

## Capítulo

# Modelo de gestión institucional para el fortalecimiento de la investigación científica en contextos militares.

### **Resumen:**

Este capítulo aborda la importancia de implementar un modelo de gestión para proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en instituciones militares como la Armada Nacional, considerando los desafíos actuales del sector defensa. Se reconoce que la I+D+i son pilares esenciales para la seguridad y la soberanía nacional, y que las estructuras de gestión tradicionales no siempre permiten una articulación eficiente con los avances tecnológicos ni con las demandas operativas contemporáneas. A partir de un enfoque cualitativo y documental, se analizan experiencias que han integrado exitosamente modelos de gestión spin-off, spin-in y mixtos, destacando la colaboración entre el Estado, la academia y la industria. El estudio permite identificar factores clave, limitaciones normativas y condiciones para una transferencia de tecnología efectiva y sostenible, proponiendo un modelo según las características y necesidades de la institución, que promueva la innovación, optimice recursos y fortalezca la autonomía tecnológica mediante estrategias de integración institucional.

### **Palabras clave:**

Modelo de gestión I+D+i, spin-off, spin-in, mixta/híbrido, sector defensa, autonomía financiera, independencia tecnológica.

### **Lina María Quiroga Nova**

Ingeniera Industrial – Universidad Industrial de Santander, Especialista en Gestión Humana – Universidad EAN, Especialista en Sistemas Integrados de Gestión - Universidad EAN, Magister en Gestión de Organizaciones - Universidad Militar Nueva Granada, actualmente cursa estudios especializados en Seguridad y Defensa Nacionales en la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia.

Correo: [lina.quiroga@esdeg.edu.co](mailto:lina.quiroga@esdeg.edu.co)

### **Gonzalo Rojas Reyes**

Ingeniero Electrónico - Universidad El Bosque, Magister en Gerencia de Proyectos – Universidad EAN, actualmente cursa estudios especializados en Seguridad y Defensa Nacionales en la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia.

ORCID:0009-0004-0612-4765

Correo: [gonzalo.rojas@esdeg.edu.co](mailto:gonzalo.rojas@esdeg.edu.co)

### **Luis Andrés Medellín Herrera**

Ingeniero Industrial - Universidad Autónoma de Colombia, Especialista en Aseguramiento y Control Interno – Pontificia Universidad Javeriana, actualmente cursa estudios especializados en Seguridad y Defensa Nacionales en la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Bogotá D.C., Colombia.

Correo: [luis.medellin@esdeg.edu.co](mailto:luis.medellin@esdeg.edu.co)

## Introducción.

Actualmente se presenta a nivel mundial un escenario marcado por la acelerada evolución tecnológica, donde la gestión de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) se ha consolidado como un pilar estratégico en todos los sectores, especialmente en defensa; situación por la cual ya no basta con mantener capacidades tradicionales, requiriendo de una transformación constante y una visión innovadora para anticiparse y responder eficazmente a los nuevos desafíos. En este contexto, el presente estudio parte de lo planteado por Tamayo & Tamayo (2020), que proponen una adaptación de modelos de I+D+i y transferencia tecnológica aplicados al sector defensa, destacando la necesidad de aprovechar los recursos locales y atender las particularidades del entorno específico, buscando contribuir a la reducción de la carga económica, al cierre de brechas tecnológicas y a la generación de capacidades militares propias, fortaleciendo la seguridad y soberanía nacionales mediante soluciones tecnológicas sostenibles.

Los modelos tradicionales de gestión en las entidades públicas se caracterizan por contar con estructuras rígidas, enfoques centralizados y una escasa vinculación con el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación (Pacheco, 2023). Ante esta realidad, se hace necesario evaluar e implementar estrategias de gestión basadas en modelos como el spin-off, spin-in o mixto, que permitan dinamizar la transferencia tecnológica, promover la generación de conocimiento con valor dual, tanto para el componente civil como para el militar, y estimular sinergias con la academia, la industria y el sector defensa. Dentro de esta evaluación es esencial analizar la viabilidad de modelos de gestión que se adecúen a las necesidades de las instituciones e identificar los factores críticos de éxito que permitirían su adaptación a las necesidades institucionales de las Fuerzas Militares (Flórez Zuluaga et al, 2024).

El presente capítulo aborda la necesidad de desarrollar una investigación que permita dar respuesta a la problemática de: ¿cómo un modelo de gestión tipo spin-off, spin-in o mixto puede promover la autonomía financiera e independencia tecnológica en el desarrollo de I+D+i en un contexto militar?, considerando que este tipo de instituciones se rigen en Colombia por el marco normativo de la Ley 80 de 1993, donde se evidencian limitaciones importantes para la gestión de recursos destinados a los proyectos de I+D+i. Ante este panorama, resulta como alternativa la implementación de un modelo de gestión específico para proyectos de I+D+i que permita articular estratégicamente las capacidades internas de una institución, optimizar el uso de recursos y responder a las demandas de innovación del sector defensa con mayor agilidad (Flórez Zuluaga et al., 2024; Joseph & Wood, 2019).

Para responder la pregunta de investigación, se planteó como objetivo general: “Proponer un modelo de gestión para la investigación en contextos militares, basado en enfoques spin-off, spin-in o mixto, orientado a fortalecer el desarrollo de proyectos de I+D+i, promover la independencia tecnológica institucional y garantizar la sostenibilidad financiera”, propósito que conllevó al estudio de modelos de gestión referentes en el sector defensa (Pflücker Vallejos, 2019).

De este objetivo general se desprenden tres propósitos específicos que son cruciales para el fortalecimiento de la autonomía tecnológica y financiera, así: Estudiar el estado actual de los modelos de gestión para la investigación, desarrollo e innovación en el sector defensa, lo cual es fundamental para identificar documentos referentes; caracterizar el marco normativo y las experiencias en la implementación de modelos spin-off, spin-in o mixtos aplicados en el sector público, permitiendo así establecer las bases que validen la aplicación de estos modelos en el

contexto militar; y finalmente, estructurar una propuesta de modelo de gestión para la investigación en el contexto militar, que facilite la sostenibilidad financiera, articulación institucional y desarrollo de tecnologías de uso dual, garantizando el impacto estratégico de las iniciativas de I+D+i para la autonomía y soberanía tecnológica, tomando como referente la información de la Armada Nacional (ARC).

Luego de conocer los propósitos de la investigación, es necesario conocer que la misma se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter exploratorio y documental, aplicando la metodología PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), reconocida por garantizar la rigurosidad, la transparencia y la reproducibilidad en revisiones sistemáticas. El proceso incluyó cuatro etapas fundamentales: (i) formulación de la pregunta de investigación mediante el modelo SPIDER, que permitió delimitar con precisión el objeto de estudio; (ii) búsqueda sistemática de literatura en bases de datos científicas y normativas (Scopus, Semantic Scholar, Web Of Science, IEEE Xplore), empleando ecuaciones con operadores booleanos y descriptores en español e inglés; (iii) selección y evaluación crítica de los artículos de acuerdo con unos criterios de inclusión y exclusión, con el apoyo de la herramienta Rayyan y complementada con la valoración metodológica de la guía JBI; y la (iv) síntesis y presentación de resultados, donde mediante tablas comparativas, mapas de calor, diagramas de flujo, análisis DOFA y modelo CANVAS, se consolidaron las evidencias y sustentó la propuesta de modelo de gestión institucional para el fortalecimiento de la investigación científica en contextos militares (Tranfield et al., 2003).

El proceso descrito anteriormente permitió no solo analizar literatura técnica y normativa, sino también incorporar experiencias de otros países como Portugal, Países Bajos, EEUU, Brasil,

Perú, entre otros; que aportan una visión global más precisa y confiable sobre los modelos spin-off, spin-in y mixtos aplicados al sector defensa; brindándole una mayor solidez al trabajo al integrar aportes significativos de autores internacionales de referencia como Leske (2018), Etzkowitz & Zhou (2017) y Bukkvoll, Malmjöf & Makienko (2017), cuyas investigaciones son reconocidas en el ámbito de la innovación y la transferencia tecnológica en publicaciones de revistas indexadas y de alto impacto como el Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, European Security, Defense & Security Analysis, Brazilian Journal of Political Economy y Journal of Organizational Change Management; situación que le otorga un respaldo académico de primer nivel.

Adicionalmente, la investigación no solo consolida la revisión de experiencias internacionales y nacionales, sino que también enfatiza en la necesidad de crear un modelo de gestión propio, diseñado específicamente para fortalecer la investigación científica en contextos militares. A partir de esto, se desarrolló el análisis de 14 estudios relevantes y del caso de estudio aplicado a la Armada nacional, identificando los factores críticos que permiten articular capacidades internas con alianzas externas bajo estrategias spin-off, spin-in y mixtas. Este proceso evidencia que un modelo de gestión adaptado a las particularidades normativas y operativas de una institución es fundamental para superar las limitaciones presupuestales, dinamizar la transferencia tecnológica y proyectar la autonomía tecnológica y financiera. Por lo anterior, el capítulo presenta no solo un marco comparativo de buenas prácticas, sino también una propuesta concreta para la institucionalización de un modelo de gestión con potencial de convertirse en referente en el ámbito de la defensa regional (Sanmarco, 2014).

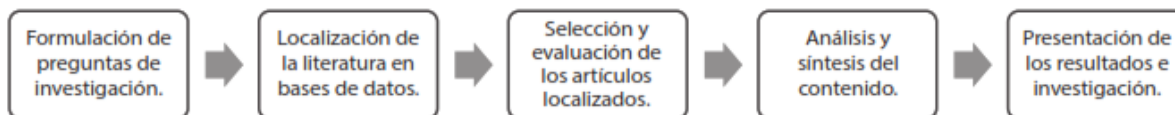
## 1. Estado actual de los modelos de gestión para la I+D+i en el sector defensa.

### (Objetivo Específico 1)

Con el fin de contar con el insumo inicial para la investigación, se hace necesario comprender el estado actual de los modelos de gestión para la I+D+i en el sector defensa, desde una mirada crítica y contextualizada, a partir del análisis sistemático de artículos científicos y técnicos que permita entender la aplicación de los modelos de gestión tipo spin-off, spin-in y mixtos, realizando igualmente una exploración teórica para identificar estrategias que permitan la autonomía financiera e independencia tecnológica (Cao et al., 2020; Leske, 2018).

Siguiendo el planteamiento de Tranfield et al. (2003), el análisis del estado actual de los modelos de gestión para la I+D+i en el sector defensa se estructuró en cinco etapas propias de la metodología PRISMA (Figura 1), lo que permitió garantizar un proceso sistemático, transparente y replicable. En este capítulo, dicha aplicación metodológica facilitó no solo la identificación y clasificación rigurosa de la literatura relevante, sino también la síntesis crítica de los hallazgos, evidenciando factores de éxito, tendencias internacionales y vacíos existentes en el contexto colombiano.

**Figura 1.** Metodología según Tranfield-PRISMA.



*Fuente:* Tranfield et al. (2003).

De acuerdo con las fases presentadas, el primer paso en la revisión de literatura consiste en definir con precisión el objetivo de la investigación, de manera que permita dar respuesta a la pregunta planteada. Para este propósito se aplicó la metodología SPIDER (Cooke et al., 2012), adecuada por su carácter exploratorio y de percepción, lo que facilitó la reformulación de la pregunta de investigación hacia un enfoque más directo y alineado con el primer objetivo del estudio: ¿Cómo un modelo de gestión tipo spin-off, spin-in o mixto puede promover la autonomía financiera e independencia tecnológica en el desarrollo de I+D+i en contextos militares?

**Tabla 1.** Metodología SPIDER.

Elemento	Reformulación
<b>S</b> (Sample - Muestra)	Modelos de gestión de I+D+i tipo spin-off, spin-in y mixto implementados en instituciones del sector defensa o gubernamental.
<b>PI</b> (Phenomenon of Interest)	Dinámicas de gestión, implementación, escalabilidad e impacto de los modelos sobre autonomía financiera e independencia tecnológica.
<b>D</b> (Design)	Análisis documental comparativo, revisión sistemática cualitativa, estudios de caso institucional.
<b>E</b> (Evaluation)	Resultados en autonomía financiera, desarrollo tecnológico propio, sostenibilidad, replicabilidad institucional.
<b>R</b> (Research Type)	Investigación cualitativa aplicada (revisión documental, estudio de caso comparado, análisis temático).

*Fuente:* Elaboración propia, tomando como referencia: (Cooke et al., 2012).

Para la localización de la literatura, se realizó una evaluación rigurosa de la relevancia de los temas según los objetivos planteados en la investigación; por lo cual se realizó una cuidadosa definición de palabras clave (español e inglés), una selección estratégica de bases de datos especializadas como Scopus, Semantic Scholar, Web Of Science, IEEE Xplore; y una formulación de términos de lógica booleana precisos, que capturen los conceptos centrales del estudio, definiendo como ecuación de búsqueda la combinación de los siguientes términos: ("spin-off" OR "spin-in" OR "mixed model") AND ("I+D+i management" OR "innovation management") AND ("defense sector" OR "public sector") AND ("financial autonomy" OR "technological independence" OR "sustainability").

El siguiente diagrama de búsqueda ilustra el proceso realizado, donde se identificaron 63 artículos relacionados, de los cuales 58 documentos inicialmente preseleccionados fueron clasificados para analizar su contenido bajo los siguiente criterios de exclusión de la investigación: enfoque del sector defensa, I+D y transferencia de tecnología, modelos de gestión de I+D+i (spin-off, spin-in, mixtas, Triple Hélice), medidas de resultados, calidad de la evidencia, sostenibilidad del modelo, relevancia para la defensa.

Como resultado de esta clasificación temática, se identificaron 19 documentos claves para aplicar criterios de calidad centrados en priorizar publicaciones ubicadas en revistas de nivel Q1, Q2, Q3, así como el año de publicación posterior a 2009, con el propósito de contar con información reciente.

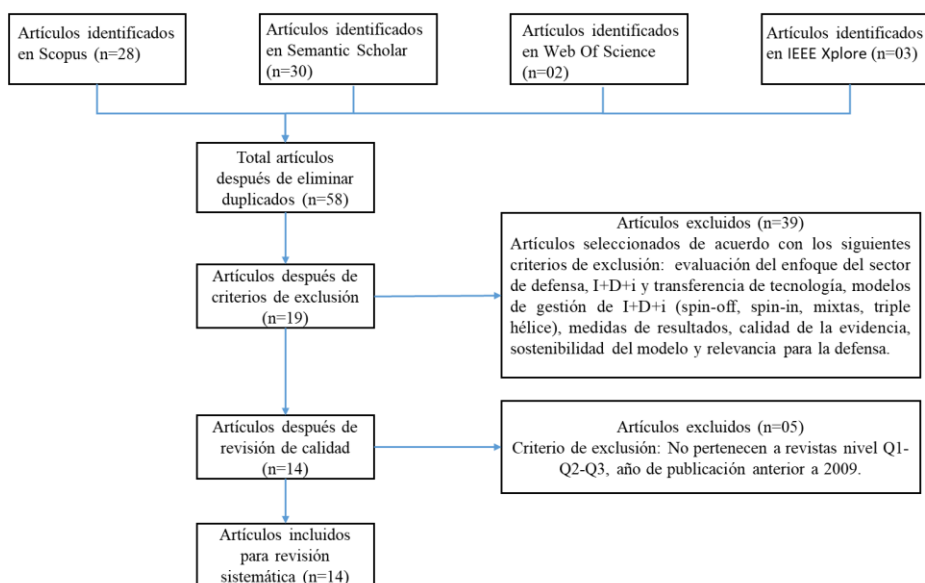
**Tabla 2. Criterios de Inclusión y Exclusión.**

Criterios de Inclusión (entrada)	Criterios de Exclusión (salida)
Artículos que aborden modelos de gestión de I+D+i, específicamente spin-off, spin-in o modelos mixtos.	Estudios enfocados exclusivamente en el sector privado sin aplicabilidad o relevancia para el sector público o de defensa bajo la temática expuesta.
Estudios que se centren en el sector público o de defensa, o que presenten modelos aplicables a modelos de transferencia de tecnología.	Artículos que no aborden directamente la gestión de I+D+i o los modelos de spin-off/spin-in/mixtos.
Investigaciones empíricas, estudios de caso, revisiones sistemáticas, marcos teóricos o análisis normativos relacionados con la implementación de modelos spin.	Estudios que no proporcionen información detallada sobre la metodología o los resultados relevantes para las preguntas de investigación.
Publicaciones que discutan la autonomía financiera, la independencia tecnológica o la sostenibilidad en el desarrollo de I+D+i.	Artículos duplicados. Año de publicación definido.
Documentos que analicen el marco normativo colombiano (Leyes 1838 de 2017 y Decreto 1556 de 2022) o experiencias similares en otros países. Artículos publicados en idiomas español e inglés. Artículos que se centren en la innovación y el desarrollo de tecnologías de uso dual.	Estudios que se enfoquen en sectores ajenos a la defensa o al sector público, sin posibilidad de transferencia o aplicación tecnológica.

Fuente: Propia.

El proceso de selección descrito anteriormente, se sintetizó mediante un diagrama de flujo tipo PRISMA, el cual a continuación muestra el número de estudios identificados, excluidos y seleccionados en cada etapa.

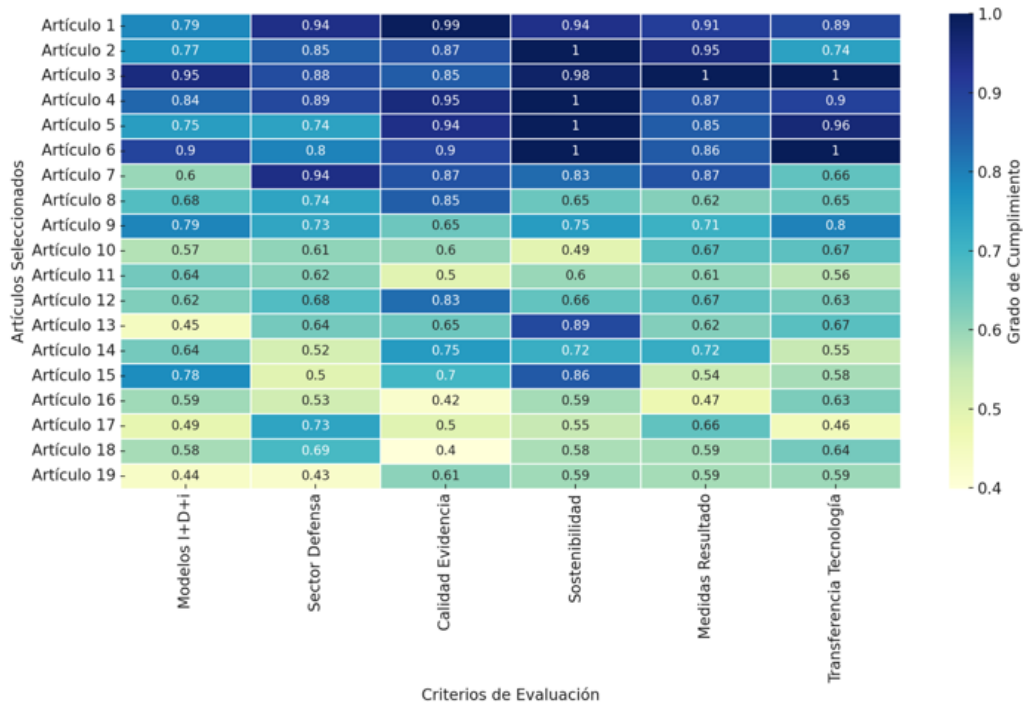
**Figura 2. Diagrama de selección de artículos según metodología PRISMA 2020.**



Fuente: Elaboración Propia.

Continuando con el proceso de análisis y síntesis, una vez seleccionados los artículos se procedió a la extracción de la información relevante mediante una tabla estructurada, lo que permitió garantizar la consistencia y la sistematicidad del proceso. Para este fin se emplearon herramientas como Excel y Power Pivot, incorporando los diferentes campos definidos como se ilustra en la Figura 3, donde se presenta un mapa de calor que pondera el grado de cumplimiento, considerando los artículos de puntuaciones superiores a 0.80 en la mayoría de los criterios, especialmente en “Modelos de I+D+i (spin-off / spin-in /mixtos)”, “Sector Defensa”, “Calidad de la Evidencia” y “Sostenibilidad”; lo que respalda su selección definitiva para el análisis profundo. Los artículos del 1 al 5 evidencian un grado de cumplimiento cercano al 1.0, destacando su relevancia estratégica y solidez metodológica. En contraste, los artículos del 15 al 19 presentan puntuaciones más heterogéneas y menores, particularmente en “Medidas de Resultado” y “Transferencia de Tecnología”, lo que sugiere una menor adecuación respecto a los objetivos de la investigación. Esta visualización permite identificar no solo el grado de pertinencia temática, sino también la robustez de cada artículo frente a los criterios establecidos, justificando así la inclusión final de los 14 estudios con mayor integralidad y valor analítico.

**Figura 3.** Mapa de Calor Cumplimiento Criterios de Exclusión.



*Fuente:* Elaboración Propia.

Dentro de este mismo proceso de análisis y síntesis, se aplicó la herramienta JBI (2023) para la evaluación crítica de la calidad metodológica de los estudios incluidos, con el fin de identificar fortalezas y debilidades. Esta combinación de técnicas fortaleció la revisión para el desarrollo del modelo de gestión propuesto, generando de esta forma la Tabla 3 donde se presentan los resultados del análisis realizado de 14 artículos seleccionados para identificar y comparar experiencias, enfoques y modelos de gestión spin-off, spin-in y mixtos, aplicados al ámbito de la defensa. La información analizada contextualiza el tipo de organización, los indicadores o referencias de autonomía tecnológica, así como los factores clave sobre la autonomía financiera y tecnológica; permitiendo visualizar de forma comparativa cómo distintos países y organizaciones han abordado la relación entre I+D+i y su impacto en la independencia tecnológica y financiera (Ouzzani et al., 2016).

**Tabla 3. Análisis de los Artículos Incluidos.**

Artículo	Contexto Organizacional	Modelo de Gestión de la Innovación	Indicador de Autonomía Tecnológica	Autonomía Financiera y Tecnológica
<p>Science &amp; Technology Trends 2020-2024. Exploring the S&amp;T Edge</p> <p>NATO, 2020</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida (Organización de Ciencia y Tecnología de la Organización del Tratado del Atlántico Norte - OTAN).</p> <p>Región geográfica o país: América del Norte y Europa.</p>	<p>Modelo híbrido/mixto: El documento describe un enfoque estructurado para la gestión de la innovación mediante el uso de Tarjetas de Vigilancia Tecnológica, áreas de ciencia y tecnología definidas y áreas de enfoque técnico, lo que indica un modelo híbrido que combina la innovación interna con el seguimiento y la adaptación externos.</p>	<p>El artículo analiza la importancia de la ventaja tecnológica y la autonomía cualitativamente.</p>	<p>La amplia disponibilidad de diseños novedosos incentiva la proliferación de tecnología de defensa hacia actores no estatales y Estados no amigos, reduciendo potencialmente la independencia financiera.</p> <p>Resultados del desarrollo tecnológico: El rápido desarrollo en biología sintética y fabricación aditiva está impulsado por la inversión pública y privada, sugiriendo una mayor autonomía tecnológica a través de la innovación.</p> <p>Barreras o facilitadores de la autonomía: El desarrollo de AM requiere estándares de diseño, software, propiedad intelectual, cibernética, certificación y fabricación para mantener la autonomía tecnológica.</p>
<p>A review on defense innovation: from spin-off to spin-in 2,3 Uma revisão sobre a inovação em defesa: do spin-off ao spin-in</p> <p>Leske, A., 2018</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida (empresas privadas asociadas con centros de investigación militar).</p> <p>Región geográfica o país: Brasil</p> <p>Modelo spin-off, modelo spin-in</p>	<p>Modelo spin-off: Se refiere a la transferencia de tecnologías desarrolladas para fines militares a sectores civiles, significativa durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría.</p> <p>Modelo spin-in: Se refiere a la influencia de las tecnologías civiles en la innovación militar, ganando cada vez más relevancia debido a los recortes presupuestales y los cambios en la industria de defensa.</p>	<p>Capacidades de desarrollo tecnológico: limitadas, con dependencia de la ingeniería inversa.</p> <p>Efectos de derrame tecnológico: Se discute el efecto spin-off, pero se minimiza su relevancia actual.</p>	<p>Desarrollo tecnológico por militares impulsado por los civiles, lo que indica un cambio en la autonomía financiera. Sin embargo, también señala que las empresas nacionales en Brasil carecen de excedentes tecnológicos significativos, lo que sugiere limitaciones en la autonomía financiera.</p> <p>El impacto histórico de la innovación tecnológica en la defensa señala que el sistema de innovación en defensa ha evolucionado con un impulso más fuerte en áreas comerciales o civiles.</p> <p>Identifica la estructura productiva y la falta de política industrial en Brasil como barreras para el desbordamiento tecnológico y la autonomía.</p>
<p>Capability development in hybrid organizations: enhancing military logistics with additive manufacturing</p> <p>Valtonen, I., Rantio, S., &amp; Sahmi, M., 2022</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida (Fuerzas de Defensa de Finlandia y Millog Oy).</p> <p>Región geográfica o país: Finlandia.</p> <p>Especificidades del sector: Logística militar (Mantenimiento, Reparación, Revisión)</p>	<p>Modelo híbrido/mixto: Describe un enfoque híbrido para la gestión de la innovación mediante la integración de la fabricación aditiva en una organización que involucra entidades militares y comerciales, utilizando herramientas como el análisis DOFA y el proceso de jerarquía analítica.</p>	<p>El enfoque es principalmente cualitativo y conceptual, basado en el modelo DOTMLPF y en un análisis DOFA para identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del uso interno y externo.</p> <p>Formación del capital humano – Tiempo medio de titulación para especialistas entre 4 y 7 años, siendo este un factor clave de éxito.</p>	<p>La fabricación aditiva puede mejorar la independencia financiera al mitigar los riesgos asociados con la escasez de repuestos y facilitar la producción localizada.</p> <p>La fabricación aditiva ofrece ventajas como cadenas de suministro más cortas y mayor autosuficiencia.</p> <p>Las barreras incluyen la ausencia de autoridad directa sobre los recursos subcontratados, objetivos conflictivos y desafíos en la toma de decisiones administrativas. Los facilitadores incluyen cálculos claros de rentabilidad y asociaciones estratégicas.</p>

Artículo	Contexto Organizacional	Modelo de Gestión de la Innovación	Indicador de Autonomía Tecnológica	Autonomía Financiera y Tecnológica
<p>Conversion of Dual-Use Technology: A Differential Game Analysis under the Civil-Military Integration</p> <p>Cao, X., Yang, X., &amp; Zhang, L., 2020</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida (empresas estatales).</p> <p>Región geográfica o país: China.</p> <p>Especificidades del sector: I+D en defensa.</p>	<p>Modelo spin-off: implica el uso de tecnología de defensa en aplicaciones comerciales, descritas mediante un juego no cooperativo de Nash.</p> <p>Modelo spin-in: implica el uso de instalaciones de producción civiles para productos militares, descrito mediante un juego diferencial de Stackelberg.</p> <p>Modelo híbrido/amixto: Implica producir tecnología tanto para el área económica como para la de defensa, descrito mediante un juego cooperativo.</p>	<p>Niveles de inversión en I+D: Las empresas militares tienen acceso más fácil a fondos de I+D y a talento.</p> <p>Las empresas militares tienen capacidades de investigación avanzadas.</p>	<p>El modo mixto es más efectivo en términos de ingresos y esfuerzo, mientras que el modo spin-in muestra mayores ganancias para las empresas militares en comparación con las empresas civiles.</p> <p>El modo mixto desarrolla tecnología de doble uso con mayor facilidad que otros modos, pero con mayor incertidumbre.</p> <p>Mejorar la capacidad de innovación tecnológica y reducir los costos son esenciales. Los subsidios de las empresas militares pueden estimular los esfuerzos de las empresas civiles.</p>
<p>Evaluation of the structural complexity of organisations and products in naval-shipbuilding projects</p> <p>Caral, L., Tarrío-Saavedra, J., Iglesias, G., &amp; San-Cristóbal, J. R., 2020</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida (Astilleros Navantia).</p> <p>Región geográfica o país: España</p>	<p>Enfoque conecta la gestión de proyectos con técnicas cuantitativas de innovación, ofreciendo un "modelo de gestión de la innovación" basado en la medición de la complejidad como palanca de cambio.</p>	<p>Los programas del proyecto resultan muy parejos, lo que refleja una autonomía tecnológica constante en todas las series, independientemente de la marina.</p>	<p>Navantia mantiene internamente la capacidad de gestionar la complejidad técnica de fragatas de última generación.</p> <p>El análisis de redes evidencia un aumento sostenido de la complejidad organizativa sobre todo al trabajar con Armadas extranjeras.</p>
<p>Fostering innovation via ambidexterity in aerospace organizations</p> <p>Joseph, C., &amp; Wood, D., 2019</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Sector de servicio público con agencias gubernamentales o reguladores.</p>	<p>Modelo de Gestión de la Innovación (spin-off): No es un proceso lineal, sino se basa en equilibrar dos pares de tensiones:</p> <p>Exploración vs. Explotación Diferenciación vs. Integración</p>	<p>La autonomía tecnológica.</p> <p>Los grandes preservan un nicho para incubar innovación disruptiva. Su estructura matricial les permite internalizar la tecnología crítica (explotación), a la vez que crean spin-off o alianzas con startups (exploración).</p>	<p>La dependencia histórica de contratos gubernamentales obliga a diversificar clientes civiles y comerciales.</p> <p>Sólo mantiene viabilidad estable si captura mercado "low-cost". Ha alcanzado mayor libertad financiera gracias a capital privado, lo que les permite invertir agresivamente en tecnología de punta sin esperar presupuestos estatales.</p>

Artículo	Contexto Organizacional	Modelo de Gestión de la Innovación	Indicador de Autonomía Tecnológica	Autonomía Financiera y Tecnológica
<p>Case of the Battle Dress Uniform for Circular Economy</p> <p>Reis, J., Rosado, D. P., Cohen, Y., Pousa, C., &amp; Cavaliari, A., 2022</p>	<p>Región geográfica o país: Europa (Portugal, Alemania, Países Bajos)</p> <p>Sector específico: I+D de defensa (desarrollo de textiles para uniformes militares).</p>	<p>"quíntuple hélice", que incluye a la sociedad civil y al medio ambiente.</p> <p>Esto sugiere un modelo híbrido o mixto que incorpora elementos tanto de spin-off (transferencia de tecnología a la sociedad civil), como de sostenibilidad ambiental.</p>	<p>proyectos de cooperación en la industria de defensa.</p> <p>Capacidades: Desarrollo de textiles multicapa con estructuras innovadoras.</p> <p>Los centros tecnológicos son fundamentales para la transición verde y desarrollo de materiales avanzados.</p> <p>Colaboración entre universidades, plataformas tecnológicas y empresas privadas.</p>	<p>gasto militar por parte de la Comisión Europea mejora la autonomía financiera.</p> <p>Los proyectos demuestran avances en el desarrollo tecnológico, contribuyendo a la autonomía tecnológica.</p> <p>Los centros tecnológicos facilitan la autonomía tecnológica mediante el desarrollo de una visión orientada hacia las fábricas inteligentes y modelos de indumentaria avanzados.</p>
<p>Model for Measuring Technological Maturity for Critical Sector Industries</p> <p>Flórez Zuluaga, J. A., Escobar, J. F., Giraldo Martínez, G. A., Calle D'Aleman, J., &amp; Ochoa Vallejo, A., 2024</p>	<p>Región geográfica o país: Colombia.</p> <p>Especificidades del sector: Sector aeroespacial-defensa, I+D en defensa</p>	<p>Modelo teórico de medición de la madurez tecnológica de la innovación, que involucra un método mixto de revisión del estado del arte, análisis cuantitativo y validación de expertos, y modelado a través de ecuaciones estructurales considerando criterios de mercado, industria y tecnología.</p>	<p>La autonomía tecnológica se referencia mediante el nivel de madurez de la TRL (Nivel de Madurez Tecnológica), por lo cual cuanto más elevada y completa sea la progresión en TRL, mayor autonomía tecnológica demuestra la organización.</p>	<p>El modelo TRL1 no solo mide la madurez de una innovación, sino que fomenta la autonomía financiera y tecnológica, los cuales son elementos críticos para que las industrias aeroespacial y de defensa evolucionen de manera sostenible.</p>
<p>Portugal's Changing Defense Industry: Is the Triple Helix Model of Knowledge Society Replacing State Leadership Model?</p> <p>Simões, P. C., Moreira, A. C., &amp; Dias, C. M. M., 2020</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Organización híbrida que involucra academia, industria y gobierno.</p> <p>Región geográfica o país: Portugal.</p> <p>Especificidades del sector: I+D en defensa.</p>	<p>Modelo Spin-off: Implica la promoción de spin-off donde se transfieren tecnologías militares a la sociedad.</p> <p>Modelo Spin-in: se centra en ampliar la base industrial y tecnológica de defensa, integrando tecnologías civiles en aplicaciones militares.</p> <p>Modelo de Triple Hélice: Un enfoque que implica la colaboración entre la universidad, la industria y el gobierno, enfatizando la participación conjunta y los proyectos de doble uso.</p>	<p>Destaca el papel de la academia y la industria en el liderazgo de proyectos, indicando un nivel de autonomía tecnológica.</p> <p>Propone un aumento de la capacidad de producción local mediante esfuerzos conjuntos y proyectos de doble uso.</p>	<p>Impacto de modelo más integrado, que podría mejorar la autonomía financiera; sin embargo, la orientación hacia el gobierno y su papel como facilitador indican una dependencia continua de la financiación gubernamental.</p> <p>La participación de múltiples esferas institucionales y la integración en redes internacionales son facilitadores de la autonomía tecnológica; sin embargo, son barreras la falta de escala de las empresas portuguesas y la dependencia de los mercados internacionales para la tecnología.</p>

Artículo	Contexto Organizacional	Modelo de Gestión de la Innovación	Indicador de Autonomía Tecnológica	Autonomía Financiera y Tecnológica
<p>Technology transfer and defence sector dynamics: the case of the Netherlands</p> <p>Sezal, M. A., &amp; Ginnelli, F., 2022</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Pequeñas y medianas empresas (PYME), organización híbrida que involucra institutos de investigación gubernamentales y logística militar.</p> <p>Región geográfica o país: Países Bajos.</p>	<p>Modelo híbrido/mixto: El modelo de innovación de triple hélice, que implica la colaboración entre universidades, gobierno e industria, es el principal modelo de gestión de la innovación analizado.</p> <p>Permite la transferencia de tecnología e integra la Tecnología de Información desarrollada por civiles en el sector de defensa.</p>	<p>Capacidades de desarrollo tecnológico: Fuertes, con pequeñas y medianas empresas involucradas en I+D, mediante el modelo de triple hélice.</p>	<p>La independencia financiera se ve comprometida debido a la dependencia de la I+D civil para la comercialización y el papel de los fondos públicos en los procesos de I+D.</p> <p>El sector de defensa holandés depende en gran medida de soluciones de Tecnologías de Información desarrolladas por civiles, lo que indica una falta de desarrollo tecnológico autóctono.</p> <p>El modelo de triple hélice facilita la transferencia de tecnología, pero no necesariamente mejora la autonomía financiera o tecnológica. La dependencia de tecnologías civiles y fondos públicos actúa como un obstáculo para la autonomía.</p>
<p>The defence industry as a locomotive for technological renewal in Russia: are the conditions in place?</p> <p>Bukkvoll, T., Mahmlöf, T., &amp; Makienko, K., 2017</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Institutos de investigación gubernamentales, organizaciones híbridas (por ejemplo, Corporación Rostec, Red de Transferencia de Tecnología de Rusia).</p> <p>Región geográfica o país: Rusia.</p> <p>Sectores específicos: I+D de defensa y logística militar.</p>	<p>Modelo de spin-off: El artículo analiza las condiciones y los desafíos para el éxito de las spin-off tecnológicas militares y civiles en Rusia, centrándose en la transferencia de tecnologías militares a uso civil.</p> <p>Identifica seis condiciones necesarias para el éxito de las spin-off y analiza el papel de la intermediación tecnológica y de organizaciones para facilitar las transferencias.</p>	<p>Niveles de inversión en I+D: 252,4 mil millones de rublos para investigación aplicada y desarrollo en 2015; 400 mil millones de rublos para investigación básica entre 2011 y 2015.</p> <p>Presupuesto de la Fundación para Estudios Prometedores de 3.300 millones de rublos en 2014.</p> <p>El Fondo de Tecnologías Civiles cofinanció proyectos con 108 millones de rublos en su primer año.</p> <p>Capacidad de producción de tecnología local: 1.367 empresas y 10.000 subcontratistas.</p> <p>Se encuentran limitados debido a la debilidad de los derechos de propiedad intelectual y la falta de competencia.</p>	<p>Rusia gasta más en I+D militar aplicada en investigación básica, lo que indica una falta de autonomía financiera en ese tipo de investigación.</p> <p>La ausencia de una tradición para diferenciar entre investigación básica militar y civil, además del predominio de la I+D militar aplicada, obstaculizan el desarrollo tecnológico.</p> <p>Las barreras incluyen los débiles derechos de propiedad intelectual. Los facilitadores incluyen esfuerzos de intermediación tecnológica como el Fondo de Tecnologías Civiles, pero su impacto es limitado.</p>

Artículo	Contexto Organizacional	Modelo de Gestión de la Innovación	Indicador de Autonomía Tecnológica	Autonomía Financiera y Tecnológica
<p>The Intellectual Spillok of War? Defense R&amp;D, Productivity, and International Spillovers</p> <p>Moretti, E., Steinwender, C., &amp; Van Reenen, J., 2021</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Iniciativas de investigación financiadas por el gobierno.</p> <p>Región geográfica o país: países de la OCDE, con especial atención a Francia.</p> <p>Especificidades del sector: I+D en defensa.</p>	<p>Modelo híbrido/mixto: El artículo describe un modelo en el que la financiación pública para I+D, en particular la relacionada con la defensa, se utiliza para estimular la innovación del sector privado.</p> <p>Esto incluye el uso de créditos fiscales para I+D, subsidios y fondos gubernamentales de capital riesgo para apoyar la innovación en pequeñas empresas.</p>	<p>Aumento del 10% en la I+D financiada por el gobierno genera un aumento adicional del 5% al 6% en la I+D financiada con fondos privados.</p> <p>Los créditos fiscales y los subsidios directos para I+D son eficaces para estimular la I+D.</p> <p>Los aumentos en la I+D financiada por el gobierno en una industria y un país determinados, incrementan la I+D privada en la misma industria en otros países.</p>	<p>La financiación gubernamental a la I+D, especialmente la relacionada con la defensa, aumenta las inversiones privadas en I+D, mejorando así la independencia financiera.</p> <p>Existen repercusiones internacionales de la I+D financiada por los gobiernos, contribuyendo a la autonomía tecnológica global.</p>
<p>Modelo de transferencia tecnológica para la mejora de la investigación y desarrollo tecnológico en la Marina de Guerra del Perú”</p> <p>Pflücker Vallejos, R. L., 2019.</p>	<p>Tipo de organización de defensa: Militar (Marina de Guerra del Perú).</p> <p>Región geográfica o país: Perú.</p> <p>Especificidades del sector: I+D de Defensa.</p>	<p>Modelo híbrido/mixto: Describe un enfoque ecléctico y orientado a procesos, combinando elementos de múltiples modelos de transferencia de tecnología para mejorar la investigación y el desarrollo tecnológico en la Marina de Guerra del Perú</p>	<p>Niveles de inversión en I+D: 0,08% del PIB (frente al 0,30% de media en los países de la Alianza del Pacífico)</p> <p>Limitados por los altos costos y la dependencia de tecnología extranjera.</p> <p>Esfuerzos en marcha para desarrollar tecnología local a través de la gestión de la innovación y proyectos de I+D.</p>	<p>Concluye que mejorar los procesos de transferencia de tecnología es crucial para mejorar las capacidades de I+D de la Marina de Guerra del Perú, lo que impacta la independencia financiera al reducir la dependencia de tecnología extranjera.</p> <p>Se espera que los resultados del desarrollo tecnológico mejoren mediante modelos estructurados de transferencia de tecnología.</p> <p>Los facilitadores incluyen políticas institucionales que promueven el desarrollo de la industria naval y criterios de evaluación estructurados para los modelos de transferencia de tecnología.</p>
<p>El rol de las políticas de I+D en la transferencia tecnológica entre el sector de defensa y el sector privado: el caso de las Islas Canarias.</p> <p>Vahtonen, J., 2022</p>	<p>El contexto organizativo implica una organización híbrida centrada en la I+D de defensa en las Islas Canarias, España.</p> <p>Incluye instituciones de investigación militares y gubernamentales.</p>	<p>Modelo spin-off: Las innovaciones desarrolladas en el sector de defensa se transfieren posteriormente al sector civil.</p> <p>Modelo spin-in: La transferencia de tecnología se produce del sector civil al sector militar.</p> <p>Modelo híbrido/mixto: Se desarrollan tecnologías de doble uso tanto para aplicaciones militares y civiles.</p>	<p>Niveles de inversión en I+D: un aumento del 10% en la I+D en defensa conduce a un aumento del 4,3% en la inversión en I+D del sector privado.</p> <p>La I+D en materia de defensa tiene un efecto colateral positivo sobre la I+D del sector privado.</p>	<p>Los factores socio técnicos y financieros son las principales barreras.</p> <p>La financiación inadecuada es un problema significativo.</p> <p>La seguridad de la información y la confidencialidad barreras y facilitadores, debido a que una financiación inadecuada es una barrera, pero la participación política y los nuevos pactos son facilitadores.</p>

Fuente: Elaboración Propia con base en la información contenida en los artículos de revisión sistémica.

A partir del análisis de los artículos relacionados en la Tabla 3, se evidenció que la aplicación de modelos de gestión encuentra una mayor eficacia cuando se articulan dentro de estructuras colaborativas que involucran al Estado, la academia y el sector productivo, como las propuestas de la Triple Hélice (Reis et al., 2022; Simões et al., 2020). Como ejemplos de estos modelos se encuentran las estrategias como el spin-off, que permiten que instituciones públicas o centros de investigación transfieran conocimiento hacia nuevas empresas tecnológicas; mientras que los enfoques spin-in facilitan la incorporación de soluciones innovadoras desde actores externos hacia las estructuras de defensa (Leske, 2018) y los modelos mixtos, los cuales permiten una retroalimentación dinámica entre ambos sentidos, fomentando ecosistemas más resilientes, sostenibles y competitivos (Michl et al., 2012).

Igualmente, de mencionado análisis se observa que la tendencia predominante del modelo de gestión es el empleo del modelo mixto (spin-off y spin-in), caracterizado por la combinación de diversas formas de gestión de la I+D+i, que varían dependiendo el país de su implementación. Asimismo, se resalta la estrategia de integración de enfoques como el spin-off, junto con modelos colaborativos como la Triple Hélice y la Quíntuple Hélice, fortaleciendo la capacidad institucional de innovación y mejorando la eficiencia en la transferencia tecnológica. Esta sinergia se traduce en un impacto positivo sobre la independencia tecnológica del sector defensa al permitir capitalizar desarrollos propios y generar valor económico, siempre que existan condiciones habilitadoras como una visión estratégica compartida, políticas institucionales claras y mecanismos sostenibles de financiamiento. En contraste, aunque el modelo spin-in puede ofrecer resultados rápidos al incorporar tecnologías externas ya consolidadas, también puede aumentar la dependencia de empresas civiles, limitando la autonomía estratégica a largo plazo de las Fuerzas Armadas (Etzkowitz & Zhou, 2017).

Otro de los aspectos identificados en el análisis de los artículos es que los mecanismos que permiten alcanzar autonomía financiera se centran en tres estrategias: la inversión pública estratégica en I+D+i, los fondos de innovación mixtos y la valorización comercial de tecnologías de doble uso (Sezal & Giumelli, 2022), donde la economía circular y la producción local también emergen como factores clave para sostener estas iniciativas. No obstante, los modelos analizados advierten que una excesiva dependencia del gasto público, sin participación del sector privado, limita la escalabilidad de los modelos de negocio y la independencia financiera real del sector defensa (Benassi et al., 2022).

Los modelos de gestión analizados evidencian que la independencia tecnológica en el sector defensa no depende únicamente del fortalecimiento de capacidades técnicas, sino que exige el respaldo de marcos regulatorios robustos que faciliten la transferencia, apropiación y protección del conocimiento. En este contexto, la existencia de políticas claras en materia de propiedad intelectual, intermediación para la transferencia de tecnología y sistemas de madurez tecnológica resulta fundamental para consolidar capacidades sostenibles (Bukkvoll et al., 2017; Pflücker Vallejos, 2019).

De la misma forma, es posible identificar en el análisis que los modelos como el spin-off, spin-in y los enfoques mixtos se posicionan como estrategias viables para avanzar hacia la autonomía tecnológica y financiera, al permitir tanto la transferencia de desarrollos internos como la incorporación de tecnologías externas. En países donde estos elementos fundamentales presentan debilidades estructurales, la implementación de dichos modelos enfrenta obstáculos significativos, como la dependencia de la financiación pública, la falta de especialización del

talento humano y la escasa articulación con las estrategias nacionales de seguridad y defensa (Flórez Zuluaga et al, 2024).

## **2. Caracterizar el marco normativo y las experiencias en la implementación de modelos spin-off, spin-in y mixtos aplicados en el sector público en Colombia (Objetivo Específico 2).**

**Caracterización del marco normativo y lineamientos relacionados con la gestión de la investigación y los modelos spin-off, spin-in y mixtos.**

Luego de conocer el estado actual de los modelos de gestión para la I+D+i en el sector defensa, es necesario realizar una caracterización de las normas y lineamientos vigentes relacionados con estos modelos; por lo cual, desde el caso de estudio de la ARC, mencionada institución tiene dentro de sus propósitos el potencializar sus procesos de investigación a partir de su planeación estratégica, donde definió una hoja de ruta para lograrlo, buscando un avance tecnológico que permita la proyección de sus capacidades, conceptualizando la ciencia, la tecnología y la innovación como eje fundamental de transformación para la institución y la sociedad (Jefatura Integral de Educación Naval, 2023); de forma específica, buscando generar autonomía, reducir la dependencia tecnológica y obtener ventajas operacionales a través de los procesos de I+D+i, consolidando el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación con las Escuelas de Formación, Escuelas de Capacitación y con centros y grupos de investigación de la institución (Armada Nacional, 2021; Armada Nacional, 2024).

Para lograr esto, tiene definido un procedimiento de I+D+i cuya tercera fase establece la gestión de los recursos para tal fin, mediante los créditos offset, los recursos de inversión para I+D+i, las convocatorias y el manejo del Fondo Francisco José de Caldas (Armada Nacional, 2023), enmarcado esto en la Ley 80 de 1993 para la administración de los recursos.

A estas proyecciones se suma que, desde niveles superiores, existen lineamientos que buscan que las entidades del Estado trabajen para mejorar su gestión de la investigación, el desarrollo y la innovación; encontrando ejemplos como la Ley 29 de 1990 y la Ley 1286 de 2009, donde se emiten disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, además de establecer la ciencia, tecnología e innovación como una política de Estado, y ordenar que se fortalezca la educación en cuanto a temas relacionados con la gestión de I+D+i. De acuerdo con esto último, la ARC, desde sus Escuelas de Formación que se encuentran acreditadas en alta calidad ante el Ministerio de Educación Nacional, debe dar cumplimiento a sus lineamientos, debiendo *“incentivar el desarrollo de investigación, innovación, creación e incorporación tecnológica en el quehacer institucional, de tal forma que pueda contribuir a la atención de las demandas sociales y productivas del entorno colombiano”* (Consejo Nacional de Educación Superior, 2020), donde es posible evidenciar que existe la necesidad de realizar gestiones para lograr una adecuada gestión de la investigación con el fin de materializar estos propósitos.

La ARC actualmente para la gestión de sus proyectos de investigación recibe los recursos de acuerdo con la Ley 80 de 1993, con la limitante de no poder disponer de la totalidad de dinero que se pueda recibir por la prestación de servicios, además de que el mismo puede emplearse únicamente durante la siguiente vigencia en que ingresa y se desarrolle el proyecto, lo cual

impide que las Escuelas de la institución puedan gestionar la investigación con los recursos recibidos para esta y en el marco de las restricciones presupuestales vigentes.

En complemento a estos procedimientos, se habilitó el rubro denominado “Servicios de Investigación y Desarrollo Experimental en Ciencias Naturales e Ingeniería”, orientado a que una de las Escuelas de la ARC pueda actuar como unidad de negocio a través de la prestación de este tipo de servicios (Armada Nacional, 2021); sin embargo, se evidencia que el mismo debe cumplir con las condiciones establecidas por la Ley 80 de 1993, además de dar cumplimiento a “*continuar con la reducción del gasto público*” (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2019), condiciones que pueden limitar la ejecución de los proyectos de investigación.

Como alternativa, la Ley 30 de 1992, que regula las Escuelas de Formación de la ARC, garantiza la autonomía de las instituciones universitarias, escuelas tecnológicas y de las instituciones técnicas profesionales; por lo cual, surge la posibilidad de evaluar la alternativa para la gestión de la investigación mediante un modelo que facilite y optimice la gestión de los recursos, contemplando que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene la responsabilidad de “*consolidar las relaciones entre Universidad, Empresa, Estado y Sociedad para la generación de conocimiento, desarrollo tecnológico, innovación y la capacidad de transferencia de la tecnología y el conocimiento entre estos*” (L. 2162, 2021), por lo cual el análisis normativo específico se debe realizar a partir de los lineamientos generados por este Ministerio.

Continuando con la caracterización del componente normativo, es necesario conocer que mediante el Decreto 393 de 1991, como parte de la Nación, la ARC puede asociarse con particulares bajo la modalidad de “*sociedades civiles y comerciales y personas jurídicas sin ánimo de lucro como corporaciones y fundaciones, con el objeto de adelantar las actividades*

*científicas y tecnológicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías”*; asociación que podrá tener el propósito de *“creación, el fomento, el desarrollo y el financiamiento de empresas que incorporen innovaciones científicas o tecnológicas aplicables a la producción nacional”* y *“Negociar, aplicar y adaptar tecnologías nacionales o extranjeras”*, además de adelantar proyectos de investigación científica, entre otros.

Luego de conocer aspectos específicos de la gestión de la investigación en una institución militar, es necesario conocer que el caso particular del spin-off para las Instituciones de Educación Superior (IES), se encuentra contemplado para Colombia en la Ley 1838 de 2017, donde se define como *“aquella empresa basada en conocimientos, sobre todo aquellos protegidos por derechos de Propiedad Intelectual, gestados en el ámbito de las IES, resultado de actividades de investigación y desarrollo realizadas bajo su respaldo, en sus laboratorios e instalaciones o por investigadores a ellas vinculados, entre otras formas”*, y se orienta a promocionar el empleo de los productos de investigación y difusión del conocimiento hacia la sociedad, con el fin de contribuir al progreso en aspectos científicos, culturales y económicos.

A partir de esta Ley, las IES pueden conformar organizaciones tipo spin-off mediante asociaciones con otra IES y/o con entidades privadas que administren recursos públicos, a las cuales pueden integrarse funcionarios públicos que se desempeñen como docentes o investigadores; destacándose que esta organización se debe basar en la normatividad vigente relacionada de la institución y, si participan entidades privadas, se deben regir por el Decreto 393 de 1991. A esto se suma, que la Ley establece la posibilidad de conformar fondos para la administración de los recursos, destinando un porcentaje de estos para reinvertirlos en la IES respectiva, quien debe conformar una dependencia que se encargue de armonizar las actividades efectuadas dentro de los procesos de investigación (L. 1838, 2017).

Adicionalmente, se cuenta con el Decreto 1556 de 2022, donde establecen los siguientes tipos de “empresas de base tecnológica (spin-off)”:

- Spin-off Independientes: se conforma por integrantes de la comunidad académica de la IES, la IES no es socia ni directivo, pero participa transfiriendo conocimiento.
- Spin-off Vinculada: contempla la creación de una empresa para I+D+i, donde la IES puede ser socia o directivo.
- Spin-off alianza estratégica: corresponde a la conformada por una o varias IES y otras organizaciones, de tipo público o privado.
- Spin-off subsidiaria: la cual es conformada por un tercero para beneficiarse de los resultados de investigación de una IES, específicamente en cuanto a la propiedad intelectual, participando mediante la transferencia de conocimiento.

Esta misma norma establece la posibilidad de vincular en las spin-off con IES a sus docentes, investigadores y/o estudiantes, a personas naturales, a personas jurídicas, a entidades públicas, a entidades privadas o mixtas y a otras IES; ordenando que la IES principal debe incluir en su estructura organizacional una dependencia encargada de “*coordinar y hacer seguimiento a las actividades adelantadas*” por mencionada empresa con funciones formalmente establecidas (D. 1556, 2022).

Así mismo, dentro de unas de las preocupaciones principales relacionadas con el análisis, se encuentra el aspecto económico, de forma que las spin-off pueden obtener recursos financieros de diversas fuentes, como son:

- Aportes de las personas naturales o jurídicas que intervengan en la iniciativa de la empresa de base tecnológica (spin-off).

- Financiación pública de la Nación, los departamentos, entidades públicas, entidades descentralizadas, del Sistema General de Regalías o líneas de crédito, entre otras fuentes.
- Financiación privada, como préstamos financieros, fondos privados de capital de riesgo, ángeles inversionistas, cooperación internacional, bolsa de valores entre otras fuentes.
- Donaciones.
- Cualquier otra fuente permitida por la ley (D. 1556, 2022).

Por lo anterior y dentro del análisis realizado a la documentación vigente, es posible concluir que la reglamentación nacional actualmente se orienta exclusivamente hacia el spin-off, encontrando que los modelos spin-in y mixto no se encuentran reglamentados.

En complemento a los resultados presentados y dentro de la necesidad de realizar una propuesta para fortalecer la investigación científica en contextos militares, se destaca que el sector defensa, mediante su Política de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Sector Defensa y Seguridad, detalla la posibilidad de vincular como actores productivos a la industria nacional, incluyendo a empresas mixtas y privadas; contemplando como instrumentos de financiación las alianzas con la empresa privada para co-desarrollar iniciativas de I+D+i, de donde mencionado “co-desarrollo” se encuentra contemplado como una de las rutas de innovación para *“fomentar el desarrollo de proyectos de I+D+i, en conjunto con los actores del Sistema de CTeI del SDS y externos como emprendedores, universidades, centros del desarrollo tecnológico e innovación, la industria, actores internacionales, entre otros”* (Ministerio de Defensa Nacional, 2024).

**Experiencias en la implementación de modelos spin-off, spin-in y mixtos aplicados en el sector público.**

Luego de conocer el marco normativo y lineamientos relacionados con la gestión de la investigación y los modelos spin-off, spin-in y mixtos, a continuación, en la Tabla 4 se identifican experiencias en la implementación de modelos spin-off en el sector público colombiano, destacando su aplicación en sectores como la defensa y principalmente en la educación. Dentro del análisis, se destacan casos como el de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR), que es parte del Grupo Social y Empresarial de la Defensa (GSED), donde se formuló un modelo spin-off con apoyo de Colciencias, que logró consolidar una empresa derivada para el diseño e ingeniería naval (Montemiranda Pájaro, 2012), o las experiencias de 12 universidades en el Eje Cafetero, que han alcanzado transferencias exitosas en el 33% de las iniciativas, destacándose ventas directas, acuerdos de cooperación y alianzas tecnológicas (Toro Galvis, Ocampo López & Vergara Quintero, 2022). Igualmente se identifica la revisión realizada por Arrieta et al. (2023) en 50 universidades colombianas, donde evidencia que las spin-off son iniciativas recientes que se utilizan como estrategia de transferencia de conocimiento y fomento del emprendimiento, con apoyo de actores como MINCIENICAS y TECNNOVA, advirtiendo que persisten retos relacionados con la falta de instrumentos de fomento y la necesidad de programas sostenibles.

**Tabla 5.** Experiencias en la implementación de modelos spin-off, spin-in y mixtos aplicados en el sector público en Colombia.

Caso / Proyecto	Modelo Aplicado	Sector	Instituciones / Actores Principales	Observaciones Clave
Oficina de Diseño e Ingeniería Naval (COTECMAR)  Montemiranda Pájaro, F., 2012	Spin-off	Defensa / Naval	COTECMAR, UTB, Colciencias	Empresa derivada de COTECMAR para diseño naval. Soporte de convocatoria pública
Modelo de Gestión Energética Integral (Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) – Colciencias)  Prias, O., & Montaña, D., 2014	Mixto (Triple hélice-spin off)	Energía / Industria	UPME, Colciencias, universidades (Nacional y del Atlántico)	Aplicación nacional. Integración universidad-empresa-Estado para sistemas de gestión energética.
Universidad Autónoma de Manizales (UAM) – Región Eje Cafetero  Toro Galvis, J. M., Ocampo López, O. L., & Vergara Quintero, M. del C., 2022	Spin-off incipiente	Educación / Tecnología	UAM, otras 11 universidades de la región	Solo el 33% logró algún tipo de transferencia exitosa.  Modelos aún en desarrollo.
Universidades colombianas (50 analizadas)  Arrieta, A., Suarez, C., Castaño, C., Ramos, I., Beleño, R., & Naranjo, G., 2023	Spin-off	Educación / Innovación	Universidad Simón Bolívar, Universidad del Valle, Universidad Nacional, etc.	Falta de instrumentos y programas continuos.  Ley 1838 es base normativa reciente.
Oficinas de Transferencia Universitarias (OTRI)  Romero Sánchez, A., Aponte García, M. S., López Trujillo, M., & Salcedo Mosquera, J. D., 2023	Mixto (spin-off)	Educación / Productivo	Universidades con OTRI.	Gestionan licencias, consultorías y creación de spin-off bajo modelos mixtos o institucionales propios.

Fuente: Elaboración Propia.

### **3. Estructurar una propuesta de modelo de gestión para la investigación, que integre herramientas de sostenibilidad financiera, articulación institucional y desarrollo de tecnologías de uso dual (Objetivo Específico 3).**

Luego de analizar el estado actual de los modelos de gestión para la I+D+i en el sector defensa y de caracterizar el marco normativo y las experiencias en la implementación de modelos spin-off, spin-in y mixtos aplicados en el sector público, se estructura una propuesta a partir del caso de estudio específico de la ARC, orientado a buscar un fortalecimiento de la investigación científica en estos contextos militares.

#### **3.1 Análisis DOFA**

Con el fin de estructurar la propuesta, se realiza la siguiente matriz DOFA, la cual presenta un análisis orientado a identificar debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas que influyen en el desarrollo del modelo de gestión de I+D+i de la ARC. Este ejercicio permite reconocer factores favorables como el respaldo normativo, la experiencia acumulada y el acceso a redes de cooperación, los cuales se alinean con la evidencia del entorno regulatorio y las políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, que son factores clave para el crecimiento de sectores estratégicos como el marítimo y de defensa en relación con la I+D+i, al facilitar la transferencia tecnológica y la articulación productiva (Flórez Zuluaga et al, 2024).

Asimismo, el acceso a redes de cooperación internacional y alianzas público–privadas fortalece la capacidad de absorción de tecnología y la madurez de los desarrollos, tal como sugieren los modelos de medición de niveles de preparación tecnológica para industrias críticas,

que promueven la reducción de riesgos y la optimización de recursos (Flórez Zuluaga et al., 2024).

Por otro lado, se identifican riesgos y desafíos que podrían limitar el alcance de las iniciativas, tales como restricciones presupuestales, cambios en políticas gubernamentales o la competencia del sector privado. La literatura especializada en transferencia tecnológica militar–civil señala que la sostenibilidad de los proyectos de innovación en defensa depende en gran medida de la estabilidad en la financiación y de marcos normativos predecibles que favorezcan la inversión y la cooperación intersectorial (Bukkvoll et al., 2017). De igual forma, las proyecciones de tendencias tecnológicas emergentes en defensa destacan que la competencia con actores privados en áreas de tecnologías disruptivas exige estrategias proactivas para mantener la ventaja tecnológica y la capacidad de respuesta (NATO, 2020).

**Tabla 6.** *Análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas.*

<b>Debilidades</b>
Limitaciones presupuestales.
Alta rotación de personal militar
Resistencia al cambio de nuevas estructuras de I+D+i
<b>Oportunidades</b>
Marco legal favorable (Decreto 393/91, Ley 1838/2017, Ley 30/92).
Potencial de exportación de tecnologías duales. Nivel de alistamiento de productos y servicios mayores TRL 6.
Acceso a redes de cooperación con universidades nacionales e internacionales.
Aliados Estratégicos Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), COTECMAR, Corporación de Alta Tecnología para la Defensa (CODALTEC), Industria Militar (INDUMIL), Dirección General Marítima (DIMAR), universidades y centros de I+D+i, empresas del sector naval, marítimo, portuario y fluvial.
Reconocimiento de las IES -ARC como las principales instituciones educativas en temas marítimos y fluviales en Colombia.
<b>Fortalezas</b>
Experiencia previa en proyectos de innovación naval, marítima y fluvial, Capacidades tecnológicas existentes únicas en Colombia (CEDNAV-CIDIAM- CESEA).
Personal altamente calificado.
<b>Amenazas</b>
Riesgos de filtración de información sensible.
Dependencia de cambios en políticas gubernamentales.
Falta de cultura empresarial en entornos militares.
Competencia de actores privados consolidados en el mercado.

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.2 Propuesta de Estructura Organizacional

Considerando el análisis previo y la normatividad en Colombia, se propone un modelo de gestión bajo un enfoque spin-off alianza estratégica aplicado a un entorno universitario; donde la existencia de tres IES en la ARC (Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” - ENAP,

Escuela Naval de Suboficiales “ARC BARRANQUILLA” - ENSUB y Escuela de Formación de Infantería de Marina - ESFIM), amparadas por la Ley 30 de 1992, configura un entorno propicio para el desarrollo de empresas de base tecnológica.

En la literatura analizada, se ha demostrado que las instituciones universitarias y de defensa que generan spin-off pueden transferir, comercializar y escalar tecnologías de alto valor, fortaleciendo el tejido productivo y la autonomía tecnológica nacional (Leske, 2018; Sezal & Giumelli, 2022); permitiendo acceder a convocatorias promovidas por MINCIENCAS, actuando como facilitador para la creación, acompañamiento y financiación de este tipo de empresas de base tecnológica académicas, a través del desarrollo de productos y servicios de valor, derivados de proyectos de I+D+i, permitiendo generar, transferir y comercializar conocimiento y tecnología de manera estructurada (Montemiranda Pájaro, 2012).

Asimismo, se propone la integración de centros certificados como el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Armada Nacional (CEDNAV), el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas (CIDIAM) y el Centro de Simulación de Emergencias Aeromarítimas (CESEA), junto con la creación de nuevos centros especializados, de forma que se alineen con las condiciones identificadas para que la transferencia militar-civil sea efectiva generando alto contenido de investigación básica, participación temprana de usuarios civiles y presencia de intermediarios tecnológicos (Bukkvoll et al., 2017). El enfoque de alianzas estratégicas con sectores productivos refuerza la lógica de un sistema de innovación abierto que, según Leske (2018), es esencial para maximizar la transferencia tecnológica hacia el sector civil.

Este modelo de gestión propuesto permitiría proporcionar una estructura administrativa que articule de forma coherente los procesos, funciones y responsabilidades, asegurando así la operatividad y sostenibilidad del modelo, acompañado de una dependencia que se encargue de la

supervisión/coordinación orientada a articular y alienar las actividades que se planeen y ejecuten dentro de los proyectos de investigación por parte de los integrantes de la empresa tipo spin-off.

El modelo plantea que se genere un flujo continuo entre generación de conocimiento, transferencia tecnológica, creación de empresa y retroalimentación a I+D+i, respondiendo al ciclo de innovación abierta, donde la investigación básica y aplicada se convierten en tecnologías duales que, a través de mecanismos de transferencia y comercialización, retornan beneficios económicos y capacidades para reinvertir en nuevas investigaciones (Bukkvoll, Malmjöf, & Makienko, 2017).

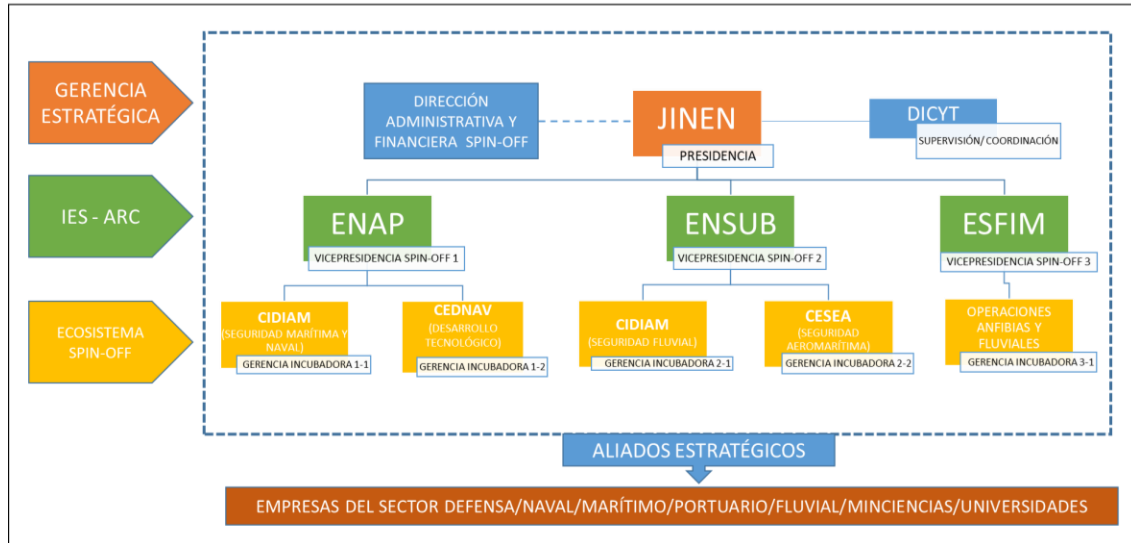
### **Flujo del modelo**

Con el fin de entender el funcionamiento del modelo, se proponen y describen los siguientes componentes esenciales, desde la estructura propuesta de la institución analizada (Figura 4):

- **Dirección y coordinación:** El liderazgo centralizado bajo la Jefatura Integral de Educación Naval (JINEN), lo cual asegura y una coherencia estratégica y de control institucional, tal como recomienda el modelo del DON Technology Transfer Program Office, que centraliza la gestión para reducir tiempos y costos (Pflucker, 2022). Para la coordinación se propone a la Dirección de Ciencia y Tecnología (DICYT), encargándose igualmente de la supervisión.
- **Integración académica y tecnológica:** Las IES (ENAP, ENSUB y ESFIM) actúan como centro operativo del spin-off, replicando experiencias internacionales donde centros de defensa y universidades co-desarrollan tecnologías duales, fortalecidas desde sus centros de investigación y soportando la base tecnológica de los modelos (Valtonen, 2022), que puede ser aplicado a los centros de investigación de la ARC (CEDNAV-CIDIAM-CESEA).

- Creación de nuevos centros de investigación: La diversificación temática responde a la necesidad de especialización tecnológica identificada en entornos de defensa para mantener ventajas competitivas (Flórez Zuluaga et al, 2024), convirtiéndose en una nueva oportunidad de crecimiento para las IES, replicable en la ESFIM como ejemplo, orientada a líneas de investigación en operaciones anfibas y fluviales.
- Articulación productiva: Se fundamenta en el canal de colaboración público-privada como motor de innovación para el sector defensa y las empresas civiles (Sezal & Giumelli, 2022), bajo este contexto, la vinculación con empresas del GSED y/o empresas privadas sería una estrategia innovadora para articular desde la academia la vinculación con las empresas del sector empresarial en el ámbito naval, marítimo, portuario y fluvial, a través de alianzas por ejemplo con COTECMAR, CODALTEC, INDUMIL, MINCIENCIAS, otras universidades y centros de I+D+i.
- Ciclo de desarrollo: La evaluación de la madurez tecnológica y el diseño de modelos de negocio replican las mejores prácticas de programas para maximizar su comercialización (Pflucker, 2022).
- Reinversión: La retroalimentación de recursos en I+D+i asegura un ciclo virtuoso de innovación coherente con el efecto crowding-in, siendo el spin-off un mecanismo que garantiza la reinversión en el componente de investigación (Sezal & Giumelli, 2022).

**Figura 4.** Estructura Organizacional Propuesta Modelo ARC SPIN-OFF.



*Fuente:* Elaboración propia.

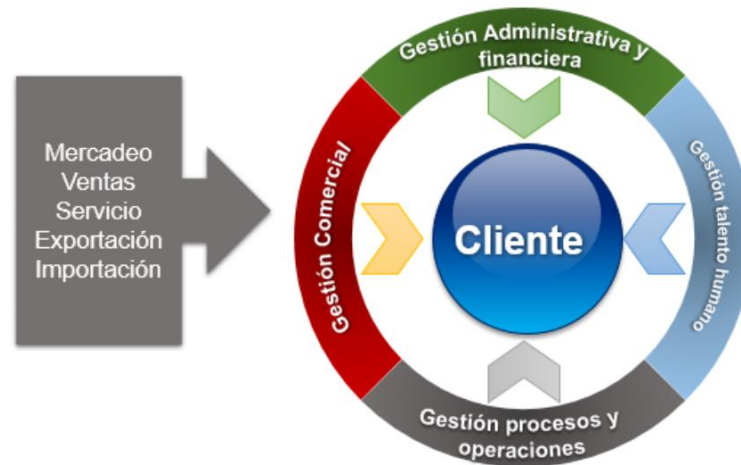
### Dimensiones clave de gestión

Luego de proponer el flujo del modelo, en el contexto de la ARC y desde la óptica del spin-off, el concepto de cliente se propone que trascienda la visión comercial tradicional para incluir a usuarios institucionales, el sector productivo nacional e internacional, el Estado, los socios estratégicos y el entorno científico-tecnológico. Esta visión ampliada se alinea con la perspectiva de innovación abierta, que reconoce el papel de múltiples actores (industria, academia, Estado y Fuerzas Armadas) en la co-creación de valor y en la aceleración de la transferencia tecnológica, especialmente en sectores estratégicos como el naval y marítimo (Valtonen, 2022).

A partir de este eje central, se proponen cuatro dimensiones clave de la gestión organizacional, siguiendo el principio de integrar de manera coherente las funciones administrativas, el desarrollo de capacidades humanas, la estandarización de procesos y la

gestión comercial, tal como lo señalan las mejores prácticas internacionales en programas de innovación tecnológica de defensa (Pflucker, 2022), así:

**Figura 4.** Dimensiones clave de la gestión organizacional ARC SPIN-OFF.



*Fuente:* Elaboración propia.

De acuerdo con el esquema, es posible describir de forma general los responsables y el enfoque de gestión que se realizaría desde cada dimensión, proponiendo lo siguiente:

1. Dimensión Administrativa y Financiera: Estaría a cargo de la Dirección Administrativa y Financiera del spin-off y se encargaría de optimizar los recursos y diversificar las fuentes de financiación, respondiendo a la evidencia de acceso a fondos concursables y alianzas estratégicas, incrementando la sostenibilidad de proyectos de defensa con orientación dual (Hirvensalo, 2020; Pflucker, 2022). El modelo de negocios para el spin-off de la ARC debe ser dinámico en la venta de servicios para su auto sostenimiento y financiación (desde

MINCIENCIAS, presupuesto ARC y otras fuentes privadas o mixtas), además de gestionar oportunidades de cooperación internacional y de alianzas público–privadas.

2. Dimensión de Talento humano: Estaría a cargo de la Dirección Administrativa y Financiera del spin-off. La conformación de equipos multidisciplinarios y capacitación técnica sigue el principio que favorece la explotación y exploración simultánea en entornos de alta complejidad tecnológica (Almeida et al., 2016). Esta dimensión potenciaría las capacidades del personal académico y técnico involucrado en los proyectos de I+D+i de la spin-off, permitiendo la integración de equipos multidisciplinarios de las tres IES (ENAP, ENSUB y ESFIM), principalmente desde los centros de desarrollo tecnológico (CEDNAV, CIDIAM y CESEA), contemplando la posibilidad de vincular a docentes, investigadores, estudiantes y terceros.
3. Dimensión de Procesos y Operaciones: La estandarización de procedimientos y control de calidad internacional replica las condiciones para spin-off exitosas señaladas por Bukkvoll et al. (2017), especialmente en lo relativo a la intermediación tecnológica y adaptación temprana a requerimientos civiles. En el modelo esta dimensión estaría a cargo de las Centros de Desarrollo Tecnológico de las IES ARC y debería buscar la estandarización de procesos que permitan evaluar la madurez de los productos y servicios, asegurar la calidad, eficiencia y cumplimiento de procedimientos a través de certificaciones nacionales e internacionales a través de entidades como DIMAR, Det Norske Veritas (DNV) y Offshore Petroleum Industry Training Organization (OPITO).
4. Dimensión de Gestión Comercial: La proyección internacional y la exportación de capacidades tecnológicas reflejan la estrategia de países con industria de defensa competitiva, donde la demanda externa impulsa la innovación continua (Valtonen, 2022). Considerando lo

expuesto anteriormente, la visión es desarrollar estrategias de mercadeo, posicionamiento y comercialización de soluciones tecnológicas y servicios especializados en el sector naval, marítimo, portuario y fluvial; impulsando exportación de capacidades y conocimiento, además de fortalecer la proyección internacional de la ARC; dimensión que estaría a cargo de las IES ARC.

### **3.3 Modelo de negocio.**

Posterior a conocer la propuesta en cuanto a su funcionamiento general, el modelo de negocio de esta se diseñó bajo una metodología tipo Business Model Canvas (BMC), reconocida por su eficacia para mapear y alinear los elementos esenciales de un emprendimiento tecnológico (Segura et al., 2018), generando una estructura modelo como la planteada en la Tabla 7. En el caso del sector marítimo, naval, portuario y fluvial, este enfoque permite estructurar la propuesta a partir de las capacidades tecnológicas instaladas en las IES de la ARC, orientadas al desarrollo de productos y servicios para entrenamiento especializado, capacitación, consultoría, desarrollo tecnológico y proyectos de I+D+i; orientación que coincide con mejores prácticas documentadas en industrias de defensa y transporte marítimo, donde las capacidades internas se transforman en soluciones de alto valor para nichos especializados (Valtonen, 2022; Sezal & Giumelli, 2022).

Tabla 7. Propuesta Modelo de Negocio IES – ARC bajo modelo CANVAS.

SOCIOS/ALIADOS CLAVE	ACTIVIDADES CLAVE	PROPUESTA DE VALOR	RELACIONES CON EL CLIENTE	SEGMENTOS DE CLIENTE
<p>•MINCIENCIAS, Universidades Públicas y Privadas, Centros de I+D+i (redes existentes de investigación).</p> <p>•DIMAR, cuyas funciones están articuladas con necesidades de capacitación, entrenamiento o proyectos de consultoría marítima.</p> <p>•GSED: COTECMAR, INDUMIL, CODALTEC, permitiendo acceso a nuevos mercados nacionales e internacionales, fortalecimiento de capacidades tecnológicas en portafolios de servicios de construcción</p>	<p><b>Proceso de Diseño de Productos/Servicios:</b> Posibilita el desarrollo de productos y/o diferenciadores del mercado.</p> <p><b>Proceso de Mercadeo, Ventas y Servicio al cliente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Planificación del proceso comercial.</li> <li>•Promoción y publicidad del producto/servicio.</li> <li>•Seguimiento y control del proceso de negociación.</li> <li>•Comunicación con los clientes a través de diversos canales para asegurar satisfacción.</li> </ul> <p><b>Proceso de Producción o Prestación de Servicios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Entrenamientos en simuladores al gremio naval, marítimo, fluvial y portuario.</li> <li>•Proyectos de consultoría en seguridad marítima, naval, fluvial y portuario, desarrollando estudios de maniobra, tráfico marítimo y fluvial, análisis de incidentes, siniestros y accidentes marítimos y fluviales, operaciones portuarias con barcasas, operaciones offshore, desarrollo software, etc.</li> <li>•Desarrollo de productos.</li> </ul> <p><b>Procesos de Administrativos y financieros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Planeación, organización y seguimiento de actividades.</li> <li>•Gestión de costos y presupuesto.</li> <li>•Gestión del talento humano.</li> </ul>	<p><b>Promesa de Valor:</b> “Proporcionamos soluciones integrales para maximizar tu seguridad naval, marítima, portuaria y fluvial”.</p> <p><b>Productos y Servicios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Entrenamientos especiales.</li> <li>•Capacitación.</li> <li>•Cursos modelo OMI – OPITO.</li> <li>•Simulación marítima, fluvial, offshore, portuaria, otros.</li> <li>•Modelado de escenarios virtuales.</li> <li>•Creación de modelos digitales.</li> <li>•Asesoría y consultoría: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Estudios de maniobra.</li> <li>◦ Estudios de comportamiento de buque.</li> <li>◦ Estudio de tráfico marítimo.</li> <li>◦ Análisis de incidentes, siniestros y accidentes.</li> <li>◦ Operaciones portuarias con barcasas.</li> </ul> </li> <li>•Desarrollo de software y modelos.</li> <li>•Desarrollo de Productos.</li> </ul>	<p><b>Objetivo de la relación:</b> Buscar una relación de largo plazo, cercana y de confianza.</p> <p><b>Etapas de la relación:</b></p> <p><u>Primer acercamiento y conocimiento/evaluación de la propuesta de valor.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Se perfecciona una base de datos con clientes potenciales y reales desde las IES.</li> <li>•Se busca un contacto directo y se programa visita empresarial que permita mostrar las capacidades ofertadas y la estructuración del proyecto.</li> <li>•Se dispone de oficinas de promoción y extensión para el mercadeo.</li> <li>•Se acompaña de técnicas de mercadeo digital.</li> </ul> <p><u>Estructuración y aprobación de la negociación para el desarrollo del proyecto</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•El ejecutivo de ventas se encarga de gestionar y materializar el ofrecimiento y la aprobación de la negociación para el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Empresas públicas y privadas dedicadas a actividades portuarias, navieras, marítimas, fluviales y navales a nivel nacional e internacional.</li> <li>•Personal en formación (estudiantes) de las IES ARC, tripulaciones de la ARC y otras marinas, y profesionales del gremio marítimo, portuario, fluvial.</li> <li>•Empresas del GSED.</li> <li>•MINCIENCIAS.</li> </ul> <p><b>Buscan resolver (Necesidades):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Realizar operaciones y procedimientos de manera que maximicen la seguridad marítima integral.</li> <li>•Comprender y resolver aspectos relacionados con la operación o incorporación de diferentes maniobras de embarcaciones.</li> <li>•Cumplir con reglamentaciones exigidas por la OMI y DIMAR.</li> <li>•Analizar impacto de cambios y nuevas reglamentaciones de las actividades marítimas, fluviales y portuarias.</li> <li>•Realizar estudios para expansión y creación de nueva infraestructura: Construir, modificar o ampliar</li> </ul>

<p>embarcaciones, sistemas de armas, simuladores, desarrollo de software, inteligencia artificial, entre otros. Se convierte en una sociedad estratégica de trabajo conjunto para impulsar un comercio hacia otras Fuerzas Militares a nivel nacional e internacional.</p> <p>•EMPRESAS MARÍTIMAS, FLUVIALES Y PORTUARIAS, proveen servicios relacionados con el análisis de las situaciones de seguridad marítima y fluvial. Estrategia en relacionamiento con el gremio marítimo, fluvial y portuario, a nivel nacional e internacional.</p>	<p><b>RECURSOS CLAVE</b></p> <p><b>Talento Humano:</b> Investigadores, Operadores de plataformas de simulación, Diseñadores de ambientes, Gerentes de Proyecto, Programadores, Instructores, Ejecutivos de ventas.</p> <p><b>Conocimientos y Metodologías:</b> •Gerencia de proyectos. •Marketing. •Herramientas tecnológicas, diseño de escenarios y buques. •Navegación y maniobras marítimas, fluviales y portuarias. •Programación C, C++, C#, Python, IA, 3d MAX, Unity.</p>	<p>•Desarrollo proyectos de I+D+i.</p> <p><b>Atributos y características de la propuesta:</b></p> <p>•Diseño de escenarios virtuales reales que incorporan factores hidrometeorológicos y caracterización de embarcaciones.</p> <p>•Sesiones de análisis y entrenamiento especializado integrando tecnologías de simulación.</p> <p>•Empleo de las herramientas de la inteligencia artificial.</p> <p>•Sistemas de armas.</p> <p>•Certificación por IES ARC.</p> <p>•Instalaciones amplias y apropiadas.</p> <p>•Servicios logísticos completos con facilidades locativas.</p> <p>•Cobertura nacional y regional para los servicios.</p> <p>•Personal competente de acuerdo con la temática.</p> <p><b>Beneficios para el cliente:</b></p> <p>•Resultados de alta calidad.</p> <p>•Alto grado de realismo y precisión a un precio conveniente para el cliente, según precios del mercado regional.</p>	<p>•El proceso se acompaña de videos y material digital que permita demostrar la calidad y efectividad de los procesos, productos y servicios relacionados.</p> <p><b>Fase final de los proyectos de I+D+i</b></p> <p>•Incluye métricas y análisis.</p> <p>•Constante comunicación con los aliados del proyecto antes, durante y después, que permita mostrar el desarrollo del proyecto y los productos/servicios finales.</p> <p>•Entrega y Soporte posterior de productos/servicios.</p> <p><b>CANALES</b></p> <p>•Se establecen reuniones con los actores del proyecto en todo el ciclo asegurando un vínculo sólido, que genere seguridad y confianza. El objetivo es fortalecer la relación y asegurar posteriores proyectos.</p> <p>•Se aseguran respuestas oportunas para las PQRS, de manera que estas sean claras para los aliados.</p> <p>•Para asegurar la mejor comunicación se utilizan</p>	<p>instalaciones e infraestructura portuarias, buscando mejores prácticas de seguridad integral marítima y fluvial.</p> <p>•Realizar capacitación y fortalecimiento de competencias requeridas para salvaguardar la vida humana en el mar.</p> <p>•Obtener entrenamiento y certificación de navegación y operación en situaciones adversas.</p> <p>•Contar con personal altamente entrenado en atención de emergencia que permita tomar decisiones logrando salvaguardar la vida humana en el mar.</p> <p>•Disminuir costos elevados de entrenamiento.</p> <p>•Optimizar aspectos de disponibilidad en tiempo para algunos cursos y entrenamientos de larga duración.</p> <p>•Desarrollar estudios de alta y precisión calidad para determinar la viabilidad y maniobrabilidad en la incorporación de nuevas embarcaciones.</p> <p>•Necesidad de disminuir el riesgo de accidentes en el uso de instalaciones reales dado su alto costo.</p> <p>•Peritajes de accidentes o incidentes marítimos.</p> <p>•Fortalecer el poder naval mediante diseño de sistemas de gestión de armas.</p>
--	---	--	---	---

	<p><b>Certificaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Certificaciones Plataforma de simulación (DIMAR - DNV)</li> <li>•Certificado en alta calidad IES.</li> <li>•Certificado Organización Marítima Internacional (OMI).</li> <li>•Certificación de Centros de I+D+i (CEDNAV-CIDIAM- CESEA).</li> </ul> <p><b>Marca:</b> Posicionamiento y reputación de la marca IES ARC y de los Centros de I+D+i (CEDNAV-CIDIAM-CESEA).</p> <p><b>Capital relacional:</b> Relaciones con clientes, autoridades marítimas, Universidades, MINCIENCIAS, aliados estratégicos, empresas del sector marítimo, portuario y fluvial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Incremento de la seguridad en operaciones marítimas, navales, portuarias y fluviales.</li> <li>•Incremento de capacidades I+D+i para el desarrollo del poder naval del país.</li> <li>•Desarrollo de nuevas tecnologías en defensa o ajustadas al sector empresarial.</li> <li>•Mejora de las competencias del talento humano.</li> <li>•Análisis de siniestros o accidentes marítimos.</li> <li>•Bajos riesgos en vida humana, materiales, equipos e instalaciones.</li> </ul>	<p>cuidadosa y sincronizadamente los medios digitales como página web, redes sociales y correo electrónico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Presencia en congresos y eventos clave.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Generar productos, por ejemplo, para entrenamiento y capacitación de procedimientos.</li> </ul>
<p><b>Estructura de costos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigación y desarrollo de productos/servicios.</li> <li>•Operación/Ejecución de productos o de servicios.</li> <li>•Marketing y ventas.</li> <li>•Soporte y Servicio al cliente.</li> <li>•Mantenimiento de infraestructura y equipos de tecnología.</li> <li>•Personal de ventas y administrativo.</li> </ul>	<p><b>Fuentes de Ingreso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Estudios y proyectos: Por ejemplo, estudio de factores hidro-meteorológicos, estudio de tráfico marítimo, diseño escenarios virtuales, estudios de viabilidad y maniobrabilidad, análisis de riesgos náuticos, estudios de accidentes y siniestros.</li> <li>•Diseño o modelamiento de escenarios virtuales interactivos y buques prototipo empleando herramientas tecnológicas de simulación.</li> <li>•Entrenamientos especializados para empresas sector marítimo, naval, portuario y fluvial.</li> <li>•Capacitaciones</li> <li>•Proyectos de I+D+i con participación de convocatorias de MINCIENCIAS, regalías, red de universidades, empresas del sector, entre otros</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo planteado en el modelo, se destaca la estrategia de relacionamiento con aliados clave como MINCIENCIAS, COTECMAR, CODALTEC, INDUMIL, DIMAR, universidades y/o centros de I+D+i, así como empresas del sector naval, marítimo, portuario y fluvial; refleja la importancia de los ecosistemas de innovación abiertos y colaborativos en defensa, identificada como una condición fundamental para generar spin-off exitosos y transferir tecnología dual (Bukkvoll et al., 2017); donde estas alianzas potencian oportunidades comerciales e incrementan la madurez tecnológica, reduciendo riesgos en el ciclo de innovación (Flórez Zuluaga et al., 2024).

Dentro del planeamiento estratégico, se propone la optimización del uso de bases de datos comerciales de las IES, lo cual constituye una herramienta crítica para el relacionamiento inicial con clientes, facilitando el desarrollo de mercados y la segmentación de portafolios especializados: marítimos, navales y portuarios (ENAP-CIDIAM/CEDNAV), fluviales y aeromarítimos (ENSUB-CIDIAM/CESEA), así como operaciones anfibas (ESFIM). La experiencia internacional muestra que la explotación sistemática de datos de clientes, combinada con inteligencia de mercado, es esencial para expandir oportunidades comerciales y alcanzar el auto sostenimiento financiero (NATO, 2020).

De igual forma, se identifica como necesario el monitoreo, control y ajuste continuo del modelo, como recomiendan las metodologías de innovación en entornos tecnológicos complejos, siendo esto indispensable para consolidar la spin-off en el mercado, diversificando productos y servicios y expandiendo su alcance nacional e internacional (Joseph & Wood, 2019).

La implementación de este modelo proyectaría beneficios estratégicos de alto impacto para la ARC y el sector marítimo y fluvial regional. En primer lugar, permitiría fomentar la

independencia tecnológica, alineándose con la tendencia global de reducir la dependencia de proveedores extranjeros en cuanto a capacidades críticas para la defensa (Bukkvoll et al., 2017). Asimismo, contribuiría a la sostenibilidad financiera mediante la generación de ingresos derivados del licenciamiento, la comercialización de servicios especializados y la venta de productos tecnológicos, siguiendo el patrón de spin-off exitosos en entornos militares y académicos (Pflucker, 2022). Finalmente, reforzaría el posicionamiento institucional de la ARC como referente en innovación en aspectos marítimos, navales, portuarios y fluviales, potenciando su liderazgo regional en desarrollo y transferencia tecnológica, alineados con las proyecciones de la OTAN sobre el papel de las instituciones militares en el ecosistema global de tecnologías emergentes y disruptivas (NATO, 2020).

#### **4. Conclusiones y Recomendaciones.**

A partir del estudio realizado es posible concluir que un modelo de gestión tipo spin-off, spin-in o mixto representa una estrategia fundamental para promover la autonomía financiera e independencia tecnológica en el desarrollo de I+D+i; por lo cual para el entorno universitario de la ARC como institución militar, se propone la implementación de un modelo spin-off bajo un esquema de alianza estratégica, orientado a capitalizar el conocimiento y las capacidades internas generadas en sus IES para desarrollar productos y servicios de valor con aplicación dual, facilitando su comercialización y generación de ingresos propios; enfoque que no solo impulsa la reinversión, sino que también reduce la dependencia de proveedores tecnológicos, siendo clave la inversión pública estratégica, la diversificación de fuentes de financiación y la valorización comercial de las tecnologías.

La viabilidad de este modelo en la ARC depende intrínsecamente de la superación de desafíos estructurales y la capitalización de las fortalezas existentes, teniendo en cuenta que la normativa nacional se centra actualmente en el modelo spin-off, proporcionando una base legal sólida para la creación de estos en las IES como las de la ARC.

Mencionada propuesta destaca que la proyección institucional y la exportación de capacidades tecnológicas, junto con un monitoreo y ajuste continuo del modelo de negocio, serán cruciales para consolidar la posición de la ARC como un referente en innovación marítima, naval, portuaria y fluvial, asegurando así su independencia tecnológica y sostenibilidad financiera a largo plazo.

Finalmente, se recomienda que a partir de la propuesta formulada, se inicie con la planeación de la spin-off determinando políticas y estatutos, acuerdos, roles, responsabilidades, condiciones

transferencia de conocimiento y propiedad intelectual, forma jurídica de constitución, lineamientos técnicos y financieros, fuentes y presupuesto de financiamiento e inversión, modelo de administración de los recursos, porcentajes de aportes de capital, proyección de reinversiones, infraestructura disponible, personal mínimo requerido, aliados estratégicos nacionales y extranjeros privados, riesgos y mecanismos de mitigación, entre otros, que permitan materializar el modelo propuesto; finalizando con poner en operación la empresa.

## Referencias (APA séptima edición)

Almeida, L. C. P. de., Andrade, E. P. de., Alencar, R. S., Assis, W. S. de., & Silva, A. M. 2016.

Inovação em instituição militar de pesquisa: Um estudo de caso exploratório. *Revista Produção Online*, 16, 1371–1392. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i4.2353>

Armada Nacional 2021, Circular No. 20210425311622603 /MDN-COGFM-COARC-SECAR-JOLA-DIEF de fecha 18 de mayo de 2021, que trata de la habilitación del Rubro Servicios de Investigación y desarrollo Experimental en Ciencias Naturales e Ingeniería.

Armada Nacional 2021, Plan de Desarrollo Naval 2042.

Armada Nacional 2023, Plan Naval de Ciencia y Tecnología 2024 - 2027.

Armada Nacional 2024, Plan Estratégico Naval 2024-2027.

Arrieta, A., Suarez, C., Castaño, C., Ramos, I., Beleño, R., & Naranjo, G. 2023. Caracterización de la incorporación del Spin Off en universidades colombianas. *Revista I+D en TIC*, 9, 43–47. Universidad Simón Bolívar.

Benassi, J. L. G., Amaral, D. C., & Ferreira, L. D. 2016. Towards a Conceptual Framework for Product Vision. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 36, n. 2, 200-219. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2013-0511>

Bukkvoll, T., Malmlöf, T., & Makienko, K. 2017. The defence industry as a locomotive for technological renewal in Russia: Are the conditions in place? *Defense & Security Analysis*, 33, 2–15.

Cao, X., Yang, X., & Zhang, L. 2020. Conversion of dual-use technology: A differential game analysis under the civil-military integration. *Symmetry*, 12, 1861.

Carral, L., Tarrío-Saavedra, J., Iglesias, G., & San-Cristóbal, J. R. 2020. Evaluation of the structural complexity of organizations and products in naval-shipbuilding projects. *Ships and Offshore Structures*. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1080/17445302.2020.1773049>, 133–146.

Consejo Nacional de Educación Superior 2020, Acuerdo 02 de 2020, por el cual se actualiza el modelo de acreditación en alta calidad (MEN).

Cooke, A., Smith, D., & Booth, A. 2012. Beyond PICO: The SPIDER Tool for Qualitative Evidence Synthesis. *Qualitative Health Research*, 1435-1443.

<https://doi.org/10.1177/1049732312452938>

Decreto 393/91, febrero 08, 1991. Diario Oficial D.O.: 39672 (Colombia). Por el cual se dictan normas sobre asociación para actividades científicas y tecnológicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías. Obtenido el 30 de julio de 2025.

<https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1088238>

Decreto 1556/22, agosto 05, 2022. Diario Oficial D.O.: 52.117 (Colombia). Por el cual se reglamenta la Ley 1838 de 2017, en lo respectivo a la creación y organización de las empresas de base tecnológica (Spin Off) para el fomento a la ciencia, tecnología e innovación, en las Instituciones de Educación Superior (IES). Obtenido el 15 de julio de

2025. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30044544>

Etzkowitz, H., & Zhou, C. 2017. The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. Routledge.

Flórez Zuluaga, J. A., Escobar, J. F., Giraldo Martínez, G. A., Calle D'Aleman, J., & Ochoa Vallejo, A. 2024. Model for measuring technological maturity for critical sector industries. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100194>

Hirvensalo, J-M. 2020. The Finnish Defence Forces Customer-Supplier Relationships with SMEs. (Master's thesis, Lappeenranta-Lahti University of Technology).  
<https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020052739395>

Jefatura Integral de Educación Naval 2023, Estrategia de Tecnología e Innovación 2023 – 2042.

Joseph, C., & Wood, D. 2019. Fostering innovation via ambidexterity in aerospace organizations. *Journal of Space Safety Engineering*, 6, 22–31.

Leske, A. 2018. A review on defense innovation: From spin-off to spin-in. *Brazilian Journal of Political Economy*, 38, 377–391. <https://doi.org/10.1590/0101-31572018v38n02a09>.

Ley 29/90 febrero 27, 1990. Diario Oficial D.O.: 39205. (Colombia).

Ley 30/92 diciembre 28, 1992. Diario Oficial D.O.: 40700. (Colombia).

Ley 80/93 octubre 28, 1993. Diario Oficial D.O.: 41094. (Colombia).

Ley 1286/09 enero 23, 2009. Diario Oficial D.O.: 47241. (Colombia).

Ley 1838/17 julio 06, 2017. Diario Oficial D.O.: 50286. (Colombia).

Ley 2162/21 diciembre 06, 2021. Diario Oficial D.O.: 51880. (Colombia).

Michl, T., Gold, B., & Picot, A. 2012. Managing strategic ambidexterity: The spin-along approach. *Journal of Organizational Change Management*, 25, 843–858.

Ministerio de Defensa Nacional 2024, Política de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Sector Defensa y Seguridad.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público 2019, Circular Externa No. 003 del de fecha 28 de febrero de 2019.

Montemiranda Pájaro, F. 2012. Plan de Negocios para la creación de una Empresa “Oficina de Diseño e Ingeniería Naval” en la Ciudad de Cartagena. Universidad Tecnológica de Bolívar. <https://core.ac.uk/download/pdf/335271356.pdf>

Moretti, E., Steinwender, C., & Van Reenen, J. 2021. The intellectual spoils of war? Defense R&D, productivity, and international spillovers. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w26483>.

NATO Science & Technology Organization. 2020. Science & technology trends: 2020–2040. Exploring the S&T edge. NATO STO. <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Technical%20Reports/STO-TR-SAS-123-2020-2040.pdf>

Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. 2016. Rayyan—A web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 210.

<https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>

Pacheco, J. 2023. Reformas estructurales en el sector público: desafíos para la innovación. *Revista de Ciencia Pública*, 45, 112–130.

Pflücker Vallejos, R. L. 2019. Modelo de transferencia tecnológica para la mejora de la investigación y desarrollo tecnológico en la Marina de Guerra del Perú. Tesis de maestría, Escuela Superior de Guerra Naval. Marina de Guerra del Perú.

Prias, O., & Montaña, D. 2014. Modelo estratégico de innovación para impulsar la gestión energética en Colombia. *Energética*, 44, 61–68.

Reis, J., Rosado, D. P., Cohen, Y., Pousa, C., & Cavalieri, A. 2022. Green defense industries in the European Union: The case of the battle dress uniform for circular economy.

*Sustainability*, 14, 13018. <https://doi.org/10.3390/su142013018>

Romero Sánchez, A., Aponte García, M. S., López Trujillo, M., & Salcedo Mosquera, J. D. 2023. Spin-off universitarias en Colombia: Análisis desde la investigación, innovación y emprendimiento. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28 (No. Especial 9), 832–849.

Sanmarco, M. 2014. Innovación estratégica y soberanía tecnológica en América Latina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 9, 43–58.

- Segura Barón, U., Rodríguez Vargas, D. M., & Álvarez Salazar, E. E. 2018. Las spin off: Una opción para el emprendimiento dinámico innovador. *Sinapsis*, 10, 68–79.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7399808>.
- Sezal, M. A., & Giumelli, F. 2022. Technology transfer and defence sector dynamics: The case of the Netherlands. *European Security*, 31, 558–575.  
<https://doi.org/10.1080/09662839.2022.2028277>.
- Simões, P. C., Moreira, A. C., & Dias, C. M. M. 2020. Portugal's changing defense industry: Is the triple helix model of knowledge society replacing state leadership model? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6, 183.
- Tamayo, M., & Tamayo, D. 2020. Adaptación de modelos de I+D+i en instituciones públicas: un enfoque desde la defensa. *Revista Colombiana de Ciencia y Tecnología*, 14, 78–95.
- Toro Galvis, J. M., Ocampo López, O. L., & Vergara Quintero, M. del C. 2022. Modelos de transferencia y estrategias de comercialización de las tecnologías en universidades colombianas. *Techno Review*, 11, 2–17. <https://doi.org/10.37467/revtechno.v11.4489>.
- Tranfield, D., Denyer, D., y Smart, P. 2003. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.
- Valtonen, J. 2022. El rol de las políticas de I+D en la transferencia tecnológica entre el sector de defensa y el sector privado: el caso de las Islas Canarias. Universidad de La Laguna.

Valtonen, I., Rautio, S., & Salmi, M. 2022. Capability development in hybrid organizations:

Enhancing military logistics with additive manufacturing. *Progress in Additive*

*Manufacturing*, 7, 1037–1052. <https://doi.org/10.1007/s40964-022-00280-z>.

JBI. 023, noviembre 8. 3.2.7 Valoración crítica — Manual del JBI para la síntesis de la evidencia

— JBI Global Wiki. Joanna Briggs Institute. <https://jbi-global->

[wiki.refined.site/space/MDJPLSDLE/218662233/3.2.7+Valoraci%C3%B3n+cr%C3%A](https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MDJPLSDLE/218662233/3.2.7+Valoraci%C3%B3n+cr%C3%A)

[Dtica](https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MDJPLSDLE/218662233/3.2.7+Valoraci%C3%B3n+cr%C3%A)