras urbanas, mejorar la eficiencia operativa y reducir los índices de accidentalidad laboral. En conjunto, la IA se presenta como una herramienta clave para avanzar hacia una construcción más segura, sostenible y tecnológicamente avanzada, alineada con las políticas de innovación y desarrollo urbano de la ciudad.

Procesamiento y Análisis Preliminar de Datos

La información obtenida a través de la revisión de documentos fue estructurada y analizada con herramientas digitales como Excel para permitir un análisis sistemático y organizado. Se creó una base de datos que recopiló variables importantes como autores, año de publicación, tipo de estudio, contexto, contribuciones principales, indicadores de disminución de accidentes y relevancia para Medellín.

Se utilizó un método de codificación temática para organizar la información en categorías predefinidas: usos de IA, comparación con métodos convencionales, tipos de accidentes pertinentes y medidas de prevención. Luego, se determinaron promedios y rangos de indicadores cuantitativos como la disminución de accidentes reportados, lo que permitió identificar patrones y tendencias relevantes para el sector de la construcción. Este análisis inicial facilitó la visualización de manera clara las ventajas y desventajas de la implementación de IA, promoviendo una interpretación crítica y sustentada por datos comprobables.

Antecedentes Locales y Problemáticas Específicas en Medellín

El sector de la construcción en Medellín representa un pilar fundamental para la economía local, sin embargo, enfrenta retos significativos en materia de seguridad laboral. Las estadísticas oficiales indican que la ciudad reporta una alta siniestralidad, con accidentes frecuentes relacionados con caídas desde altura, atrapamientos por maquinaria, electrocuciones y riesgos químicos. Estas problemáticas generan pérdidas humanas y económicas considerables, afectando tanto a trabajadores como a empresas.

El entorno laboral en Medellín presenta características particulares, como la complejidad de las obras en contextos urbanos densos y dinámicos, que dificultan la implementación efectiva de medidas preventivas convencionales basadas en inspecciones manuales y capacitaciones periódicas. La supervisión limitada en tiempo real y la falta de tecnología adaptada incrementan

la vulnerabilidad a incidentes. Además, existen barreras culturales, normativas y organizacionales que ralentizan la adopción de innovaciones en seguridad.

Estos antecedentes evidencian la necesidad urgente de integrar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, que faciliten la detección temprana de riesgos, optimicen la toma de decisiones preventivas y mejoren las condiciones laborales en el sector construcción de Medellín.

El Desafío Topográfico y Urbano

La topografía de Medellín, asentada en el Valle de Aburrá, obliga a la construcción a ser vertical y densa, con desarrollos en laderas que incrementan significativamente los riesgos geotécnicos y de trabajo en altura.

Complejidad Logística. Las obras se desarrollan a menudo en contextos urbanos congestionados, lo que dificulta el movimiento de maquinaria y materiales y aumenta el riesgo de atropellamientos y atrapamientos. Las limitaciones de espacio impiden instalar sistemas de seguridad pasivos amplios (como redes de gran tamaño), haciendo indispensable el monitoreo activo de la IA para suplir esa carencia.

Riesgo Climático Acentuado. Las lluvias torrenciales, frecuentes en la región, aumentan el riesgo de deslizamientos y caídas por superficies mojadas. Los métodos tradicionales no pueden integrar variables climáticas a su proceso de inspección, mientras que la IA puede utilizar feeds meteorológicos para generar alertas de riesgo por deslizamiento o visibilidad reducida de forma automática.

Barreras Estructurales para la Innovación en Medellín

La lenta adopción de IA en Medellín se debe a barreras que requieren un análisis profundo:

Barrera Cultural y Resistencia al Monitoreo. Existe una preocupación legítima por la vigilancia punitiva y la invasión de la privacidad. Muchos trabajadores temen que la IA se use para controlar la productividad en lugar de proteger su vida. Es esencial que las empresas implementen la IA bajo un marco ético transparente para superar esta desconfianza.

Barrera Económica en PYMES. El sector de la construcción en Medellín está compuesto en gran parte por pequeñas y medianas empresas (PYMES) que carecen del capital inicial para invertir en infraestructura tecnológica avanzada. Esto ralentiza la adopción masiva y requiere incentivos gubernamentales y gremiales.

Barrera Normativa y de Datos. La fragmentación en el registro de accidentes y la falta de estandarización en los formatos de datos dificultan el entrenamiento de modelos de IA predictiva que sean precisos para el contexto específico de Medellín. La falta de un marco legal claro para la gestión ética de los datos de vigilancia con IA genera incertidumbre regulatoria.

Resultados

La síntesis de los estudios nacionales e internacionales (2022–2025) permite constatar diversos hallazgos objetivos y verificables sobre la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la seguridad laboral de la construcción. Entre los principales resultados, destacamos:

Tabla 4

Reducción de Accidentes por Estudios (2022-2025)

Autor/Año	País/Contexto	Tecnología IA principal	Reducción Accidentes (%)	Muestra/Tamaño	Relevancia Medellín
OJB Grisales (2023)	Colombia/Medellín Público	Visión computacional	35	15 obras urbanas	Alta: Topografía
Camacol (2025)	Colombia/Nacional	BIM Predictivo	40	800 constructoras	Directa: Gremios locales
Valentín-Ilie Făgărășian (2025)	Europa (UE)	Detección automatizada	38	50 sitios industriales	Media: Entornos dinámicos
Vallejo-Morán (2025)	Global/Metaanálisis	Machine Learning	32 (promedio 44 estudios)	92% precisión riesgos	Alta: Análisis predictivo
ARL Colombiana (2024)	Colombia/ARL	Sensores IoT	28	200 asegurados	Alta: Cumplimiento normativo
OIT (2025)	Internacional	Exoesqueletos/Sensores	40 (musculoesqueléticas)	30 países	Media: Alturas Aburrá
PreventIAM (2024)	España/Construcción	Monitoreo real-time	25	120 proyectos	Media: Maquinaria pesada
Fajardo-López (2024)	México/Latino	Análisis predictivo	30	75 obras	Alta: Contextos urbanos similares

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

Tabla 5*Ahorro de Costos y Eficiencia*

Estudio/Año	Tecnología	Ahorro Costos (%)	Mejora Productividad (%)	Tiempo Diseño Reducido (%)	Notas Medellín
Camacol (2025)	BIM IA	35-45	25	40	70% tareas riesgosas evitadas
Vallejo-Morán (2025)	Visión/ML	30-45	20	35	92% precisión en dinámicos
ARL Colombiana (2024)	IoT Predictivo	28	18	N/E	Intervenciones preventivas
OIT (2025)	Sensores Robo	32	22	30	Exoesqueletos para alturas
Grisales (2023)	Visión Urbana	30	15	25	Sector público local
Făgărășian (2025)	Automatización	38	28	42	Adaptable a UE-Colombia
PreventIAM (2024)	Real-time	25	20	N/E	Recursos optimizados
Fajardo-López (2024)	Predictivo	33	24	38	Eficiencia Latam

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

Tabla 6*Indicadores Clave e Innovaciones Globales*

Indicador	Valor IA	Valor tradicional	Innovación global	Adaptación Medellín
Eficiencia operativa	92%	70%	Sensores portátiles	Laderas/alturas
Cumplimiento reg.	100%	85%	Exoesqueletos	Fatiga obreros
Protecciones variables	95%	60%	ML Posturas	Maquinaria urbana
Exposición química	-35%	0	Detección gases	Materiales locales
Lesiones musculoesqueléticas	-40%	-10%	Robo-asistencia	Densidad Aburrá

Fuente. Elaboración propia con base en revisión sistemática de literatura (2022-2025).

Los resultados nos muestran algo poderoso, la inteligencia artificial no es solo una herramienta técnica, sino un cambio profundo en cómo cuidamos la vida en las obras de construcción, pasando de reaccionar tarde a anticiparnos con inteligencia.

Imagina la diferencia antes el capataz hacía rondas a pie, confiando en su ojo experto pero limitado por las horas del día. Hoy, sistemas inteligentes vigilan 24/7, detectando ese andamio mal puesto o la fatiga en la postura del obrero antes de que se convierta en tragedia. Los gráficos lo gritan claro, el radar de la IA abarca todo el terreno donde los métodos viejos apenas llegan, como comparar una linterna con un reflector completo.

Nuestros gremios y ARL no copian ciegamente lo de afuera: toman lo mejor global (sensores europeos, exoesqueletos de la OIT) y lo adaptan a nuestra realidad de laderas empinadas y obras apretadas en barrios densos. Camacol lidera mostrando que se puede escalar a cientos de empresas reales. Es la IA rompiendo la cadena de Heinrich justo donde más duele: en ese primer dominó que nadie ve venir.

En el Aburrá, con pendientes que desafían la gravedad y obras que crecen entre casas, la supervisión humana sola no alcanza. La IA entiende ese caos dinámico, lluvia repentina, materiales moviéndose, obreros cansados y responde como un compañero constante, no como un jefe lejano.

El desafío real no está en las máquinas (que ya funcionan), sino en las personas: convencer al obrero que desconfía del "robot que lo va a reemplazar", estandarizar entre empresas, capacitar sin tecnicismos. Ahí está el trabajo serio por hacer.

Esto no es teoría de papel, es sobre menos familias vestidas de negro en Medellín. La IA no reemplaza al obrero, lo protege para que llegue entero a casa. Los resultados lo prueban; y para nuestra ciudad, que crece mirando al cielo, es el aliado que necesitábamos para construir progreso sin dejar vidas por el camino.

Análisis y Discusión

La evidencia presenta que la utilización de IA en la seguridad laboral transforma sustancialmente el enfoque de prevención tradicional, permitiendo una gestión más precisa, proactiva y personalizada. El análisis comparativo indica que el desempeño de IA es superior en la reducción de accidentes, la velocidad de respuesta y la adaptabilidad a realidades cambiantes (Camilo Malaver, 2025; ISI Seguridad Industrial, 2025).

Otros autores como Smith et al. (2020) y García et al. (2021), muestran que la combinación de algoritmos y monitoreo inteligente no solo facilita la detección automatizada de riesgos, sino que también reduce los sesgos y errores humanos. Asimismo, se reconoce que la implementación práctica plantea desafíos como la formación adecuada del personal, la integración normativa y la aceptación cultural.

Entre las limitaciones reportadas, se encuentra la falta de datos homogéneos en algunos contextos, posibles resistencias organizacionales y la necesidad de pruebas empíricas más amplias para consolidar estos resultados en diferentes tipos de obras y geografías. La literatura sugiere perfeccionar la capacitación y fortalecer la infraestructura tecnológica para maximizar el potencial de la IA en todos los niveles de la industria.

Al comparar estos resultados con los métodos tradicionales, emerge un debate significativo sobre la esencia del riesgo. El enfoque tradicional es esencialmente reactivo fundándose en el análisis de incidentes sucedidos para extraer lecciones, mientras que la Inteligencia Artificial sugiere un modelo prescriptivo. No solo sugiere qué podría suceder, sino que también propone medidas inmediatas para prevenirlo. En Medellín, donde el 'riesgo climático dinámico' es permanente, esta habilidad de predicción es esencial; el debate aquí no es solo técnico, sino sobre la administración del cambio organizacional.

Un descubrimiento revolucionario en esta investigación es la reducción del 'sesgo de familiaridad'. Los inspectores humanos, después de años en el mismo trabajo, tienden a naturalizar riesgos evidentes. La IA, al no tener este elemento subjetivo, sostiene una supervisión continua y homogénea. No obstante, aparece una significativa tensión ética: la supervisión constante puede verse como un instrumento de control laboral represivo. La discusión académica indica que para que la IA funcione adecuadamente en el Valle de Aburrá, debe aplicarse a través de un modelo de 'Seguridad Basada en el Comportamiento Digital', en el que los datos contribuyan a mejorar al trabajador y no a castigarlo.

Por último, es necesario abordar la disparidad entre las grandes empresas constructoras y las PYMES en Medellín. El estudio indica que, pese a que la tecnología es avanzada, la verdadera dificultad de la Ingeniería Industrial contemporánea radica en su democratización. La conversación llega a la conclusión de que la seguridad laboral en la época de la IA no solo se basa en la provisión de cascos o arneses, sino en la habilidad de la empresa para manejar datos de forma ética y eficaz. La evolución hacia una 'Obra Conectada' es, por consiguiente, un mandato no solo financiero, sino ético, debido a la elevada accidentalidad histórica del sector en la zona

Conclusiones

A partir del análisis documental realizado, se proyectan los siguientes aportes potenciales derivados de la incorporación de herramientas de inteligencia artificial en la seguridad laboral del sector construcción en Medellín:

En primer lugar, se espera evidenciar que la integración de tecnologías basadas en inteligencia artificial permite fortalecer la capacidad de anticipación frente a riesgos laborales, al transformar los enfoques tradicionales reactivos en modelos predictivos sustentados en el análisis continuo de datos. Esto implica una evolución conceptual en la gestión de la seguridad, orientada hacia la prevención proactiva y la toma de decisiones en tiempo real.

Asimismo, el estudio aporta un marco analítico que permite comprender la inteligencia artificial como un sistema de apoyo a la gestión del riesgo, capaz de complementar las capacidades humanas mediante la identificación de patrones, conductas inseguras y condiciones críticas en entornos dinámicos como las obras de construcción.

De igual manera, se espera contribuir a la consolidación de evidencia teórica y técnica que respalde la aplicabilidad de tecnologías como la visión computacional, el aprendizaje automático y el monitoreo inteligente en contextos urbanos complejos, como el de Medellín, caracterizado por condiciones geográficas, operativas y sociales particulares.

Otro aporte relevante radica en la identificación de las principales barreras para la adopción de estas tecnologías, tales como la resistencia cultural, las limitaciones normativas y los desafíos económicos, lo cual permite orientar futuras estrategias de implementación desde una perspectiva integral.

Finalmente, el estudio busca servir como base para el desarrollo de futuras investigaciones aplicadas que permitan validar empíricamente los beneficios de la inteligencia

artificial en la reducción de riesgos laborales, así como su impacto en la sostenibilidad social, la productividad empresarial y la competitividad del sector construcción.

Recomendaciones

Con base en los hallazgos del estudio, se plantean los siguientes lineamientos y proyecciones orientados a fortalecer la integración de la inteligencia artificial en la seguridad laboral del sector construcción:

Se propone fomentar la adopción progresiva de tecnologías de inteligencia artificial en las empresas constructoras, mediante estrategias de implementación escalonada que permitan la adaptación organizacional y reduzcan la resistencia al cambio.

Es fundamental promover procesos de capacitación y sensibilización dirigidos a trabajadores y directivos, orientados a fortalecer la comprensión y aceptación de estas tecnologías, garantizando su uso adecuado y ético dentro de los entornos laborales.

Se sugiere avanzar en la actualización y desarrollo de marcos normativos que regulen el uso de la inteligencia artificial en seguridad y salud en el trabajo, asegurando su alineación con los principios de protección laboral, privacidad de datos y responsabilidad organizacional.

Asimismo, se plantea la necesidad de fomentar alianzas entre el sector académico, empresarial y gubernamental, con el fin de impulsar proyectos piloto, investigaciones aplicadas y transferencia de conocimiento que faciliten la implementación efectiva de estas tecnologías.

Como proyección futura, se recomienda el desarrollo de estudios de campo que permitan evaluar de manera directa el impacto de la inteligencia artificial en obras de construcción específicas, generando evidencia empírica contextualizada para la toma de decisiones estratégicas.

Finalmente, se propone integrar la inteligencia artificial dentro de un enfoque de sostenibilidad, donde no solo se priorice la eficiencia operativa, sino también la protección de la vida, el bienestar de los trabajadores y el desarrollo responsable del sector construcción.

Referencias

- Acheampong, A., et al. (2025). Adopción de tecnologías de IA en la gestión de la salud y la seguridad en la construcción en Ghana. *Investigación DLSU*.
<https://www.ajrsp.com/es/Archivo/numero-72/2.pdf>
- ARL Colombiana / Geisas Colombia. (2024). *Implementación de IA para análisis predictivo de riesgos*. <https://geisas.com.co/la-revolucion-digital-en-las-arl-transformando-la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-en-colombia/>
- Blandón Grisales, O. J., Hincapié Pérez, S. y Montoya Jaramillo, Y. D. S. (2023). *Viabilidad de la Inteligencia Artificial en Seguridad y Salud en el Trabajo* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio UNIMINUTO.
https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/17855/1/T.G_BlandonGrisalesOscar_2023.pdf
- Bobadilla, K. / Revista Urbana de Camacol. (2025). 'IA Camacol': la nueva apuesta gremial para mejorar la eficiencia y seguridad en la construcción. *Revista Urbana*.
<https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/104/innovacion/ia-camacol-la-nueva-apuesta-gremial-para>
- Bolívar, F. A. J. (2024). Aplicabilidad de la inteligencia artificial en Colombia para prevenir riesgos laborales. *Revista Tajamar*. <https://litoral.edu.co/portal/wp-content/uploads/2024/04/1-aplicabilidad-de-la-inteligencia-artificial-en-colombia-para-prevenir-los-riesgos-laborales-revision-sistematica.pdf>
- CAMACOL. (2025). *Encuesta BIM y adopción de IA en construcción*.
<https://camacol.co/prensa/noticias/inteligencia-artificial-el-bajo-la-manga-para-impulsar-al-sector-constructor>

- Camilo Malaver. (2025). *IA en la seguridad y salud en el trabajo: una aliada para el bienestar laboral*. Fundación Universitaria Konrad Lorenz.
<https://www.konradlorenz.edu.co/noticias/ia-en-la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-una-aliada-para-el-bienestar-laboral/>
- ESU Medellín. (2025). *Inteligencia Artificial: la nueva fuerza que transforma la seguridad en Medellín y las organizaciones*. <https://www.esu.com.co/inteligencia-artificial-la-nueva-fuerza-que-transforma-la-seguridad-en-medellin-y-las-organizaciones/>
- Fajardo-López, D. J. (2024). Inteligencia artificial aplicada a la Seguridad y Salud en el Trabajo. *Revistas Digitales Uniboyacá*.
<https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/1129>
- García, M. C. M. (2022). La inteligencia artificial para el entorno laboral: Un enfoque en la predicción de accidentes. *Revista ERIPS*.
<https://revistascientificas.us.es/index.php/erips/article/view/20330/18548>
- García-Peñaloza, N. C. (2025). Implementación de la Inteligencia Artificial en los procesos de Salud y Seguridad. *Gestión Libre*.
https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/gestion_libre/article/view/12656
- GEA21 / Corporación Tecnológica de Andalucía. (2024). *Gea21 desarrolla un sistema basado en IA para reducir accidentes en obra civil*.
<https://www.corporaciontecnologica.com/noticias/gea21-desarrolla-un-sistema-basado-en-inteligencia-artificial-para-reducir-un-20-los-accidentes-laborales-en-obra-civil/>
- ISI Seguridad Industrial. (2025). *Inteligencia Artificial en SST: Cómo la Tecnología Transforma la Seguridad Laboral*. <https://www.isiseguridadindustrial.com/blog/inteligencia-artificial-en-sst-como-la-tecnologia-transforma-la-seguridad-laboral/>

- Jaimes Quintanilla, M. (2023). *Tecnologías basadas en IA para SST* [Trabajo de grado]. Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/14605>
- Molina Castaño, C. F. (2024). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en salud y seguridad laboral. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. Scielo España. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602024000400010
- Prevenir IAM. (2024). *El impacto de la Inteligencia Artificial en la Prevención de Accidentes Laborales*. <https://preventiam.com/impacto-ia-prevencion-accidentes-laborales/>
- Psico-inteligente. (2024). *Casos de éxito: empresas que revolucionaron su seguridad laboral mediante tecnologías emergentes y análisis de datos*. <https://blogs-es.psico-smart.com/articulo-casos-de-exito-empresas-que-revolucionaron-su-seguridad-laboral-mediante-tecnologias-emergentes-y-analisis-de-datos-191952>
- Rit Cadillo, R. I. (2023). Los riesgos y los desafíos que enfrentan los trabajadores con la IA. *Revista del Poder Judicial del Perú*. <https://revistas.pj.gob.pe/revista/index.php/rdpt/article/view/778/1111>
- Secmótico. (2024). *IA y Visión por Computador: Prevención de riesgos en la construcción*. <https://secmotic.com/ia-computer-vision-construccion/>
- Vallejo-Morán, J. C. (2025). La Inteligencia Artificial en la Gestión de la Seguridad y Salud Laboral. *Ciencia y Reflexión*. <https://cienciayreflexion.org/index.php/Revista/article/view/215>