

Capítulo 3

Fuerza Aeroespacial Colombiana: Transición de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) a la Quinta Revolución Industrial (5.0)*

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818507.03>

Javier Hernando Conde Mesa
Felipe Alfredo Riaño Pérez

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: En el presente capítulo se analizan las capacidades institucionales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) con miras a fortalecer la seguridad y los intereses nacionales. Se destaca la importancia que reviste el desarrollo de las operaciones multidominio (aéreo, espacial y ciberespacial) llevadas a cabo por la FAC, en relación con el incremento de sus capacidades a través de la incorporación de tecnologías innovadoras propias de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) y su transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0). Este avance permitirá hacer frente a las amenazas que afectan los intereses nacionales y la seguridad del Estado colombiano. La investigación se basa en una revisión documental de fuentes primarias y secundarias, adoptando un enfoque teórico, conceptual, normativo, doctrinario y operacional, en concordancia con las políticas públicas vigentes, tanto a nivel nacional como regional y global. Finalmente, se contextualiza la estrategia actual de seguridad nacional en relación con la propuesta de Paz Total del Gobierno nacional (Ley 2272 de 2022) y el Plan Estratégico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana para 2042, titulado *Así se va a las estrellas*.

Palabras clave: Capacidades institucionales, estrategia nacional, intereses nacionales, operaciones multidominio, Revolución Industrial, seguridad nacional.

* Capítulo resultado del proyecto de investigación *Desafíos futuros en los dominios aéreo, ciberespacial y espacial por la aplicación de la inteligencia artificial en la transición de la revolución industrial (5.0)*, desarrollado por el grupo de investigación Masa Crítica de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Este grupo está categorizado en A1 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y registrado bajo el código COL0123247. Los puntos de vista y los resultados presentados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la posición de las instituciones participantes.

Javier Hernando Conde Mesa

Teniente Coronel (R) de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Magíster en Educación, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Administrador aeronáutico. Docente ocasional en la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", Colombia.

<https://orcid.org/0000-0001-7152-9399> - Contacto: javier.conde@esdeg.edu.co

Felipe Alfredo Riaño Pérez

Mayor profesional oficial de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Magíster en Educación e ingeniero civil, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Docente e investigador del grupo Producción, Innovación y Tecnología de la misma universidad.

<https://orcid.org/0000-0002-1839-6985> - Contacto: felipe.riano@unimilitar.edu.co

Citación APA: Conde Mesa, J. H., y Riaño Pérez, F. A. (2026). Fuerza Aeroespacial Colombiana: Transición de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) a la Quinta Revolución Industrial (5.0). En F. Baquero-Valdés. (Ed.). *Desafíos futuros en los dominios aéreo, espacial y ciberespacial: IA y Revolución Industrial (5.0)* (pp. 71-96). Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287818507.03>

DESAFÍOS FUTUROS EN LOS DOMINIOS AÉREO, ESPACIAL Y CIBERESPACIAL: IA Y REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (5.0)

ISBN impreso: 978-628-7818-49-1

ISBN digital: 978-628-7818-50-7

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818507>

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura

Sello Editorial ESDEG

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Bogotá D.C., Colombia

2026



Introducción

La irrupción de tecnologías como la IA, la robótica, el análisis de *big data* y el internet de las cosas (IoT) está transformando los ámbitos militar, político, económico y social. Este contexto exige un análisis y una reconsideración de las prácticas relacionadas con las actividades multidominio (Rotatori et al., 2021). Si bien estas tecnologías tienen el potencial de resolver amenazas, su carácter disruptivo también plantea nuevos desafíos, cuya definición aún está en construcción.

La experiencia histórica con las revoluciones industriales destaca el impacto transformador de las nuevas tecnologías. Al igual que la propulsión a chorro revolucionó la era del *jet* o la evolución de los transistores transformó los sistemas de control en la aviónica, la IA puede potenciar la eficiencia en cualquier aplicación (Lyu, 2020). Aquellos actores que aprovechen las capacidades de la IA podrán obtener ventajas estratégicas, mejorando su posición relativa en comparación con sus competidores y, a su vez, influyendo en el comportamiento de otros a su favor.

En este contexto, es importante analizar cómo la IA puede fortalecer la posición de poder de un país. Examinar su papel en la competencia entre potencias con intereses geoestratégicos es esencial para comprender su impacto en la seguridad y en la reconfiguración del poder global y regional.

La Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC), al integrar las bondades tecnológicas de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) y avanzar hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0), puede utilizar estas capacidades para enfrentar amenazas a la seguridad nacional. Esto resalta la importancia de comprender y aprovechar los avances y aplicaciones de las tecnologías emergentes, adaptándolas a las necesidades y capacidades estratégicas.

La FAC, al incorporar los avances tecnológicos de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) y avanzar hacia la Quinta (5.0), puede utilizar estas capacidades

para contener las amenazas a la seguridad nacional. Esto subraya la necesidad de que la institución comprenda y aproveche el potencial de las tecnologías emergentes para el desarrollo de sus distintas capacidades.

Con respecto a la Cuarta Revolución Industrial (4.0), Schwab (2017) sostiene que su impacto va más allá de las máquinas y los sistemas inteligentes interconectados. Según el autor, esta revolución se caracteriza por megatendencias que se agrupan en tres categorías: i) de orden físico (como los vehículos autónomos, la impresión 3D, la robótica avanzada y el uso de nuevos materiales); ii) de orden digital (como el IoT, la identificación por radiofrecuencia [RFID] y el *blockchain*); y iii) de orden biológico (con avances en genética, biología sintética y la capacidad de modificar organismos biológicos).

Adicionalmente, Danaher (2016), en relación con el manejo de la información y la IA, introduce el concepto de *algocracia*, entendida como "la creciente dependencia de los procesos públicos de toma de decisiones (burocráticos, legislativos y legales) en algoritmos, es decir, instrucciones paso a paso programadas por computadora para tomar un conjunto determinado de datos y producir un resultado" (p. 1).

Gamero, en su obra *Amenazas y desafíos a la política de seguridad en el siglo XXI*, señala que "dentro de los desafíos tecnológicos, se abordan el ciberespacio, la ciberseguridad, el cambio de paradigmas de la seguridad, la sociedad de vigilancia y las nuevas dictaduras digitales" (2022, p. 3). Este planteamiento se constituye en un referente clave para analizar la importancia de los avances tecnológicos en el fortalecimiento de las capacidades militares de un Estado, orientadas a garantizar el cumplimiento de sus objetivos e intereses nacionales y, en consecuencia, la seguridad nacional.

Este trabajo de investigación analiza las operaciones multidominio desarrolladas por la FAC, resultado del fortalecimiento de sus capacidades institucionales. Dicho fortalecimiento está respaldado por los avances tecnológicos de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) y su transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0). Estas operaciones tienen como objetivo contrarrestar las amenazas que comprometen los intereses y la seguridad nacional, en consonancia con las directrices establecidas en la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042.

El desarrollo de las operaciones aeroespaciales depende, en gran medida, de procesos relacionados con la logística militar, particularmente con la logística aeroespacial. Esta, junto con los protocolos de la cadena logística, la administración de la cadena de suministros (SCM), el ciclo y las funciones logísticas (como

abastecimientos, mantenimiento, construcción, sanidad, comunicaciones y transporte) permitirá, en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, la consolidación del ecosistema tecnológico vinculado a la logística. Así, lo expone la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en su publicación *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0* (véase la Figura 3.).

Actualmente, es de gran importancia definir el alcance de la transición de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) a la Quinta Revolución Industrial (5.0). En este contexto, Suárez y Paredes (2022) señalan que Müller, en su obra *Habilitando tecnologías para la industria 5.0*, identifica seis tipos de tecnologías disruptivas relacionadas con la Quinta Revolución Industrial (5.0):

- (i). Tecnologías centradas en el ser humano y de interacción humano-máquina que interconecten y combinen sus principales fortalezas;
- (ii). tecnologías bio inspiradas y materiales inteligentes;
- (iii). tecnologías digitales basadas en tiempo real para simulación y modelado de sistemas complejos;
- (iv). tecnologías de transmisión, almacenamiento y análisis de datos cibernéticos;
- (v). inteligencia artificial;
- (vi). tecnologías para la eficiencia energética y autonomía confiable. (p. 6)

En este contexto, es necesario realizar una exploración teórica, conceptual, normativa, doctrinaria y operacional de los avances alcanzados en el período 2022-2024, en consonancia con las políticas y los planes estratégicos rectores: el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, *Colombia potencia mundial de la vida*; el documento CONPES 3983 del 13 de enero de 2020, titulado *Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional*; la Estrategia de Seguridad Nacional 2022- 2026; y la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042, *Así se va a las estrellas*. Finalmente, esta exploración debe destacar la importancia del poder aeroespacial nacional en las operaciones multidominio, a fin de garantizar la consecución de los intereses nacionales y, en consecuencia, la seguridad nacional.

El análisis propuesto adquiere especial relevancia en el marco de los lineamientos establecidos por el ordenamiento jurídico nacional (artículo 217 de la Constitución Política de Colombia) y la legislación colombiana vigente:

- Ley 418 de 1997: por la cual se consagran unos instrumentos para la búsqueda de la convivencia, la eficacia de la justicia y se dictan otras disposiciones.

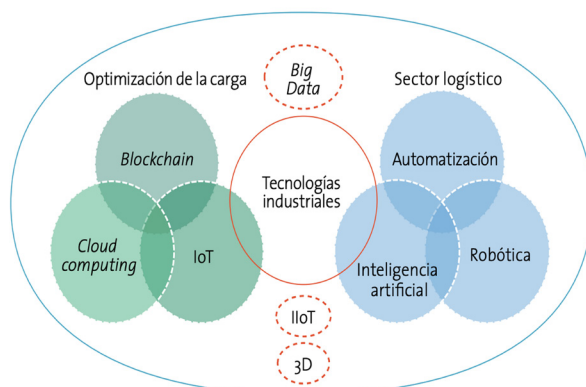
- Ley 1448 del 10 de junio de 2011: por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones.
- Ley 2272 de 2022: por medio de la cual se modifica, adiciona y prorroga la Ley 418 de 1997.

Lo anterior conduce a la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo inciden las operaciones multidominio en el fortalecimiento de las capacidades institucionales de la FAC, considerando los avances tecnológicos de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) y su transición hacia la Quinta?

Desarrollo de las operaciones multidominio: Descripción de las capacidades de la FAC y la Cuarta Revolución Industrial (4.0)

En el marco de la Cuarta Revolución Industrial (4.0), el desarrollo de las operaciones aeroespaciales se sustenta en procesos asociados a la logística militar y aeroespacial. Estos procesos, articulados con los protocolos de la cadena logística, la administración de la cadena de suministros (SCM) y el ciclo logístico —abastecimiento, mantenimiento, construcción, sanidad, comunicación y transporte— permiten consolidar el ecosistema tecnológico vinculado a la logística (véase la Figura 1). Así lo señala la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en *La Revolución Industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0*.

Figura 1. El ecosistema tecnológico relacionado con la logística



Fuente. CEPAL (2019).

Así, en el marco de la Acción Unificada del Estado (AUE), el trabajo realizado por la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) y la FAC culminó, en 2013, con el lanzamiento del primer satélite colombiano:

Se anunció el desarrollo de un proyecto para la creación de un nanosatélite de observación, con una vida útil de 3 a 5 años, llamado FACSAT-1, el cual pesaría aproximadamente de 3 a 5 kg, contaría con una cámara para tomar imágenes de la tierra y sería puesto en órbita en el año 2014. (FAC, 2024, párr. 2)

Este propósito se materializó con el lanzamiento del nanosatélite FACSAT-1, realizado el 28 de noviembre de 2018. De acuerdo con la información publicada en el portal web de la FAC, "el satélite fue puesto en órbita polar, con una inclinación de 97,39 °, a una altitud de 474 km, alcanzando una velocidad de 7,63 km/s y un periodo orbital de 94,15 minutos" (2024, párr. 1).

Figura 2. Lanzamiento del nanosatélite FACSAT-1



Fuente. FAC (2024).

Se destacó la valiosa participación del talento humano de la FAC —oficiales, suboficiales, cadetes y docentes—, reconocido como un pilar fundamental de los centros de investigación de la institución. En este contexto, se destacaron la Escuela Militar de Aviación (EMAVI), la Oficina de Asuntos Espaciales (OFAES) y

las instituciones universitarias del orden nacional que ofrecen programas académicos orientados al ámbito aeroespacial. Este esfuerzo conjunto marcó un hito en los procesos de innovación y desarrollo tecnológico, impulsando las operaciones espaciales de la FAC (véase la Figura 3).

El objetivo principal de esta serie de capacitaciones fue el de proporcionar al personal asistente la instrucción necesaria para el aprendizaje de temáticas relacionadas con diseño, desarrollo y operación de sistemas espaciales, electrónica, operación de estaciones terrenas y el uso de *software* y *hardware* para la operación del FACSAT-1, así como el de proporcionar al grupo de alumnos de herramientas y procedimientos, información necesaria para conocer la estructura del diseño del FACSAT-1. (FAC, 2024, párr. 2)

Figura 3. Capacitación y entrenamiento del talento humano del FACSAT-1



Fuente. FAC (2024).

En consonancia con la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial 2042, se lanzó el segundo nanosatélite al espacio ultraterrestre: el FACSAT-2, denominado *Chiribiquete* (véase la Figura 4).

El 15 de abril de 2023, se marcó el segundo hito histórico para la Fuerza Aérea Colombiana. Después de tres años de arduo trabajo se logró consolidar los esfuerzos técnicos y administrativos con el exitoso lanzamiento y puesta en órbita del FACSAT-2 "Chiribiquete". El camino hacia la consecución de este ambicioso objetivo estuvo rodeado de diversos desafíos, que se traducen en nuevas capacidades para la gestión y desarrollo de misiones satelitales. (FAC, 2024, párr. 1)

La generación de un ecosistema espacial implicaba crear una infraestructura y reunir a diversos actores que trabajaran en colaboración con el fin de fomentar y promover actividades inherentes al espacio [...] en la misión FACSAT-2. (FAC, 2024, párr. 3)

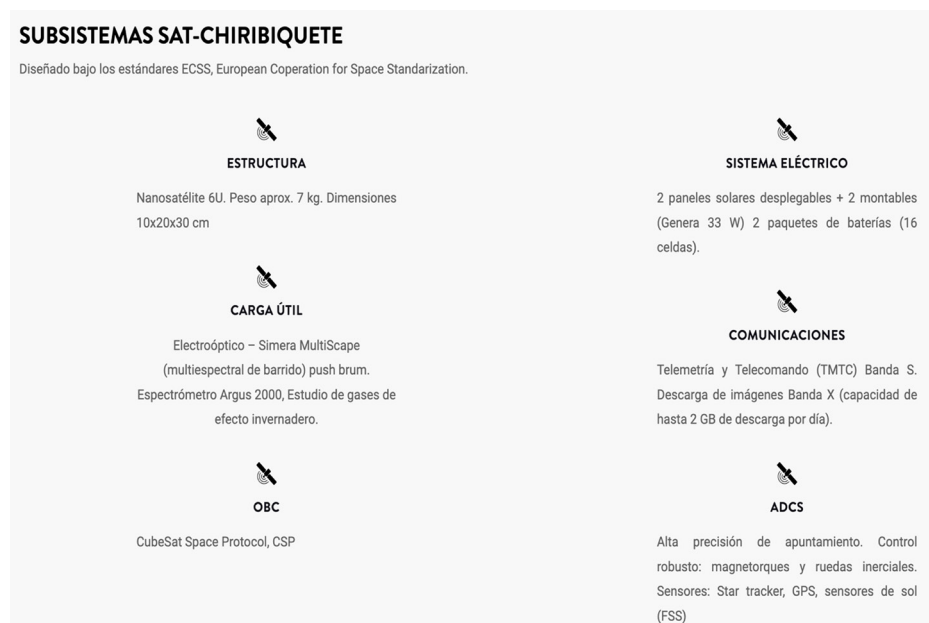
Figura 4. Lanzamiento del nanosatélite FACSAT-2, denominado Chiribiquete



Fuente. FAC (2024).

A continuación, se presentan las características principales del nanosatélite FACSAT-2. Dicha información se basa en los datos técnicos publicados en el portal web de la FAC y ha sido respaldada por la Revista Aeronáutica.

Figura 5. Información sobre los subsistemas del nanosatélite FACSAT-2



Fuente. FAC (2024).

La transición de la Cuarta Revolución Industrial (4.0) a la Quinta Revolución Industrial (5.0) se centra en el desarrollo de subsistemas para los nanosatélites FACSAT, destinados a optimizar la interacción humano-máquina, potenciar las capacidades tecnológicas y mejorar su aplicación en diversos contextos ambientales, así como en la gestión de riesgos.

Entre las aplicaciones específicas se destacan la anticipación de fenómenos de remoción en masa; el análisis multitemporal de la reducción de casquetes glaciales; el monitoreo de cambios ambientales; el estudio de cursos de agua lóticos y lénticos; la estimación de caudales laminares o turbulentos; el seguimiento de volcanes activos; y el análisis de la cobertura vegetal y de los corredores biológicos. Estas capacidades fortalecen las operaciones militares orientadas a enfrentar amenazas complejas y multifacéticas.

Para Lee et al. (2015), en este escenario, la IA y el IoT desempeñan roles complementarios. La IA optimiza el procesamiento y el análisis avanzado de los datos generados por los sensores de los nanosatélites, mejorando así la precisión y la velocidad en la toma de decisiones. Por su parte, el IoT garantiza la conectividad y la comunicación entre los sistemas y subsistemas desplegados, lo que se traduce en una mayor automatización y en la coordinación de las operaciones multidominio.

Los nanosatélites FACSAT representan un hito en el desarrollo aeroespacial de Colombia, al integrar tecnologías avanzadas que potencian tanto las aplicaciones científicas y ambientales como las capacidades estratégicas en seguridad y defensa. Sus funcionalidades se expresan en diversos ámbitos, entre los que destacan:

- Monitoreo ambiental y gestión de riesgos: utilización de sensores multi-espectrales y de alta resolución para la vigilancia detallada y continua de fenómenos naturales y cambios en el medioambiente.
- Análisis multitemporal: permite realizar estudios longitudinales sobre la evolución de características geográficas y biológicas, esenciales para la planificación y mitigación de riesgos.
- Detección y respuesta inmediata ante desastres: implementación de sistemas de alerta temprana y medidas de intervención ante eventos naturales, como deslizamientos de tierra y erupciones volcánicas.
- Monitoreo hidrológico: analiza en tiempo real el comportamiento de los cuerpos de agua, permitiendo una gestión adecuada de los recursos hídricos y la prevención de inundaciones.
- Vigilancia de la cobertura vegetal y los corredores biológicos: asegura la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad mediante el monitoreo continuo de áreas protegidas y corredores ecológicos.
- Operaciones militares: fortalecimiento de la capacidad de vigilancia y reconocimiento, optimización en la planificación de misiones y gestión de operaciones multidominio en tiempo real, elementos esenciales para enfrentar las amenazas a la seguridad nacional.

Incremento de las capacidades de la FAC: resultado del aprovechamiento de las bondades tecnológicas de la Cuarta Revolución Industrial (4.0)

Con motivo de la conmemoración de su centenario, la FAC presentó el modelo DELFOS, una herramienta para predecir el daño ecológico causado por la explotación minera a cielo abierto. Este desarrollo fue posible gracias a un convenio interinstitucional con la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas".

El proyecto tiene como objetivo "la protección de la flora, la fauna y las fuentes hídricas, consideradas activos invaluable de la nación y de la humanidad, lo cual será decisivo en la lucha contra la extracción ilícita de recursos mineros" (FAC, 2019, párr. 1).

DELFOFOS está sustentado bajo tres módulos principales, el primero enfocado en el uso de imágenes a través de las capacidades aéreas, espaciales y ciberespaciales de la Fuerza Aérea Colombiana; el segundo módulo basado en la aplicación de la inteligencia artificial para la predicción del daño ecológico, y el último, contiene la visualización de la información a través de la web, trabajo que se apoyó en el talento humano y técnico de militares, ingenieros, académicos e investigadores que lograron su implementación. (FAC, 2019, párr. 2)

Figura 6. Modelo basado en IA: una nueva herramienta de la FAC en la lucha contra la minería ilegal



Fuente. FAC (2019).

El Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN) se ha consolidado como un referente regional por sus avances en innovación, desarrollo e implementación tecnológica. Esta unidad militar aérea ejerce un liderazgo destacado en el sector aeroespacial, tanto a nivel nacional como regional, por su contribución al mantenimiento y la modernización de equipos y sistemas de alta complejidad.

Por más de nueve décadas, ha sido cimiento y evolución de la aviación militar en Colombia, liderando grandes proyectos del sector aeroindustrial, gracias al conocimiento y experiencia de sus hombres y mujeres, quienes trabajan con empeño, liderazgo y excelencia para garantizar la logística aeronáutica necesaria para el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea Colombiana. (FAC, 2019, párr. 2)

En cuanto al proceso de innovación y fortalecimiento tecnológico de la FAC, diversos proyectos marcaron hitos significativos en la consolidación de sus capacidades operacionales y de mantenimiento. Entre las actividades más representativas de ese periodo se destacan iniciativas como

la modernización de la cabina del C 212-300, denominada Proyecto "COEUS", constituyéndose en un hito al ser la primera vez que personal de la Fuerza Aérea, logra la certificación de una modificación mayor por parte de la Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD) y la calificación de un equipo que permite transformar las señales análogas en digitales, permitiendo el paso de los instrumentos de navegación convencionales a pantallas. (FAC, 2019, párr. 3)

Figura 7. 103 años de desarrollo e innovación en la logística aeronáutica, impulsados por el CAMAN



Fuente. FAC (2022).

Las transformaciones observadas al interior de la FAC han sido ampliamente reconocidas, tanto por la nación colombiana como por la comunidad internacional, tal como se evidencia en el documento *La historia transversal del conflicto*:

transformaciones de la Fuerza Aérea en el contexto. Este informe destaca cambios significativos en las siguientes áreas:

- Procesos gerenciales: direccionamiento estratégico, inspección y control, seguridad operacional y acción integral.
- Proceso misional.
- procesos de apoyo: logística aeronáutica, inteligencia aérea, gestión jurídica y administrativa, gestión humana, rol de la mujer, gestión en salud, logística de los servicios, seguridad y defensa de bases.

Figura 8. Carátula de la publicación *La historia transversal del conflicto: transformaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en su contexto*



Fuente. FAC (2020).

Con la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana, *Así se va a las estrellas*, la institución militar aérea define un panorama institucional claro y un derrotero para 2042. En sus propias palabras,

[...] la Fuerza Aérea Colombiana ejercerá el dominio en el aire, el espacio y el ciberespacio, consolidándose como una entidad innovadora, polivalente, interoperable, líder y preferente a nivel regional, con alcance global y capacidades disuasivas reales, visibles, creíbles, permanentes y sostenibles. (2021, p. 3).

La transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0) está transformando significativamente los dominios del aire, el espacio y el ciberespacio, consolidando a las Fuerzas Militares como entidades innovadoras, polivalentes e interoperables. En el ámbito aeronáutico militar, la implementación de tecnologías avanzadas, como la IA, el IoT y la manufactura aditiva, está impulsando el desarrollo de capacidades disuasivas más visibles, creíbles, permanentes y sostenibles.

En cuanto al entrenamiento de combate aéreo, una de las tecnologías emergentes más destacadas son los sistemas de realidad aumentada (AR). Un ejemplo sobresaliente es el sistema *Airborne Tactical Augmented Reality System* (ATARS), que combina la AR con la IA para permitir a los pilotos y operadores de tierra visualizar amenazas sintéticas en tiempo real, mejorando así la preparación y potenciando la letalidad en las operaciones multidominio (South, 2023).

La manufactura aditiva, también conocida como *impresión en 3D*, está revolucionando la producción de componentes aeroespaciales al permitir la creación de piezas más ligeras y resistentes, lo que optimiza el rendimiento de las aeronaves en términos de velocidad y consumo de combustible. Este avance es crucial para la rápida adaptación y mantenimiento en el campo de batalla, ya que facilita la producción localizada y bajo demanda de componentes críticos (Rees, 2022).

La tecnología 5G proporciona una conectividad ultrarrápida y segura, facilitando el control remoto de sistemas no tripulados y mejorando la toma de decisiones en tiempo real. Además, esta conectividad permite coordinar los diferentes dominios operacionales, lo que potencia la efectividad de las misiones (Rees, 2022).

Estos avances tecnológicos fortalecen la capacidad de las fuerzas aeroespaciales para responder y neutralizar amenazas a la seguridad nacional, garantizando una disuasión creíble y sostenible en un entorno global cada vez más complejo y competitivo.

Importancia del uso del poder aeroespacial colombiano en la Estrategia de Seguridad Nacional y en la Cuarta Revolución Industrial (4.0)

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que la formulación estratégica de la FAC se articula con las políticas definidas por el liderazgo político del Estado colombiano, como lo señala el *Informe de gestión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana*:

Por consiguiente, los objetivos del Plan Estratégico Institucional de la FAC se encuentran articulados a las Políticas del Gobierno nacional, definidas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, la Política de Seguridad Defensa y Convivencia Ciudadana para el Estado colombiano, de igual manera el Plan Estratégico Militar (PEM) del Comando General de las Fuerzas Militares y en el Plan Estratégico Sectorial (PES) del Ministerio de Defensa Nacional. (2023, p. 5)

Este documento reúne los doce objetivos estratégicos de la institución militar aérea —alineados con su planificación estratégica para 2042—, que orientan su accionar doctrinario en torno al empleo del poder aeroespacial, sustentado en la Cuarta Revolución Industrial (4.0). Esta base, a su vez, facilita el cumplimiento de los intereses y los objetivos nacionales, especialmente aquellos vinculados con la seguridad del Estado.

Figura 8. *Objetivos estratégicos de la FAC para 2042*



Fuente. FAC (2021).

Respecto al primer objetivo, la FAC ha mantenido una visión prospectiva alineada con su doctrina, fundamentada en los avances tecnológicos de la Cuarta Revolución Industrial (4.0):

El intercambio de doctrina de Intelligence Surveillance Tracking (IST) permitió adoptar medios abiertos con algunas herramientas de acceso gratuito, como en el caso del empleo de la plataforma Marine Traffic, Wheeler-Underground y Copernicus, que fueron empleadas con el fin de recolectar información para los casos hipotéticos planteados durante los ejercicios.

La FAC participó en la primera sesión de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), buscando cooperación institucional para lograr la gestión de incluir en la agenda de la CCE el proyecto país Observación de la Tierra "Ojo de Águila", y así mismo estrechar lazos que permitan el Desarrollo Espacial de la Nación. (FAC, 2023, p. 13)

En relación con el primer objetivo, la FAC destaca su participación en diversas operaciones, como la extinción de incendios, la búsqueda y el rescate, el traslado y el salvamento. Estas acciones han sido fundamentales para la consecución de los intereses nacionales y, por consiguiente, para la seguridad nacional.

En misiones de extinción de incendios (W-5) se han desarrollado 73 misiones con un total de 912 descargas y 376 466 galones de agua, lo cual permitió el control de los incendios forestales y de cobertura vegetal originados por efecto climático o por el hombre a lo largo del territorio nacional.

En reconocimiento y vigilancia de zonas especiales se han desarrollado 113 misiones con un total de 162:38 horas voladas, atendiendo los diferentes requerimientos solicitados por parte de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y el Centro Nacional de Recuperación de Personal (CENRP), dependencia de la FAC. (FAC, 2023, p. 15)

La Fuerza Aérea Colombiana, a través de aeronaves tipo UH/AH-60 L, AC47T, A-29, B-212, C-208B, HUEY II, C-130, C-90GTX, C-212, SK-350 B-206, C-295 y Aeronaves Remotamente Tripuladas, lideró 34 operaciones Search and Rescue (SAR) en atención a 24 casos requeridos por entidades como la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UAEAC), Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), Comando General de las Fuerzas Militares (COGFM), Ejército Nacional de Colombia (EJC), Armada Nacional de

Colombia (ARC), la misma Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC), Policía Nacional (PONAL), Fuerza Naval del Pacífico (FNP), Gobernación de Antioquia y Gobernación del Tolima. (FAC, 2023, p. 16)

La Fuerza Aeroespacial Colombiana coordinó y ejecutó un total de 645 misiones, trasladando y salvando 890 pacientes, para lo cual se emplearon 1433:10 horas de vuelo en apoyo a la Fuerza Pública y a la población civil, en coordinación con el Ministerio de Salud y Protección Social, a través de los Centros Reguladores de Urgencias y Emergencia. (FAC, 2023, p. 17)

En concordancia con la política establecida por el Gobierno nacional para el aprovechamiento del poder aeroespacial en pro de los intereses y la seguridad nacionales, el 12 de julio de 2023, se promulgó la Ley 2302.

Artículo 1°. Objeto. La presente ley establece medidas para garantizar la defensa e integridad territorial en el ámbito espacial, en el marco general para el desarrollo de las actividades espaciales en Colombia, considerando el importante papel que el Estado debe tener en este campo para la promoción y desarrollo del sector espacial, así como en la ejecución de actividades en el espacio exterior, incluido la Luna y otros cuerpos celestes, en concordancia con la Constitución y los tratados internacionales ratificados en la materia, procurando que las mismas se desarrollen en condiciones que no constituyan un riesgo para la seguridad y defensa nacional, la operación aérea y espacial, y la soberanía nacional.

Artículo 2°. Actividades espaciales controladas. Las actividades espaciales podrán ser desarrolladas al interior del territorio nacional por personas naturales o jurídicas, de carácter público o privado. Se podrán desarrollar las siguientes actividades espaciales controladas, previo control y supervisión del Ministerio de Defensa Nacional - Fuerza Aérea Colombiana: a) Lanzamiento de vehículos orbitales; b) Pruebas de vehículos orbitales; e) Lanzamiento de vehículos suborbitales; y d) Pruebas de vehículos suborbitales.

El rol del poder aeroespacial en la Estrategia de Seguridad Nacional y la Cuarta Revolución Industrial (4.0): Estados Unidos y Colombia

En el contexto global actual, el poder aeroespacial se ha convertido en un componente crucial para la seguridad nacional y el progreso económico, especialmente en la era de la Cuarta Revolución Industrial (4.0). Estados Unidos y Colombia, dos

naciones con características y recursos diversos, enfrentan desafíos únicos al integrar esta tecnología avanzada en la formulación y el desarrollo de sus estrategias nacionales.

Estados Unidos: Liderazgo, innovación y desarrollo tecnológico

Desde los inicios de la carrera espacial hasta la creación de agencias como la NASA y la Fuerza Espacial, Estados Unidos ha invertido continuamente en investigación y desarrollo. Este compromiso le ha permitido consolidarse como líder mundial en tecnología aeroespacial (Johnson, 2020).

Su preeminencia en este campo fortalece tanto su capacidad de defensa como su economía, impulsando innovaciones que alimentan la Cuarta Revolución Industrial (4.0). El uso de satélites para comunicaciones, vigilancia y posicionamiento global no solo mejora la seguridad nacional, sino que también optimiza procesos industriales y comerciales (Reich, 2018).

De esta manera, se destaca el desarrollo del poder aeroespacial como un pilar estratégico esencial del poder nacional estadounidense, que, mediante la innovación y el avance tecnológico, ha consolidado su hegemonía global, aprovechando las bondades de la Quinta Revolución Industrial (5.0).

Colombia: Potencial humano, desafíos tecnológicos y proyección científica

Dada la limitada disponibilidad de recursos en comparación con países como Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea (CEU) y los grupos de potencias globales (como los BRICS), Colombia reconoce la importancia estratégica del poder aeroespacial, particularmente en su visión prospectiva de los intereses nacionales.

En un contexto de seguridad nacional marcado por desafíos internos, como el narcotráfico y las acciones de los grupos armados organizados (GAO), los grupos armados organizados residuales (GAOR), los grupos de delincuencia organizada (GDO) y las estructuras de crimen organizado (ECO), así como por la posible vulnerabilidad de la seguridad fronteriza, la tecnología aeroespacial emerge como un factor que podría transformar las capacidades de vigilancia, la respuesta rápida ante emergencias y el monitoreo ambiental (Ruiz y Gómez, 2019).

En el contexto de la Cuarta Revolución Industrial (4.0), Colombia tiene la oportunidad de aprovechar estas tecnologías para optimizar sectores como la agricultura de precisión, la gestión de recursos naturales y la conectividad rural (Martínez, 2021). Por esta razón, se propone una transición estratégica del Estado colombiano hacia los beneficios futuros de la Quinta Revolución Industrial (5.0).

Perspectivas actuales, futuras y adaptación

A medida que se transita hacia un futuro más interconectado y tecnológicamente avanzado, tanto Estados Unidos como Colombia deben seguir adaptando sus estrategias nacionales para capitalizar y maximizar las oportunidades vinculadas al poder aeroespacial. Esto no solo implica la realización de inversiones sostenidas en investigación y desarrollo, sino también el fomento de colaboraciones internacionales y asociaciones público-privadas que optimicen los recursos y faciliten el intercambio de conocimientos (Brown y Harris, 2022).

En el caso de Colombia, la capacitación de personal especializado y la formulación de políticas adecuadas serán esenciales para integrar la tecnología aeroespacial en su desarrollo socioeconómico y en sus estrategias de seguridad nacional (Rodríguez, 2020). En 2024, los conflictos armados en Europa y Oriente Medio han incorporado la IA para potenciar las capacidades militares y aéreas, especialmente a través de sistemas avanzados de reconocimiento y selección de objetivos.

Estas tecnologías procesan grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes de vigilancia, como imágenes satelitales y de aeronaves no tripuladas (drones, aeronaves pilotadas a distancia [RPA], vehículos aéreos no tripulados [UAV] y sistemas de aeronaves no tripuladas [UAS]), permitiendo identificar y priorizar objetivos con rapidez y precisión.

En términos estratégicos y operacionales, la IA facilita la generación de información crítica, que incluye la identificación de objetivos específicos, la cantidad de tropas en el terreno, el tipo de armamento y las características de las comunicaciones mediante el análisis del espectro electromagnético, así como el monitoreo del avance de las fuerzas en el territorio. Esto permite a las fuerzas militares ejecutar ataques a gran escala, orientados a maximizar el impacto sobre elementos estratégicos y operacionales, como infraestructuras clave o sitios de lanzamiento de misiles.

Asimismo, la IA proporciona recomendaciones en tiempo real al personal militar, optimizando los tiempos de respuesta. Esto permite a los analistas humanos evaluar rápidamente los objetivos potenciales y transmitir la información a las unidades de combate, lo que mejora la coordinación y la eficiencia en las operaciones militares.

En el contexto del derecho internacional de los conflictos armados (DICA), el uso de tecnologías basadas en la IA ha generado importantes cuestionamientos éticos y operacionales. Aunque su precisión es avanzada, surgen preocupaciones debido al potencial de daños colaterales y a los efectos sobre la población civil. Estos sistemas, especialmente aquellos que operan de forma autónoma, como los drones, las RPA, los UAV y los UAS, deben adherirse a los principios de distinción y proporcionalidad establecidos por el derecho internacional humanitario.

La comunidad internacional ha destacado la necesidad de que estos sistemas se adhieran a marcos de transparencia y responsabilidad, ya que, en ocasiones, las decisiones autónomas de la IA carecen de una justificación clara y de una supervisión humana adecuada. Esto podría derivar en violaciones a los derechos humanos, especialmente en escenarios donde no se puedan diferenciar los objetivos militares de los civiles, aumentando así los riesgos de que las operaciones infrinjan las normativas humanitarias vigentes.

En cuanto a la Quinta Revolución Industrial (5.0), se prevé que la integración de la IA con sistemas ciberfísicos transformará el entorno de producción, permitiendo su personalización y adaptabilidad a las necesidades del entorno operativo. Estos sistemas combinan la infraestructura mecánica y electrónica con un *software* avanzado y redes de comunicación, utilizando sensores y actuadores para recopilar y procesar datos en tiempo real, siempre bajo la supervisión de un entrenador humano. Esta tecnología posibilitará la toma de decisiones automatizadas a través de algoritmos de IA y modelos predictivos, gestionando y coordinando operaciones mediante un ciclo continuo de retroalimentación.

Para responder a las demandas del mercado y abordar los desafíos medioambientales, la IA no solo optimizará la eficiencia operativa, sino que también permitirá ajustes dinámicos. En el marco de la Quinta Revolución Industrial (5.0), el personal militar fungirá como operador y colaborador en el ciclo de producción, lo cual promoverá una interacción estrecha con los sistemas automatizados. Esta sinergia fortalecerá la resiliencia y la adaptabilidad de las plantas de fabricación ante demandas cambiantes y entornos operativos complejos, mejorando tanto la capacidad de respuesta como la optimización de recursos en el ámbito militar.

Conclusiones

En cumplimiento de su misión, la FAC ha ejecutado un número significativo de operaciones multidominio (terrestre, aéreo, espacial y ciberespacial), lo que ha fortalecido sus capacidades operacionales y logísticas, apalancadas por el aprovechamiento de las bondades tecnológicas de la Cuarta Revolución Industrial (4.0).

Con una visión futurista, la FAC se prepara para la transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0). Este enfoque progresista le ha permitido participar activamente en la contención de las amenazas a los intereses y la seguridad nacionales, alineándose con las directrices establecidas en la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042, titulada *Así se*

va a las estrellas. La integración de tecnologías avanzadas, como la IA, el IoT, el *blockchain*, el marketing omnicanal, la *cloud computing*, la robótica y el *big data*, impulsará significativamente el desarrollo de las operaciones multidominio.

En este contexto, la consolidación de la próxima generación de satélites FACSAT (constelación proyectada para el año 2027) fortalecerá las capacidades de monitoreo y gestión de la FAC en los ámbitos medioambiental y de seguridad y defensa nacional. Esto garantizará una respuesta eficaz y coordinada ante amenazas de alta complejidad, generadoras de crisis y polícrisis, que no solo afectan al Estado colombiano, sino también a la región, dada su relevancia global.

En cuanto a la Quinta Revolución Industrial (5.0), la adopción de tecnologías avanzadas está transformando las capacidades y estrategias de la FAC. La integración de sistemas como la IA, el IoT, la realidad aumentada y la manufactura aditiva no solo potencia la interoperabilidad y la polivalencia de las operaciones, sino que también garantiza una disuasión creíble y sostenible en un entorno de amenazas cada vez más complejas.

La conectividad 5G, al permitir una coordinación más eficiente y una toma de decisiones en tiempo real, se ha vuelto indispensable para el éxito de las misiones multidominio. Este avance tecnológico subraya la necesidad de una innovación constante para salvaguardar y fortalecer la seguridad nacional, posicionando a la FAC como un actor estratégico en el ámbito de la seguridad y la defensa.

El poder aeroespacial no solo es fundamental para la seguridad nacional y la adopción de la Cuarta Revolución Industrial (4.0), sino también para la transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0). Al contrastar las características del poder nacional de Colombia con las de potencias como Estados Unidos, la CEU y grupos de potencias globales (como los BRICS), el país tiene la oportunidad de transformar su realidad socioeconómica y consolidar su posición global mediante la aplicación estratégica de tecnologías avanzadas. El desafío principal radica en la capacidad de adaptación y en la visión estratégica necesarias para optimizar el uso de estas herramientas, alinear los intereses nacionales y, de este modo, garantizar la seguridad nacional.

La aplicación de la IA en los conflictos contemporáneos ha transformado significativamente las operaciones aéreas, mejorando la precisión en el reconocimiento y la selección de objetivos mediante sistemas automatizados que procesan datos de vigilancia, como imágenes satelitales y de drones. Estos avances han permitido un análisis en tiempo real del movimiento de fuerzas y recursos enemigos, lo que optimiza la ejecución de ataques estratégicos y reduce los tiempos

de respuesta. Sin embargo, la creciente dependencia de tecnologías autónomas plantea desafíos éticos y legales de gran envergadura, especialmente en lo que respecta al cumplimiento de los principios de distinción y proporcionalidad establecidos por el DICA, debido al riesgo potencial de causar daños colaterales a la población civil.

En el ámbito militar, la transición hacia la Quinta Revolución Industrial (5.0), impulsada por la integración de la IA y los sistemas ciberfísicos, está transformando los entornos de producción en modelos más adaptables y colaborativos. En este modelo, el personal militar se convierte en un actor clave dentro de los ciclos de producción y los sistemas automatizados, fortaleciendo la resiliencia y la flexibilidad de las infraestructuras de defensa ante las demandas dinámicas de las operaciones multidominio. Así, la Quinta Revolución Industrial (5.0) promueve una sinergia entre la IA y el factor humano, optimizando tanto la capacidad de respuesta como la sostenibilidad de las operaciones militares en contextos operativos cada vez más complejos.

Referencias

- Brown, A. (2022). Aerospace Technology and National Security: Strategic Implications for the United States. *Journal of Aerospace Studies*, 15(2), 45-58.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2019). *La Revolución Industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0* (Boletín no 375). Naciones Unidas. <https://n9.cl/rwm7d>
- Comisión Europea. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0. Results of a Workshop with Europe's Technology Leaders*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://n9.cl/ucrhx>
- Danaher, J. (2016). La amenaza de la algocracia: Realidad, resistencia y acomodación. *Filosofía y Tecnología*, 29(3), 245-268. <https://n9.cl/u5ex6s>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Política para el Desarrollo Espacial: Condiciones Habilitantes para el Impulso de la Competitividad Nacional*. <https://n9.cl/8k86d>
- Fuerza Aérea Colombiana. (01 de noviembre de 2019). *Modelo basado en inteligencia artificial, nueva herramienta de la Fuerza Aérea contra la minería ilegal*. <https://n9.cl/91copi>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *La historia transversal del conflicto: Transformaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en contexto*. Departamento Estratégico. https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/informacioninteres/informes-comision/la_historia_transversal_del_conflicto_transformaciones_de_la_fuerza_aerea_colombiana_en_contexto_0.pdf
- Fuerza Aérea Colombiana. (16 de noviembre de 2022). *103 años de desarrollo e innovación de la logística aeronáutica impulsada por el CAMAN*. <https://n9.cl/1n26c>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2023). *Informe de gestión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana*. Subjefatura Estado Mayor Estrategia y Planeación. <https://n9.cl/yjny0w>
- Fuerza Aérea Colombiana. (24 de marzo de 2024). *Antecedentes*. <https://poderespacial.fac.mil.co/es/facsat/antecedentes>
- Fuerza Aérea Colombiana. (24 de marzo de 2024). *Lanzamiento*. <https://n9.cl/9s9df>
- Fuerza Aérea Colombiana. (24 de marzo de 2024). *Capacitación y Entrenamiento*. <https://n9.cl/q3232>
- Fuerza Aérea Colombiana. (24 de marzo de 2024). *FACSAT-2 "Chiribiquete"*. <https://n9.cl/623cx>
- Gamero, J. (2022). Amenazas y desafíos a la política de seguridad del siglo XXI. *Pensamiento Conjunto*, 10(2), 1-15. <https://n9.cl/z2g6q>
- Gómez, M. (2019). Desafíos y oportunidades del poder aeroespacial en Colombia. *Revista de Seguridad Nacional*, 8(3), 112-125.
- Johnson, L. (2018). Aerospace Leadership and Economic Development: The Case of the United States. *International Journal of Aerospace Technology*, 5(1), 20-33.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0 - Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

- Ley 418 de 1997. Por la cual se consagran unos instrumentos para la búsqueda de la convivencia, la eficacia de la justicia y se dictan otras disposiciones. 26 de diciembre de 1997. D.O. 43201.
- Ley 1448 de 2011. Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones. 10 de junio de 2011. D.O. No. 48096.
- Ley 2272 de 2022. Por medio de la cual se modifica, adiciona y prorroga la Ley 418 de 1997. 04 de noviembre de 2022. D.O. No. 52208.
- Ley 2302 de 2023. Por medio de la cual se adoptan medidas para garantizar la defensa e integridad territorial en el ámbito espacial y se dictan otras disposiciones. 12 de julio de 2023. D.O. No. 52454.
- Lyu, J. (2020). *La IA como tecnología facilitadora: Comparaciones con la máquina de vapor y la electricidad*. Springer.
- Martínez, J. (2021). Impacto potencial del poder aeroespacial en la agricultura de precisión en Colombia. *Revista de Tecnología Agrícola*, 12(4), 78-91.
- Rees, C. (07 de julio de 2022). *Partnership to Produce Low-Cost, High-Survivability Military & Commercial Drones*. Unmanned Systems Technology. <https://n9.cl/26tl7>
- Rodríguez, P. (2020). Integración del poder aeroespacial en la estrategia de seguridad nacional de Colombia. *Revista de Defensa y Seguridad Nacional*, 7(2), 55-67.
- Rotatori, R., Lee, J., y Sleeva, G. (2021). *La Cuarta Revolución Industrial: Una perspectiva global*. Springer.
- South, T. (December 29th, 2023). *Augmented Reality Systems in Military Training*. DefenseNews. <https://www.defensenews.com/news/your-army/2023/12/29/armys-mixed-reality-device-nears-fielding-with-final-testing-in-2024/>
- Suárez, J., y Paredes, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: Una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24), 1-18. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-80642022000100216
- Schwab, K. (2017). *La Cuarta Revolución Industrial*. Debate.