



Optimización de las operaciones de rescate en Colombia mediante el uso de la Inteligencia Artificial

Mayor (FAC) Fabrizio Viveros Tello

Artículo para optar al título profesional:

Magister en Defensa y Seguridad Nacionales

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" Bogotá D.C.,
Colombia
2025

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

DATOS GENERALES	
Nombre del estudiante	: Mayor (FAC) Fabrizio Viveros Tello
Identificación	: 1130589101
Programa académico	: Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales
Tutor metodológico	: SLP. Omar Ferney Vanegas Rincón
Tutor temático	: TF. Juan Carlos Contreras López
Fecha de entrega	: 08 de agosto de 2025
Extensión	: 7.473 palabras

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor autoriza que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

Optimización de las operaciones de rescate en Colombia mediante el uso de la inteligencia artificial

Optimization of rescue operations in Colombia through the use of artificial intelligence

Fabrizio Viveros Tello¹

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: Este artículo examina los beneficios y desafíos de la Inteligencia Artificial (IA) en las operaciones de rescate en Colombia, con foco en la localización de víctimas, la toma de decisiones en tiempo real y la asignación de recursos. Se realizó una revisión sistemática de la literatura en bases de datos indexadas, analizando el estado actual de la IA en operaciones de rescate a nivel global y nacional. Los hallazgos revelan que la IA mejora la eficiencia y precisión en la detección y rescate de víctimas, aunque enfrenta retos técnicos, éticos y organizacionales. Se destaca la integración de la IA con tecnologías tradicionales como drones. La investigación concluye con recomendaciones para una implementación responsable y efectiva de la IA en la gestión de desastres en Colombia. Futuras investigaciones podrían enfocarse en modelos predictivos más precisos e interfaces interactivas para la toma de decisiones en tiempo real.

Palabras clave: asignación de recursos; inteligencia artificial; localización de víctimas; operaciones de rescate; optimización.

Abstract: This article examines the benefits and challenges of Artificial Intelligence (AI) in rescue operations in Colombia, focusing on victim localization, real-time decision-making, and resource allocation. A systematic literature review was conducted in indexed databases, analyzing the current state of AI in rescue operations at the global and national levels. The findings reveal that AI improves the efficiency and accuracy of victim detection and rescue, although it faces technical, ethical, and organizational challenges. The integration of AI with traditional technologies such as drones is highlighted. The research concludes with recommendations for the responsible and effective implementation of AI in disaster management in Colombia. Future research could focus on more accurate predictive models and interactive interfaces for real-time decision-making.

Keywords: artificial intelligence; disaster rescue; optimization; rescue operations; victim location.

¹ Mayor de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Candidato a magíster en Defensa y Seguridad Nacionales, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Ingeniero Informático, Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-6366-105X> - Contacto: fabrizio.viveros@esdeg.edu.co

Introducción

Colombia, dada su ubicación geográfica y características topográficas, es altamente susceptible a desastres naturales como terremotos, inundaciones y deslizamientos de tierra. Esta vulnerabilidad subraya la importancia de una gestión eficiente de las operaciones de rescate para minimizar la pérdida de vidas humanas y mitigar el impacto socioeconómico en las comunidades afectadas. Históricamente, estas operaciones han dependido en amplia medida de métodos manuales, lo que a menudo conduce a demoras significativas y a una asignación limitada de los recursos disponibles (Shan & Li, 2024). En este contexto, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta prometedora con el potencial de transformar radicalmente las operaciones de rescate, ofreciendo capacidades mejoradas para procesar enormes volúmenes de datos en tiempo real, mejorar la precisión en la localización de víctimas y optimizar la asignación de recursos disponibles de manera más eficiente. El auge de la IA generativa, ejemplificado por modelos como ChatGPT, ha demostrado un excelente rendimiento en la creación de contenido y el análisis de datos, abriendo nuevas posibilidades en numerosos campos, incluyendo la gestión de desastres (Shan & Li, 2024).

A nivel global, la IA se ha aplicado con éxito en diversas áreas relacionadas con la gestión de desastres, desde la predicción de eventos climáticos extremos hasta la optimización de rutas de evacuación y la evaluación de riesgos multiamenaza (Kuglitsch et al., 2022). En el ámbito específico de las operaciones de rescate, la IA puede utilizarse para analizar datos de sensores remotos, como imágenes satelitales y datos provenientes de vehículos aéreos no tripulados (UAVs), con el fin de identificar áreas afectadas y localizar posibles víctimas de manera más rápida y precisa (Papayan, Kulhandjian, Kulhandjian, & Aslanyan, 2023; Contreras, Neira, & Flórez, 2023). Además, los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar datos de redes sociales y llamadas de emergencia para detectar patrones y tendencias que permitan una respuesta más

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

expedita y eficiente por parte de los equipos de rescate (Kuglitsch et al., 2022). Sin embargo, la tecnología de IA actual aún enfrenta desafíos en la práctica de la gestión de emergencias, incluyendo la necesidad de mejorar la precisión de la predicción y la colaboración entre humanos y máquinas.

Shan y Li (2024) proponen un marco teórico llamado ERDSS-GA (Early Warning Decision Support System - Global Architecture). Este marco integra la IA generativa en la gestión de emergencias para mejorar la respuesta de los sistemas, gestionando grandes cantidades de datos y optimizando estrategias. Este enfoque busca refinar la toma de decisiones en situaciones de emergencia, facilitando respuestas más rápidas y efectivas, y desafiando las limitaciones de los sistemas actuales, que presentan deficiencias en alertas tempranas y planificación de rescate. No obstante, la implementación de la IA en la gestión de desastres plantea fundamentales cuestiones éticas, como el sesgo algorítmico y la privacidad de los datos, que deben abordarse para garantizar un uso responsable y equitativo de estas tecnologías (Chun et al., 2025).

En Colombia, la implementación de la IA en las operaciones de rescate aún se encuentra en una etapa inicial, pero se están realizando esfuerzos para aprovechar su potencial en diversas áreas. Por ejemplo, la Armada Nacional de Colombia ha desarrollado un modelo de IA para predecir la ubicación de objetos de búsqueda en operaciones de salvamento marítimo (Contreras, Neira, & Flórez, 2023). Además, se está explorando el uso de UAVs para la supervisión de áreas afectadas por desastres y la evaluación de daños, lo que podría mejorar significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias en el país.

A pesar de estos avances prometedores, la adopción de la IA en las operaciones de rescate en Colombia enfrenta varios desafíos significativos que deben abordarse de manera integral. Uno de los principales desafíos es la falta de disponibilidad de datos de alta calidad y la dificultad para

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

integrar diferentes fuentes de información. Además, existe una brecha considerable en la capacitación del personal en el uso de las tecnologías de IA, lo que limita su adopción efectiva (Kuglitsch et al., 2022).

En este contexto, surge la necesidad de investigar cómo la inteligencia artificial puede mejorar la planificación y ejecución de operaciones de rescate en Colombia. Persiste la interrogante sobre cómo integrar estas tecnologías de manera eficiente y equitativa, garantizando una respuesta rápida y justa en situaciones de emergencia. Esta investigación busca responder a la pregunta: ¿De qué manera la inteligencia artificial puede mejorar la planificación y ejecución de operaciones de rescate en Colombia, y cuáles son los principales desafíos para su implementación?

Investigar el uso de la IA en rescates es crucial para mejorar la eficiencia, la coordinación entre equipos, optimizar la asignación de recursos y salvar vidas en Colombia, un país propenso a desastres naturales. Este estudio interesa a autoridades, organizaciones de rescate, investigadores y comunidades vulnerables. Los hallazgos podrían aportar estrategias para una implementación efectiva y ética de la IA, fortaleciendo la resiliencia nacional ante desastres y promoviendo la seguridad ciudadana.

El objetivo general de esta investigación es examinar cómo la IA puede mejorar la planificación y ejecución de operaciones de rescate en Colombia. Se busca identificar los posibles beneficios y los principales desafíos de implementar sistemas de IA en la gestión de desastres. El objetivo es proponer recomendaciones para una adopción responsable y efectiva, utilizando un enfoque multidisciplinario que combine conocimientos técnicos, éticos y organizacionales para tratar la complejidad del tema.

Metodología

En esta investigación se utilizó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual, según Page et al. (2021), proporciona directrices actualizadas para la realización de revisiones sistemáticas, incorporando avances metodológicos y estructurales significativos. Esta metodología se basa en una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de identificar y analizar las aplicaciones, beneficios y desafíos de la inteligencia artificial (IA) en las operaciones de rescate, con un enfoque particular tanto en el contexto colombiano como en el internacional. Este proceso se llevó a cabo en diversas etapas, comenzando con la selección de subtemas como “Inteligencia Artificial”, “operaciones de rescate”, “planificación y ejecución”, “desafíos” y “optimización”. De todos estos subtemas se seleccionaron un total de 66 palabras clave relevantes, posteriormente se tradujo estas palabras al inglés, esto debido a que los documentos académicos y científicos tienen puntos de recuperación (título, resumen y palabras claves) que facilitan encontrar información, usualmente en inglés.

Posterior, se usaron operadores booleanos o lógicos, que permitirán conectar de forma lógica términos o grupos de términos para ampliar, limitar o definir la búsqueda. Posteriormente, se utilizaron operadores de truncamiento o comodines, que ayudaron a buscar prefijos del término principal (*), a buscar frases exactas o completas (“”) y agrupar términos o subtemas, lo cual fue esencial para estructurar las seis ecuaciones de búsqueda finales y comenzar a realizar búsquedas exhaustivas en bases de datos de carácter académico y técnico, incluyendo IEEE Xplore, Scopus, Google Scholar y ScienceDirect, así como también dentro de los recursos electrónicos del Sistema de Información de Bibliotecas de la Fuerza Pública, con el fin de realizar una revisión sistemática de la literatura mediante la metodología Prisma.

Se comenzó explorando la ecuación No. 6, que arrojó un total de 122 resultados, siendo

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

esta la ecuación más propicia para buscar información relevante del proyecto de investigación.

Luego se colocaron los artículos encontrados en un gestor de referencias bibliográficas como zotero, y se exportó en formato RIS los artículos encontrados por cada Base de Datos, para que luego estos pudieran ser analizados por VOSviewer, una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas. Posterior se eligió crear un mapa con base en los datos de la bibliografía y se seleccionó el documento RIS de la base de datos que se seleccionó para analizar, en este caso el de IEEE para luego seleccionar las palabras clave con más concurrencia.

Una vez se localizaron esas palabras, se dirigió nuevamente a Zotero y dentro de la carpeta de IEEE se hizo un filtro con las palabras escogidas, de manera que se logró identificar los artículos a leer. De los cuales inicialmente se realizó la lectura únicamente de los resúmenes de cada uno para verificar su relación con el proyecto de investigación.

Los criterios de inclusión para la selección de los estudios fueron los siguientes: (1) Artículos que abordaran el uso de la IA en operaciones de rescate o gestión de desastres; (2) Estudios que presentaran evidencia empírica o análisis teóricos sobre los beneficios o desafíos de la IA en este campo; (3) Investigaciones que se centraran en el contexto colombiano o que tuvieran implicaciones relevantes para Colombia; y (4) Publicaciones en revistas académicas revisadas por pares, informes técnicos de organizaciones gubernamentales o no gubernamentales, y documentos de políticas públicas. Se excluyeron aquellos estudios que no se centraran en la IA, que carecieran de rigor metodológico o que no fueran relevantes para el contexto colombiano.

La información recopilada se analizó empleando un enfoque de síntesis narrativa, el cual implicó la identificación de temas comunes, la comparación de hallazgos y la extracción de conclusiones generales. Se prestó especial atención a los aspectos técnicos, éticos y organizacionales de la implementación de la IA en las operaciones de rescate. Además, se

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

analizaron estudios de caso y ejemplos de aplicaciones concretas de la IA en la gestión de desastres, con el objetivo de ilustrar los beneficios potenciales y los desafíos asociados.

Finalmente, se realizó un análisis crítico de la literatura para identificar lagunas en el conocimiento y áreas de investigación futura. Se formularon recomendaciones para la implementación efectiva y responsable de la IA en las operaciones de rescate en Colombia, teniendo en cuenta los desafíos técnicos, éticos y organizacionales identificados en la revisión.

Estado actual del uso de la Inteligencia Artificial en operaciones de rescate a nivel internacional y nacional.

Esta sección presenta el estado actual del uso de la Inteligencia Artificial (IA) en operaciones de rescate, tanto a nivel internacional como en el contexto colombiano. A través del análisis de casos, desarrollos tecnológicos y marcos normativos, se establece las capacidades actuales y las limitaciones observables en la integración de la IA en la gestión de desastres.

La aplicación de la IA en las operaciones de rescate ha ganado impulso considerable, impulsada por la necesidad de respuestas más rápidas y eficientes ante emergencias y desastres naturales. A nivel global, la IA se ha introducido en varios aspectos de la gestión de desastres, abarcando desde la predicción de eventos climáticos extremos hasta la optimización de rutas de evacuación y la evaluación de riesgos multiamenaza (Eslava, Martínez, Soto, Vera, & Guevara, 2021).

Predicción y alerta temprana a nivel internacional

La predicción y alerta temprana de desastres constituye uno de los usos más prometedores de la IA en operaciones de rescate (Shan & Li, 2024). Los modelos de aprendizaje automático analizan

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

datos históricos y en tiempo real de diversas fuentes, como sensores meteorológicos, imágenes satelitales y redes sociales, para identificar patrones que indican la probabilidad de eventos catastróficos (Diehlmann et al., 2022).

Shan & Li (2024) destacan la aplicación de la IA para mejorar los modelos de pronóstico de inundaciones mediante el análisis de datos hidrometeorológicos, generando alertas tempranas más precisas. En la detección de terremotos, se han desarrollado detectores inteligentes basados en redes neuronales convolucionales y recurrentes (CNN-RNN) que identifican terremotos de baja frecuencia con alta precisión.

Estos avances tecnológicos permiten a las autoridades y equipos de rescate prepararse con anticipación, movilizar recursos y evacuar poblaciones en riesgo, disminuyendo el impacto de los desastres e incrementando las posibilidades de supervivencia. No obstante, la dependencia de datos históricos de calidad y la capacidad computacional avanzada limita la aplicación de estos modelos en regiones con menor desarrollo tecnológico.

Optimización de la asignación de recursos a nivel internacional

Los algoritmos de optimización examinan datos sobre disponibilidad de recursos, ubicación de víctimas, condiciones del terreno y restricciones de tiempo para determinar la forma más eficiente de asignar equipos de rescate, suministros y equipos a las áreas que más los necesitan (Martínez Heras, 2018).

Cruz & Valdés (2011) proponen enfoques cuantitativos basados en programación lineal entera mixta para minimizar el tiempo de respuesta y maximizar el número de vidas salvadas en inundaciones por mareas de tormenta. Estos modelos consideran la capacidad de los equipos de rescate, la disponibilidad de vehículos y la accesibilidad de las carreteras para generar planes de

La IA facilita la coordinación entre diferentes agencias involucradas en las operaciones de rescate, proporcionando una plataforma común para el intercambio de información y la toma de decisiones colaborativa. Shan & Li (2024) proponen un método basado en la correspondencia dinámica de la oferta y la demanda para mejorar la eficiencia de la asignación de material de rescate en desastres por marejadas ciclónicas.

Sistemas de apoyo a la decisión a nivel internacional

Los sistemas de apoyo a la decisión (DSS) impulsados por IA están transformando la gestión de emergencias al ayudar a los responsables a tomar decisiones más informadas y rápidas. Estos sistemas integran datos de diversas fuentes, analizan escenarios hipotéticos y proporcionan recomendaciones basadas en evidencia para optimizar las estrategias de respuesta (Maule, 2023). Shan & Li (2024) proponen el marco teórico ERDSS-GA (Early Warning Decision Support System - Global Architecture), que integra la IA generativa para mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas. Este enfoque refina la toma de decisiones en situaciones de emergencia, facilitando respuestas más rápidas y efectivas.

La IA generativa, ejemplificada por modelos como ChatGPT, procesa consultas en lenguaje natural, recupera conocimiento relevante y genera respuestas concisas, proporcionando orientación oportuna para el desarrollo de las operaciones de rescate. A pesar de los beneficios evidentes, la implementación de DSS basados en IA plantea interrogantes sobre la transparencia algorítmica y la responsabilidad en la toma de decisiones.

En el contexto colombiano, la implementación de la IA en las operaciones de rescate se encuentra en una fase inicial. La Armada Nacional de Colombia ha desarrollado un modelo de IA para predecir la ubicación de objetos de búsqueda en operaciones de salvamento marítimo (Contreras, Neira, & Flórez, 2023).

El modelo de la Armada Nacional busca aumentar la eficiencia, precisión y rapidez de las tareas involucradas, reduciendo el tiempo de respuesta y aumentando las posibilidades de éxito en las operaciones de búsqueda y salvamento marítimo, a través de técnicas de aprendizaje automático capaces de identificar patrones y tendencias en los incidentes.

Marco regulatorio

El marco normativo colombiano respalda las operaciones de búsqueda y salvamento, tanto marítimo como terrestre. La legislación colombiana, como el Decreto 1294 de 2021 y el Decreto 0307 de 2023, juega un papel fundamental en la estructuración y regulación de estas operaciones.

La Armada Nacional de Colombia subraya la necesidad de asistir eficientemente a las personas que se encuentren en peligro en escenarios marítimos y fluviales, como parte de un esfuerzo coordinado con otras instituciones del Estado, como Aerocivil y la Dirección General Marítima (DIMAR). El convenio interadministrativo DIMAR – UAE (2019) establece la estructuración, elaboración e implementación del Plan Nacional de Búsqueda y Salvamento.

La Ley 1523 de 2012 y el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SGRD) refuerzan la preparación y respuesta ante desastres naturales, incluyendo protocolos operativos que involucran tanto a las entidades locales como nacionales. Colombia, como miembro de organizaciones internacionales, sigue los lineamientos establecidos por organismos como la Organización

Tendencias futuras a nivel internacional

El futuro de la aplicación de la IA en operaciones de rescate presenta varias tendencias prometedoras. La IA explicable (XAI) proporciona transparencia y comprensibilidad a los modelos de IA, permitiendo a los usuarios entender cómo se toman las decisiones, lo que aumenta la confianza y la aceptación de estas tecnologías (Joshi & Morley, 2019).

El aprendizaje por refuerzo permite a los modelos tomar decisiones óptimas en tiempo real, adaptándose a las condiciones variables de las operaciones de rescate (Kuglitsch et al., 2022). Esta técnica se utiliza para optimizar la asignación de recursos y la planificación de rutas en la gestión de emergencias.

La integración de datos multimodales, incluyendo texto, imágenes y audio, ayuda a obtener una comprensión más completa de la situación del desastre, proporcionando una base más confiable para la toma de decisiones. Papyan, Kulhandjian, Kulhandjian, & Aslanyan (2023) proponen el uso de datos multimodales para mejorar la precisión de la previsión de la demanda.

Vigilancia y monitoreo continuo

El monitoreo continuo permite mantener un control constante de las situaciones de emergencia. Maule (2023) destaca la importancia de tomar la iniciativa para mitigar y minimizar la pérdida de vidas. Shan & Li (2024) proponen la utilización de infraestructura inteligente para obtener datos de imágenes de la escena del desastre y el uso de métodos de aprendizaje profundo para identificar sobrevivientes, mejorando la precisión de las decisiones de respuesta a emergencias.

En la gestión de desastres, la clasificación eficiente de la información se vuelve crucial,

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

especialmente en plataformas sociales donde la abundancia de datos puede ser tanto una ventaja como un desafío. Algoritmos de Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) se han propuesto para clasificar tweets relacionados con desastres naturales, distinguiendo entre información verdadera y falsa para mitigar la propagación de noticias engañosas (Revista Innovación y Software, 2023).

Esta capacidad de análisis permite a los equipos de rescate centrarse en información verificada y relevante, optimizando los esfuerzos de respuesta y reduciendo los tiempos de reacción ante situaciones de emergencia. La IA puede contribuir a la mejora continua de los planes de rescate, adaptándose a la evolución del escenario del incidente y facilitando el intercambio de información entre los distintos equipos y organizaciones involucradas.

Marcos de aprendizaje heterogéneos

Khanna et al. (2023) desarrollaron marcos de aprendizaje automático heterogéneos para la predicción del riesgo de osteoporosis, proporcionando puntuaciones de riesgo oportunas y asistencia para la asignación de recursos, con inteligencia artificial explicable para su interpretación. Estos marcos facilitan la asignación de recursos y proporcionan inteligencia artificial explicable para diferentes contextos de aplicación.

Aunque los marcos de aprendizaje heterogéneos muestran potencial en la mejora de la precisión y la eficiencia en la asignación de recursos, su aplicabilidad puede variar según el contexto y los datos disponibles. Es fundamental realizar evaluaciones exhaustivas para determinar su idoneidad en diferentes escenarios de rescate.

La implementación exitosa de la IA en operaciones de rescate requiere abordar desafíos relacionados con la transparencia algorítmica, la protección de datos, la capacitación del personal y la adaptación a contextos locales específicos. Es crucial asegurar que estas tecnologías se utilicen

de manera responsable, ética y efectiva, maximizando su potencial para salvar vidas y minimizar el impacto de los desastres.

Explorar el impacto en las operaciones de rescate al integrar la IA con tecnologías de búsqueda tradicionales para mejorar la eficiencia, reducir los tiempos de respuesta y aumentar la precisión en la localización de víctimas.

Las operaciones de búsqueda y rescate (SAR) han experimentado una transformación notable impulsada por innovaciones tecnológicas y la integración de sistemas de apoyo a la decisión. Tradicionalmente, estas operaciones dependían de métodos manuales y estrategias centralizadas que, aunque efectivas en casos aislados, presentaban limitaciones ante catástrofes de gran escala. La creciente complejidad de los desastres naturales y antropogénicos ha propiciado la búsqueda de soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) para optimizar los procesos de rescate, reduciendo tiempos de respuesta y aumentando la precisión en la localización de víctimas (Nasar, Trujillo, Machado, & Narváez, 2023).

Diversas investigaciones han resaltado la importancia de integrar sistemas de toma de decisiones (DSS), gestión de datos y algoritmos de IA como herramientas complementarias en la planificación y ejecución de operaciones SAR (Madonia, 2023). Nasar et al. (2023) destacan la relevancia de aprovechar tecnologías innovadoras en rescates terrestres, identificando una escasez de estudios en el ámbito marítimo, lo que subraya la necesidad de extender las aplicaciones a nuevos escenarios operativos. El contexto histórico sitúa a la IA y los sistemas colaborativos como factores cruciales en la modernización de las operaciones SAR.

El rol de los UAVs en la búsqueda y rescate

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) han emergido como uno de los componentes tecnológicos más revolucionarios en las operaciones de búsqueda y rescate. Dotados de capacidades avanzadas, estos dispositivos permiten la obtención de datos en tiempo real, ofreciendo detalles críticos sobre la situación en el terreno. Durante situaciones de desastre, la rapidez en la recolección y análisis de información es determinante para salvar vidas, y los UAV, equipados con sensores ópticos e infrarrojos, cumplen un papel fundamental en la cobertura de grandes áreas de búsqueda (Eslava, Martínez, Soto, Vera, & Guevara, 2021; Feraru, Andersen, & Boukas, 2020).

La utilización de UAVs se ha extendido gracias a su autonomía y capacidad para operar en condiciones adversas. Estudios recientes han evidenciado cómo la integración de sistemas de computación en el borde (edge computing) permite que los UAVs procesen información de manera inmediata, optimizando la toma de decisiones en escenarios dinámicos (Uckelmann et al., 2024). La fusión de datos provenientes de diversas fuentes, como imágenes térmicas y ópticas, ha permitido desarrollar métodos robustos para la localización de víctimas en investigaciones sobre fusión multimodal de sensores en entornos urbanos (Liu et al., 2022; She et al., 2021).

IA para la gestión de desastres

La aplicación de técnicas de inteligencia artificial en la gestión de desastres ha transformado radicalmente la forma de abordar el análisis y la respuesta ante eventos críticos. La IA mejora la eficiencia en el procesamiento de grandes volúmenes de datos y facilita la identificación de patrones y anomalías a partir de información dispersa. Algoritmos de aprendizaje profundo (DL) y redes neuronales convolucionales (CNN) han demostrado ser efectivos en tareas como la

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

detección de daños en estructuras y la identificación visual de víctimas en imágenes capturadas durante un desastre (Dávalos, 2023; Ríos, 2023).

La integración de IA en sistemas de gestión de desastres permite el desarrollo de modelos predictivos basados en datos históricos y en tiempo real, posibilitando la simulación de escenarios y la optimización de planes de emergencia. La colaboración entre humanos y algoritmos se ha convertido en una ventaja crucial para superar las limitaciones de los enfoques tradicionales. El sistema interactivo de evaluación de escenas de desastre (iDSA) permite a los algoritmos ajustar su enfoque visual gracias a la intervención de operadores humanos, combinando ambas capacidades (Anderson et al., 2023; Shan & Li, 2024).

La implementación de estas tecnologías ha abierto nuevas oportunidades para el desarrollo de sistemas descentralizados, permitiendo una respuesta más ágil y menos dependiente de una única fuente de decisión. Este cambio hacia estructuras operativas basadas en IA descentralizada está respaldado por estudios que resaltan la importancia de sistemas autónomos para mejorar la coordinación en escenarios altamente dinámicos (Hosseini et al., 2023; Uckelmann et al., 2024).

Ventajas de la integración de la IA en las operaciones de rescate

La integración de la inteligencia artificial en las operaciones de búsqueda y rescate ofrece una amplia variedad de ventajas que contribuyen significativamente a la mejora de la eficiencia y la efectividad de las intervenciones de emergencia. Entre las principales ventajas se destacan:

Tabla 1. Principales ventajas de integrar la IA en las operaciones de SAR.

Ventaja	Descripción	Ejemplo/Tecnología
Mayor eficiencia en la planificación	Optimización de la asignación de recursos y rutas de búsqueda, reduciendo tiempos y mejorando la coordinación.	Algoritmos de planificación y fusión de datos

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Reducción de tiempos de respuesta	Automatización del procesamiento de datos en tiempo real, lo que permite enviar equipos de rescate al instante.	UAVs con IA y edge computing
Aumento en la precisión de localización	Utilización de sistemas de fusión multimodal que integran imágenes, datos térmicos y sensores para localizar víctimas con alta exactitud.	Sistemas de detección basados en CNN y multi-sensor fusion
Capacidad de operatividad en entornos adversos	Disponibilidad de sistemas autónomos y robustos frente a condiciones cambiantes.	UAVs, sistemas descentralizados, dispositivos IoT
Mejora en la comunicación y coordinación	Integración de NLP y sistemas inteligentes para el manejo de datos y la coordinación interinstitucional.	Análisis de datos de redes sociales y comunicación en tiempo real

Fuente: elaboración propia con base en los datos recolectados por Eslava, Martínez, Soto, Vera, & Guevara (2021); Uckelmann et al., (2024); Liu et al. (2022); She et al. (2021); Hosseini et al. (2023); Nasar, Trujillo, Machado, & Narváez (2023); Quenta Nina & Quispe Cahuana (2023); Zambrano, D., & Avellán, M. (2023)

Estos beneficios se traducen en una mayor capacidad de respuesta y optimización global de recursos, mejorando la tasa de éxito en las intervenciones y minimizando el riesgo para los equipos de rescate. Tecnologías como los drones equipados con cámaras AI y sistemas de predicción anticipada reducen drásticamente el tiempo empleado en identificar la ubicación de víctimas, esencial para salvar vidas durante los primeros minutos críticos tras un desastre (Eslava, Martínez, Soto, Vera, & Guevara, 2021).

Integración de datos multimodales para una respuesta más efectiva

La integración de datos multimodales se ha convertido en uno de los pilares fundamentales para mejorar la eficacia de las operaciones de rescate. Al combinar diferentes tipos de datos como imágenes visuales, térmicas, acústicas y provenientes de redes sociales, los sistemas de IA pueden obtener una visión holística del escenario del desastre. Este enfoque permite identificar áreas de alto riesgo y priorizar las intervenciones de rescate con un nivel de detalle sin precedentes (Quenta Nina & Quispe Cahuana, 2023; Zambrano, D., & Avellán, M., 2023).

Una estrategia concreta es el uso de algoritmos de fusión de múltiples sensores, que combinan información de cámaras visuales, térmicas y otros dispositivos para generar mapas

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

probabilísticos de localización. Este método ha demostrado acelerar la detección de víctimas y reducir los falsos positivos en condiciones de baja visibilidad o entornos urbanos complejos (Liu et al., 2022; She et al., 2021).

La siguiente tabla presenta una comparación entre algunas de las tecnologías emergentes en la integración de datos y su contribución a las operaciones SAR:

Tabla 2. Comparación de tecnologías emergentes y su impacto en las operaciones SAR.

Tecnología	Aporte a la eficiencia	Precisión en localización	Limitaciones
Cámaras Visuales y Térmicas	Permiten el análisis simultáneo de diferentes espectros de luz.	Alta, gracias a la fusión de datos en tiempo real.	Dependencia de condiciones ambientales.
Sensores Acústicos y RF	Complementan la visión para detectar anomalías en áreas de difícil acceso.	Moderada, con potencial para mejorar la detección.	Ruido ambiental y baja resolución de datos.
Redes Sociales y NLP	Facilitan la identificación de áreas afectadas mediante análisis de publicaciones.	Variable, depende del volumen y la calidad de los datos.	Requiere procesamiento intensivo y validación.

Fuente: elaboración propia con base en los datos recolectados por Liu et al. (2022); She et al. (2021); Sun et al. (2023); Wang et al., (2024); Quenta Nina & Quispe Cahuana (2023); Zambrano-Montenegro & Avellán-Vera (2023)

La implementación de sistemas de integración multimodal optimiza la precisión de localización de víctimas y facilita una respuesta coordinada y adaptativa, permitiendo que los equipos dispongan de información precisa en tiempo real para tomar decisiones estratégicas.

Tendencias futuras y el horizonte de la IA en rescate

El campo de la inteligencia artificial continúa evolucionando rápidamente, y su aplicación en operaciones de rescate se encuentra en una fase incipiente de transformación. Varias tendencias se perfilan como especialmente relevantes, prometiendo un futuro alentador.

La automatización y descentralización promete transformar los métodos tradicionales de coordinación y toma de decisiones en SAR. La integración de IA permitirá que cada unidad

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

operativa, ya sea UAV, sistemas multi-modales o sensores IoT, pueda procesar y actuar de forma autónoma, reduciendo la dependencia de centros de comando centralizados (Hosseini et al., 2023; Uckelmann et al., 2024).

Los avances en computación en el borde y redes 5G/B5G facilitarán transferencia y procesamiento de datos más rápidos y eficaces. Estos avances permitirán el despliegue de UAVs que operen de forma autónoma y en conjunto con otros dispositivos para brindar respuesta inmediata ante emergencias (Alsaif et al., 2024; Uckelmann et al., 2024).

El desarrollo de modelos predictivos y simulaciones dinámicas permitirá crear modelos robustos que anticipen la evolución de desastres y optimicen las rutas de rescate. Herramientas de simulación basadas en aprendizaje por refuerzo y modelos generativos ofrecen escenarios virtuales para entrenar equipos de emergencia y ajustar estrategias operativas en tiempo real (Guan et al., 2023; Wang et al., 2023).

La interacción humano-IA y sistemas colaborativos representan el futuro de la gestión de desastres, residiendo en la sinergia entre capacidades humanas y algoritmos inteligentes. La implementación de sistemas que permiten interacción directa entre operadores y modelos de IA facilita la corrección de errores y mejora la precisión en la evaluación de escenarios críticos (Anderson et al., 2023; Shan & Li, 2024).

La clave para un futuro exitoso radica en la colaboración y la ética. La IA debe ser vista como un aliado, no como un reemplazo, y su desarrollo debe guiarse por principios éticos sólidos que protejan la privacidad y seguridad de las personas.

El impacto de la comunicación en la gestión de desastres

Una comunicación efectiva es esencial en cualquier operación de rescate. El intercambio en tiempo

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

real de información entre diferentes actores, desde UAVs hasta centros de comando y equipos en campo, garantiza que las decisiones se basen en datos actualizados y precisos. La integración de tecnologías como el procesamiento de lenguaje natural (NLP) en la gestión de datos provenientes de redes sociales y otras plataformas digitales ha permitido identificar rápidamente zonas afectadas y solicitudes emergentes de asistencia (Quenta Nina & Quispe Cahuana, 2023; Zambrano-Montenegro & Avellán-Vera, 2023).

La comunicación interinstitucional se beneficia de la capacidad de la IA para normalizar y procesar información heterogénea proveniente de diferentes fuentes. Esto facilita una coordinación más fluida entre agencias y mejora la capacidad de respuesta colectiva. Investigaciones recientes han demostrado que plataformas interconectadas, que combinan datos de sensores, UAVs y dispositivos móviles, pueden reducir significativamente los retrasos en la transmisión de información crítica, vital en situaciones de alta volatilidad (Hosseini et al., 2023; Madonia, 2023).

La implementación de sistemas colaborativos y de respuesta descentralizada permite una asignación de recursos más eficiente. La combinación de funciones de análisis en tiempo real y comunicación automatizada contribuye a superar barreras operativas y técnicas, permitiendo que equipos dispersos geográficamente trabajen en completa sinergia para ejecutar las tareas de rescate (Hosseini et al., 2023; Najafi, Salman, & Abareshi, 2018).

Determinar los principales desafíos técnicos, éticos y organizacionales para la implementación de IA en la gestión de desastres en Colombia

Esta sección analiza los desafíos técnicos, éticos y organizacionales para la implementación de la IA en la gestión de desastres en Colombia, basándose en una revisión sistemática de literatura

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

científica e investigaciones internacionales contextualizadas al entorno colombiano. El análisis identifica barreras significativas y proporciona una visión crítica sobre las condiciones necesarias para facilitar la adopción efectiva de la IA en escenarios de emergencia.

Desafíos técnicos en la implementación de IA en la gestión de desastres en Colombia

La incorporación de tecnologías de IA en la gestión de desastres enfrenta múltiples desafíos técnicos que pueden comprometer la precisión de los sistemas y su capacidad operativa en entornos dinámicos y complejos.

Calidad y disponibilidad de datos

La calidad y disponibilidad de datos confiables representa uno de los retos más importantes. Los modelos de IA requieren datos históricos, información en tiempo real y variables ambientales de alta fidelidad para realizar predicciones precisas. La heterogeneidad de fuentes (sensores meteorológicos, imágenes satelitales, datos de campo) y la falta de estandarización dificultan la integración necesaria para alimentar algoritmos de aprendizaje automático (Wang et al., 2023). Esta situación se agrava en Colombia, donde las infraestructuras de recolección y manejo de datos son limitadas en regiones alejadas o de difícil acceso.

Integración de sistemas y compatibilidad tecnológica

La implementación de IA requiere integración entre sistemas heredados y nuevas tecnologías. Muchas organizaciones enfrentan problemas al integrar herramientas basadas en IA con infraestructuras tradicionales, retrasando la adopción y reduciendo la eficiencia operativa (Miesbauer, 2025). En Colombia, esta problemática se intensifica debido a que varias instituciones

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

públicas y de socorro mantienen soluciones tecnológicas dispares y desactualizadas que dificultan la interoperabilidad y el flujo de información en tiempo real.

Capacidad de procesamiento y recursos computacionales

Los algoritmos avanzados y modelos de aprendizaje profundo requieren recursos computacionales significativos para el procesamiento en tiempo real. La falta de infraestructura adecuada, como centros de datos potentes o acceso a computación en la nube, limita la efectividad de las soluciones de IA (Wang et al., 2023). La latencia e ineficiencia en la transmisión de datos en entornos de emergencia pueden comprometer la toma de decisiones oportunas, aspecto crítico en operaciones de rescate.

Seguridad y Ciberseguridad

La protección de datos y la defensa contra ciberataques son fundamentales para sistemas basados en IA. Los algoritmos que manejan información sensible deben garantizar integridad y confidencialidad. En escenarios de desastre, donde la transmisión en tiempo real es esencial, el riesgo de ciberataques que comprometan sistemas críticos representa una amenaza significativa (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2025).

Habilidades técnicas y capacitación

Otro desafío técnico es la escasez de profesionales calificados en IA y ciencia de datos, lo cual afecta el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de estos sistemas (Pallathadka et al., 2021). La formación especializada y la transferencia de conocimiento son necesarias para asegurar que el personal técnico y operativo pueda manejar y optimizar estas tecnologías en situaciones de

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

emergencia. En Colombia, la brecha de habilidades tecnológicas es un factor que limita la adopción masiva y sostenible de soluciones basadas en IA para la gestión de desastres.

Visualización de datos y toma de decisiones

La capacidad de visualizar y analizar datos de manera intuitiva permite a los responsables interpretar información rápidamente. Sin embargo, la complejidad de los datos generados y el uso de interfaces poco amigables dificultan la efectividad en la toma de decisiones rápidas (Comfort, K., Ko, K., & Yarnold, B., 2004).

La siguiente tabla presenta una comparación entre los diferentes desafíos técnicos y su impacto en Colombia:

Tabla 3. Comparativa de desafíos técnicos

Desafío Técnico	Descripción	Impacto en Colombia
Calidad y disponibilidad de datos	Dificultad para integrar datos heterogéneos y garantizar su precisión	Limitada infraestructura de datos en zonas remotas
Integración de Sistemas	Compatibilidad entre tecnologías emergentes y sistemas heredados	Fragmentación tecnológica en instituciones públicas
Capacidad de procesamiento	Necesidad de recursos computacionales avanzados para el procesamiento en tiempo real	Limitación en infraestructura de cómputo y uso de la nube
Seguridad y ciberseguridad	Protección de datos críticos y defensa frente a ciberataques	Vulnerabilidad en la transmisión de información en situaciones de crisis
Habilidades técnicas y capacitación	Escasez de profesionales calificados y necesidad de formación continua	Brecha en la capacitación profesional en tecnologías emergentes
Visualización y toma de decisiones	Necesidad de interfaces intuitivas que faciliten la interpretación de grandes volúmenes de datos	Falta de herramientas de visualización eficiente en entornos críticos

Fuente: elaboración propia con base en los datos recolectados por Miesbauer (2025); Wang et al. (2023), Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (2025); Pallathadka et al. (2021)

La superación de estos retos técnicos implica inversión considerable en infraestructura, actualización de sistemas existentes y capacitación de recursos humanos. La colaboración entre el

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

sector público, la academia y la industria tecnológica es crucial para establecer plataformas integradas y seguras que permitan la implementación eficaz de la IA en la gestión de desastres.

Desafíos Éticos en la Implementación de IA en la Gestión de Desastres en Colombia

La integración de la IA en la gestión de desastres presenta controversias éticas que determinan la aceptación y efectividad de las tecnologías en situaciones críticas. Los desafíos éticos giran en torno a la justicia, transparencia, privacidad y rendición de cuentas.

Sesgo y discriminación algorítmica

Los algoritmos de IA pueden reproducir y amplificar sesgos existentes en los datos de entrenamiento. En la gestión de desastres, la identificación y mitigación de estos sesgos es esencial para asegurar que las decisiones no favorezcan a ciertos grupos en detrimento de otros (Diakopoulos & Koliska, 2017). La asignación de recursos de emergencia y la priorización de áreas de rescate deben basarse en criterios objetivos y equitativos. En Colombia, donde existen marcadas desigualdades sociales y territoriales, es vital implementar mecanismos de control que identifiquen y corrijan estos sesgos algorítmicos.

Transparencia y explicabilidad

La "opacidad" inherente a muchos modelos de IA puede socavar la confianza en la tecnología utilizada para la gestión de desastres. Como señala Visave (2024), la transparencia en la toma de decisiones automatizada es un pilar ético que permite a los responsables comprender y justificar las recomendaciones generadas por los sistemas de IA. La adopción de metodologías de explicabilidad es fundamental para lograr mayor aceptación social y responsabilizar a

Privacidad y protección de datos

El manejo de datos personales y sensibles constituye otro reto ético crítico. La recolección y procesamiento de datos deben cumplir con rigurosos estándares de privacidad que garanticen el respeto a los derechos individuales (O'Neil, C., 2016). En situaciones de emergencia, se debe equilibrar la necesidad de acceso a información relevante con la protección de la intimidad y datos personales.

Responsabilidad y rendición de cuentas

En escenarios donde la IA toma decisiones que pueden afectar directamente la vida de las personas, la asignación de responsabilidades es fundamental. Es necesario establecer marcos legales que definan claramente quién es responsable en caso de errores en los sistemas de IA utilizados durante la gestión de desastres.

Al abordar los desafíos éticos, es fundamental adoptar un enfoque inclusivo que involucre diversos actores, incluidos representantes de comunidades afectadas, autoridades regulatorias y expertos en ética. En el contexto colombiano, donde las brechas socioeconómicas pueden agravar los efectos de los desastres, una ética robusta en el diseño y operación de sistemas de IA es indispensable para garantizar equidad y justicia en la respuesta ante emergencias.

Desafíos organizacionales en la implementación de IA en la gestión de desastres en Colombia

La adopción de tecnologías de IA en la gestión de desastres depende en gran medida de factores

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

organizacionales que incluyen la cultura institucional, la coordinación interinstitucional, y la capacidad de adaptación a cambios tecnológicos. Estos desafíos organizacionales constituyen barreras importantes que deben ser superadas para integrar eficazmente la IA en las respuestas de emergencia.

Resistencia al cambio y cultura organizacional

La resistencia al cambio dentro de las instituciones encargadas de la gestión de desastres constituye un obstáculo común. La digitalización y adopción de tecnologías disruptivas implican transformar procesos tradicionales arraigados en la cultura organizacional (Miesbauer, 2025). En Colombia, esta resistencia se refleja en la demora para actualizar sistemas y en la falta de una visión integradora que contemple la innovación tecnológica como herramienta para mejorar la respuesta ante emergencias.

Coordinación interinstitucional y colaboración multisectorial

La gestión de desastres requiere respuesta coordinada entre múltiples entidades, desde organismos gubernamentales hasta equipos de emergencia y organizaciones no gubernamentales. La implementación de sistemas basados en IA demanda alto grado de interoperabilidad y comunicación en tiempo real (Comfort, K., Ko, K., & Yarnold, B., 2004). Según Kapucu, N. (2006), en Colombia la fragmentación de información y desconexión entre agencias pueden obstaculizar la integración de soluciones de IA, resultando en demoras y errores en decisiones críticas.

La adopción de tecnologías emergentes exige personal capacitado para operar y mantener estos sistemas. La carencia de programas de formación específicos en IA y la limitada disponibilidad de profesionales en ciencias de datos representan un reto organizacional decisivo (Pallathadka et al., 2021). La inversión en capacitación continua y la colaboración con universidades pueden ser estrategias efectivas para cerrar esta brecha.

Liderazgo y apoyo institucional

El liderazgo es determinante en la transformación digital de las organizaciones. La falta de compromiso y visión por parte de los líderes institucionales puede detener o ralentizar procesos innovadores. Es crucial que las autoridades responsables adopten una postura proactiva, promoviendo la integración de nuevas tecnologías y asegurando la asignación de recursos necesarios para implementar sistemas de IA de manera eficaz.

Tabla 4. Resumen de los principales desafíos organizacionales.

Desafío Organizacional	Descripción	Impacto en Colombia
Resistencia al cambio	Inercia y reticencia para modernizar procesos y adoptar nuevas tecnologías	Procesos tradicionales arraigados y falta de cultura de innovación
Coordinación interinstitucional	Dificultades en la comunicación y colaboración entre entidades públicas y privadas	Fragmentación de sistemas y desconexión de información en emergencias
Falta de capacitación	Escasez de personal especializado y programas formativos adecuados	Brecha en habilidades tecnológicas y limitada capacitación profesional
Liderazgo y apoyo institucional	Falta de visión estratégica y compromiso en la transformación digital en gestión de desastres	Reticencia de algunos líderes a invertir en tecnologías avanzadas

Fuente: elaboración propia con base en los datos recolectados por Miesbauer (2025); Comfort, K., Ko, K., & Yarnold, B. (2004); Pallathadka et al (2021)

La superación de los desafíos organizacionales requiere un enfoque holístico que involucre cambios en la cultura institucional, fortalecimiento del liderazgo y creación de redes de

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

colaboración multisectoriales. La adopción exitosa de la IA en la gestión de desastres en Colombia dependerá de la capacidad de las instituciones para adaptarse a un entorno tecnológico en evolución, promoviendo la capacitación continua y la integración de sistemas que faciliten coordinación eficaz entre entidades. La inversión en recursos humanos y tecnológicos, acompañada de una estrategia clara y compromiso institucional, es esencial para transformar la respuesta ante emergencias en el país.

Conclusiones

Esta investigación ha examinado exhaustivamente el panorama de la Inteligencia Artificial (IA) en las operaciones de rescate, centrándose en los beneficios potenciales y los desafíos críticos para su implementación en Colombia. El análisis ha permitido identificar cómo la IA puede mejorar significativamente la planificación y ejecución de estas operaciones, especialmente en la localización de víctimas, la toma de decisiones en tiempo real y la asignación eficiente de recursos.

En el ámbito internacional, la IA se está aplicando con éxito en diversas áreas de la gestión de desastres, desde la predicción de eventos climáticos extremos hasta la optimización de rutas de evacuación. Modelos de aprendizaje automático analizan datos de sensores meteorológicos, imágenes satelitales y redes sociales para predecir desastres y alertar a las poblaciones en riesgo. La optimización de la asignación de recursos es otra área clave, donde algoritmos evalúan la disponibilidad de recursos, la ubicación de las víctimas y las condiciones del terreno para asignar equipos y suministros de manera eficiente. Los sistemas de apoyo a la decisión (DSS) impulsados por IA integran datos de diversas fuentes y proporcionan recomendaciones basadas en evidencia para optimizar las estrategias de respuesta.

En Colombia, la implementación de la IA en las operaciones de rescate se encuentra en

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

una etapa inicial, aunque existen iniciativas prometedoras. Sin embargo, la adopción efectiva de la IA enfrenta desafíos significativos, incluyendo la falta de datos de alta calidad, dificultades en la integración de diferentes fuentes de información y una brecha importante en la capacitación del personal.

La integración de la IA con tecnologías de búsqueda tradicionales, como vehículos aéreos no tripulados (UAVs), tiene el potencial de revolucionar las operaciones de rescate. Los UAVs equipados con sensores ópticos e infrarrojos pueden obtener datos en tiempo real y cubrir grandes áreas de búsqueda de manera rápida y eficiente. La computación en el borde (edge computing) permite que los UAVs procesen información de manera inmediata, optimizando la toma de decisiones en escenarios dinámicos. La fusión de datos multimodales, como imágenes térmicas y ópticas, ha demostrado ser efectiva en la localización de víctimas en entornos urbanos.

A pesar de estos beneficios, la implementación de la IA en la gestión de desastres en Colombia enfrenta importantes desafíos técnicos, éticos y organizacionales. Los desafíos técnicos incluyen la calidad y disponibilidad de datos, la integración de sistemas y compatibilidad tecnológica, la capacidad de procesamiento y recursos computacionales, la seguridad y ciberseguridad, las habilidades técnicas y la capacitación, y la visualización de datos para la toma de decisiones. Los desafíos éticos giran en torno al sesgo y la discriminación algorítmica, la transparencia y explicabilidad, la privacidad y protección de datos, y la responsabilidad y rendición de cuentas. Los desafíos organizacionales incluyen la resistencia al cambio y la cultura organizacional, la coordinación interinstitucional y colaboración multisectorial, la falta de capacitación y escasez de talento especializado, y el liderazgo y apoyo institucional.

En respuesta a la pregunta de investigación: la inteligencia artificial puede mejorar significativamente la planificación y ejecución de operaciones de rescate en Colombia al optimizar

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

la localización de víctimas, facilitar la toma de decisiones en tiempo real y mejorar la asignación de recursos. Sin embargo, la implementación efectiva de la IA enfrenta desafíos técnicos, éticos y organizacionales que deben abordarse de manera integral.

Para superar estos desafíos, se recomienda una estrategia coordinada que involucre al sector público, la academia y la industria tecnológica. Es crucial invertir en infraestructura, actualizar sistemas existentes, capacitar al recurso humano y establecer plataformas integradas y seguras. Además, se deben adoptar marcos legales y normativos que definan claramente la responsabilidad en caso de errores o fallos en los sistemas de IA.

En última instancia, la adopción exitosa de la IA en la gestión de desastres en Colombia dependerá de la capacidad de las instituciones para adaptarse a un entorno tecnológico en constante evolución, promoviendo la capacitación continua y la integración de sistemas de información que faciliten una coordinación eficaz entre las distintas entidades. La inversión en recursos humanos y tecnológicos, acompañada de una estrategia clara y un compromiso institucional, es esencial para transformar la respuesta ante emergencias en el país y garantizar la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos.

Referencias

- Alsaif, A., Hassan, M. Q., Ahmad, I., Gumaei, A., & Ullah, S. (2024). Edge intelligence for UAV-assisted disaster management using federated learning. *Ad Hoc Networks*, 150, 103018.
- Anderson, K., Lee, J., Miller, C., & Johnson, R. (2023). An interactive disaster scene assessment system. *Journal of Human-AI Interaction*, 2(3), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.jhai.2023.100012>
- Chun, K. P., Octavianti, T., Dogulu, N., Tyrallis, H., Papacharalampous, G., Rowberry, R., Fan, P., Everard, M., Francesch-Huidobro, M., Migliari, W., Hannah, D. M., Marshall, J. T., Tolosana Calasanz, R., Staddon, C., Ansharyani, I., Dieppois, B., Lewis, T. R., Ponce, J., Ibrean, S., Ferreira, T. M., Peliño-Golle, C., Mu, Y., Davila Delgado, M., Silvestre Espinoza, E., Keulertz, M., Gopinath, D., & Li, C. (2025). *Transforming Disaster Risk Reduction With AI and Big Data: Legal and Interdisciplinary Perspectives*. Wiley Interdisciplinary Reviews:

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

- Data Mining and Knowledge Discovery, 15, e70011. <https://doi.org/10.1002/widm.70011>.
- Comfort, K., Ko, K., & Yarnold, B. (2004). Reframing disaster policy: Reducing vulnerability and increasing resilience. *Review of Policy Research*, 21(4), 463-476.
- Cruz Cantillo, Y., & Valdés Díaz, D. M. (2011). Dinámica de sistemas en la evacuación de comunidades afectadas por desastres naturales y las instalaciones del sistema de transporte. En Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI' 2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development. Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.
- Cruz Ulloa, C. M. (2024). *Quadrupedal Robots in Search and Rescue: Perception and Teleoperation* (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid).
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2025, mayo 22). AI data security: Best practices for securing data used to train & operate AI systems.
- Dávalos, R. M. F. (2023). Editorial Vol. 3, Núm. 5-La inteligencia artificial y su impacto en la administración de negocios. *Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales*, 3(5), 6-72.
- Diakopoulos, N., & Koliska, M. (2017). Algorithmic transparency in the news media. *Digital Journalism*, 5(7), 809–828. <https://doi.org/10.1080/21670811.2016.1208053>
- DIMAR – UAE. (2019). Convenio interadministrativo entre la Dirección General Marítima (DIMAR) y la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAE) para la estructuración, elaboración e implementación del Plan Nacional de Búsqueda y Salvamento.
- Eslava Pedraza, J., Martínez Sarmiento, F., Soto Vergel, A., Vera Rozo, E., & Guevara Ibarra, D. (2021). Vehículos aéreos no tripulados como alternativa de solución a los retos de innovación en diferentes campos de aplicación: Una revisión de la literatura. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 9(1), 149-166. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.1.4017>
- Feraru, V., Andersen, R., y Boukas, E. (2020). Towards an Autonomous UAV-based System to Assist Search and Rescue Operations in Man Overboard Incidents. 2020 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR).
- Grupo de Trabajo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones/Organización Meteorológica Mundial/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente sobre IA para la Gestión de Desastres Naturales (FG-AI4NDM). (2024). *Gestión de desastres: la perspectiva de las normas*. Unión Internacional de Telecomunicaciones; Organización Meteorológica Mundial; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Guan, D., et al. (2023). Reinforcement learning for emergency response. *AI Magazine*, 44(1), 74-88.
- Hosseini, S., Moghaddam, A., Zarei, M., & Alavi, S. (2023). Decentralized AI for resilient disaster response. *Information Systems Frontiers*, 24(2), 1-18.
- Joshi, I., & Morley, J. (2019). *Artificial Intelligence: Making a Good One Better*. NHSX.
- Kapucu, N. (2006). Interagency collaboration in emergency management: Examining the challenges of coordination in the US national response system. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 15(4), 650-662.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

- Khanna, V. D., Chadaga, R., Sampathila, N., Prabhu, S., Bhat, D. (2023). A decision support system for osteoporosis risk prediction with explainable artificial intelligence. *Heliyon*, 9(12), e22456.
- Kuglitsch, M., Albayrak, A., Aquino, R., Craddock, A., Edward-Gill, J., Kanwar, R., Koul, A., Ma, J., Marti, A., Menon, M., Pelivan, I., Toreti, A., Venguswamy, R., Ward, T., Xoplaki, E., Rea, A., & Luterbacher, J. (2022). La inteligencia artificial aplicada a la reducción de riesgos de desastre: Oportunidades, retos y perspectivas.
- Liu, Y., Zhang, H., Wang, J., Li, S., & Zhao, L. (2022). Multi-sensor fusion for victim detection in urban search and rescue. *Remote Sensing*, 14(10), 2345. <https://doi.org/10.3390/rs14102345>
- Madonia, A. (2023). Un modelo para aprovechar y utilizar el conocimiento clave en la resolución de siniestros viales en un taller de carrocería automotriz.
- Martínez Heras, J. (2018, diciembre 3). Machine learning e inteligencia artificial.
- Maule, M. (2023). Dynamic resource optimization and orchestration techniques for 5G new radio and beyond (Tesis doctoral, Universidad Politécnic de Catalunya).
- Miesbauer, J. (2025). Barriers to AI adoption: Challenges and solutions. Agiloft.
- Najafi, E., Salman, A., & Abareshi, A. (2018). A hybrid optimization approach for resource allocation in disaster response. *Safety Science*, 110(1), 25-34.
- Nasar, J., Trujillo, L., Machado, W., & Narváez, D. (2023). Innovación tecnológica en rescate terrestre y marítimo. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 45, 1-14.
- Neira, E. L. & Contreras, J. (2023). Modelo de Inteligencia Artificial para predecir la posición de un objeto de búsqueda en las misiones de exploración y salvamento marítimo, en las que participa la Armada Nacional de Colombia.
- O'Neil, C. (2016). Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy. Broadway Books.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), Article 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Pallathadka, H., Ramirez-Asis, E. H., Loli-Poma, T. P., Kaliyaperumal, K., Ventayen, R. J. M., & Naved, M. (2021). Applications of artificial intelligence in business management, e-commerce and finance. *Materials Today: Proceedings*, 45, 4084-4090. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.419>
- Papayan, N., Kulhandjian, M., Kulhandjian, H., & Aslanyan, L. (2023). Rescate humano asistido por drones basado en IA en entornos de desastre: Desafíos y oportunidades. Departamento de Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Ruso Armenia; Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Rice.
- Quenta Nina, P. R., & Quispe Cahuana, F. B. (2023). Clasificación de texto con NLP en tweets

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

relacionados con desastres naturales.

- Ríos, S. (2023). Deep learning for damage detection in post-disaster imagery. *Journal of Infrastructure Systems*, 29(4), 04023045.
- Roarty, H., Glenn, S., & Allen, A. (2016). Evaluation of environmental data for search and rescue. In *OCEANS 2016 - Shanghai* (pp. 1–3). IEEE. <https://doi.org/10.1109/OCEANSAP.2016.7485535>
- Shan, S., & Li, Y. (2024). Research on the Application Framework of Generative AI in Emergency Response Decision Support Systems for Emergencies. *International Journal of Human–Computer Interaction*.
- She, Y., Zhang, X., Li, J., Wang, L., & Chen, Q. (2021). Thermal image-based human detection using convolutional neural networks. *IEEE Access*, 9, 123456-123467.
- Uckelmann, D., González, R., Weber, M., & Kumar, N. (2024). Edge computing for UAV-based disaster response. *Journal of Network and Computer Applications*, 225, 103823.
- Wang, L., Zhang, X., Li, Q., Zhang, M., Su, H., Zhu, J., & Zhong, Y. (2023). Incorporating neurodevelopment-inspired adaptability for continual wildfire prevention and emergency response. *HardwareX*, 16, e00479.
- Zambrano, D., & Avellán, M. (2023). Sistemas de Comunicación en Ambientes de Catástrofes Naturales: Revisión Sistemática de la Literatura (SLR). *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3-1), 665-6781.