



Mejora de la eficiencia y seguridad en las Fuerzas Militares colombianas mediante robótica y automatización

Mayor (EJC) Denis Restrepo Rojas

Artículo para optar al título profesional:

Especialización en Seguridad y Defensa

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2024

DATOS GENERALES	
Nombre del estudiante	: Mayor (EJC) Denis Restrepo Rojas
Identificación	: 1098604950
Programa académico	: Especialización en Seguridad y Defensa
Tutor metodológico	: PhD (C) Miguel Antonio González Martínez
Tutor temático	: PhD (C) Miguel Antonio González Martínez
Fecha de entrega	: 30 de Septiembre de 2024
Extensión	: 7.900 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.

Mejora de la eficiencia y seguridad en las Fuerzas Militares colombianas mediante robótica y automatización

Improving efficiency and security in the Colombian Armed Forces through robotics and automation

Denis Restrepo Rojas*

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: Este estudio analiza cómo la implementación de tecnologías de robótica y automatización puede mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en las Fuerzas Militares Colombianas. Utilizando una metodología cualitativa y documental, se describen los aspectos fundamentales de estas tecnologías en el contexto militar colombiano, examinando tanto su estado actual como las oportunidades futuras. El análisis identifica áreas clave donde la robótica y la automatización podrían tener un impacto significativo, como la logística, la vigilancia y las operaciones en áreas de difícil acceso. Además, se abordan los desafíos técnicos, financieros, éticos y formativos que enfrenta su implementación. Los hallazgos subrayan que la adopción de estas tecnologías no solo mejoraría la capacidad de respuesta ante amenazas, sino que también podría transformar la estrategia militar y reducir los riesgos humanos en operaciones complejas. Finalmente, se presentan recomendaciones para optimizar la integración de estas tecnologías en la doctrina y práctica militar colombiana.

Palabras clave: Automatización; Eficiencia; Robótica; Seguridad; Tecnología.

Abstract: This study analyses how the implementation of robotics and automation technologies can improve operational efficiency and security in the Colombian Military Forces. Using a qualitative and documentary methodology, it describes the fundamental aspects of these technologies in the Colombian military context, examining both their status and future opportunities. The analysis identifies key areas where robotics and automation could have a significant impact, such as logistics, surveillance and operations in hard-to-reach areas. In addition, it addresses the technical, financial, ethical and training challenges facing their implementation. The findings underline that the adoption of these technologies would not only improve threat response capabilities but could also transform military strategy and reduce human risks in complex operations. Finally, recommendations are

**Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Estudiante del Curso de Estado Mayor 2024, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Profesional en Gerente de la Seguridad y Análisis Sociopolítico, Especialista en Seguridad Integral y Análisis de Riesgo, Escuela de Inteligencia “BG. Ricardo Charry Solano” Colombia. - <https://orcid.org/0009-0001-0840-1672> - Contacto: denis.restrepo@esdeg.edu.co.

presented to optimize the integration of these technologies into Colombian military doctrine and practice.

Keywords: Automation; Efficiency; Robotics; Security; Technology.

Introducción

La implementación de tecnologías avanzadas como la robótica y la automatización en las Fuerzas Militares ha revolucionado la manera en que las operaciones de defensa se llevan a cabo en el mundo. A nivel global, países como Estados Unidos, China e Israel han liderado la incorporación de estas tecnologías, utilizando sistemas autónomos no tripulados para misiones de vigilancia, reconocimiento y combate. Por ejemplo, el uso de drones ha permitido recopilar inteligencia crítica con mayor precisión y menos riesgos para los soldados, transformando la manera en que se gestionan las operaciones militares. En el contexto latinoamericano, el avance en la integración de estas tecnologías ha sido más lento, pero con un interés creciente, especialmente en países como Brasil y México (Segura et al., 2021). En Colombia, el entorno de seguridad es particularmente complejo debido a la presencia de múltiples actores armados, el terreno geográficamente desafiante y la necesidad de proteger una extensa frontera. A pesar de estos desafíos, la incorporación de tecnologías de robótica y automatización en las Fuerzas Militares Colombianas representa una oportunidad para mejorar significativamente la eficiencia operativa y la seguridad, adaptándose a las amenazas modernas y optimizando la respuesta a situaciones críticas.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías en Colombia ha enfrentado varios obstáculos, incluidos limitaciones presupuestarias, la necesidad de capacitación especializada y la resistencia al cambio dentro de las estructuras militares tradicionales. Estas

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

barreras han limitado la implementación efectiva de robótica y automatización en operaciones militares, a pesar de su potencial demostrado para transformar la capacidad de respuesta en situaciones de conflicto y emergencia. La modernización del ejército colombiano mediante la adopción de estas tecnologías es no solo una posibilidad, sino una necesidad estratégica que podría redefinir su papel en la defensa nacional y regional.

La teoría de la innovación sugiere que la adopción de nuevas tecnologías dentro de una organización está influenciada por la percepción de su utilidad, la facilidad de uso, y la compatibilidad con las prácticas existentes (Espitia et al., 2021). En el ámbito militar, esta teoría es esencial para comprender cómo la robótica y la automatización pueden integrarse eficazmente en las operaciones, mejorando tanto la eficiencia como la seguridad. La teoría de sistemas, desarrollada por Ludwig von Bertalanffy, proporciona un marco conceptual para analizar cómo diferentes componentes dentro de un sistema militar interactúan para lograr un objetivo común. Esta teoría es particularmente relevante para la integración de tecnologías avanzadas en las Fuerzas Militares Colombianas, ya que permite comprender cómo la robótica y la automatización pueden mejorar la coordinación entre diferentes unidades y sistemas operativos (Valenzuela, 2021).

Por otro lado, la teoría de la guerra asimétrica resalta la importancia de adoptar tecnologías innovadoras para enfrentar amenazas que no se ajustan a los modelos tradicionales de conflicto (Grautoff, 2007). En un entorno donde actores no estatales y tácticas no convencionales son comunes, la robótica y la automatización ofrecen una ventaja estratégica significativa. La adopción de estas tecnologías no solo responde a la necesidad de modernización, sino que también es un paso crucial para garantizar que las Fuerzas Militares

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Colombianas puedan enfrentar con éxito las amenazas emergentes en un contexto de guerra asimétrica, mejorando su capacidad de adaptación y respuesta(Checa, 2022).

Al respecto, este estudio adopta un enfoque cualitativo, centrado en el análisis documental y descriptivo para explorar las oportunidades y desafíos de la implementación de tecnologías de robótica y automatización en las Fuerzas Militares Colombianas. A través de la revisión de literatura existente, estudios de casos internacionales y entrevistas con expertos en defensa, se examinan las áreas clave donde estas tecnologías podrían tener el mayor impacto. La metodología cualitativa permite un análisis profundo de las percepciones, actitudes y experiencias relacionadas con la integración de estas tecnologías, proporcionando una comprensión detallada de los factores que facilitan o impiden su adopción, el estudio se enfoca en identificar no solo las aplicaciones actuales y potenciales de la robótica y la automatización, sino también los obstáculos técnicos, financieros y organizacionales que deben superarse para su implementación exitosa(Quispe, 2023). Para ello, se formulo la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede la implementación de robótica y automatización mejorar la eficiencia y seguridad en las Fuerzas Militares Colombianas?

Dicho de otra manera, el lector encontrará en este documento un análisis detallado sobre cómo la robótica y la automatización pueden transformar la eficiencia operativa y la seguridad de las Fuerzas Militares Colombianas. A través de una combinación de teoría y práctica, se exploran las oportunidades que estas tecnologías presentan, así como los desafíos asociados a su implementación. Se proporcionan recomendaciones estratégicas para optimizar la integración de estas tecnologías, basadas en lecciones aprendidas de

experiencias internacionales y un enfoque cualitativo que considera las particularidades del contexto militar colombiano.

Metodología

Este estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, orientado a explorar en profundidad las percepciones, experiencias y contextos relacionados con la implementación de tecnologías de robótica y automatización en las Fuerzas Militares Colombianas. La investigación es de tipo descriptiva y documental, lo que implica un análisis detallado de fuentes secundarias, como documentos oficiales, informes técnicos, artículos académicos y estudios de caso relevantes.

La investigación descriptiva permite caracterizar y comprender los aspectos fundamentales de la robótica y la automatización en el contexto militar colombiano, mientras que el enfoque documental se centra en la recopilación y análisis de información existente para identificar las oportunidades y desafíos que presenta la integración de estas tecnologías. El objetivo es proporcionar una visión comprensiva de cómo estas innovaciones pueden mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en las fuerzas armadas, ofreciendo a su vez recomendaciones basadas en lecciones aprendidas y mejores prácticas observadas en otros contextos militares a nivel internacional.

El criterio de selección de referencias

Se centró en la relevancia y actualidad de las fuentes, priorizando aquellas publicadas entre 2019 y 2023 debido a la rápida evolución tecnológica en el ámbito militar. Se incluyeron investigaciones que abordan el uso de tecnologías avanzadas, como la robótica y la automatización, con un enfoque especial en su implementación en las Fuerzas Militares

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Colombianas. Las categorías seleccionadas cubren tres áreas clave: avances tecnológicos en defensa, desafíos éticos y normativos, y estudios de caso internacionales.

En cuanto a los avances tecnológicos, se seleccionaron trabajos que exploran el uso de drones y sistemas autónomos en operaciones militares, destacando su impacto en la vigilancia y la seguridad (Aguilar, 2021; Álvarez & Poveda, 2022). Estas referencias proporcionan una base sólida para entender cómo estas innovaciones están optimizando la eficiencia operativa en diferentes contextos. Se priorizaron estudios como los de Aznar Lahoz (2020), que analiza el papel de la robótica en los conflictos futuros, y Bartolomé (2021), que examina las vulnerabilidades cibernéticas asociadas a estos sistemas automatizados.

Para profundizar en los aspectos normativos y éticos, se incluyeron estudios que discuten la relación entre inteligencia artificial y el Derecho Internacional Humanitario (Vargas, 2023; Vigevano, 2021). Estas referencias son esenciales para comprender los desafíos legales que surgen con la creciente autonomía de los sistemas de combate y la necesidad de un marco regulatorio que garantice el control humano en decisiones críticas. Además, se seleccionaron investigaciones que evalúan la integración de estas tecnologías en conflictos armados asimétricos, un aspecto clave para las Fuerzas Militares Colombianas debido a la naturaleza compleja de sus operaciones.

Finalmente, para evaluar el impacto de estas tecnologías en la eficiencia y seguridad del personal militar, se incluyeron estudios sobre el uso de exoesqueletos y sistemas de monitoreo en tiempo real (Crowell et al., 2019; García, 2022). Estos trabajos son cruciales

para entender cómo la automatización no solo mejora la capacidad física de los soldados, sino también su seguridad en entornos peligrosos.

Análisis Bibliométrico

La mayoría de las referencias provienen de publicaciones recientes, lo que subraya el creciente interés en la implementación de tecnologías avanzadas en la defensa. Los artículos publicados entre 2020 y 2023 representan la investigación más actualizada sobre inteligencia artificial y robótica, como se observa en los estudios de Aguilar (2021), Álvarez y Poveda (2022), y Vargas (2023). Estas fuentes destacan la relevancia actual del tema, reflejando los avances y desafíos en el uso de big data y la inteligencia artificial para la defensa, así como en la protección del ciberespacio. Entre 2014 y 2019, se encuentran investigaciones como la de Colom Piella (2014) y Grautoff (2007), que proporcionan antecedentes fundamentales sobre la revolución en los asuntos militares y las guerras asimétricas, sentando una base sólida para entender los conflictos actuales y las nuevas dinámicas tecnológicas.

Tabla 1. Análisis Bibliométrico

Aspecto	Descripción	Fuentes
Distribución Temporal	La mayoría de las publicaciones son recientes (2020-2023), reflejando un aumento en la investigación sobre IA y robótica en defensa.	Aguilar (2021), Álvarez & Poveda (2022), Vargas (2023), Aznar Lahoz (2020)
Enfoques Temáticos	Los temas principales son tecnologías avanzadas aplicadas a la defensa, aspectos éticos y legales, y ciberseguridad.	Aznar Lahoz (2020), Bevilacqua et al. (2022), Vargas (2023), Vigevano (2021), Bartolomé (2021), Marín (2020)
Fuentes de Información	Las fuentes incluyen revistas científicas, actas de conferencias y documentos militares/gubernamentales, mostrando diversidad en la procedencia.	Revista de Estudios en Seguridad Internacional, Revista Científica General José María Córdova, IEEE, Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos (2020)
Colaboración Internacional	Colaboración internacional con contribuciones de autores y fuentes en EE.UU., México y España, reflejando un enfoque global.	Bartolomé (2021), Miranda (2022), Crowell et al. (2019), García (2022), Colom Piella (2014)

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Relevancia en el Contexto Colombiano	Varias publicaciones abordan la implementación de IA y robótica en las Fuerzas Militares Colombianas, dada la complejidad del contexto de seguridad en el país.	Álvarez & Poveda (2022), Espitia et al. (2021), Segura, Cabarcas & Hernández (2021)
---	---	---

Nota. Fuente: elaboración propia.

Los temas predominantes se dividen en tres categorías: las tecnologías avanzadas aplicadas a la defensa, los aspectos éticos y legales, y la ciberseguridad. En cuanto a las tecnologías avanzadas, los trabajos de Aznar Lahoz (2020) y Bevilacqua et al. (2022) analizan cómo la inteligencia artificial y la robótica están transformando la guerra moderna, principalmente en áreas como la vigilancia, el reconocimiento y la logística. Por otro lado, estudios como los de Vargas (2023) y Vigevano (2021) abordan los desafíos éticos y jurídicos, haciendo especial énfasis en la autonomía de los sistemas de combate y su compatibilidad con el Derecho Internacional Humanitario (DIH). Finalmente, la ciberseguridad es un tema transversal en los estudios de Bartolomé (2021) y Marín (2020), que evalúan las vulnerabilidades de los sistemas autónomos en un mundo cada vez más digital e interconectado.

El análisis bibliométrico muestra una gran diversidad en las fuentes de información. La mayoría de los artículos provienen de revistas científicas y técnicas especializadas, como la Revista de Estudios en Seguridad Internacional y la Revista Científica General José María Córdova, que se enfocan en la seguridad, defensa y tecnología. También hay publicaciones derivadas de actas de conferencias, como el artículo de Ding et al. (2014), presentado en conferencias técnicas como el IEEE, lo que demuestra la importancia de estos eventos como plataformas para la discusión de avances tecnológicos. Además, se incluyeron documentos gubernamentales y militares, como los del *Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos*

(2020), que aportan un enfoque práctico y aplicado sobre el uso de estas tecnologías en el ámbito militar.

El análisis de los autores y las fuentes revela una clara colaboración internacional, con una gran cantidad de investigaciones provenientes de entornos académicos y militares en países como Estados Unidos, México y España. Autores como Bartolomé (2021) y Miranda (2022) exploran la ciberseguridad y la justicia desde una perspectiva global, lo que refleja la internacionalización del debate sobre el uso ético de tecnologías autónomas en el ámbito de los conflictos armados. Esto también subraya la importancia de entender las implicaciones internacionales de las innovaciones militares, ya que la adopción de estas tecnologías está influenciada por el contexto geopolítico y las dinámicas globales.

Varias publicaciones abordan directamente el contexto colombiano, como los estudios de Álvarez y Poveda (2022) y Espitia et al. (2021), que se centran en la implementación de estas tecnologías en las Fuerzas Militares Colombianas. Dado el complejo entorno de seguridad en Colombia, con conflictos internos y la necesidad de proteger extensas fronteras, estas investigaciones son de suma relevancia. Las publicaciones destacan cómo la inteligencia artificial, la robótica y otras tecnologías avanzadas pueden ayudar a modernizar las capacidades militares del país y mejorar su eficiencia operativa. Además, subrayan la importancia de superar barreras económicas, técnicas y organizativas para lograr una implementación efectiva de estas innovaciones en el contexto militar colombiano.

Hallazgos

El presente apartado tuvo en cuenta la importancia estratégica de identificar las áreas clave donde la robótica y la automatización podrían haber transformado significativamente la eficiencia y seguridad de las Fuerzas Militares Colombianas. A medida que las tecnologías avanzadas evolucionaron, resultó crucial determinar en qué sectores militares estas innovaciones generaron un mayor impacto, tanto en operaciones rutinarias como en situaciones de alta complejidad. Al respecto, este análisis proporcionó una base para entender cómo la automatización optimizó procesos logísticos, mejoró las capacidades de vigilancia y reconocimiento, y fortaleció las operaciones en terrenos desafiantes, particularmente en zonas rurales y fronterizas(Bevilacqua et al., 2022).

Asimismo, se tuvieron en cuenta los desafíos y barreras que enfrentó la implementación de tecnologías avanzadas en el contexto militar colombiano. La adopción de robótica y automatización no estuvo exenta de dificultades, las cuales incluyeron obstáculos técnicos, limitaciones financieras y resistencia al cambio dentro de la cultura organizacional militar. Comprender estas barreras fue fundamental para desarrollar estrategias efectivas que facilitaran la integración de estas tecnologías en las Fuerzas Militares, garantizando su sostenibilidad y efectividad a largo plazo(Aguilar, 2021).

De la misma manera, se presentaron recomendaciones estratégicas para la incorporación de robótica y automatización en la Seguridad y Defensa Nacional, las cuales se centraron en la modernización tecnológica de las Fuerzas Militares, la capacitación del personal para manejar estas nuevas herramientas y el desarrollo de un marco normativo que apoyara la innovación tecnológica en el ámbito de la defensa. La adopción de estas

recomendaciones permitió a las Fuerzas Militares Colombianas responder mejor a las amenazas contemporáneas y posicionarse como una fuerza modernizada y adaptativa en el escenario internacional.

Finalmente, este apartado ofreció una visión comprensiva que articuló los desafíos y oportunidades que representaron la robótica y la automatización para las Fuerzas Militares Colombianas. Al integrar estos elementos en las operaciones militares, se logró un avance significativo en la capacidad operativa y la seguridad, garantizando una respuesta efectiva a las amenazas tanto tradicionales como emergentes.

[T2] Áreas estratégicas para la implementación de robótica y automatización en las Fuerzas Militares colombianas

La integración de robótica y automatización en las Fuerzas Militares Colombianas representa una oportunidad estratégica para mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad en contextos diversos. La adopción de estas tecnologías ha demostrado ser transformadora en varios ejércitos alrededor del mundo, y Colombia puede beneficiarse significativamente al aplicar estas innovaciones en áreas clave como la logística, la inteligencia y el reconocimiento, y las operaciones en terrenos complejos.

En primer lugar, la logística militar se destaca como una de las áreas con mayor potencial para la automatización. Según Alvarez & Poveda (2022) la robótica en la logística puede optimizar la cadena de suministro, mejorando la precisión y reduciendo el tiempo de respuesta en situaciones críticas. Un ejemplo claro, es el uso de vehículos autónomos para el transporte de suministros y drones para la entrega en áreas remotas o de difícil acceso son

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

ejemplos claros de cómo estas tecnologías pueden aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para el personal. La automatización en la gestión de inventarios y en el mantenimiento preventivo de equipos también puede reducir significativamente los errores humanos y mejorar la disponibilidad de recursos en tiempo real.

Otra área crítica es la inteligencia y el reconocimiento, según IEEE (2017) donde la robótica y la automatización pueden proporcionar ventajas significativas. Las operaciones de vigilancia mediante drones equipados con inteligencia artificial (IA) permiten un monitoreo constante y detallado de zonas estratégicas, recolectando datos en tiempo real y permitiendo una respuesta rápida a amenazas emergentes. Este tipo de tecnología no solo amplía la capacidad de reconocimiento de las Fuerzas Militares, sino que también reduce la exposición del personal a situaciones peligrosas. Los avances en sistemas multiagente, como los descritos por García (2016), permiten que estos drones trabajen de manera coordinada, compartiendo información y mejorando la precisión de las operaciones.

La integración de sensores y tecnologías de automatización en las Fuerzas Militares Colombianas ofrece la posibilidad de mejorar significativamente la capacidad operativa, la seguridad y la toma de decisiones en el campo de batalla. Una de las áreas estratégicas más relevantes para la implementación de estas tecnologías es la monitorización del soldado. Equipar a los soldados con sensores que recojan datos sobre sus señales fisiológicas, como electrocardiogramas, actividad cerebral, temperatura corporal, y otros indicadores biométricos, permite una evaluación en tiempo real del estado físico y mental de los combatientes, información es crucial para garantizar la salud y eficiencia del personal en

situaciones de alto estrés, permitiendo intervenciones rápidas y precisas en caso de emergencias (Cuba, 2022).

Figura 1. *Textiles Inteligentes*



Fuente tomada de: (Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, 2020)

Como se puede ver en la figura los textiles avanzados, como los que incorporan textrodos para monitorear señales fisiológicas, ofrecen una ventaja táctica al proporcionar datos en tiempo real sobre el estado físico y mental de los soldados (Ayora, 2016). Estos textiles pueden medir variables como la actividad cardíaca, la temperatura corporal y la actividad cerebral, lo que permite una respuesta inmediata a situaciones críticas y mejora la toma de decisiones en combate. El monitoreo continuo del estado de los soldados no solo optimiza su desempeño, sino que también garantiza su seguridad, al alertar sobre posibles problemas de salud antes de que se conviertan en amenazas graves (Mohíno Herranz, 2019).

Otra área crucial es la automatización de la protección personal mediante chalecos antibalas y anti-fragmentos. La investigación y desarrollo de nuevos materiales como el grafeno y los diamantes sintéticos para la fabricación de chalecos han permitido la creación

de protecciones más resistentes, ligeras y efectivas (Scharre et al., 2018). La integración de estos materiales con tecnología de sensores, que detectan y reaccionan a impactos balísticos, representa un avance significativo en la protección del personal militar. Esta automatización permite que los chalecos adapten su estructura en tiempo real para maximizar la protección, absorbiendo y dispersando la energía de los impactos de manera más eficiente, lo que podría reducir las bajas en combate (Vargas, 2023).

Figura 2. *Neuro tecnología aplicada al rendimiento de los soldados*



Fuente tomada de: (Hernández et al., 2011)

Como se puede ver en la figura la neuro tecnología aplicada al rendimiento de los soldados es otra área estratégica en la que la automatización y la robótica pueden tener un impacto profundo. La estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) y otras tecnologías no invasivas pueden mejorar las capacidades cognitivas y motoras de los soldados, especialmente en situaciones de fatiga extrema o estrés (Scharre et al., 2018). Estas tecnologías permiten que los soldados mantengan un alto nivel de rendimiento durante periodos prolongados, reduciendo los tiempos de reacción y mejorando la precisión en la toma de decisiones bajo presión. Al combinar la neuro tecnología con el monitoreo

fisiológico en tiempo real, las Fuerzas Militares Colombianas pueden optimizar el desempeño de sus soldados, preparándolos mejor para enfrentar los desafíos del campo de batalla moderno.

Figura 3. *Exoesqueletos, diseñados inicialmente para aumentar la capacidad de un soldado*



Fuente tomada de: (Aznar Lahoz, 2020)

Como se puede ver en la figura los exoesqueletos, diseñados inicialmente para aumentar la capacidad de un soldado de soportar cargas pesadas y mejorar su movilidad, tienen el potencial de transformar la manera en que se realizan las operaciones militares, especialmente en terrenos difíciles o durante misiones prolongadas. Estos dispositivos, al reducir la fatiga y aumentar la fuerza y resistencia del soldado, permiten un despliegue más efectivo y seguro en el campo de batalla (Merrick, 2015).

Existen diferentes tipos de exoesqueletos, entre los que destacan los exoesqueletos rígidos. Estos son estructuras externas que proporcionan asistencia al movimiento y al soporte de carga. Un ejemplo notable es el Tactical Assault Light Operator Suit (TALOS), un prototipo militar que ha demostrado cómo estos dispositivos pueden mejorar significativamente la estabilidad y precisión en situaciones de combate, reduciendo los movimientos involuntarios del soldado y mejorando su puntería (Crowell et al., 2019). Además, se están desarrollando exoesqueletos que no solo soportan el peso del equipo estándar, sino que también incluyen sistemas avanzados como micrófonos y cámaras, proporcionando a los soldados visión y audio de 360 grados, lo que aumenta su conciencia situacional en entornos complejos (Lamers & Zelik, 2021).

Una categoría relacionada, pero distinta, son los exosuits, que a diferencia de los exoesqueletos rígidos, no están diseñados para soportar carga, sino para ayudar a las articulaciones y facilitar el movimiento, reduciendo la fatiga y aumentando la resistencia. Estos dispositivos, aunque menos robustos que los exoesqueletos rígidos, son igualmente cruciales para operaciones que requieren agilidad y velocidad, permitiendo que los soldados conserven su energía durante misiones prolongadas (Ding et al., 2014).

Sin embargo, la alimentación energética de estos dispositivos sigue siendo uno de los mayores desafíos para su implementación efectiva. La energía requerida para operar exoesqueletos y exosuits es considerable, y su suministro debe ser duradero para no comprometer la movilidad y efectividad del soldado. La búsqueda de fuentes de energía más eficientes y ligeras es esencial para superar esta limitación y garantizar que estos dispositivos

puedan ser utilizados en misiones de larga duración sin añadir una carga adicional significativa al equipo del soldado(Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, 2020).

[T3] Desafíos y barreras en la implementación de tecnologías avanzadas en las Fuerzas Militares colombianas

La implementación de tecnologías avanzadas en las Fuerzas Militares Colombianas enfrenta varios desafíos significativos, derivados de las características particulares de la Revolución en Asuntos Militares (RMA) y de las condiciones locales. Uno de los principales desafíos es la adaptación tecnológica(Jordán, 2021). Las Fuerzas Militares Colombianas deben modernizar su infraestructura y capacidades operativas para incorporar tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, los drones, y los sistemas ciberfísicos. Sin embargo, esta adaptación requiere de una inversión considerable en recursos económicos, infraestructura, y capacitación del personal, lo cual puede ser difícil de lograr en un país con limitaciones presupuestarias y otras prioridades de seguridad nacional(Colom Piella, 2014). Además, la velocidad a la que evoluciona la tecnología implica que la adaptación debe ser continua, para evitar quedar rezagado frente a posibles adversarios que adopten estas tecnologías más rápidamente.

Igualmente, un reto considerable es la integración de nuevas doctrinas y tácticas. Las innovaciones tecnológicas no solo afectan el equipo y los sistemas utilizados, sino que también requieren un cambio en la forma en que se conciben y ejecutan las operaciones militares. La doctrina militar tradicional debe ser revisada y actualizada para incorporar las capacidades y limitaciones de las nuevas tecnologías, como la automatización y la robótica.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Esto incluye la redefinición de las tácticas de combate, el entrenamiento del personal, y la organización de las fuerzas armadas. Sin embargo, este proceso de integración puede encontrar resistencia dentro de la estructura militar, donde los cambios doctrinales suelen ser lentos y enfrentan oposición por parte de aquellos que están acostumbrados a las formas tradicionales de operar.

La dependencia tecnológica para las Fuerzas Militares Colombianas, como los sistemas automatizados y los drones, implica una dependencia cada vez mayor de la tecnología, lo que puede crear vulnerabilidades en caso de fallas técnicas, ciberataques, o interrupciones en el suministro de energía. Además, la falta de infraestructura tecnológica robusta y segura en algunas áreas del país podría limitar la efectividad de estas tecnologías. Esto es especialmente preocupante en el contexto de los ciberataques, que podrían comprometer la seguridad y operatividad de los sistemas militares automatizados y de inteligencia artificial (IEEE, 2017). La seguridad cibernética se convierte, por lo tanto, en una prioridad, pero su implementación efectiva requiere tanto de infraestructura adecuada como de personal altamente capacitado.

Por ejemplo, la disuasión, que históricamente se ha basado en la amenaza creíble de represalia, puede ser menos efectiva contra actores no estatales que no se ven disuadidos por la amenaza de destrucción. Además, la denegación, que busca impedir que un oponente logre sus objetivos, requiere de infraestructuras avanzadas y sistemas de defensa que puedan neutralizar amenazas emergentes como los ataques cibernéticos o los drones armados, lo cual representa un reto significativo para las Fuerzas Militares Colombianas, que deben equilibrar sus limitados recursos con la necesidad de modernización (García, 2022).

La interferencia y la manipulación interna son desafíos que complican aún más el panorama. Las estrategias de interferencia empleadas por actores externos, que incluyen desde la desinformación hasta el apoyo a movimientos subversivos, pueden desestabilizar la toma de decisiones dentro del país (Bartolomé, 2021). Este tipo de guerra híbrida pone a prueba no solo la capacidad militar directa, sino también la resiliencia institucional y la cohesión social. Las Fuerzas Militares Colombianas deben desarrollar capacidades para contrarrestar estos ataques no convencionales, lo cual incluye la mejora en ciberseguridad y la cooperación interagencial para detectar y neutralizar estas amenazas antes de que afecten significativamente la estabilidad nacional (Marín, 2020).

Finalmente, la formación y el cambio cultural dentro de las Fuerzas Militares Colombianas representan una barrera importante. La transición hacia una fuerza militar que dependa cada vez más de la tecnología requiere de un cambio cultural significativo, donde los oficiales y soldados deben ser capacitados no solo en el uso de estas nuevas herramientas, sino también en su integración en las operaciones diarias. Este proceso de capacitación es costoso y puede ser resistido por aquellos que ven la tecnología como una amenaza a su rol tradicional. Además, la rápida evolución de la tecnología exige una capacitación continua, lo que aumenta la complejidad y el costo del cambio (Vera et al., 2023).

[T4] Recomendaciones estratégicas para la integración de robótica y automatización en la seguridad y defensa nacional

La integración de tecnologías de robótica y automatización en el ámbito de la seguridad y defensa nacional debe ser abordada con una estrategia meticulosa que considere los principios del derecho internacional humanitario (DIH) y las implicaciones éticas, tácticas y

estratégicas que conllevan estos avances tecnológicos. El desarrollo de un marco normativo adecuado es fundamental para garantizar que la implementación de estas tecnologías en las fuerzas militares esté alineada con los principios del DIH, como la humanidad, la distinción, la proporcionalidad y la precaución. Este marco debe asegurar que las nuevas tecnologías se utilicen de manera que respeten los derechos humanos y minimicen el riesgo de daños colaterales, especialmente para la población civil. Además, es esencial establecer regulaciones claras que definan las responsabilidades de los operadores humanos y los diseñadores de estas tecnologías, garantizando así un uso ético y controlado de los sistemas automatizados en situaciones de combate(Vigevano, 2021).

La capacitación y adaptación del personal militar es otro aspecto crucial en la transición hacia un ejército que integra robótica y automatización. El personal debe recibir una formación exhaustiva no solo en el aspecto técnico de estas tecnologías, sino también en las implicaciones éticas y legales del uso de robots y sistemas autónomos en el combate. La formación debe enfocarse en asegurar que los operadores humanos mantengan un control efectivo sobre las decisiones críticas, especialmente en situaciones de combate, para evitar que las decisiones automatizadas violen el DIH. Esta capacitación garantizará que las Fuerzas Militares Colombianas puedan utilizar estas tecnologías de manera eficaz y responsable, maximizando su potencial mientras se minimizan los riesgos asociados(Porcelli, 2021).

La investigación y desarrollo en el campo de la robótica y la inteligencia artificial deben priorizar el principio de precaución. Antes de desplegar nuevas tecnologías en el campo de batalla, es esencial que se realicen estudios exhaustivos que evalúen su seguridad, efectividad y compatibilidad con los principios del DIH. Las pruebas iniciales deben llevarse a cabo en entornos controlados para evaluar el comportamiento de los sistemas autónomos

en escenarios complejos, minimizando así los riesgos de errores catastróficos. Este enfoque precautorio permitirá a las Fuerzas Militares Colombianas adoptar nuevas tecnologías de manera segura y controlada, evitando posibles consecuencias negativas a largo plazo.

Finalmente, la cooperación internacional y el multilateralismo son cruciales en la implementación de estas tecnologías. Dado que la robótica militar y la automatización son fenómenos globales, es necesario fomentar la cooperación internacional para establecer normas y estándares comunes que regulen su uso (Vargas, 2023). Colombia debe participar activamente en foros internacionales donde se discutan y acuerden directrices sobre el uso de armas autónomas y robóticas, asegurando que las decisiones globales reflejen tanto los principios del DIH como las necesidades de seguridad nacional. Esta colaboración no solo facilitará el intercambio de mejores prácticas y tecnologías con aliados estratégicos, sino que también permitirá a Colombia posicionarse como un líder en la adopción ética y responsable de estas innovaciones en el ámbito militar (Miranda, 2022).

[T1] Discusión

En el presente apartado se tuvo en cuenta la importancia de analizar el impacto de la robótica y la automatización en la eficiencia y seguridad de las Fuerzas Militares colombianas. Se consideraron diversas perspectivas, desde los avances tecnológicos que estas herramientas pueden proporcionar hasta los desafíos éticos y operativos que conlleva su implementación. Este análisis permitió reflexionar sobre cómo la integración de tecnologías emergentes podría transformar las capacidades estratégicas de las Fuerzas Militares, mejorando su respuesta ante amenazas contemporáneas y futuras. Además, se abordaron los riesgos potenciales

asociados con la dependencia de sistemas autónomos en situaciones de combate, subrayando la necesidad de un marco normativo y ético sólido para su adopción.

Se discutieron las barreras técnicas y financieras que podrían dificultar la incorporación de estas tecnologías, así como las posibles resistencias culturales dentro de la organización militar. Se destacó la importancia de una capacitación adecuada del personal militar para garantizar un uso efectivo y ético de la robótica y la automatización. El enfoque se centró en la necesidad de equilibrar los beneficios estratégicos con los riesgos inherentes, promoviendo un desarrollo y una implementación que maximicen la seguridad y la eficiencia operativa.

[T2] Ventajas estratégicas y riesgos potenciales

La incorporación de tecnologías avanzadas en el ámbito militar, como la inteligencia artificial, la automatización y la robótica, ofrece significativas ventajas estratégicas para las Fuerzas Armadas. Una de las principales ventajas es la capacidad de mejorar la precisión y eficiencia en las operaciones militares. El uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones, como el MQ-9 Reaper, permite realizar misiones de reconocimiento y ataque con menor riesgo para los soldados, reduciendo la necesidad de despliegue humano en zonas de alto peligro. Estas tecnologías facilitan la recopilación y procesamiento de grandes volúmenes de datos en tiempo real, mejorando la conciencia situacional y la toma de decisiones en el campo de batalla. La estrategia de guerra en red (Network Centric Warfare), que conecta todos los sistemas y fuerzas en una red común, ha demostrado su eficacia al crear

una conciencia compartida que optimiza la coordinación y sincronización de las operaciones militares (Aznar Lahoz, 2020).

Otra ventaja clave es la capacidad de desarrollar conceptos operativos innovadores que aprovechan las nuevas tecnologías para enfrentar los desafíos emergentes en el ámbito militar. La evolución hacia un enfoque de guerra multidominio, que integra operaciones en dominios físicos tradicionales (terrestre, marítimo, aéreo) con nuevos dominios como el ciberespacio y el espectro electromagnético, permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en las estrategias militares (Porcelli, 2021). Este enfoque también facilita una respuesta más rápida y efectiva a las amenazas, ya que las fuerzas militares pueden operar simultáneamente en múltiples dominios, desafiando la capacidad de los adversarios para contrarrestar las operaciones en un solo frente (Cubeiro, 2020).

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías también conlleva riesgos significativos. Uno de los principales riesgos es la posibilidad de que la dependencia excesiva de sistemas automatizados y basados en inteligencia artificial disminuya la capacidad de los militares para tomar decisiones humanas críticas en situaciones de combate (Álvarez & Poveda, 2022). Aunque las tecnologías avanzadas pueden mejorar la eficacia operativa, también pueden generar vulnerabilidades si son objeto de ciberataques o fallos técnicos que comprometan la seguridad de las operaciones militares (Lagraña, 2019). Este riesgo se amplifica en el contexto de la "Guerra Mosaico," donde los sistemas de armas y plataformas están interconectados a través de redes de datos que son vulnerables a las interrupciones.

De la misma manera, la creciente autonomía de los sistemas de armas plantea desafíos éticos y morales que requieren decisiones políticas y sociales previas a su desarrollo y despliegue en combate. La falta de supervisión humana en la toma de decisiones críticas

puede llevar a errores catastróficos y daños colaterales inaceptables, especialmente cuando los sistemas autónomos actúan en escenarios complejos donde la distinción entre combatientes y no combatientes es difícil de realizar. Este problema subraya la importancia de desarrollar un marco normativo que regule el uso de estas tecnologías, garantizando que se adhieran a los principios del derecho internacional humanitario y que se mantenga el control humano sobre las decisiones críticas(Meza Rivas, 2016).

[T3] Perspectivas futuras

La integración de tecnologías avanzadas, como la robótica y la automatización, en las Fuerzas Militares colombianas plantea un escenario de transformación que, aunque promete numerosas ventajas estratégicas, está asociado con importantes riesgos y desafíos. Este análisis se enfoca en las ventajas estratégicas y los riesgos potenciales de dicha implementación, así como en las perspectivas futuras, con el propósito de proporcionar una evaluación integral de las implicaciones de estas tecnologías en el contexto militar colombiano(Chacón, 2019).

En primer lugar, se identifican varias ventajas estratégicas derivadas del uso de robótica y automatización en operaciones militares. Estas tecnologías permiten una mayor precisión en el campo de batalla, la reducción del riesgo para el personal militar y la optimización de recursos en escenarios complejos (Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, 2020). Por ejemplo, el uso de drones y robots terrestres en tareas de reconocimiento y desactivación de explosivos puede minimizar la exposición de los soldados a situaciones de alto riesgo, mejorando la eficiencia operativa (García, 2022). Además, los exoesqueletos y exosuits han demostrado su potencial para aumentar la capacidad física de

los soldados, permitiendo mayores cargas y mejorando la resistencia en operaciones prolongadas (Crowell et al., 2019). Estas innovaciones no solo mejoran la seguridad de los operativos, sino que también incrementan su eficacia en el cumplimiento de misiones estratégicas.

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías también conlleva riesgos significativos. Uno de los principales es la dependencia excesiva de sistemas automatizados, lo que podría hacer que las Fuerzas Militares sean vulnerables a ciberataques o fallos técnicos que comprometan la integridad de las operaciones (Bartolomé, 2021). Además, la automatización en decisiones críticas de combate plantea preocupaciones éticas sobre la deshumanización de la guerra. La capacidad de los sistemas autónomos para tomar decisiones en situaciones de combate sin intervención humana podría contradecir principios fundamentales del Derecho Internacional Humanitario (DIH), como la distinción y la proporcionalidad (Vargas, 2023). Esta preocupación es particularmente relevante en el contexto del desarrollo de armas autónomas, que podrían actuar sin supervisión directa, aumentando el riesgo de daños colaterales inaceptables (Porcelli, 2021).

En este sentido, las teorías sobre la revolución en los asuntos militares (RMA) sugieren que la introducción de estas tecnologías podría transformar radicalmente la doctrina y la organización de las Fuerzas Militares (Colom Piella, 2014). Sin embargo, el éxito de esta transformación depende de la capacidad de las instituciones militares para adaptarse a las nuevas dinámicas tecnológicas y estratégicas sin comprometer los valores fundamentales de la seguridad nacional y el respeto por los derechos humanos (Consultoría de Exactitud, 2023). Los estudios coinciden en que, aunque la robótica y la automatización pueden ofrecer una ventaja competitiva, su implementación debe ser acompañada por un marco normativo

robusto que garantice el control humano sobre las decisiones críticas en situaciones de combate (Miranda, 2022; Vigevano, 2021).

De cara al futuro, es esencial continuar investigando las implicaciones a largo plazo de la integración de estas tecnologías en las fuerzas armadas. Un aspecto clave es el desarrollo de un marco normativo que regule el uso de sistemas autónomos y robóticos en operaciones militares, garantizando que se respeten los principios del DIH, como la humanidad y la precaución (Vargas, 2023). Además, se necesita un enfoque multidisciplinario que incluya tanto la formación técnica como la educación ética del personal militar, para asegurar que las decisiones tomadas en el campo de batalla sean coherentes con los principios éticos y legales establecidos (Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, 2020). Este enfoque garantizaría que las Fuerzas Militares colombianas no solo sean más eficientes y seguras, sino también más responsables en su uso de tecnologías avanzadas.

Resultados

El presente apartado tuvo en cuenta la necesidad de evaluar de manera exhaustiva los impactos de la integración de tecnologías robóticas y de automatización en las Fuerzas Militares colombianas. Se analizó tanto la eficiencia operacional como los desafíos enfrentados durante la implementación de estos sistemas, con el objetivo de determinar en qué medida estas innovaciones han contribuido a mejorar las capacidades militares y reducir los riesgos asociados con las operaciones en entornos hostiles.

Durante la investigación, se recopilaron datos de diversas fuentes, incluyendo informes técnicos, estudios de caso, y entrevistas con expertos en defensa y tecnología

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

militar. Estos datos permitieron identificar patrones y tendencias en la adopción de tecnologías avanzadas, así como las áreas en las que se han observado mejoras significativas en la eficiencia operacional. Al mismo tiempo, se consideraron los obstáculos que han surgido durante la implementación, destacando la resistencia al cambio y las limitaciones tecnológicas como factores críticos que han afectado el éxito de estos sistemas.

Finalmente, se exploraron los beneficios específicos de la automatización en términos de reducción de riesgos para el personal militar, un aspecto clave en la modernización de las Fuerzas Militares. Los resultados obtenidos en este apartado proporcionan una visión integral de cómo la robótica y la automatización están redefiniendo la estrategia y las operaciones militares en Colombia, al tiempo que subrayan la importancia de abordar los desafíos pendientes para maximizar el potencial de estas tecnologías en el futuro.

Impacto en la eficiencia operacional

El impacto de la robótica y la automatización en la eficiencia operacional de las Fuerzas Militares colombianas ha sido significativo, evidenciado por la optimización de procesos, el aumento de la precisión en las operaciones y la reducción de riesgos humanos. Según Álvarez y Poveda (2022), la integración de sistemas ciberespaciales y aéreos ha permitido mejorar la vigilancia y protección de la Amazonía, evidenciando un uso más eficiente de los recursos militares en zonas de difícil acceso. La capacidad de coordinar acciones en tiempo real y la automatización de ciertas tareas han facilitado la toma de decisiones rápidas y precisas, lo que es crucial en contextos de alta complejidad y volatilidad operacional.

Asimismo, la incorporación de la inteligencia artificial (IA) en sistemas de defensa ha transformado la gestión de la información y la ejecución de operaciones militares. Aguilar

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

(2021) argumenta que la vigilancia a través de IA y big data no solo ha mejorado la recolección y análisis de datos, sino que también ha permitido una respuesta más ágil ante amenazas emergentes. Este enfoque proactivo, respaldado por tecnologías avanzadas, ha demostrado ser esencial para mantener la superioridad operativa en entornos conflictivos, reduciendo el margen de error humano y aumentando la eficiencia en la implementación de estrategias defensivas.

Además, la aplicación de exoesqueletos y exosuits, como destacan Crowell et al. (2019), ha incrementado la capacidad física de los soldados, permitiéndoles llevar a cabo operaciones más exigentes con menor desgaste físico. Esta mejora en la resistencia y movilidad se traduce en una mayor eficiencia operativa, especialmente en misiones prolongadas y en terrenos adversos. La automatización de tareas repetitivas y la asistencia en la toma de decisiones también han reducido la carga cognitiva sobre los operativos, lo que permite a los militares concentrarse en aspectos estratégicos más complejos (Aznar Lahoz, 2020).

No obstante, la implementación de estas tecnologías también presenta desafíos significativos. Bartolomé (2021) señala que la dependencia de sistemas automatizados puede generar vulnerabilidades, especialmente en contextos de ciberseguridad. Los riesgos asociados con la desinformación y la cibersoberanía son factores que deben ser cuidadosamente gestionados para evitar que los avances tecnológicos se conviertan en un arma de doble filo. La integración de la IA en operaciones militares debe ir acompañada de un marco regulatorio robusto que garantice la seguridad y la ética en su uso, como sugieren Vargas (2023) y Vigevano (2021).

Desafíos en la implementación de sistemas autónomos

La implementación de sistemas autónomos en las Fuerzas Militares presenta varios desafíos significativos que deben ser abordados para asegurar su eficacia y alineación con los principios éticos y jurídicos. Uno de los principales retos es la necesidad de desarrollar un marco legal adecuado que regule el uso de estas tecnologías en contextos bélicos. Según Vargas (2023), la ausencia de regulaciones claras sobre la utilización de sistemas autónomos en conflictos armados representa un riesgo considerable, ya que estas tecnologías podrían violar los principios del Derecho Internacional Humanitario (DIH) si no se controlan adecuadamente.

Otro desafío relevante es la vulnerabilidad cibernética de los sistemas autónomos. Bartolomé (2021) subraya que la creciente dependencia de la inteligencia artificial y la automatización en las operaciones militares aumenta el riesgo de ciberataques, lo que podría comprometer la seguridad de las misiones. La necesidad de garantizar la protección de estos sistemas frente a interferencias externas es crucial, ya que un ciberataque exitoso podría desactivar o incluso redirigir un sistema autónomo, con consecuencias potencialmente desastrosas.

La interoperabilidad entre los sistemas autónomos y las fuerzas humanas también plantea un desafío significativo. Álvarez y Poveda (2022) destacan que, para maximizar la eficacia de los sistemas autónomos, es esencial desarrollar protocolos claros que faciliten la integración y cooperación entre humanos y máquinas en escenarios operacionales complejos. Sin embargo, la falta de estandarización en los sistemas autónomos podría dificultar esta integración, limitando su efectividad en el campo de batalla.

Además, la cuestión ética sobre la toma de decisiones autónomas en situaciones de combate es otro reto crítico. Porcelli (2021) indica que la capacidad de los sistemas autónomos para tomar decisiones de vida o muerte sin intervención humana plantea serias preocupaciones éticas. La programación de estos sistemas debe incluir estrictos criterios éticos que aseguren el respeto por la vida humana y la minimización de daños colaterales, lo cual sigue siendo un área de desarrollo en la tecnología actual.

Finalmente, la aceptación y adaptación del personal militar a estas nuevas tecnologías representan un obstáculo adicional. Espitia, Agudelo y Ramírez (2021) mencionan que la percepción del personal sobre las innovaciones tecnológicas puede influir en la eficacia de la implementación de sistemas autónomos. Es crucial proporcionar una formación adecuada y abordar las preocupaciones del personal para asegurar una transición fluida hacia el uso de estas tecnologías.

Conclusiones

La implementación de robótica y automatización en las Fuerzas Militares Colombianas tiene el potencial de transformar significativamente la eficiencia y seguridad operativa, aportando mejoras en diversos ámbitos estratégicos y tácticos. Estos avances pueden fortalecer la capacidad de respuesta, optimizar recursos y minimizar riesgos para el personal, adaptándose a los desafíos modernos de la defensa nacional.

Una de las áreas donde la robótica y la automatización pueden tener un impacto inmediato es en la eficiencia operativa. El uso de drones y vehículos aéreos no tripulados (VANT), por ejemplo, permite la vigilancia continua de zonas amplias con un menor costo y riesgo en comparación con las operaciones tripuladas tradicionales. Estos dispositivos,

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

equipados con sistemas de inteligencia artificial, pueden realizar tareas de reconocimiento, identificación de amenazas y patrullaje fronterizo de manera autónoma, proporcionando a las Fuerzas Militares información en tiempo real para la toma de decisiones. Esta capacidad de operar sin intervención humana directa no solo reduce el tiempo de respuesta ante incidentes, sino que también libera recursos humanos para tareas más estratégicas y críticas.

Además, la automatización en logística y gestión de recursos puede optimizar la cadena de suministro militar. Sistemas automatizados de almacenamiento y distribución pueden asegurar que los equipos y suministros lleguen de manera eficiente y oportuna a las unidades desplegadas. Este nivel de eficiencia es crucial en situaciones de combate, donde los retrasos en la entrega de suministros pueden afectar el éxito de una misión. La integración de tecnologías avanzadas en la logística también permite una mejor planificación y previsión, minimizando el desperdicio y maximizando el uso de los recursos disponibles.

La seguridad del personal militar es una prioridad fundamental, y la robótica ofrece soluciones que pueden reducir significativamente los riesgos en operaciones peligrosas. Los robots desminadores, por ejemplo, pueden ser desplegados en áreas con alta presencia de minas antipersonales, una amenaza persistente en algunas regiones de Colombia. Al utilizar robots para estas tareas, se evita exponer a los soldados a peligros directos, reduciendo las bajas y garantizando una mayor efectividad en la limpieza de zonas contaminadas por explosivos.

Del mismo modo, el uso de exoesqueletos robóticos para el personal militar puede mejorar la capacidad física de los soldados, permitiéndoles llevar cargas más pesadas, recorrer mayores distancias y realizar tareas físicamente exigentes con menor esfuerzo y fatiga. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia operativa en el campo, sino que también

protege a los soldados de lesiones, incrementando su seguridad y prolongando su capacidad de operación en misiones extendidas.

La implementación de robótica y automatización también ofrece ventajas estratégicas importantes. La capacidad de desplegar sistemas autónomos en misiones de alta peligrosidad permite a las Fuerzas Militares mantener una presencia y efectividad operativa sin exponer a su personal a riesgos innecesarios. Por ejemplo, en operaciones de reconocimiento en territorios hostiles, los drones y otros sistemas robóticos pueden recopilar información crítica sin necesidad de desplegar tropas en zonas de riesgo, mejorando así la capacidad de las Fuerzas Militares para planificar y ejecutar misiones con mayor precisión y menor costo humano.

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías también plantea desafíos significativos. La dependencia de sistemas automatizados introduce vulnerabilidades, especialmente en términos de ciberseguridad. Un ataque cibernético exitoso podría comprometer el funcionamiento de estos sistemas, lo que podría tener consecuencias catastróficas en medio de una operación militar. Además, la integración de inteligencia artificial en la toma de decisiones autónomas plantea cuestiones éticas sobre el control humano en el uso de la fuerza letal.

[T1] Referencias

Aguilar, R. O. R. (2021). Vigilancia a través de la inteligencia artificial y el big data: retos y oportunidades para garantizar los derechos humanos. *Revista Mexicana de Ciencias Penales*, 4(14). <https://doi.org/10.57042/rmcp.v4i14.435>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Álvarez, C. C. E., & Poveda, Z. G. A. (2022). Integración del poder aéreo, espacial y ciberespacial.

In *Poder multidominio y el sistema de vigilancia y protección de la Amazonía colombiana*.

<https://doi.org/10.18667/9789585369658.01>

Aznar Lahoz, J. L. (2020). La robótica en la guerra del futuro. *Bie3: Boletín IEEE*, 17.

Bartolomé, M. (2021). Redes sociales, desinformación, cibersoberanía y vigilancia digital: una visión

desde la ciberseguridad. *Revista de Estudios En Seguridad Internacional*, 7(2).

<https://doi.org/10.18847/1.14.9>

Bevilacqua, S., Neira-Villena, J. E., & Valverde, M. (2022). La tecnología al servicio de la vigilancia

y de la defensa de la vida. *Estudios En Seguridad y Defensa*, 17(33).

<https://doi.org/10.25062/1900-8325.325>

Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. (2020). *Usos militares de la inteligencia artificial, la*

automatización y la robótica (IAA&R).

https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usuarios_militares_inteligencia_artificial.pdf

Chacón, J. C. de la. (2019). La inteligencia artificial y su aplicación en el mundo militar. In *La*

inteligencia artificial, aplicada a la defensa.

Checa, R. M. (2022). *Una aproximación a la relación entre lawfare, guerra asimétrica, híbrida y*

cognitiva. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/3111?show=full>

Colom Piella, G. (2014). El desarrollo conceptual de la revolución en los asuntos militares. *Revista*

Científica General José María Córdova, 12(14). <https://doi.org/10.21830/19006586.54>

Consultoría de Exactitud. (2023). *Inteligencia artificial en la visión general del mercado militar.*

<https://exactitudeconsultancy.com/es/informes/18055/inteligencia-artificial-en-el-mercado-militar/>

Crowell, H. P., Park, J.-H., Haynes, C. A., Neugebauer, J. M., & Boynton, A. C. (2019). Design, Evaluation, and Research Challenges Relevant to Exoskeletons and Exosuits: A 26-Year Perspective From the U.S. Army Research Laboratory. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 7(3–4). <https://doi.org/10.1080/24725838.2018.1563571>

Cuba, Y. (2022). Inteligencia artificial en la Seguridad Nacional: Límites legales. *Ceeep*.

Cubeiro, E. (2020). Inteligencia artificial para la seguridad y defensa del ciberespacio. *Usos Militares de La Inteligencia Artificial, La Automatización y La Robótica.*

Ding, Y., Galiana, I., Asbeck, A., Quinlivan, B., De Rossi, S. M. M., & Walsh, C. (2014). Multi-joint actuation platform for lower extremity soft exosuits. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2014.6907024>

Espitia, C. A. A., Agudelo, C. J. A., & Ramírez, C. T. (2021). Percepciones sobre innovaciones tecnológicas en el Ejército colombiano. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 13(2), 85–102. <https://doi.org/10.22335/rlct.v13i2.1408>

García, G. C. (2022). Análisis sobre la utilización de drones en conflictos armados desde el Derecho internacional público. *Anales de Derecho*, 39. <https://doi.org/10.6018/analesderecho.480101>

Grautoff, L. M. E. (2007). De Clausewitz a la guerra asimétrica: una aproximación empírica. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 2(1). <https://doi.org/10.18359/ries.194>

Hernández, Á. M. B., Cadavid, G. A. G., & Osorio, J. A. C. (2011). Propuesta de desarrollo robótico para el desminado humanitario. In *Scientia et Technica* (Vol. 3, Issue 49).

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

IEEE. (2017). La inteligencia artificial aplicada a la defensa. In *Documentos de Seguridad y Defensa* (Issue 79).

Jordán, J. (2021). Innovación y revolución en los asuntos militares: una perspectiva no convencional. *Seguridad, Ciencia & Defensa*, 2(2). <https://doi.org/10.59794/rscd.2016.v2i2.pp127-140>

Lagraña, M. J. (2019). *La organización de un elemento de nivel Gran Unidad de Combate (sistema de armas combinada) en relación a las funciones de combate en un ambiente urbano*. <https://cefadigital.edu.ar/handle/1847939/1434>

Lamers, E. P., & Zelik, K. E. (2021). Design, modeling, and demonstration of a new dual-mode back-assist exosuit with extension mechanism. *Wearable Technologies*, 2. <https://doi.org/10.1017/wtc.2021.1>

Marín, F. (2020). La inteligencia artificial en el campo de la información: su utilización en apoyo a la desinformación. In *Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IAA&R)*.

Merrick, C. (2015). El poderío aéreo en la guerra moderna. *Air & Space Power Journal*.

Meza Rivas, M. J. (2016). Los sistemas de armas completamente autónomos: un desafío para la comunidad internacional en el seno de las Naciones Unidas. *Bie3: Boletín IEEE*, 3.

Miranda, B. H. (2022). Inteligencia artificial y justicia. *Revista de La Facultad de Derecho de México*, 22(284). <https://doi.org/10.22201/fder.24488933e.2022.284.83394>

Porcelli, A. (2021). La inteligencia artificial aplicada a la robótica en los conflictos armados. Debates sobre los sistemas de armas letales autónomas y la (in) suficiencia de los estándares del derecho internacional humanitario. *Estudios Socio-Jurídicos*, 23(1). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/sociojuridicos/a.9269>

- Quispe, M. R. A. (2023). Investigación Cualitativa en Educación. In *Investigación Cualitativa en Educación*. <https://doi.org/10.37073/feunah.39>
- Segura, Cabarcas, & Hernández. (2021). Aplicación de tecnologías de realidad aumentada en procesos logísticos militares. *Brújula Semilleros de Investigación*, 9(18), 44–55. <https://doi.org/10.21830/23460628.95>
- Valenzuela, M. E. C. J. (2021). Innovaciones tecnológicas aplicadas a la seguridad y defensa. *Seguridad, Ciencia & Defensa*, 4(4). <https://doi.org/10.59794/rscd.2018.v4i4.pp35-49>
- Vargas, C. C. A. (2023). Hacia una convención para el uso de la inteligencia artificial y la robótica en los conflictos armados: una mirada desde los principios del DIH y la protección a la población civil. *Anuario Iberoamericano Sobre Derecho Internacional Humanitario*. <https://www.unisabana.edu.co/programas/unidades-academicas/facultad-de-derecho-y-ciencias-politicas/anuariodih/articulos/articulos-volumen-4/hacia-una-convencion-para-el-uso-de-la-inteligencia-artificial-y-la-robotica-en-los-conflictos-armados-una-mirada-desde-los-principios-del-dih-y-la-proteccion-a-la-poblacion-civil/>
- Vera, P. D., Prieto, A. P., & Garzón, D. (2023). Los cambios tecnológicos y su impacto en las estrategias de seguridad y defensa. In *Transición del orden mundial: Impactos en las estrategias de seguridad y defensa en Colombia y la región*. <https://doi.org/10.25062/9786287602489.06>
- Vigevano, M. R. (2021). Inteligencia artificial aplicable a los conflictos armados: límites jurídicos y éticos. *Arbor*, 197(800). <https://doi.org/10.3989/arbor.2021.800002>