

Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Ministerio de Defensa

Máster Universitario en Dirección TIC para la Defensa

ALUMNO: Alberto Quiñones Layos

DIRECTOR: Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

CURSO ACADÉMICO: 2025-2026

Universidade Vigo



Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Ministerio de Defensa

Máster Universitario en Dirección TIC para la Defensa

Especialidad de Sistemas y Tecnologías de la Información

Universidade Vigo

RESUMEN

La innovación tecnológica se ha convertido en un fenómeno transformador, ubicuo e imprescindible para el eficiente funcionamiento de las Organizaciones. Se trata así mismo de un factor fundamental para incrementar la competitividad de la economía y fomentar el desarrollo del talento en sectores altamente demandados.

En el ámbito de la Seguridad y la Defensa, esta importancia se ve acrecentada dada la trascendencia de las nuevas tecnologías para asegurar la superioridad de la información y la criticidad de las misiones y de la información que se maneja.

La transversalidad y complejidad de esta disciplina y los distintos aspectos involucrados, no sólo tecnológicos, sino también industriales, económicos y legales, y los diferentes y heterogéneos actores que participan, hacen fundamental establecer un Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación en el Ministerio de Defensa (MDEF), acotada al ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), la Ciberseguridad y la Transformación Digital.

El presente TFM tienen como objetivo definir este modelo integral, denominado VegaLYR, describiendo las diferentes dimensiones y componentes transversales que lo compondrían y una aproximación para su implantación.

Por último, se presenta una posible aplicación práctica de este modelo para el fomento de la innovación en Defensa mediante el empleo de capacidades de supercomputación aprovechando el establecimiento de un Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales, resultado de la colaboración entre el MDEF y el Consorcio Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación.

PALABRAS CLAVE

Innovación, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), Transformación Digital, Tecnologías Emergentes y Disruptivas (EDT), Defensa y Seguridad Nacional, Operaciones Multidominio, Soberanía Nacional, Modelos de Colaboración y Open Innovation, Transferencia Tecnológica, Gestión de Propiedad Intelectual, Modelos de Financiación y Contratación de la Innovación, Refuerzo de la Industria Tecnológica, Talento Digital, Supercomputación, Gemelos Digitales y Simulación.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi Director de TFM, el Profesor Francisco Javier Rodríguez Rodríguez por su apoyo, dirección y sugerencias durante la elaboración de este trabajo. En lo profesional y en lo personal, un placer haber trabajado contigo.

A la Dirección General Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC) del Ministerio de Defensa, y especialmente a su Director el Teniente General José María Millán Martínez y al Capitán de Fragata Francisco Cuartero Lorenzo, Jefe del Área de Planes y Políticas, por haberme dado la oportunidad de formar parte de este Máster.

A la empresa Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S.A. S.M.E. M.P. (ISDEFE) y en concreto a la Gerencia de Sistemas CIS y la Jefatura de Área de CIS Defensa por apoyarme y por permitirme el acceso a documentación consultada disponible en la empresa.

Por último, pero no por ello menos importante, a mis padres y a mi hermano, por su apoyo y ánimo constante.

CONTEXTO DE ELABORACIÓN DEL TFM

Este TFM presenta únicamente mi análisis personal de la situación actual en relación con la gestión de la innovación en el Ministerio de Defensa (MDEF) y una serie de propuestas de mejora articuladas en un Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Departamento y en el contexto en el que desarrolla su actividad.

No refleja, en ningún punto, la postura oficial del Ministerio ni de ninguno de los organismos referenciados. Tampoco refleja la postura de la empresa Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE), como empresa pública del MDEF que apoyaría, según este ejercicio teórico, el desarrollo de la estrategia de innovación en el Ministerio.

El posible caso real presentado en el *Capítulo 4*, representa igualmente una propuesta teórica del autor del TFM, aprovechando la infraestructura de Supercomputación para Tecnologías Duales que están implantado de manera conjunta y colaborativa el Ministerio de Defensa y el Consorcio Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS). En todo caso, no refleja en ningún modo una solución validada ni aprobada por el Ministerio de Defensa ni por el BSC-CNS.

ÍNDICE

Índice 1

Índice de Figuras 3

Índice de Tablas 6

1 Introducción y objetivos 7

1.1 Motivación. 7

1.2 Finalidad y Objetivos Estratégicos. 9

1.3 Alcance y Ámbito de Aplicación. 10

1.4 Metodología empleada. 11

1.5 Estructura de la Memoria. 13

2 Estado del Arte y Contexto de la Gestión Estratégica de la Innovación para el Ministerio de Defensa 15

2.1 Introducción. 15

2.2 La Necesidad. Un contexto en constante (y acelerada) evolución. 17

2.2.1 La Teoría de los Ciclos de Innovación: La 5ª Revolución tecnológica. 17

2.2.2 La coexistencia de la Revolución Tecnológica con la evolución del contexto Geoestratégico y del contexto Económico y Social. 20

2.3 Principios generales sobre innovación tecnológica. 23

2.3.1 ¿Qué es y qué no es la innovación? 23

2.3.2 Tipos de Innovación. 27

2.3.3 Fases de la Innovación. 28

2.4 La Gestión Estratégica de la Innovación y su marco de referencia: COBIT 2019 y el proceso APO04. 32

2.5 La Visión Interna. 38

2.6 La Visión Externa: Los Modelos de Cooperación e Innovación Abierta (Open Innovation). 41

2.6.1 La visión de la Competitividad de Michael Porter. 41

2.6.2 El concepto de la triple hélice. 42

2.6.3 La Innovación Abierta. 43

2.7 La Perspectiva del Contexto Nacional e Internacional. 45

2.7.1 La situación en la Administración General del Estado. 45

2.7.2 La situación en las Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa de las que España forma parte. 47

2.8 Innovación y Cooperación en el Ministerio de Defensa. 49

2.9 Conclusiones del Estado del Arte. 51

3 La Definición Conceptual del Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el MDEF- El Modelo VegaLYR 53

3.1 Introducción. 53

3.2 Planteamiento inicial del Modelo y Referencias. 53

3.3 El Modelo VegaLYR. 56

3.3.1 Dimensión Organizativa y de Coordinación: Observatorio para la gestión del ecosistema de innovación del MDEF. 57

3.3.2 Dimensión de Gestión del Portfolio de Innovación. 60

3.3.3 Dimensión Tecnológica. 63

3.3.4 Dimensión Transferencia Tecnológica. 67

3.3.5 Dimensión Industrial Nacional y Refuerzo de la Soberanía y Resiliencia. 71

3.3.6 Dimensión de Gestión del Talento. 77

3.3.7 Dimensiones Legal y Económica y de Contratación Pública. 81

3.3.8 El Modelo de Madurez y Relevancia de la Innovación. 85

3.3.9 Los niveles de Ambición ante la Innovación. 88

3.3.10 Las Métricas de evaluación de la Innovación. 90

3.3.11 Representación gráfica de la combinación de las dimensiones y las componentes transversales. 91

3.4 El horizonte temporal de evolución del Modelo VegaLYR. 93

3.5 Nota final del Capítulo: ¿Por qué el nombre de VegaLYR? 93

4 Aplicación Práctica del Modelo VegaLYR – La Gestión de Proyectos y Resultados en el LNSTD 95

4.1 Introducción. 95

4.2 El Proyecto del Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales (LNSTD). 95

4.3 Ámbito de aplicación. 97

4.4 Los modelos actuales de selección de acceso para proyectos. 97

4.5 La Plataforma de Pruebas del Ministerio de Defensa para la integración de tecnologías y modelos innovadores: la TWI_n4D y fases para su implantación. 98

4.6 La integración del gemelo digital de la I4D en el Modelo VegaLYR. 103

5 Conclusiones y Líneas Futuras para la Implementación y Evolución del Modelo 105

5.1 Conclusiones. 105

5.2 Líneas futuras para la implementación y evolución del Modelo. 106

6 Bibliografía y Webgrafía 109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Esfera Digital de las Operaciones Multidominio en el Ministerio de Defensa. Fuente: DG CESTIC. 16

Figura 2-2. Escenario de evolución de las Revoluciones Tecnológicas. Fuente: Ponencia sobre Modelos e Iniciativas Estratégicas de Colaboración y Sinergias en el ámbito TIC del autor del TFM – I Curso TIC para la Alta Dirección del Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado (IUGM) – junio 2024. 18

Figura 2-3. Convergencia e interacción entre EDT en su ciclo de maduración – Fuente: Elaboración propia inspirada en imagen del Profesor Gonzalo León. 19

Figura 2-4. Áreas de Capacidad Prioritarias identificadas por los Estados de la Unión Europea, incluyendo las Capacidades Ciber, de IA y de guerra electrónica – Fuente: [CE 2025_4]. 21

Figura 2-5. Brújula de Competitividad de la Unión Europea. Fuente: Adaptación de la infografía resumen de la Brújula de Competitividad [CE 2025_5]. 22

Figura 2-6. Niveles de Madurez Tecnológica (TRL). Fuente: Elaboración propia a partir de [ETID 2020] y [AYMING 2021]. 26

Figura 2-7. Comparación conceptos de Investigación, Desarrollo e Innovación. Fuente: Elaboración Propia – empleada en la ponencia del autor del TFM sobre Modelos e Iniciativas Estratégicas de Colaboración y Sinergias en el ámbito TIC – I Curso TIC para la Alta Dirección del Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado (IUGM) – junio 2024. 27

Figura 2-8. Matriz Riesgo-Retorno para la definición de los tipos de Innovación. Fuente: [FERRÀS 2019]. 27

Figura 2-9. Fases del Hype Cycle de Gartner. Fuente: [GARTNER s.f.]. 28

Figura 2-10. Fases del Hype Cycle de Gartner con ejemplos de cuando se encontraría una tecnología en cada una de ellas. Fuente: [JIN 2015]. 29

Figura 2-11. Relación entre las fases del Hype Cycle de Gartner y los perfiles de ambición de una Organización respecto a la innovación y a la integración de EDT. Fuente: [IEEE 2020]. 30

Figura 2-12. Modelo de COBIT 2019: Procesos de Gobierno y Gestión, remarcando el objetivo de gestión APO04 referente a Gestionar la innovación. Fuente: [COBIT 2019]. 33

Figura 2-13. Conceptualización de la Triple Visión de la Innovación en el Ministerio de Defensa. Fuente: Elaboración propia. 38

Figura 2-14. Conceptualización del Concepto de Organización Ambidiestra. Fuente: [LERNER 2018]. 39

Figura 2-15. Representación gráfica de la dualidad Explotación y Exploración a través de la comparación con “arreglar un avión mientras vuela”. Fuente: Fotografía de William T. Larkins. 39

Figura 2-16. Matriz de Ambición Innovadora para ubicación de proyectos dentro de un portfolio de innovación. Fuente: [NAGJI 2012]. 40

Figura 2-17. Representación gráfica de las 5 Fuerzas de Porter e imagen del Profesor Michael Porter. Fuentes de las imágenes: web de Amazon y web de la Universidad de Harvard. 41

Figura 2-18. Portada del libro The Triple Helix – University-Industry-Government Innovation in Action e imagen del Profesor Henry Etzkowitz. Fuentes de las imágenes: web de Amazon y Wikimedia Commons. 42

Figura 2-19. Portada del libro Open Innovation – The new imperative for creating and profiting from Technology e imagen del Profesor Henry Chesbrough. Fuentes de las imágenes: web de Amazon y web de Forbes. 43

Figura 2-20. Paradigma de Innovación Abierta- Fuente: Adaptación de [CHESBROUGH 2015]. 44

Figura 2-21. Infografía sobre los Planes Estratégicos sobre EDT y aspectos complementarios aprobados en la AGE y su presupuesto - Fuente: Elaboración propia. 47

Figura 2-22. Modelo actual de la DG CESTIC para la evaluación e integración de EDT en el ámbito TIC. Fuente: DG CESTIC. 50

Figura 2-23. Esquema de relación entre la I+D y la Innovación en el Ministerio de Defensa. Fuente: [ETID 2020]. 51

Figura 3-1. Marco del Sistema de Gestión de la Innovación. Fuente: Norma UNE-EN ISO 56002 de Gestión de la Innovación [ISO 56002 2019]. 54

Figura 3-2. Esquema orientativo del nivel interno del observatorio de gestión del ecosistema de innovación TIC del MDEF. Fuente: DG CESTIC. 57

Figura 3-3. Esquema orientativo del nivel externo del observatorio de gestión del ecosistema de innovación TIC del MDEF. Fuente: DG CESTIC. 58

Figura 3-4. Observatorios tecnológicos de la Red Horizontes de ISDEFE. Fuente: Elaboración propia a partir de [ISDEFE s.f.]. 59

Figura 3-5. La naturaleza dual de las responsabilidades de la DG CESTIC en el MDEF y el establecimiento de 2 Portfolios. Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes de la DG CESTIC y de [NAGJI 2012]. 61

Figura 3-6. Relación entre los tipos de subportfolios de innovación, el porcentaje de distribución de recursos y el porcentaje de retornos esperados. Fuente: Elaboración propia a partir de [PHIMISTER 2021]. 62

Figura 3-7. Fases del ciclo de vida de la evaluación e integración de EDT. Fuente: Elaboración propia. 63

Figura 3-8. Modelo de radar de vigilancia tecnológica y ejemplo de tecnologías y su ubicación. Fuente: Elaboración propia adaptada del modelo de [EULISA s.f.]. 65

Figura 3-9. Mecanismos de Transferencia Tecnológica del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia adaptado de [DAFT3 s.f.]. 69

Figura 3-10. Países de origen de tecnologías involucradas en el desarrollo de drones y países en los que se fabrican. Fuente: [BLOOMBERG 2025]. 72

Figura 3-11. Modelos de colaboración con *startups* en un marco de Innovación Abierta. Fuente: [COTEC 2023]. 74

Figura 3-12. Retos más importantes a la hora de trabajar con *startups* y matriz de complejidad e impacto de medidas para resolverlos. Fuente: [COTEC 2023]. 75

Figura 3-13. Flujo para identificar en qué casos implementar un entorno controlado de pruebas. Fuente: [MINCIU 2024]. 82

Figura 3-14. Las 6 dimensiones del Modelo de Madurez de la Innovación (IRL). Fuente: [KTH s.f.]. 85

Figura 3-15. Dimensiones de los factores de Influencia y Fortaleza. Fuente: Elaboración propia a partir de [IEEE 2020]. 86

Figura 3-16. Perfil de Relevancia Estratégica de dos tecnologías ejemplo. Fuente: [IEEE 2020]. .87

Figura 3-17. Perfiles de ambición de una Organización respecto a la innovación y a la adopción de EDT, según el grado de desarrollo de éstas – Relación con las Fases del Hype Cycle de Gartner. Fuente: Elaboración propia a partir de [IEEE 2020].....89

Figura 3-18. Roles que puede asumir el Ministerio de Defensa en relación al desarrollo de una EDT. Fuente: Elaboración propia adaptada de [NL DEF 2025].....89

Figura 3-19. Representación gráfica de la aplicación del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia. 92

Figura 3-20. Constelación Lyra con la estrella Vega marcada como α (*α-Lyrae*). Fuente: [WIKIPEDIA 2025_2].....94

Figura 4-1. Taxonomía de los Servicios CIS/TIC del Ministerio de Defensa. Fuente: Arquitectura Global CIS/TIC del MDEF [AG CIS/TIC 2016].....99

Figura 4-2. Fases del ciclo de vida de DevSecOps. Fuente: [ESTRATEGIA DESARROLLO SW 2023]. 101

Figura 4-3. Doble ciclo de integración de soluciones innovadoras empleando el Modelo TWI_n4D en el LNSTD. Fuente: Elaboración propia inspirada en [CHEN 2024]. 101

Figura 4-4. Modelo tentativo de configuración del LNSTD. Fuente: Elaboración propia. 102

Figura 4-5. Fases de implantación del el Modelo TWI_n4D en el LNSTD. Fuente: Elaboración propia. 103

Figura 4-6. Fase de integración de TWIn4D en el Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia. 104

Figura 5-1. Representación gráfica de los principios para el desarrollo modular del Modelo VegaLYR. Fuente imagen: web de Amazon. 107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Ejemplos de procedimientos recomendados para cada fase de evolución del desarrollo de una tecnología (según Hype Cycle de Gartner). Fuente: Elaboración propia. 31

Tabla 2-2. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.01. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..34

Tabla 2-3. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.02. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..35

Tabla 2-4. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.03. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..35

Tabla 2-5. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.04. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..36

Tabla 2-6. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.05. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..36

Tabla 2-7. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.06. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019]. ..37

Tabla 2-8 Planes Estratégicos sobre EDT y aspectos complementarios aprobados en la AGE. Fuente: Elaboración propia. 46

Tabla 2-9. Iniciativas de la OTAN de aplicación potencial para el desarrollo de iniciativas de innovación TIC. Fuente: Elaboración propia. 48

Tabla 2-10. Iniciativas de la UE de aplicación potencial para el desarrollo de iniciativas de innovación TIC. Fuente: Elaboración propia. 48

Tabla 3-1. Dimensiones y componentes transversales del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia. 56

Tabla 3-2. Detalle de Mecanismos de Transferencia Tecnológica. Fuente: Elaboración propia adaptado de [DAFT3 s.f.]. 70

Tabla 3-3. Empresas tecnológicas financiadas por la SETT del ámbito de interés del MDEF. Fuente: Elaboración propia. 76

Tabla 3-4. Iniciativas de incubación y aceleración de *startups* en OTAN y UE-Defensa. Fuente: Elaboración propia. 77

Tabla 3-5. Ejemplos de convenios de colaboración del MDEF con Universidades para el fomento de actividades en el ámbito de la innovación tecnológica. Fuente: Elaboración propia. 79

Tabla 3-6. Ejemplos de instrumentos jurídicos de colaboración del MDEF. Fuente: Elaboración propia. 80

Tabla 3-7. KPI y KGI para el seguimiento, evaluación y corrección del Portfolio de Innovación. Fuente: Elaboración propia. 91

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

"La Innovación es la habilidad para ver el cambio como una oportunidad en lugar de como una amenaza."

Steve Jobs. Co-fundador de Apple.

1.1 Motivación.

En las últimas décadas, y cada vez con mayor intensidad, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han dejado de ser un mero soporte instrumental para el funcionamiento tanto de las organizaciones, públicas y privadas de todo tipo, así como de la sociedad moderna, y han pasado a convertirse en un verdadero elemento central y decisivo. Esto implica que estas Organizaciones y la Sociedad no puedan permanecer ajenas a su rápida evolución.

La capacidad de adoptar nuevas tecnologías determina directamente la competitividad, la eficiencia operativa y la supervivencia a largo plazo, permitiendo transformar datos en decisiones estratégicas. Al mismo tiempo, a nivel social, esta transformación digital redefine constantemente los patrones de interacción, de acceso a la información y la calidad de vida, actuando como uno de los principales motores de cambio que impacta en el futuro económico, cultural y social.

Para las Organizaciones con responsabilidad en el ámbito de la Seguridad y la Defensa esta situación es más reseñable si cabe. Debido a la criticidad de la función que desarrollan y de las crecientes amenazas más allá de las tradicionales (ciberamenazas, acciones de guerra híbrida, etc.), es fundamental que implementen **procesos para consolidar una superioridad de la información de la que disponen que les permitirá una más ágil y eficiente toma de decisiones**, resultando por tanto en un factor diferencial en el desarrollo de sus misiones y cometidos.

Las Tecnologías de la Información, la Ciberseguridad y los procesos de Transformación Digital, son elementos fundamentales para asegurar esta posición central de la información, por lo que es crítico que, con carácter permanente, se analicen las posibilidades que las tecnologías emergentes y disruptivas en este ámbito ofrecen para identificar aquéllas que ofrecen mayores posibilidades para afrontar el entorno en el que se opera, caracterizado por la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad[1] (VUCA).

Se debe, por tanto, desarrollar un **ejercicio permanente de prospectiva y vigilancia tecnológica** en este ámbito para asegurar la adaptación del funcionamiento de los órganos con responsabilidad en

[1] Este tipo de entornos se suelen denominar mediante la sigla VUCA (*Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous*).

Defensa y Seguridad a la evolución de las tecnologías digitales y aprovechar las enormes posibilidades que ofrecen.

La innovación es un fenómeno muy complejo que no se enmarca únicamente en el ámbito tecnológico, sino que abarca también al ámbito estratégico, económico, legal, de formación, etc. Ello hace fundamental que se aborde con el apoyo de la alta dirección, que se alinee con los objetivos estratégicos de la Organización y que involucre a los diversos órganos y actores responsables de estas materias.

Los Departamentos de Defensa no pueden ser autónomos en esta materia y deben ser capaces de analizar y aprovechar en su favor **las tecnologías de uso dual desarrolladas en el sector civil**. Con esto, se consigue eficiencia de costes y beneficios en términos de dinamización de los sectores industriales e investigadores.

No obstante, es fundamental que esta vigilancia y prospectiva tecnológica y el desarrollo de iniciativas en esta materia, esté alineada con el Proceso de Planeamiento de la Defensa y la definición de Objetivos Estratégicos y con las Políticas Corporativas. De esta forma se evita actuar por modas o movidos por el denominado efecto *Fear of Missing Out* (FOMO)[2]. En el ámbito de la **gestión pública de la innovación,** el FOMO se manifiesta como una **presión institucional** para adoptar tecnologías emergentes (como por ejemplo la Inteligencia Artificial o *Big Data*) de manera precipitada.

Como se ha indicado anteriormente, gracias al aprovechamiento y a la dinamización del desarrollo de soluciones duales, **la innovación tecnológica en el ámbito de la Defensa y la Seguridad Nacional es, así mismo, un elemento tractor** que contribuye al **crecimiento económico y al desarrollo de la Industria, la investigación, la atracción y retención del talento digital y la generación de empleo de calidad**, por lo que permite contribuir a reforzar la Soberanía y la Autonomía nacional y la Resiliencia de las cadenas de suministros, aspectos todos ellos críticos en estos momentos. La inversión en innovación tecnológica en Defensa tiene por tanto una alta componente de Retorno de la Inversión (ROI) en términos sociales e industriales.

Y, ¿por qué ahora se considera un momento idóneo para plantear una actuación de este tipo?

Los **próximos 4-5 años se prevén como críticos** en relación con la evolución del contexto geopolítico, operativo y con el incremento de la evolución en varias tecnologías disruptivas. Las tecnologías pueden volverse obsoletas en tiempos cada vez menores, por lo que es fundamental conocer cuáles son las más adecuadas en cada momento y alinear los ciclos de adquisición a esta nueva realidad, para evitar el despliegue de soluciones que, desde que se identifican hasta que se implantan, realmente puedan haber quedado ya obsoletas.

Por otro lado, tal y como se expone en el *Capítulo 2*, **se prevé que la financiación en el ámbito de la Defensa se incremente y consolide en los próximos años**, por lo que será fundamental igualmente disponer de mecanismos para el más adecuado empleo y aprovechamiento de estos fondos en aquellas soluciones y tecnologías que más beneficios pueden aportar.

La confluencia de todos estos motivos genera una **ventana de oportunidad** que puede ser adecuadamente aprovechada únicamente si las Organizaciones disponen de un procedimiento integral de gobierno y gestión de la innovación tecnológica, que tenga en cuenta todos los factores implicados y que esté alineada con su estrategia global corporativa.

Por último, y para contextualizar la realización de este TFM, en la medida en que la innovación tecnológica es uno de los elementos fundamentales que los responsables de la dirección tecnológica del Ministerio de Defensa (MDEF) tendrán que afrontar en los próximos años, se estima que es un **tema**

[2] El FOMO es un fenómeno psico-social que describe una aprehensión generalizada de que otros individuos o grupos están participando en experiencias o adquiriendo beneficios de los cuales uno está ausente.

relevante en el marco del presente Máster Universitario en Dirección TIC para la Defensa y que se incardina con varios de los objetivos y competencias que se pretenden desarrollar con él.

En resumen, en el contexto actual, la gestión estratégica de la innovación se articula como un **mecanismo fundamental** para que las Organizaciones de Seguridad y Defensa, y en concreto el Ministerio de Defensa, puedan obtener el **máximo valor posible en cada momento de las posibilidades que la evolución de las tecnologías y metodologías emergentes ofrecen** para adaptarse a los rápidos e impredecibles cambios de contexto, reforzar la soberanía nacional, apoyar el trabajo de los hombres y mujeres que forman parte de las Fuerzas Armadas y, en definitiva, prestar el mejor servicio a la sociedad española.

1.2 Finalidad y Objetivos Estratégicos.

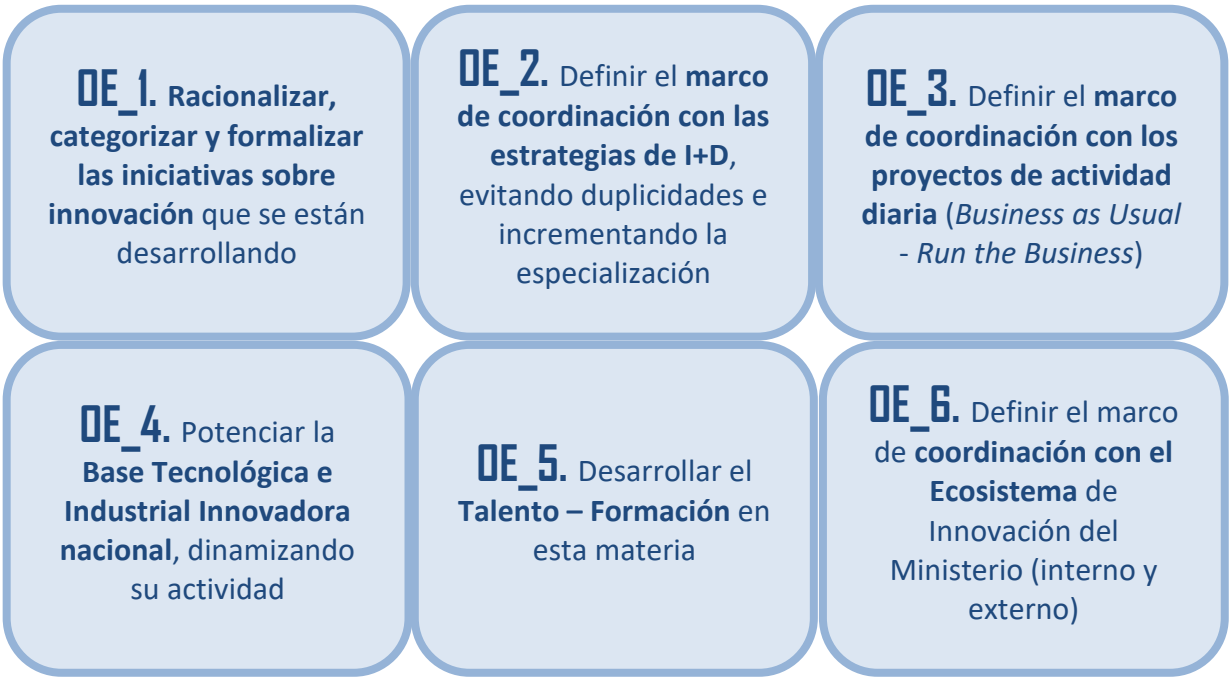
La finalidad del presente TFM es la definición de un **modelo que sistematice y potencie los procesos de innovación TIC del MDEF**, desde una **perspectiva integral[3].**

Con esta sistematización se persigue mejorar y agilizar la aplicación de nuevas ideas, conocimientos, metodologías y tecnologías, para alcanzar los siguientes **beneficios**:

- Hacer más eficientes e **incorporar el máximo valor a las capacidades actuales** del Ministerio para el desarrollo de sus misiones y cometidos, tanto en el **ámbito operativo** (planificación, conducción y seguimiento de operaciones, operaciones de mantenimiento de la paz, inteligencia, etc.), **como en el funcional** (gestión de recursos humanos, financiera, de infraestructuras, de publicaciones y patrimonio cultural, etc.).
- Disponer de **mecanismos para mapear** las necesidades, retos y amenazas del Ministerio, con las capacidades tecnológicas que posibilitan abordarlos.
- Incorporar **nuevas capacidades y funcionalidades** al Ministerio para responder, de forma ágil y segura, a las crecientes amenazas, retos y necesidades que se le plantean, incluyendo el establecimiento de mecanismos para la evaluación e integración en su caso de tecnologías y soluciones duales y la colaboración con ecosistemas de innovación civiles, empresariales y académicos.
- Fomentar la **colaboración y el desarrollo coordinado de soluciones innovadoras TIC** entre los diferentes ámbitos del MDEF, de forma coherente y alineada con la orientación a Operaciones Multidominio (en las que se integran las actuaciones y relaciones entre los dominios tradicionales terrestre, naval y aéreo con el espacial, el ciberespacial y el cognitivo).
- Consolidar una **cultura de innovación interna** en el Ministerio, en la que se complementen y realimenten los procesos, proyectos e iniciativas tradicionales para el desarrollo de misiones y cometidos, con proyectos transformadores de evolución y mejoras de la eficiencia de esos procesos, basados en el empleo de tecnologías y metodologías TIC innovadoras.
- Contribuir al **desarrollo económico e industrial en España**, a potenciar **empleo de calidad** y la **actividad investigadora**.

[3] Esta perspectiva integral incluye el alineamiento con las necesidades estratégicas operativas y funcionales del MDEF y con el contexto en el que desarrolla su actividad, los mecanismos de coordinación con todo el ecosistema de Innovación del MDEF, las estrategias para la dinamización de la Industria Nacional y para el refuerzo de la soberanía y resiliencia en España, consideraciones tecnológicas (como el alineamiento con las Políticas corporativas del Ministerio y los proyectos en curso sobre TIC, Ciberseguridad y Transformación Digital), consideraciones sobre gestión de portfolios y proyectos de innovación, sobre procesos de transferencia tecnológica, legales y financieras.

La finalidad y los beneficios anteriores, se articulan sobre la base de la consecución de **los siguientes Objetivos Estratégicos (OE)**:



Para la consecución de esta finalidad y objetivos estratégicos, el **primer instrumento a implementar es un Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC**, adaptado a la idiosincrasia del Departamento (marco organizacional, cultura, etc.) y al contexto en el que el Ministerio desarrolla su actividad (geopolítico, económico, etc.).

1.3 Alcance y Ámbito de Aplicación.

El Modelo propuesto en este TFM aborda la innovación en el ámbito de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Ciberseguridad y el proceso de Transformación Digital[4]. Además, la innovación no sólo abarcaría al ámbito puramente tecnológico, en lo que respecta a la evaluación de capacidades derivadas de Tecnologías Emergentes y Disruptivas (EDT[5]), sino también al metodológico, en cuanto al análisis de las posibilidades que nuevos métodos y procedimientos de gestión pueden aportar.

Por su especificidad, la propia naturaleza de las actividades involucradas, la asignación de responsabilidades diferenciadas en el Ministerio y el diferente ecosistema asociado, aquellas innovaciones relacionadas con sistemas y plataformas de armas, soluciones TIC embebidas e indisociables de sistemas de armas, sensórica y sistemas electrónicos o aplicaciones de biotecnología y sistemas NRBQ[6] o equipamiento en Bases, Acuartelamientos y Emplazamientos (seguridad física, sistemas de energía, etc.), no se incluyen dentro del alcance de este documento.

[4] Para facilitar la lectura, a lo largo del documento se hace referencia únicamente al término ‘innovación’ o ‘innovación tecnológica’ sin concretar que sólo afecta a los ámbitos anteriores.

[5] Se trata de un concepto ampliamente utilizado mediante sus siglas en inglés (*Emerging and Disruptive Technologies*), por lo que a o largo del TFM se mantendrá esta denominación.

[6] Sistemas de Defensa Nuclear, Radiológica, Biológica y Química.

1.4 Metodología empleada.

Para la elaboración de este TFM se ha seguido una **metodología de naturaleza cualitativa**, basada en el análisis de bibliografía y referencias sobre gestión estratégica de la innovación, y en la adaptación de las concusiones de este análisis a la realidad actual y prevista del Ministerio de Defensa.

En concreto, el trabajo se ha estructurado en dos fases principales: una primera fase de **investigación documental** y una segunda fase de **diseño y desarrollo de una propuesta original**. Con este enfoque mixto se busca fundamentar la solución desarrollada en el estado del arte y en las mejores prácticas identificadas, y facilitar, a través de un ejemplo, su aplicación práctica en otros casos.

- **Fase 1: Identificación y revisión de fuentes de información.**

  El trabajo se sustenta en una revisión exhaustiva de fuentes para establecer el marco teórico y conceptual (*Capítulo 2*). Las fuentes consultadas se clasifican en tres categorías:

  – **Fuentes Bibliográficas de Universidades y Centros de Investigación:** Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas como ScienceDirect, Dialnet o ResearchGate.

  – **Fuentes Institucionales y Gubernamentales:** Para complementar la visión académica, se analizaron informes, guías y datos públicos de organizaciones como el Ministerio de Defensa de España, de Organizaciones Públicas en España, de otros Departamentos de Defensa y de Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa (OISD) como la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) o la Unión Europea (UE).

    - En el caso de las Organizaciones Públicas en España, se ha tomado como referencia fundamental las estrategias e iniciativas de los distintos órganos del Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública (MTDFP), como Departamento Ministerial responsable de *"la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de telecomunicaciones, sociedad de la información, transformación digital y el desarrollo y fomento de la inteligencia artificial"* [RD 210/2024], y por tanto referencia fundamental en el ámbito de las TIC y la Transformación Digital en la que se enmarca este TFM.

      Se trata en concreto de la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial (SEDIA), de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales (SETELECO), y de la Agencia Estatal de Administración Digital (AEAD).

      También se han analizado los proyectos del Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI), como *"Entidad Pública Empresarial (E.P.E), dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas, desarrollando programas e instrumentos y canalizando las solicitudes de ayuda y apoyo a los proyectos de I+D+I de empresas españolas en los ámbitos estatal e internacional, contribuyendo así a la capacitación y a la mejora del nivel tecnológico de las empresas españolas"* [CDTI s.f.].

    - Respecto a la OTAN, las referencias principales en el ámbito de la innovación TIC son el *Digital Policy Committee* (DPC)[7], la Agencia de Comunicaciones e Información de la Alianza (*NATO Communications and Information Organization* – NCIA)[8] y la

[7] https://www.nato.int/en/about-us/organization/nato-structure/digital-policy-committee-dpc

[8] https://www.ncia.nato.int/

Organización de Ciencia y Tecnología de la OTAN (*Science and Technology Organization* -STO-)[9].

- Para el caso de la UE, las referencias son fundamentalmente la Alta Representación de la Unión para Asuntos Exteriores y Política de Seguridad, la Dirección General de Industria de Defensa y Espacio (*Directorate-General for Defence Industry and Space* -DG DEFIS-)[10] y la Agencia Europea de Defensa (*European Defence Agency* -EDA-)[11].

Como un subconjunto de este caso, se ha recopilado y analizado la Legislación y Normativa (española y comunitaria de la UE) de aplicación en este caso, por ejemplo, en lo relativo a mecanismos de contratación pública o de protección de la propiedad intelectual.

– **Fuentes de Empresas y Organizaciones Privadas.**

También se consultaron fuentes de empresas y organizaciones privadas como Amazon Web Services (AWS), ISACA, Bloomberg, Boston Consulting Group o la fundación COTEC.

En esta fase, la estrategia de búsqueda se ha centrado en las palabras clave de este TFM (identificadas al comienzo de esta memoria) como, por ejemplo: gestión estratégica de la innovación, gobernanza de la innovación, procesos de transferencia tecnológica, Innovación Abierta, gestión de la propiedad intelectual o modelos de financiación de la innovación.

Para acotar la búsqueda con mayor precisión y obtener resultados más relevantes, se combinaron los términos anteriores con conceptos como *"Defensa" "Seguridad Nacional"* o *"Fuerzas Armadas"*. Además, en las búsquedas se emplearon estos conceptos tanto en español como en inglés.

Así mismo, para el descubrimiento de fuentes, además de la búsqueda directa en repositorios y páginas Web, se ha empleado una **herramienta online de investigación basada en Inteligencia Artificial** como NotebookLM (basado en Gemini 2.5 Pro y Gemini 3 Pro)[12].

En cualquiera de los métodos de descubrimiento de fuentes, los **criterios de inclusión** para la selección de documentos fueron:

– Publicaciones de los últimos años (prioritariamente posteriores a 2020) para asegurar que se cuenta con datos e información actualizada.

– Asociación directa con la gestión estratégica de la innovación tecnológica.

– Rigor metodológico, prestigio de la fuente, relevancia y aplicabilidad para la actividad del Ministerio de Defensa (para el caso de referencias de Administraciones Públicas en España y de OISD).

La información recopilada no se ha utilizado de forma meramente acumulativa, sino que fue sometida a un proceso de análisis y síntesis conceptual, buscando posibles sinergias y conexiones entre las soluciones propuestas y comparándolas con la situación actual en el MDEF.

- **Fase 2: Análisis, síntesis y desarrollo de la propuesta.**

En los *Capítulos 3* y *4* la metodología empleada ha sido la combinación de los conceptos más relevantes derivados de las referencias analizadas, en un modelo original (el modelo VegaLYR).

Esta combinación se ha basado en el conocimiento del autor de las necesidades y contexto del Ministerio de Defensa y en sus conocimientos en relación con las Tecnologías de la Información

[9] https://www.sto.nato.int/

[10] https://commission.europa.eu/about/departments-and-executive-agencies/defence-industry-and-space_en

[11] https://www.eda.europa.eu/

[12] https://notebooklm.google.com

y la Transformación Digital, como ingeniero y consultor con más de 20 años de experiencia en gestión estratégica TIC en este Departamento.

La originalidad de esta propuesta radica en la integración y adaptación de dichos conceptos, generando una metodología que responde de manera específica a los desafíos que afronta el MDEF y los que se prevé que tenga que abordar en el futuro.

Además, en el modelo desarrollado se ha seguido un enfoque de definición modular, al objeto de poder dividir y estructurar en fases su implementación. Si bien es recomendable abordar todos los módulos definidos, es posible adecuarlo a las necesidades concretas de cada momento.

1.5 Estructura de la Memoria.

El TFM se estructura en cuatro grandes bloques:

- El *Capítulo 2* presenta el **estado del arte y el contexto** (tanto en el ámbito tecnológico, en el geopolítico, en el económico y en el social) en el que se enmarca el desarrollo de las misiones y cometidos del MDEF, y en el que se circunscribiría por tanto la aplicación del modelo de innovación objeto de este TFM.

  Incluye las previsiones sobre el empleo y evolución de este contexto en un escenario de entre 5 y 10 años. Se elige este plazo al estimarse que equilibra la ambición transformacional con una evolución realista del contexto en sus distintas dimensiones. En el *Apartado 3.4* se detalla el motivo de la elección de este horizonte temporal.

- El *Capítulo 3*, constituye el **bloque fundamental del TFM** y en él se presenta el Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Ministerio de Defensa (Modelo VegaLYR), describiendo los distintos bloques que lo componen, la interdependencia entre ellos y su propuesta de funcionamiento conjunto.

- El *Capítulo 4*, presenta una **posible aplicación práctica de este Modelo** en el marco del funcionamiento del **Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales (LNSTD)**, recientemente establecido entre el Ministerio de Defensa y el Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), y que será un elemento fundamental para articular el desarrollo colaborativo de capacidades en el ámbito de la Seguridad y la Defensa en España, a partir de 2026.

- Por último, el *Capítulo 5* recoge las **conclusiones más relevantes** sobre el modelo presentado y propone posibles líneas futuras para su implantación en el Ministerio de Defensa y para su evolución.

2 ESTADO DEL ARTE Y CONTEXTO DE LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN PARA EL MINISTERIO DE DEFENSA

"Creatividad es pensar cosas nuevas. Innovación es hacer cosas nuevas"

Theodore Levitt. Economista y profesor de la Universidad de Harvard.

2.1 Introducción.

La ciencia y la tecnología son una piedra angular del funcionamiento y del progreso de las Sociedades modernas y, en concreto, los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tienen, y tendrán cada vez en mayor medida, una importancia fundamental para el desarrollo de las misiones y cometidos del Ministerio de Defensa y de las Fuerzas Armadas, del mismo modo que ocurre para el conjunto de la Sociedad.

Es por tanto fundamental adaptar, como tarea permanente, el funcionamiento del Ministerio a la evolución de las tecnologías digitales y de aprovechar las enormes posibilidades que ofrecen, afrontando al mismo tiempo y de forma integral los riesgos inherentes a ellas y a las crecientes ciberamenazas. Se trata de una actuación fundamental, que muy previsiblemente irá resultando cada vez de mayor importancia.

Se da respuesta de esta forma a la ***Directiva de Defensa Nacional*** aprobada por el Presidente del Gobierno en junio de 2020 [DDN 2020], donde se reconoce la importancia de que las Fuerzas Armadas mantengan un nivel tecnológico avanzado que permita una capacidad operativa acorde a la evolución de las nuevas tecnologías.

El nuevo ***Concepto Estratégico de la OTAN*** aprobado en la Cumbre de la Alianza Atlántica de Madrid de junio de 2022 [OTAN 2022], recoge igualmente la importancia que tiene y tendrá la transformación digital y el uso de tecnologías emergentes para responder a los retos que se afrontan, en un nuevo escenario cada vez más digitalizado, hiperconectado, autónomo e inteligente.

El desarrollo de las misiones y cometidos del Ministerio, y especialmente el desarrollo de las operaciones de las Fuerzas Armadas, está evolucionando hacia un contexto en el que es crítica la **hiperconectividad, asegurar la libertad de acción en el ciberespacio, la superioridad de la**

información o las **operaciones en el multidominio** donde las actuaciones tienen efectos sobre los entornos físicos tradicionales, el ciberespacio o el ámbito espacial, todo ello enmarcado en lo que podría describirse como una "esfera digital" que engloba todos los ámbitos e influye en ellos y en sus interrelaciones.

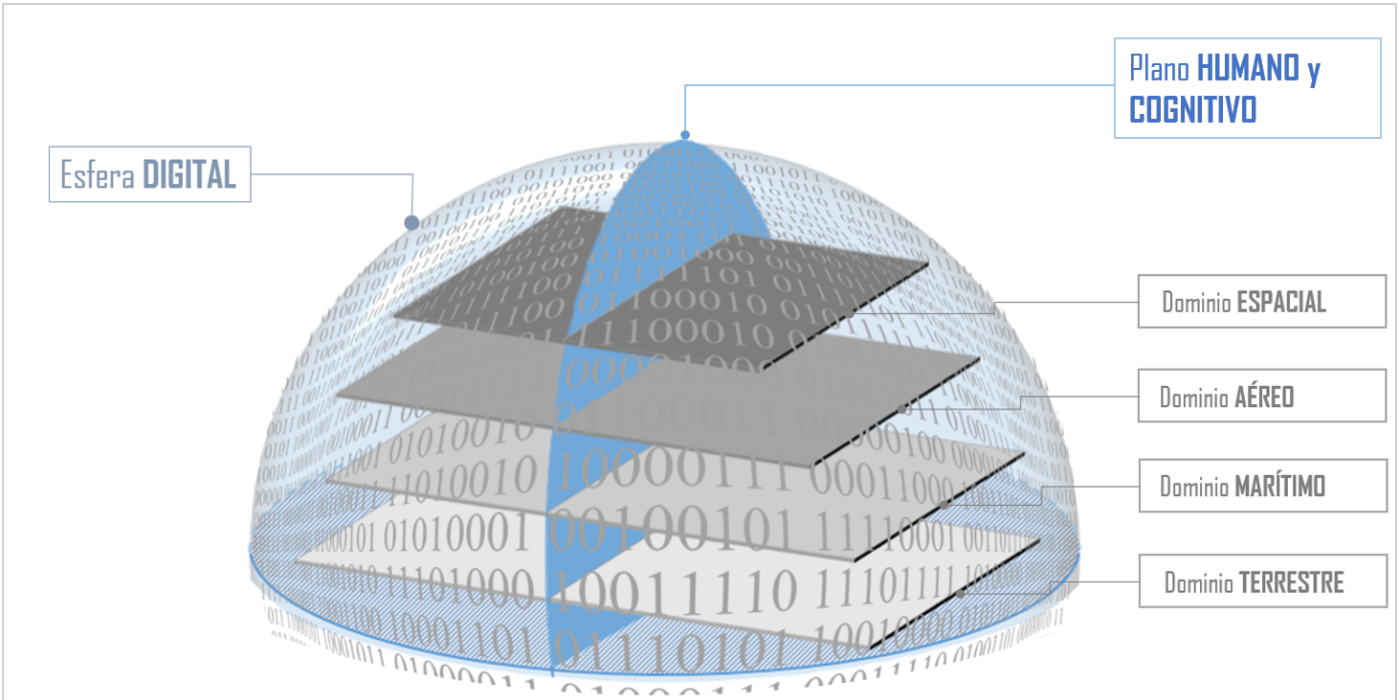


Figura 2-1. Esfera Digital de las Operaciones Multidominio en el Ministerio de Defensa. Fuente: DG CESTIC.

Se trata de una tendencia creciente en la que prácticamente cualquier necesidad operativa va a requerir servicios TIC, y en la que ya desde su concepción, los sistemas de armas tienen que definirse con múltiples capacidades digitales integradas (por ejemplo, gemelos digitales, nubes de combate adaptadas o uso de algoritmos de inteligencia artificial –IA-).

Las Fuerzas Armadas y en su conjunto todo el Departamento, requerirán cada vez de más capacidades y servicios digitales y podrán obtener mayores beneficios de éstos en el desarrollo de sus misiones, de forma transversal, en los niveles estratégico, operacional y táctico, y cubriendo potencialmente todas las Áreas de Capacidades Militares que se definan en el proceso de Planeamiento de la Defensa[13], regulado por la Orden Ministerial 60/2015, de 3 de diciembre [OM 60/2015].

Para responder a este contexto y en línea con las iniciativas que la OTAN está definiendo (*NATO Science & Technology Trends 2023-2043* [OTAN 2023]), es básico dotar al Ministerio de un entorno con las siguientes características:

- Inteligente, con explotación integrada de Inteligencia Artificial, capacidades analíticas centradas en el conocimiento y sistemas combinados IA – Inteligencia humana.
- Interconectado, con explotación de redes en entornos físicos y virtuales, incluyendo redes de sensores, organizaciones, personas y agentes autónomos, conectados usando nuevos métodos de encriptación y tecnologías para registro de información.
- Distribuido, empleando sensores, almacenamiento y procesado descentralizado y de alta capacidad.

[13] Al mismo tiempo que también son una pieza fundamental para la consecución de un elevado porcentaje de los Otros Objetivos del Departamento, que igualmente se definen en el proceso de Planeamiento de la Defensa.

- Digital, combinado con los dominios humano, físico y de la información para alcanzar nuevos efectos disruptivos.

Además, la ciberseguridad y la prevención, detección y respuesta de ciberamenazas inherentes al empleo de nuevas tecnologías, constituyen factores críticos, por lo que se deben integrar en el proceso de Transformación Digital del Departamento.

Este entorno permitirá desarrollar las operaciones militares dentro del complejo sistema de interrelaciones en los ámbitos conjunto, interministerial e internacional, y apoyará a los diferentes escenarios que se definen en el proceso de Planeamiento de la Defensa, antes mencionado.

El valor estratégico de la información es un principio fundamental del funcionamiento del MDEF, y es la base de la Transformación Digital, que se orienta prioritariamente a facilitar las operaciones militares.

La Transformación Digital se sustenta en el desarrollo de las Políticas sobre Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [ODEF 2639/2015], Seguridad de la Información [ODEF 807/2024], y Gestión de Datos, Información y Conocimiento [ODEF 1196/2017]. La rápida evolución de las tecnologías en este ámbito, obliga a que, en los próximos años, se deba mantener una evolución permanente de las soluciones, servicios e infraestructuras TIC corporativas para:

- Garantizar que estas soluciones, servicios e infraestructuras TIC permiten responder a un entorno operativo en constante evolución.
- Aprovechar los potenciales beneficios de las tecnologías emergentes y disruptivas (especialmente en casos de gran impacto como la IA, las comunicaciones satelitales y móviles de nueva generación, la supercomputación, y previsiblemente en un futuro próximo, las tecnologías cuánticas).
- Incrementar la seguridad y resiliencia de infraestructuras TIC y mejorar su protección frente a las crecientes ciberamenazas.
- Reforzar el sector tecnológico e industrial de Defensa, incrementando la competitividad y autonomía estratégica, fomentando y reteniendo el talento nacional en tecnología en colaboración con el ámbito académico y empresas del sector.

A la vista de lo anterior, y tal y como se ha indicado en el *Apartado 1.1.*, se comprueba como la necesidad de innovar es una premisa para el Ministerio de Defensa, que le permitirá reforzar las Capacidades Digitales de las Fuerzas Armadas. Se trata de una **necesidad crítica e inaplazable y que debe reforzarse e incrementarse de forma permanente en los sucesivos ciclos de planeamiento**.

2.2 La Necesidad. Un contexto en constante (y acelerada) evolución.

2.2.1 La Teoría de los Ciclos de Innovación: La 5ª Revolución tecnológica.

La ***Teoría de los Ciclos o Revoluciones de innovación*** fue desarrollada entre 1939 y 1942 por el economista austriaco Joseph Schumpeter [SCHUMPETER 1939] [SCHUMPETER 1942]. Esta Teoría postula que, especialmente desde la Revolución Industrial hace aproximadamente 250 años, el desarrollo económico no ocurre de manera gradual, sino a través de irrupciones dinámicas y discontinuas impulsadas por la innovación tecnológica, cuyo núcleo es la **"destrucción creativa"**. Este concepto es fundamental y relevante porque describe un mecanismo fundamental de funcionamiento del capitalismo: un proceso de cambio industrial que revoluciona permanentemente la estructura económica desde dentro, **destruyendo lo antiguo** (tecnologías, empresas y oficios obsoletos) para **crear lo nuevo** (métodos más eficientes y de mayor valor).

Lejos de considerarse un fallo del sistema, Schumpeter identifica esta "destrucción" como el hecho esencial del crecimiento, explicando por qué la estabilidad es imposible a largo plazo y cómo el emprendedor, al romper el equilibrio estático del mercado, es el verdadero agente de la prosperidad y el progreso social.

En relación con lo anterior, se comprueba como **cada vez es menor la distancia entre revoluciones**, gracias a la aceleración en el desarrollo tecnológico, por lo que las Organizaciones deben estar permanentemente preparadas y disponer de procedimientos para la evaluación de estas tecnologías y para el desarrollo de aplicaciones, en beneficio del desarrollo de sus misiones y cometidos.

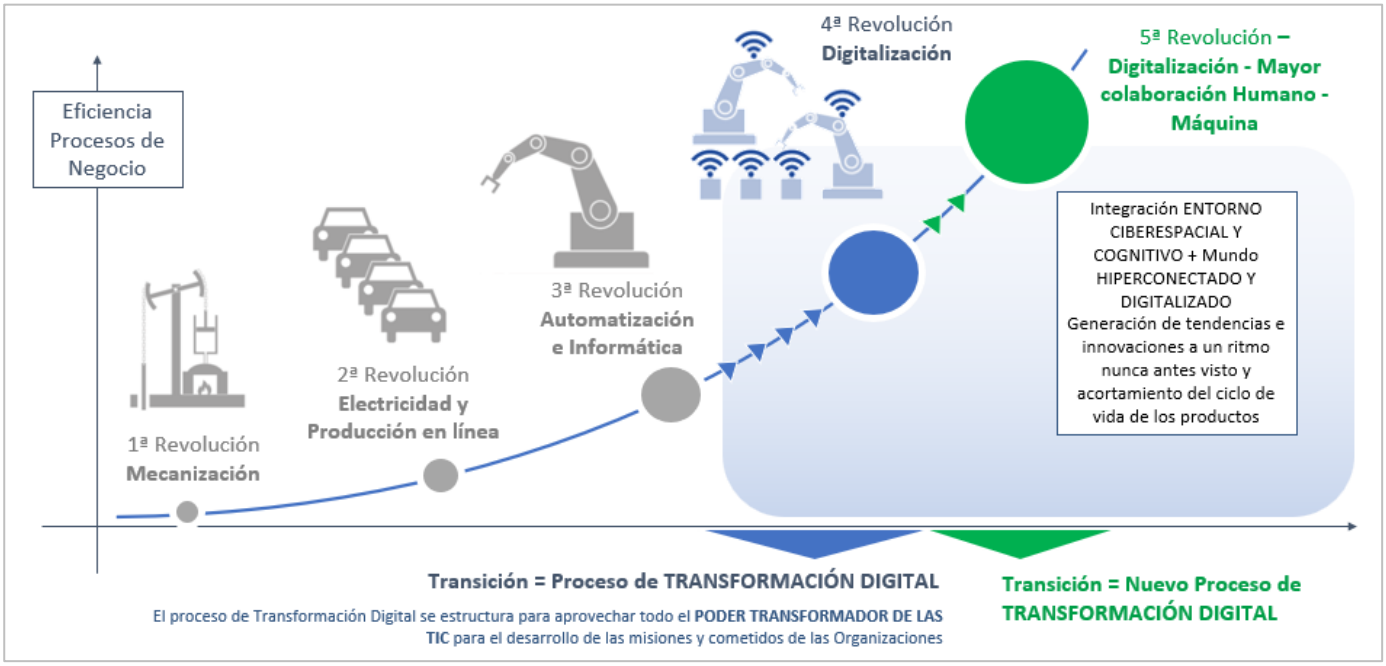


Figura 2-2. Escenario de evolución de las Revoluciones Tecnológicas. Fuente: Ponencia sobre Modelos e Iniciativas Estratégicas de Colaboración y Sinergias en el ámbito TIC del autor del TFM – I Curso TIC para la Alta Dirección del Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado (IUGM) – junio 2024.

Actualmente, el proceso se encuentra en una **transición entre la 4ª Revolución centrada principalmente en la Digitalización y la 5ª Revolución,** en la que a esta digitalización se añaden conceptos y capacidades como la **integración entre los dominios clásicos con el ciberespacial y el cognitivo**, además de enmarcarse en un Mundo cada vez más hiperconectado y digitalizado, con generación de tendencias e innovaciones a un ritmo nunca antes visto y con acortamiento del ciclo de vida de los productos.

Todo ello conlleva que los procesos de Transformación Digital, que la gran mayoría de las Organizaciones desarrollan desde principios del siglo XXI y especialmente desde los años 10 de este siglo, deban ser un **fenómeno cada vez más flexible y dinámico** para dar cabida a las nuevas innovaciones tecnológicas y metodológicas en su actividad.

Una adecuada gestión y gobierno de estas innovaciones juega un papel fundamental en ello. Como se ha indicado anteriormente, la velocidad a la que se producen los cambios en esta Revolución obliga a las Organizaciones a evaluar las evoluciones que se producen y a integrar aquéllas que pueden aportarles mayores beneficios en sus Capacidades Operativas y Funcionales en ciclos muy cortos. Esto es especialmente crítico en el ámbito de la Seguridad y la Defensa, donde es fundamental esta agilidad, pero al mismo tiempo asegurar que las innovaciones que se integran en las capacidades operativas son fiables y seguras.

Además, la previsión es que **la revolución tecnológica tenga impactos cada vez más profundos**, especialmente debido la convergencia del desarrollo de varias tecnologías. En este sentido, por ejemplo,

la Comisión Europea ha aprobado una **Recomendación sobre áreas de tecnologías críticas para la seguridad económica de la UE**, en la que se incluyen: Tecnologías avanzadas de semiconductores, Inteligencia Artificial, Tecnologías Cuánticas, Biotecnología, Sistemas avanzados de conectividad y navegación y de sensores, sistemas espaciales, tecnologías energéticas, robótica y sistemas autónomos y materiales avanzados [CE 2023_2].

Una aproximación de gran relevancia a la forma de afrontar esta revolución tecnológica se presenta en el libro de 2020 del Profesor de la Universidad Politécnica de Madrid Gonzalo León Serrano, ***Repercusiones Estratégicas del Desarrollo Tecnológico – impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países***, editado por el Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE) en 2020 [IEEE 2020]. Uno de los principales conceptos que presenta este libro, de interés para su aplicación en el análisis que se hace en este TFM, es el de la **convergencia e interacción entre EDT**.

A modo ilustrativo de este concepto, el Profesor León, incluye la siguiente cita del libro *"La singularidad está cerca"* del empresario y científico estadounidense Raymond Kurzweil: *"La futura era GNR (genética, nanotecnología, robótica) no nacerá debido solamente a la explosión exponencial de la computación, sino debido a la* ***interacción y al gran número de sinergias*** *que resultarán de múltiples avances tecnológicos entrelazados entre sí"*.

Se prevé que esta convergencia haga cada vez más profundo el impacto que las EDT pueden suponer, especialmente gracias a la combinación de tecnologías como la IA, la Robótica o el *Internet of Things* (IoT), con otras que actualmente se encuentran en un estado de desarrollo más incipiente, como la Computación y las Comunicaciones Cuánticas, la Biotecnología o la energía de Fusión Nuclear. Centrándose en las tecnologías TIC la situación prevista se refleja en la siguiente figura:

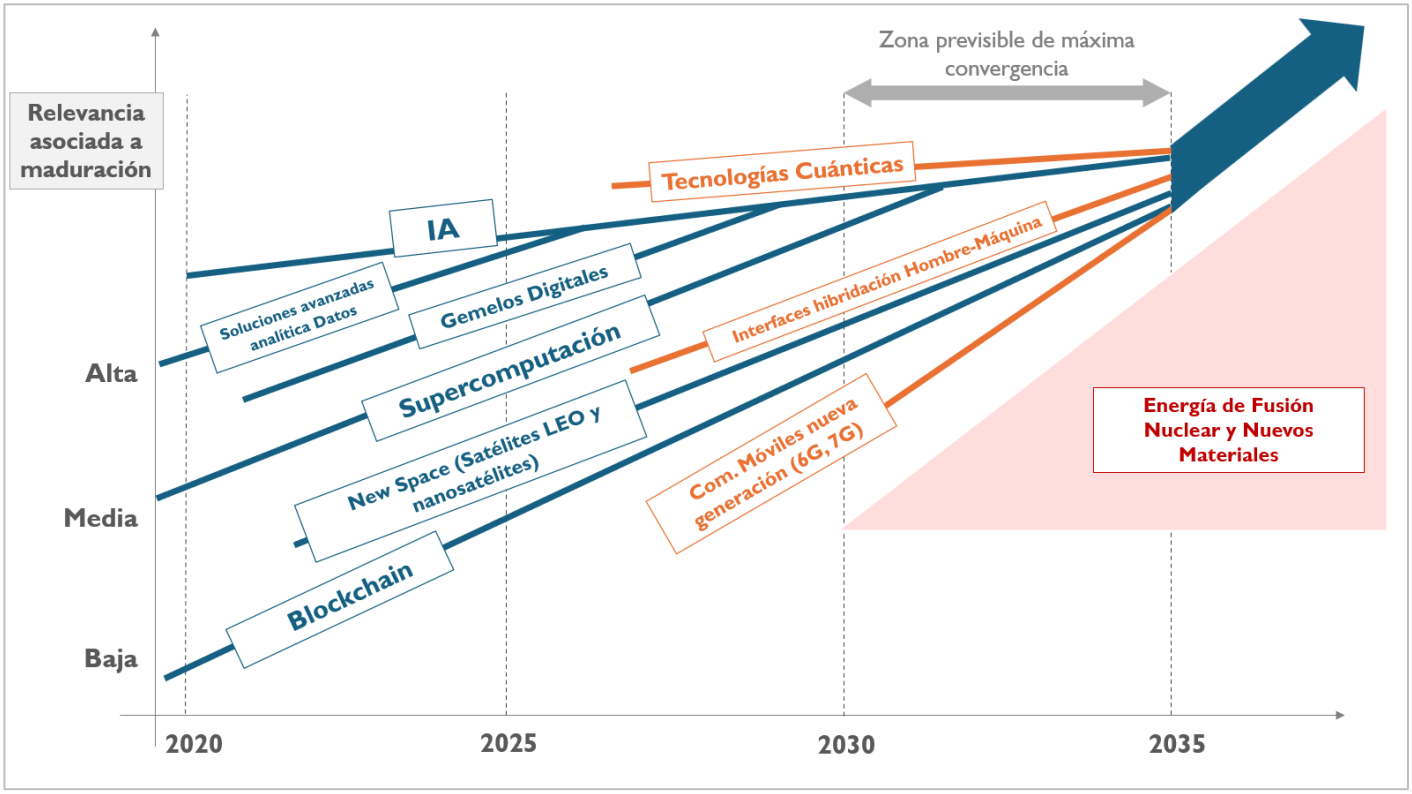


Figura 2-3. Convergencia e interacción entre EDT en su ciclo de maduración – Fuente: Elaboración propia inspirada en imagen del Profesor Gonzalo León.

Si bien algunas integraciones ya se han producido (IA y analítica de datos) o se van a producir en muy poco espacio de tiempo (como la IA con la autonomía y gemelos digitales), se prevé que a partir

de 2030 se produzca un incremento muy notable en ellas, y en los efectos que producirán para la operatividad de las entidades en general, y de las Organizaciones de Defensa y Seguridad, en particular.

Esto es así, ya que todas ellas se verían enormemente beneficiadas del posible desarrollo comercial de la energía de fusión nuclear y el desarrollo de nuevos materiales más eficientes, que serían un verdadero factor de "explosión" de las capacidades que ofrecerían las tecnologías emergentes TIC, ya que uno de los mayores problemas y riesgos para su despliegue a gran escala son las crecientes y elevadas necesidades energéticas, y su consiguiente sostenibilidad.

Esta convergencia es precisamente una de las habilitadoras de la 5ª Revolución que se refleja en la *figura 2-2*, tal y como se ha puesto de manifiesto desde el Foro Económico Mundial (*World Economic Forum*) en [WEF 2025].

Cabe mencionar, por último, que la importancia de estas EDT para el ámbito de la Defensa, no sólo radica en su uso e integración en capacidades militares, sino en cuanto a la importancia de fomentar y desarrollar la Industria que se encarga de su diseño y producción.

2.2.2 La coexistencia de la Revolución Tecnológica con la evolución del contexto Geoestratégico y del contexto Económico y Social.

En paralelo, y en cierto modo relacionado con esta Revolución Tecnológica que se está viviendo, se están produciendo una serie de **fenómenos en el ámbito geoestratégico y en el económico, industrial y social**, que impactan, y dan forma de manera decisiva, a las necesidades de evolución de las capacidades tecnológicas de una Organización como el Ministerio de Defensa, y por ende a la necesidad de implementar mecanismos de innovación.

- En el **ámbito geoestratégico** y centrado en el ámbito de la Defensa, destacan:
  - El ya citado ***Concepto Estratégico de la OTAN*** aprobado en la Cumbre de Madrid de junio de 2022 [OTAN 2022]. Se trata del documento marco en la que se recogen los principios y tareas más relevantes para la Alianza en los próximos años. Dentro de él se recogen varias referencias a la importancia de la Transformación Digital y al uso de EDT para responder a los retos que se afrontan y a la manera de abordar su desarrollo, que se articulan como referencias para el caso del MDEF. Por ejemplo:
    - Las **EDT ofrecen tanto oportunidades como riesgos** y modifican el carácter de los conflictos, adquiriendo una gran importación estratégica. La **supremacía tecnológica** supone un factor decisivo (cada vez más importante) para el éxito en un conflicto.
    - La OTAN se compromete a acelerar su proceso de Transformación Digital y de refuerzo de sus redes, infraestructuras y capacidades de ciberdefensa. Además, se promoverá la innovación y se incrementarán las inversiones en EDT. Para ello la OTAN indica explícitamente que se hará una **apuesta por reforzar el desarrollo colaborativo entre Países Aliados y con empresas privadas** protegiendo los ecosistemas de innovación, al mismo tiempo que se promueve un uso responsable de estas tecnologías, acorde a sus valores y a los Derechos Humanos.
  - El libro Blanco para el ***Plan ReArm Europe/Readiness 2030*** aprobado en marzo de 2025 [CE 2025_2], desarrollado a través de la ***Hoja de ruta para la preservación de la paz y la preparación en materia de defensa 2030***, aprobada en octubre de 2025 [CE 2025_4], en el que otros aspectos, se incide en la importancia del desarrollo de capacidades tecnológicas, como las asociadas a la IA.

    Además, como otro factor fundamental, se contempla un presupuesto en inversiones hasta 2030 de hasta 800.000 M€, lo que da muestra de las posibilidades de desarrollo que se van a dar en este horizonte para las áreas de capacidad prioritarias identificadas:

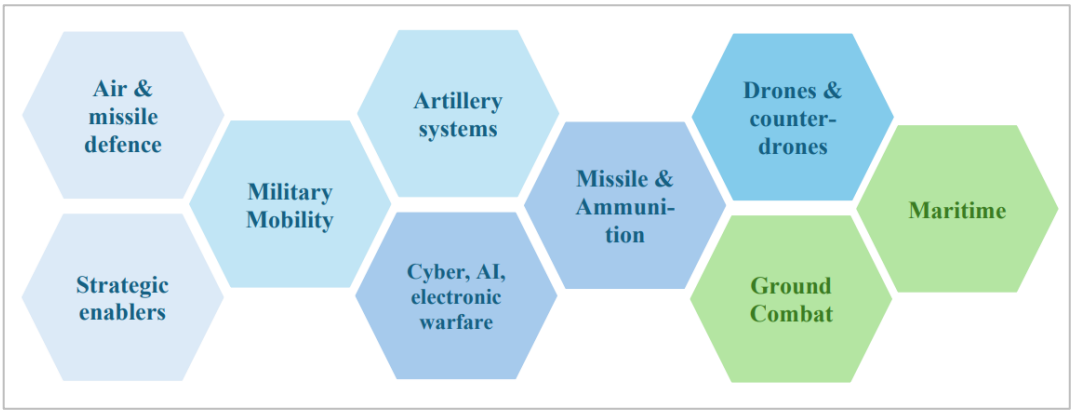


Figura 2-4. Áreas de Capacidad Prioritarias identificadas por los Estados de la Unión Europea, incluyendo las Capacidades Ciber, de IA y de guerra electrónica – Fuente: [CE 2025_4].

- La proliferación de **amenazas híbridas**, traducidas especialmente en las crecientes ciberamenazas (en número, variedad y complejidad), aprovechando la cada vez mayor dependencia de las Organizaciones respecto a las TIC. Ello hace que cualquier desarrollo e iniciativa de innovación deba planificarse y desarrollarse contemplando la imprescindible ciberseguridad y la protección de la información involucrada desde la fase de concepción inicial, especialmente en un ámbito como el de la Defensa (siguiendo los principios de *Security by Design*[14] o *Security by Default*[15] y buscando un equilibrio entre ellos).
- Las lecciones aprendidas de la **Guerra de Ucrania**. Si bien se trata de un conflicto que ha mantenido elementos propios de otros previos, se le puede considerar como una guerra donde las capacidades digitales han tenido y tienen una importancia crítica. Es el caso por ejemplo de:
  - El uso de **Servicios de Nube** (con el traslado de parte de la infraestructura y datos del Gobierno ucraniano a servidores en nube de proveedores comerciales). Esto ha permitido reforzar la resiliencia y continuidad de los servicios del Estado, al no depender de centros de datos físicos en territorio ucraniano y reforzar la ciberseguridad.
  - El empleo de **Comunicaciones por Satélite** (como los servicios de Starlink y otras constelaciones de órbita baja -LEO-), proporcionando una alternativa en aquellos casos en los que las infraestructuras de telecomunicaciones terrestres fueron dañadas.
  - El empleo de **capacidades de Inteligencia Artificial**, para reconocimiento y *targeting* de objetivos y análisis y generación de inteligencia.

- En el ámbito **económico y social**:
  - El **Informe del futuro sobre la Competitividad Europea**, conocido como "Informe Draghi", aprobado por la Comisión Europea en septiembre de 2024 [DRAGHI 2024], identifica **tres necesidades principales** para el refuerzo de la competitividad en Europa:

[14] *Security by design* es una filosofía o enfoque que tiene como objetivo incorporar la seguridad en cada etapa del proceso de producción de un producto [HIKVISION 2019].

[15] *Security by default* contempla que los productos están configurados para la máxima seguridad cuando salen de fábrica, incluso si esta configuración significa que algunas funciones están desactivadas [HIKVISION 2019].

1. **Cerrar la brecha de la innovación**.[16]
2. Migrar a una economía descarbonizada.
3. Reducir dependencias.

Siguiendo la recomendación del informe, y para cubrir estas necesidades y traducirlas a efectos reales, la Comisión Europea ha desarrollado la denominada ***Brújula de Competitividad (Competitiveness Compass)*** regulada en [CE 2025_1].

La brújula se basa en las **tres necesidades principales** del informe Draghi y en **cinco habilitadores horizontales** necesarios para apuntalar la competitividad en todos los sectores: reducir la burocracia excesiva, eliminar barreras para un mercado único, habilitar mecanismos de financiación eficientes, promover la capacitación técnica de las personas y el empleo de calidad y asegurar una mejor coordinación.

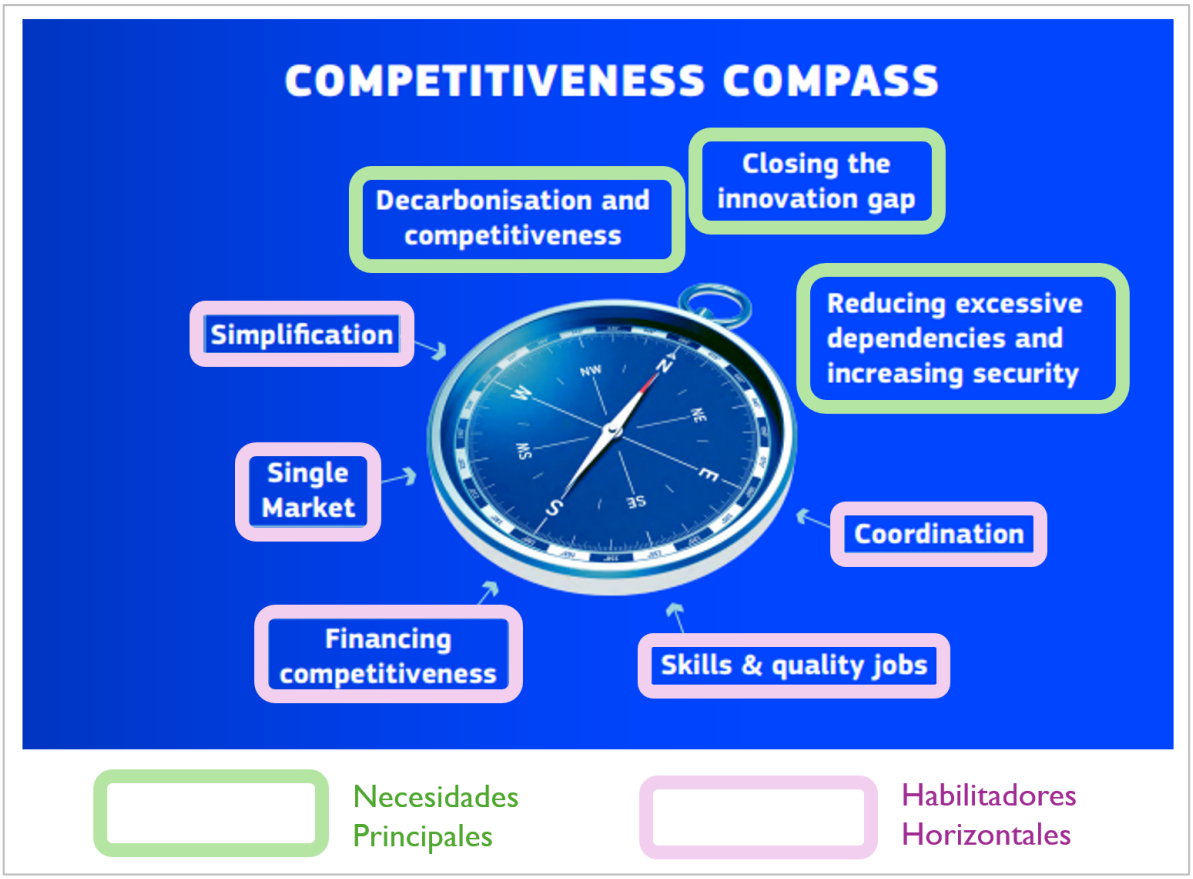


Figura 2-5. Brújula de Competitividad de la Unión Europea. Fuente: Adaptación de la infografía resumen de la Brújula de Competitividad [CE 2025_5].

En concreto en lo que se refiere al pilar ***"Cerrar la brecha de Innovación"*** (*Closing the Innovation Gap*), se plantean en la brújula las siguientes medidas:

- **Crear un entorno favorable para empresas en sus estados iniciales de desarrollo (*startups, scaleups*)**, para implantar su modelo de negocio y expandirlo, a través de una estrategia específica en esta materia.

[16] Como curiosidad, en el informe se cita la palabra innovación 114 veces, lo que da muestra de la relevancia que se le da a esta materia.

- **Ayudar a grandes empresas en su proceso de adopción de nuevas tecnologías** como la Inteligencia Artificial y la Robótica.
- Facilitar a las empresas su actividad en la UE, a través de la **simplificación de reglas y leyes, y un marco común en toda la Unión**.
- **Apoyar el desarrollo de nuevas tecnologías**, con planes de acción específicos para casos como las tecnologías cuánticas, materiales avanzados, biotecnología, robótica o tecnologías espaciales.

Tal y como se refleja en el *Capítulo 3* de este TFM se aplicarán estas medidas (entre otras) para el caso del Ministerio de Defensa, como un ejemplo pionero y exportable a otras Organizaciones de la Administración General del Estado.

Otros condicionantes en el ámbito económico y social para la actividad del Ministerio de Defensa y que igualmente refuerzan la necesidad de un modelo integral de gestión de la innovación son:

- La creciente **escasez de talento digital**, incrementado por el fenómeno de la gran renuncia (*big quit* o *great resignation*), en el que un porcentaje importante de empleados están dispuestos a abandonar su puesto de trabajo en busca de un modelo laboral que se amolde en mayor medida a sus necesidades vitales [WOLTERS 2022], y la enorme competitividad entre organizaciones por atraerlo y retenerlo.
- La necesidad de formas más eficientes de energía.
- Las lecciones aprendidas de la pandemia de COVID 19, en cuanto a la necesidad de reforzar la Soberanía Nacional en las cadenas de suministro y aprovisionamiento.

Aunque en este caso son macrotendencias globales, de igual forma impactan decisivamente y son un requisito crítico a considerar por el MDEF en la definición de sus objetivos estratégicos y en la definición de soluciones para abordados, y para contribuir al desarrollo de las Administraciones Públicas en España y de las OISD de las que España forma parte.

2.3 Principios generales sobre innovación tecnológica.

Como acaba de presentarse, la innovación tecnológica es un elemento fundamental para incrementar la eficiencia en el desarrollo de las misiones y cometidos del Ministerio de Defensa. Pero, ¿qué es realmente la innovación?

En este apartado se conceptualiza y describe este término en el ámbito de la realidad y del contexto actual. Es un término, una *buzzword* o palabra de moda, que es necesario concretar, ya que se emplea de forma excesiva y muchas veces imprecisa, por ejemplo, identificando erróneamente que toda mejora sobre un proceso o una tecnología es una innovación.

2.3.1 ¿Qué es y qué no es la innovación?

En primer lugar se presenta una definición formal de este concepto. Para ello se usa como fuente principal la ***Norma UNE-EN ISO 56000:2020 sobre Gestión de la Innovación*** [ISO 56000 2020]. En ella se define innovación como:

3.1.1 innovación:
Entidad (3.2.5) nueva o modificada, que realiza o redistribuye *valor* (3.7.6).

Nota 1 a la entrada: Novedad y valor son relativos a, y determinados por, la percepción de la *organización* (3.2.2) y las *partes interesadas* (3.2.4) pertinentes.

Nota 2 a la entrada: Una innovación puede ser un producto, un servicio, un *proceso* (3.1.5), un modelo, un método, etc.

Nota 3 a la entrada: Innovación es un resultado. El término "innovación" a veces se refiere a actividades o procesos que resultan en, o apuntan a, la innovación. Cuando "innovación" se usa en este sentido, siempre debería ser usado con alguna forma de calificación, por ejemplo "actividades de innovación".

Nota 4 a la entrada: Para el propósito de medición estadística, referirse al Manual de Oslo 2018, Cuarta Edición, de la OCDE/Eurostat. Véase el Anexo B.2 para una comparación entre las definiciones de innovación de ISO y la de OCDE/Eurostat.

Como se puede ver, en una definición tan corta ya **se asocia innovación con valor**. Se trata de una de las ideas fuerza principales y factores diferenciales de esta disciplina, en la que se redundará activamente a lo largo del TFM.

Por su parte, se define ***"valor"*** como:

3.7.6 valor:
Ganancias provenientes de satisfacer necesidades y expectativas, en relación con los recursos utilizados.

EJEMPLO Ingresos, ahorro, productividad, sostenibilidad, satisfacción, empoderamiento, compromiso, experiencia, confianza.

Nota 1 a la entrada: El valor es relativo a, y está determinado por la percepción de, la *organización* (3.2.2) y las *partes interesadas* (3.2.4).

Nota 2 a la entrada: El valor puede ser financiero o no financiero.

Nota 3 a la entrada: El valor puede ser creado, generado, adquirido, redistribuido, compartido, perdido o destruido.

Nota 4 a la entrada: El valor de una *entidad* (3.2.5) está generalmente determinado en términos de valor de otras entidades por las cuales puede ser intercambiada.

Nota 5 a la entrada: La palabra "valor" algunas veces se refiere a una unidad de datos (numérica), por ejemplo, el resultado de la *medición* (3.8.2) y "valores" algunas veces se refieren a principios o normas de comportamiento, por ejemplo, incluido en el concepto de *cultura* (3.2.10). Cuando se usa "valor" en estos sentidos, siempre podría ser utilizado con alguna forma de calificador, por ejemplo "valor numérico" o el significado debería ser obvio en el contexto.

Además, en su apartado 4.2. de *Conceptos Fundamentales*, se establece que "*Una innovación puede ser un producto, servicio, proceso, modelo, método o cualquier otra entidad o combinación de entidades. Por ejemplo, un modelo puede ser un modelo de negocio, un modelo operativo o cualquier otro modelo de generación de valor. Cualquier cosa, en cualquier área, puede ser innovado. El concepto de innovación* ***se caracteriza por la novedad y el valor****. Para generar valor, la entidad debería introducirse, implementarse, desplegarse, adoptarse o utilizarse hasta cierto punto. Así, novedad y valor son características necesarias y suficientes del concepto de innovación. Esto significa, por ejemplo, que las ideas con propósito, las ideas y las invenciones sin la manifestación de valor no son innovaciones.*"

Para completar esta definición, según el Profesor de ESADE Xavier Ferràs, podríamos definir la innovación como ***"la explotación con éxito de nuevas ideas y/o nuevo conocimiento para generar ventajas competitivas (elementos exclusivos de diferenciación) que creen valor a la empresa y a la sociedad."***

Un punto de vista muy relevante que aporta igualmente el Profesor Ferràs, es la **diferencia entre la innovación y la simple mejora**. El factor diferencial *"está en el riesgo que estamos dispuestos a asumir. La mejora está exenta de* ***riesgo****: mejorar es hacer más eficiente lo que ya estamos haciendo, o con*

mayor fidelidad al cliente. Si el cliente nos pide que cambiemos el color de una pieza, debemos hacerlo (aunque sea costoso)" [FERRÀS 2025].

Dado el ámbito de aplicación de este TFM, resulta igualmente necesario analizar la definición de innovación que se hace para el ámbito de la Defensa. Por ejemplo, en [CHEUNG 2011] se define como *"La transformación de ideas y conocimiento en productos, procesos y servicios nuevos o mejorados para su empleo en aplicaciones militares o de doble uso"*.

En ella se presenta otra idea fuerza en la que igualmente se incidirá en el TFM, constituyendo una de las bases del modelo presentado en el *Capítulo 3*: **el uso de aplicaciones y soluciones duales**.

Por último, es fundamental resaltar las **diferencias conceptuales entre Investigación, Desarrollo e Innovación**, al ser conceptos que, en algunos ámbitos generalistas, se emplean de forma conjunta y muchas veces indistinta. Para ello, en primer lugar, se hará una **crítica constructiva y una propuesta de evolución del tradicional concepto de I+D+i.**

Este concepto, tan ampliamente extendido, puede ser una fuente de equívoco, ya que da una sensación de secuencialidad que no siempre se produce. Pueden darse innovaciones que provengan de una fase previa de Investigación y Desarrollo, pero otras veces no. Tradicionalmente la frontera que se ha usado es el nivel en el que se encuentra el desarrollo de una Tecnología dentro del **modelo *Technology Readiness Levels* (TRL).** El concepto de TRL fue desarrollado por la *National Aeronautics and Space Administration* de Estados Unidos (NASA) durante los años 70 del siglo XX para su uso en programas espaciales [NASA s.f.], y se formalizó en los 80.

La NASA necesitaba una métrica estandarizada para evaluar el riesgo de incorporar nuevas tecnologías en las misiones espaciales, ya que no podían permitirse enviar un componente al espacio que solo funcionaba "en teoría". Con el tiempo, este sistema demostró ser tan **eficaz para gestionar la incertidumbre** que fue adoptado por el Departamento de Defensa de EE.UU., la Agencia Espacial Europea (ESA) y por la Comisión Europea, que lo convirtió en el estándar global para financiar proyectos de innovación (como en el programa *Horizon Europe*[17]).

[17] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en



Figura 2-6. Niveles de Madurez Tecnológica (TRL). Fuente: Elaboración propia a partir de [ETID 2020] y [AYMING 2021].

Si bien se plantea en la figura anterior una separación entre los conceptos de Investigación/Desarrollo e Innovación, la frontera puede ser difusa, si bien se estima que **se ubicaría en el entorno del TRL 6**.

A modo de conclusión de este apartado, se presenta la siguiente figura que conceptualiza los principales conceptos presentados en relación con la innovación:

- La importancia de ver la innovación como algo más allá de de la "i" minúscula en la fórmula I+D+i, evitando una concepción líneal y la necesidad de reenfocar este concepto.
- Su criticidad para la competitividad y el crecimiento de las naciones y sus economías.
- Su foco principal en la generación de valor, y la existencia de algún tipo de factor de riesgo asociado.
- Su complementariedad con la industrialización.

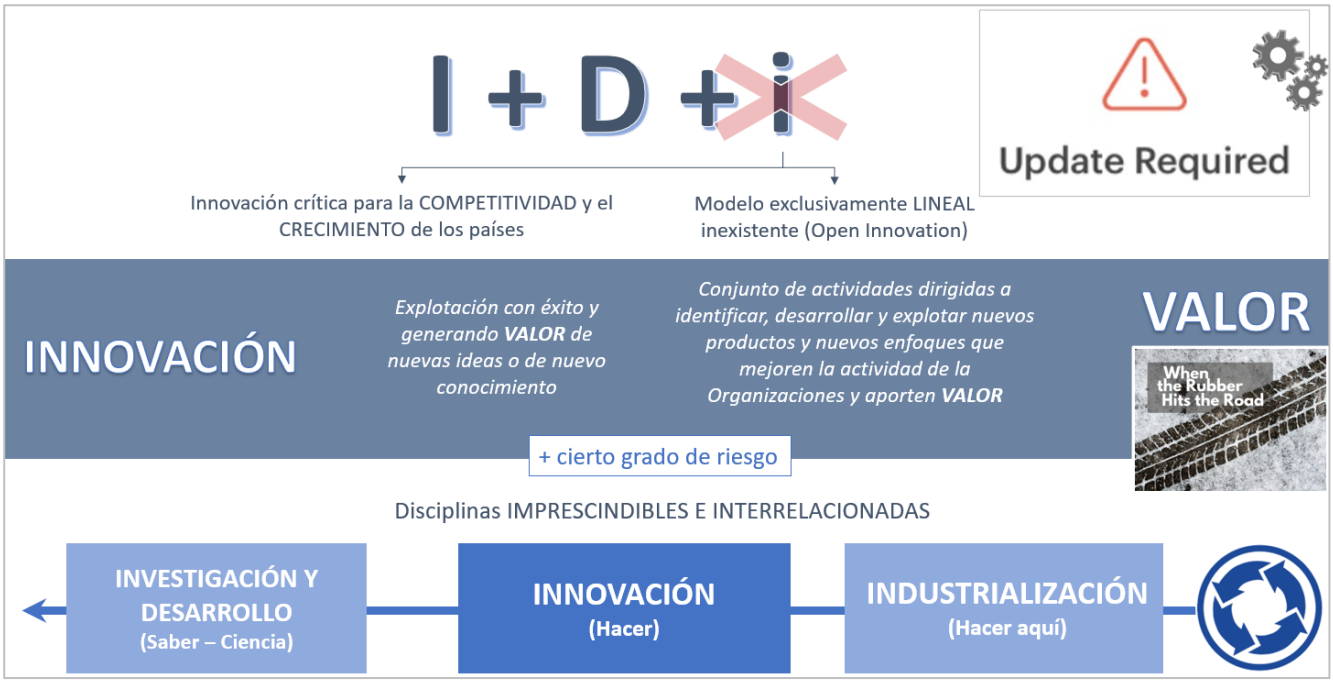


Figura 2-7. Comparación conceptos de Investigación, Desarrollo e Innovación. Fuente: Elaboración Propia – empleada en la ponencia del autor del TFM sobre Modelos e Iniciativas Estratégicas de Colaboración y Sinergias en el ámbito TIC – I Curso TIC para la Alta Dirección del Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado (IUGM) – junio 2024.

2.3.2 Tipos de Innovación.

En un artículo del anteriormente citado Xavier Ferràs, se establece una clasificación de tipos de innovación basado en el uso de una **matriz que compara Riesgo asumido contra potencial Retorno** [FERRÀS 2019]. Si bien está enfocado principalmente a empresas privadas, se estima que los conceptos de riesgo y retorno, con las debidas adaptaciones, pueden ser aplicables a Organizaciones Públicas y en el caso de este TFM, al Ministerio de Defensa.

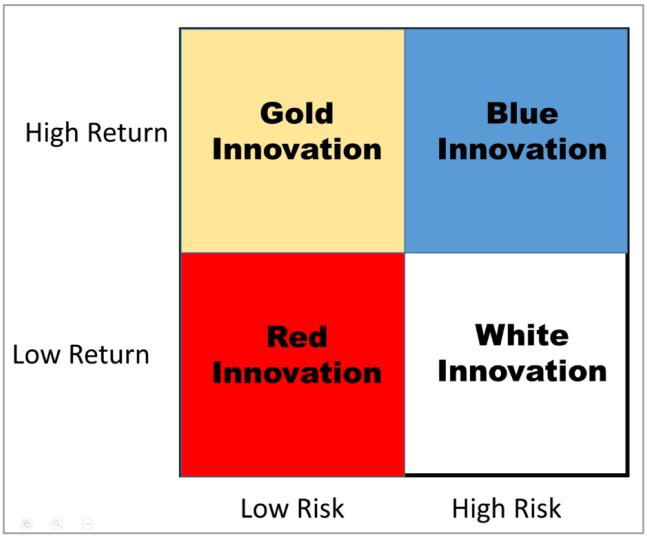


Figura 2-8. Matriz Riesgo-Retorno para la definición de los tipos de Innovación. Fuente: [FERRÀS 2019].

El artículo clasifica la estrategia de innovación de una Organización mediante una matriz que compara el **riesgo asumido** con el **retorno esperado de las iniciativas de innovación**, identificando cuatro "colores" de innovación. La lógica económica dicta que riesgo y retorno deben ser proporcionales, trazando una diagonal donde operan las empresas racionales, pero existen zonas fuera de esta lógica.

La **Innovación Roja** (bajo riesgo, bajo retorno) es la más común y representa la mejora continua en mercados saturados. Aquí, las Organizaciones se centran en la eficiencia y la defensa de su cuota de mercado mediante cambios incrementales y seguros. En el polo opuesto se encuentra la **Innovación Azul** (alto riesgo, alto retorno), que corresponde a la disrupción radical, y la creación de nuevos mercados sin competencia. Aunque la probabilidad de fracaso es alta, es la única vía para lograr un crecimiento exponencial y garantizar el futuro de la compañía.

Respecto a las otras dos zonas, la **Innovación Amarilla** (bajo riesgo, alto retorno) es calificada como sospechosa, propia de la especulación, burbujas financieras o en el mejor de los casos golpes de suerte, ya que promete grandes beneficios sin esfuerzo real. Por último, la **Innovación Blanca** (alto riesgo, bajo retorno) abarca el mecenazgo y la ciencia básica; es económicamente irracional para una empresa comercial, pero vital para el progreso humano a largo plazo.

El mensaje central del Profesor Xavier Ferràs es que las Organizaciones suelen quedarse atrapadas en la **Innovación Roja** (mejorando lo que ya tienen) porque ven inasumible el riesgo que comporta adentrarse en otros tipos.

Sin embargo, para asegurar una adaptación al contexto cambiante que se ha presentado anteriormente en este capítulo, **es fundamental que las Organizaciones, tengan una cartera de proyectos equilibrada**, en la que se incluyan actuaciones de la Innovación Roja (hacer mejor lo que haces ahora), junto con apuestas. Es el concepto de la Organización Ambidiestra que se desarrollará en el *Capítulo 3* del TFM.

2.3.3 Fases de la Innovación.

La empresa consultora y de investigación de mercados Gartner ha desarrollado su popular ***Hype Cycle***, como una herramienta que se ha generalizado en el ámbito de la innovación tecnológica. Según la propia Gartner *"es una **representación gráfica en forma de curva que representa la madurez y adopción de las tecnologías** y apps y cómo son potencialmente **relevantes para resolver problemas comerciales reales y aprovechar nuevas oportunidades**. La metodología del Hype Cycle […] permite ver cómo una tecnología o app evolucionará con el tiempo, y proporciona una fuente sólida de información para que puedas gestionar su implementación dentro del contexto de tus objetivos de negocio específicos."* [GARTNER s.f.].

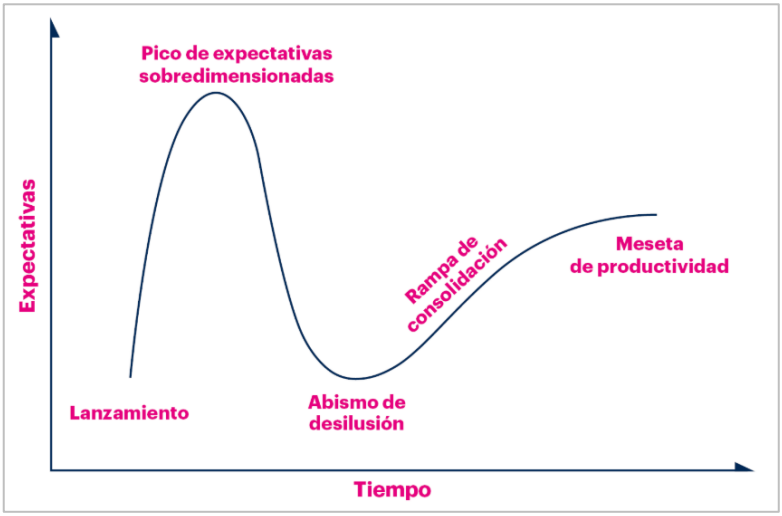


Figura 2-9. Fases del Hype Cycle de Gartner. Fuente: [GARTNER s.f.].

Se estima que efectivamente y como una primera referencia se trata de una herramienta útil para conocer cómo evoluciona una tecnología a lo largo del tiempo (por ejemplo, si está generando expectativas aún no demostradas) y de su madurez relativa. De este modo, puede servir como uno de los instrumentos para apoyar la decisión de una Organización (en este caso el MDEF), de adoptar o no esa tecnología, si bien debe completarse con un análisis del contexto específico y de las necesidades de la Organización.

Se han elaborado estudios en los que se concreta con ejemplos cómo se puede decidir en qué fase del ciclo se encuentra una tecnología. Por ejemplo, en [JIN 2015] se establece que en el *"abismo de desilusión menos del 5% de los potenciales usuarios de una tecnología la están empleando"*.

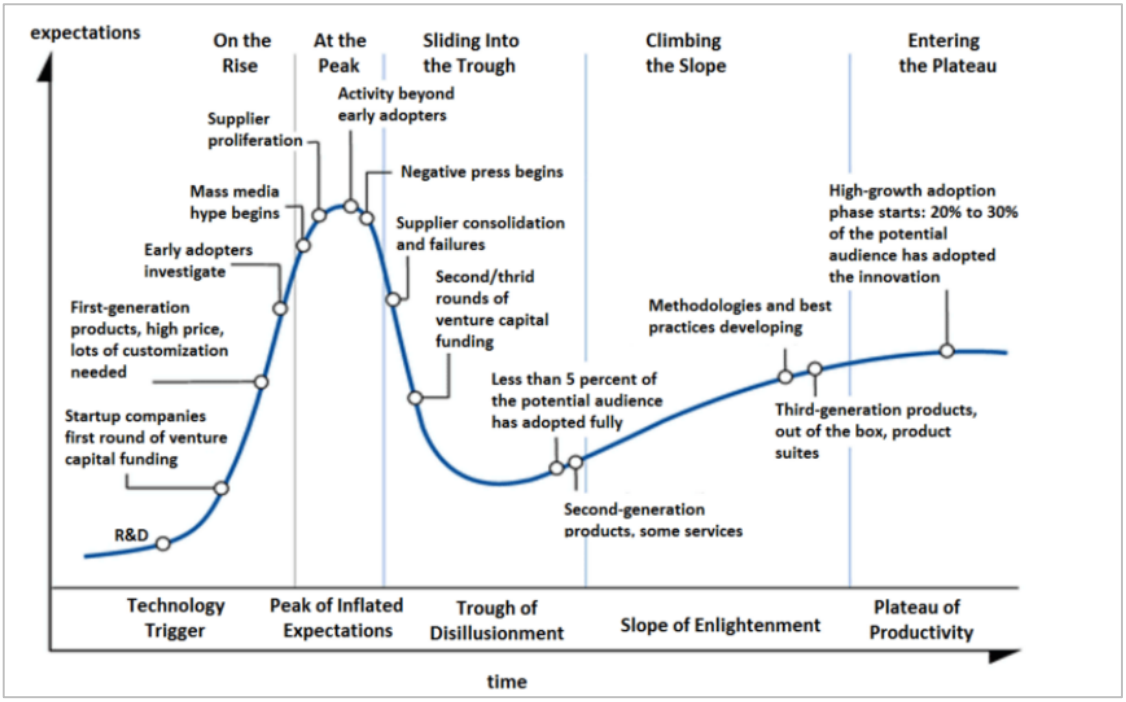


Figura 2-10. Fases del Hype Cycle de Gartner con ejemplos de cuando se encontraría una tecnología en cada una de ellas. Fuente: [JIN 2015].

Para cada una de estas fases, y según en cuál de ellas una Organización decida comenzar a integrarla en su funcionamiento, se identifican 5 perfiles respecto a la innovación, presentados a continuación:

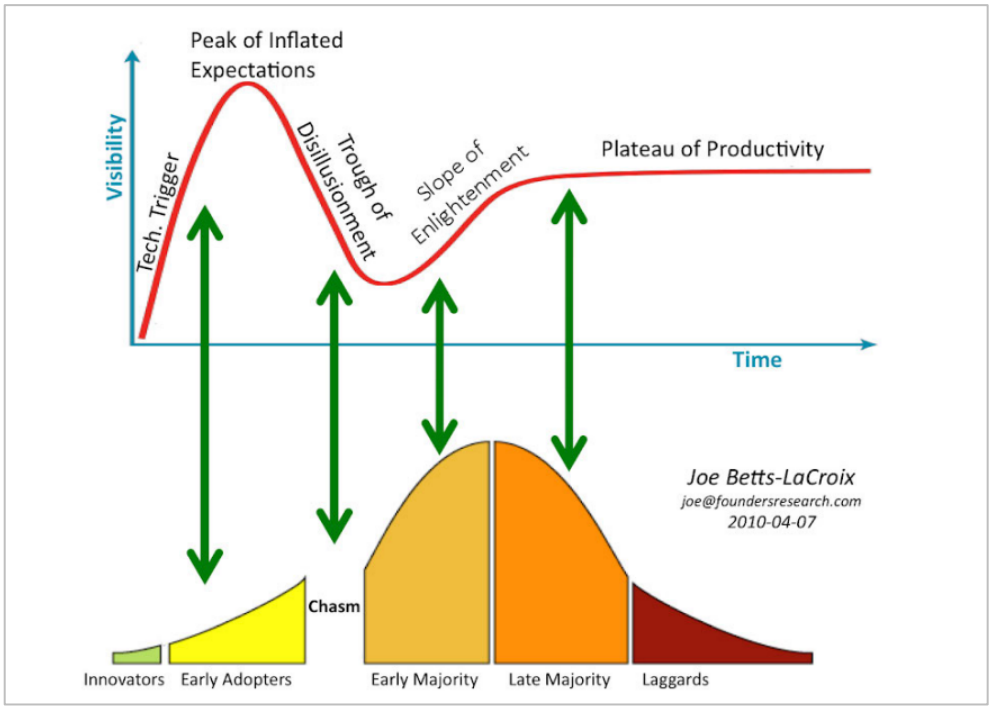


Figura 2-11. Relación entre las fases del Hype Cycle de Gartner y los perfiles de ambición de una Organización respecto a la innovación y a la integración de EDT. Fuente: [IEEE 2020].

En un modelo de gestión integral de la innovación, un aspecto fundamental es proceder a la identificación de en qué fase se encuentra una iniciativa en el momento de empezar a plantear proyectos para ella, y gestionarla según los procedimientos y buenas prácticas que se hayan definido. En la siguiente tabla se presentan algunas recomendaciones para cada fase:

FASE	OBJETIVO	PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS
Lanzamiento *(Technology Trigger)*	Exploración y Vigilancia de la evolución	• **Vigilancia tecnológica:** Asignar a un equipo de innovación o I+D para monitorizar la evolución de estas tecnologías. • **Casos de uso iniciales**. Identificar posibles aplicaciones de la tecnología en la actividad (actual o previsible futura) de la entidad, para descartar tecnologías sin previsión de aplicación. • **Pruebas de concepto aisladas:** Realizar experimentos pequeños y de bajo coste para entender la capacidad real, sin integrarlos en sistemas reales. • **Mentalidad *"Fail Fast"*:** Aceptar que la mayoría de estas iniciativas no llegarán a producción. En esta fase se prioriza el aprendizaje frente a un retorno de inversión. • **No comprometer el futuro:** Evitar contratos a largo plazo con proveedores emergentes que podrían desaparecer.
Pico de Expectativas Sobredimensionadas	Evaluación crítica y contención del "FOMO"	• **Filtrado de casos de uso:** Identificar el 1% de los casos donde la tecnología realmente aporta valor hoy, ignorando las promesas de marketing generalistas.

(Peak of Inflated Expectations)		• **Pilotos controlados:** Si se decide invertir (*"Early Adopter"*), se debe hacer en un piloto acotado con métricas de éxito muy estrictas. • **Gestión de expectativas:** Trasladar a la alta dirección que la tecnología no es magia. • **Pregunta clave:** "¿Realmente se necesita ser los primeros o se puede esperar a que otros cometan los errores más costosos?"
Abismo de Desilusión *(Trough of Disillusionment)*	Selección de tecnologías y proveedores más adecuados y realización de planificaciones realistas	• **Evaluación de proveedores:** Analizar la solvencia y capacidad de los proveedores que permanecen en esta fase (los que tienen modelos de negocio más sólidos). • **Negociación:** En esta fase los proveedores tienen la necesidad de desarrollar casos de éxito reales y suelen ofrecer mejores condiciones. • **Análisis:** Estudiar por qué fallaron los proyectos de la fase anterior (¿fue la tecnología o fue una mala implementación?) para no repetir errores. • **Planificación de integración:** Empezar a pensar cómo esta tecnología se conectará con el ecosistema ya existente de la empresa.
Rampa de Consolidación *(Slope of Enlightment)*	Escalado en el uso de la tecnología	• **Creación de Centros de Excelencia (CoE):** Formar un equipo dedicado para presentar las capacidades de la tecnología en cuestión, y dar soporte dentro de la empresa (especialmente para casos complejos). • **Definición de arquitectura:** Establecer guías de cómo se debe implementar esta tecnología de forma segura y escalable y como se integraría y sería interoperable con las soluciones existentes. • **Formación del personal:** Formar a los equipos de gestión, desarrollo y operaciones en el empleo de la tecnología. • **Inversión moderada:** Aumentar el presupuesto para evolucionar los pilotos exitosos a producción limitada.
Meseta de Productividad *(Plateau of Productivity)*	Explotación extendida y optimización permanente	• **Estandarización:** Buscar reducir costes. Al haber muchos proveedores y ser estándar la tecnología, el precio debe bajar. • **Gobernanza:** Aplicar todas las normativas de seguridad y cumplimiento de la empresa. • **Adopción obligatoria:** En esta fase, la tecnología deja de ser "opcional" o "innovadora" para convertirse en el estándar corporativo.

Tabla 2-1. Ejemplos de procedimientos recomendados para cada fase de evolución del desarrollo de una tecnología (según Hype Cycle de Gartner). Fuente: Elaboración propia.

Por último, e igualmente para cada tecnología, una Organización debe identificar el rol que desea asumir (balanceando Riesgo / Beneficio según la matriz de la *figura 2.8*). En algunos casos a una

Organización le interesará asumir el rol de ser Innovador o *Early Adopter* (porque no puede esperar a que se desarrollen soluciones en esa materia en otras organizaciones o porque se desee apoyar a la Industria y Centros de Investigación en esa materia) y en otros casos se decidirá ser *Early* o *Late Majority*.

2.4 La Gestión Estratégica de la Innovación y su marco de referencia: COBIT 2019 y el proceso APO04.

Tal y como se presentó en el temario de la asignatura ***COM1 – Gobierno, Dirección y Gestión TIC*** del Máster en el que se enmarca este TFM, la Información y Tecnología en una Organización hace referencia a toda la tecnología y procesamiento de la información que dicha Organización utiliza para lograr sus objetivos, independientemente de dónde ocurra. En otras palabras, la información y la tecnología (I&T) no se limitan al departamento de TI, aunque éste está indudablemente incluido. El marco de referencia **Control Objetives for Information and Related Technology (COBIT)** hace una **distinción clara entre gobierno y gestión**. Estas dos disciplinas abarcan distintos tipos de actividades, requieren distintas estructuras organizativas y sirven diferentes propósitos.

El Gobierno TI busca que los objetivos del departamento de TI estén alineados con los objetivos de la Organización. Por tanto, nace para que el departamento de TI aporte valor a la Organización mediante la incorporación o integración de las TI al modelo de negocio (actuación) organizacional. Para ello, estas tecnologías no han de situarse exclusivamente en la parte operativa, sino también en la parte estratégica.

En este contexto, la realidad muestra cómo muchas organizaciones realizan grandes inversiones en TI, pero sin lograr un alineamiento efectivo entre tecnología y la estrategia. Esta falta de integración condiciona la percepción de su valor y ocasiona que esta función se considere un "coste inevitable" en lugar del recurso estratégico que en realidad es.

El impacto de esta falta de gobernanza se evidencia también en los proyectos tecnológicos. Así, se puede comprobar que muchos proyectos de TI fracasan, no debido a errores técnicos, sino a la ausencia de un adecuado alineamiento estratégico y a la falta de mecanismos de Gobierno de TI que guíen la toma de decisiones. **Todo ello confirma la necesidad de integrar la tecnología en la parte estratégica de la Organización y no únicamente en la operativa**. Existe, por tanto, la necesidad de evolucionar desde una gestión operativa de TI hacia un auténtico Gobierno de TI, donde el director de tecnología participe activamente en el proceso estratégico y contribuya a identificar nuevos modelos de negocio, oportunidades de innovación o cambios organizativos basados en la tecnología.

Diversos organismos y autores han definido el Gobierno de TI (o de TIC). El *IT Governance Institute (ITGI)* lo conceptualiza como "*el liderazgo, las estructuras y los procesos organizativos que permiten que una Organización tome decisiones para asegurar que sus TIC sostienen y extienden la estrategia y los objetivos de la organización*" [CIO s.f.].

Según [WEILL 2004] "*el Gobierno de las TIC debe ocuparse de tres cuestiones: qué decisiones deben tomarse para asegurar la gestión y el uso efectivo de las TIC, quién deben tomar estas decisiones y cómo serán ejecutadas y monitorizadas*".

Para evaluar la madurez del Gobierno de TI, el ITGI identifica cinco áreas de enfoque: **alineamiento estratégico, entrega de valor, gestión de riesgos, administración de recursos y medición del rendimiento**. La presencia y desarrollo de estas áreas permite determinar si la Organización dispone de un sistema de gobernanza tecnológica sólido o si, por el contrario, se limita a la gestión operativa.

Dentro de los principales marcos de referencia para abordar el Gobierno de TI dentro de una organización se encuentra la **norma ISO/IEC 38500**, que permite evaluar si una organización realiza Gobierno TI y qué elementos faltan, y el ya citado **COBIT**, que proporciona una metodología completa para implantar el Gobierno TIC. Frente a ISO 38500, COBIT no solo indica qué falta, sino que ofrece el cómo hacerlo y por dónde comenzar.

COBIT, desarrollado por la *Information Systems Audit and Control Association* (ISACA) y el ITGI, es un **marco de referencia diseñado para alinear los objetivos tecnológicos con los objetivos empresariales (organizacionales), proporcionando un conjunto completo de principios, prácticas y procesos para asegurar que las TI se utilicen de manera eficiente, segura y generadora de valor**.

Proporciona además 37 procesos, una guía de implementación, modelos de capacidad y madurez, así como mecanismos de evaluación continua. Esto lo convierte en el marco más completo para implantar un Gobierno TIC efectivo, ya que no solo permite evaluar la situación, sino también planificar acciones de mejora, coordinar responsabilidades y medir resultados.

Por tanto, mientras el Gobierno de TI define la necesidad de integrar la tecnología en la estrategia organizacional, COBIT proporciona la metodología práctica para conseguirlo, **constituyéndose como la herramienta clave para implantar un modelo de gobernanza tecnológica** maduro, sostenible y alineado con los objetivos institucionales.

En su versión de 2019, COBIT establece un dominio específico de **Gobierno: Evaluar, Dirigir y Monitorizar (EDM).** Para el caso de la **Gestión,** establece 4 dominios: **Alinear, Planificar y Organizar (APO), Construir, Adquirir e Implementar (BAI), Entregar, Dar Servicio y Soporte (DSS) y Monitorizar, Evaluar y Valorar (MEA)**.

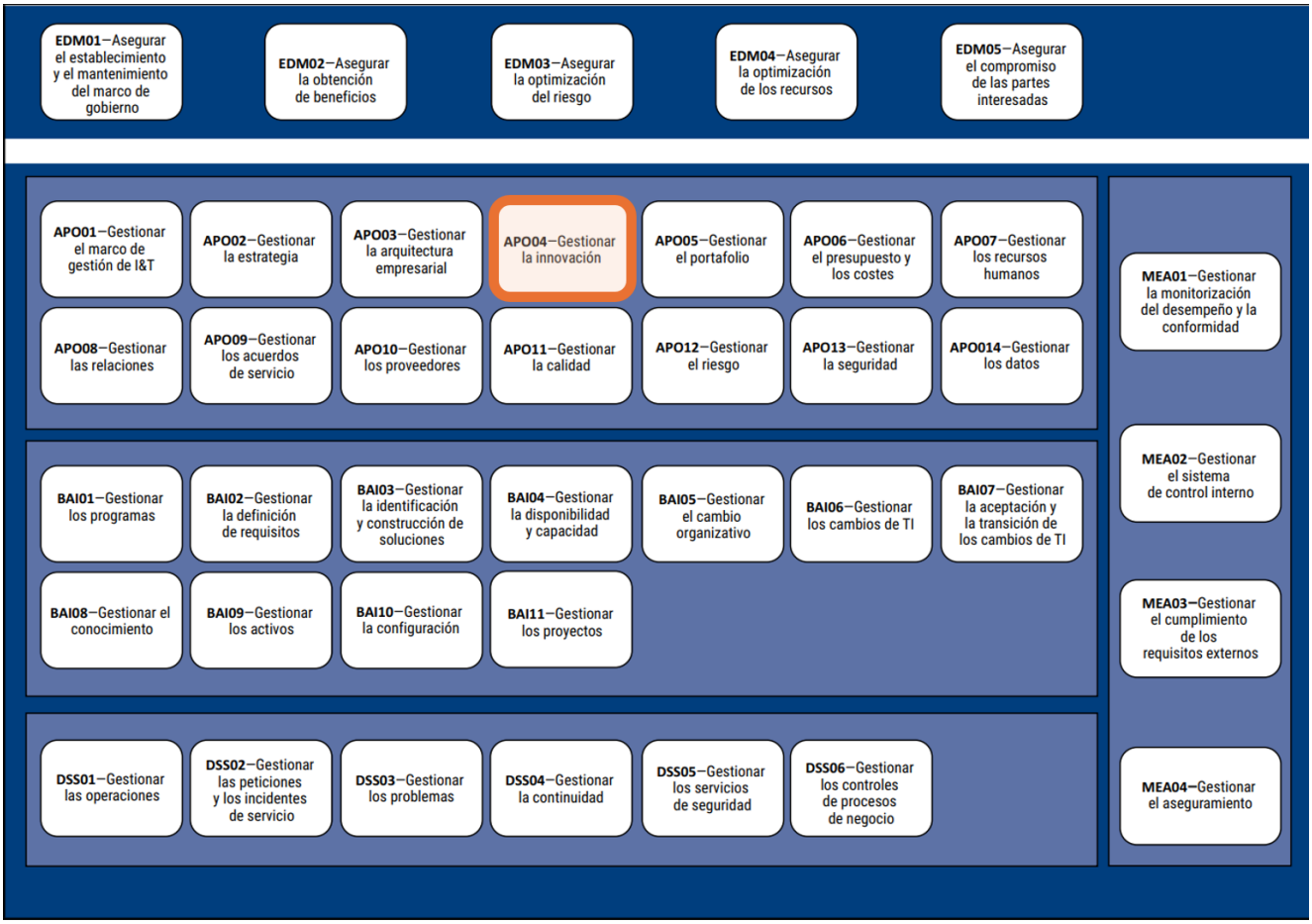


Figura 2-12. Modelo de COBIT 2019: Procesos de Gobierno y Gestión, remarcando el objetivo de gestión APO04 referente a Gestionar la innovación. Fuente: [COBIT 2019].

Como se comprueba en la figura anterior, dentro del Dominio APO, se incluye el objetivo de gestión relativo a **"Gestionar la innovación" (APO04)**, que tiene por finalidad [COBIT 2019]:

- *"Mantener una concienciación de I&T y tendencias de servicio relacionadas y monitorizar las tendencias tecnológicas emergentes.*
- *Identificar de forma proactiva oportunidades de innovación y planificar cómo beneficiarse de la innovación en relación con las necesidades empresariales y la estrategia de I&T.*
- *Analizar qué oportunidades de mejora o innovación empresarial pueden crearse mediante tecnologías emergentes, servicios o innovación empresarial habilitada por I&T, así como a través de tecnologías ya establecidas y por la innovación de procesos empresariales y de TI.*
- *Influenciar la planificación estratégica y las decisiones de arquitectura empresarial.*
- *Lograr ventajas competitivas, innovación empresarial, una mejor experiencia del cliente y una mayor eficacia y eficiencia operativa con el aprovechamiento de los desarrollos de I&T y tecnologías emergentes."*

Este objetivo de gestión se estructura en 6 prácticas de gestión, que se presentan en las siguientes tablas. Junto con la descripción de cada práctica, se identifican sus métricas y actividades asociadas.

PRÁCTICA DE GESTIÓN	**APO04.01: CREAR UN ENTORNO FAVORABLE QUE CONDUZCA A LA INNOVACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Crear un entorno que propicie la innovación, considerando métodos como la cultura, las recompensas, la colaboración, los foros de tecnología y los mecanismos para promover y capturar las ideas de los empleados.	a. Percepciones y retroalimentación de las partes interesadas de la empresa respecto a la innovación en I&T. b. Inclusión de objetivos relacionados con la innovación o tecnología emergente en los objetivos de rendimiento para el personal relevante.	1. Crear un plan de innovación que incluya el apetito de riesgo, un presupuesto propuesto para iniciativas y objetivos de innovación. 2. Proporcionar una infraestructura que pueda ser un componente de gobierno para la innovación (como herramientas de colaboración para mejorar el trabajo entre ubicaciones geográficas y/o divisiones). 3. Mantener un personal que, gracias a programas, presente ideas innovadoras y cree una estructura de toma de decisiones adecuada para evaluar las ideas y sacarlas adelante. 4. Fomentar las ideas innovadoras de los clientes, proveedores y socios empresariales.

Tabla 2-2. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.01. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

PRÁCTICA DE GESTIÓN	APO04.02: MANTENER UN ENTENDIMIENTO DEL ENTORNO DE LA EMPRESA	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Trabajar con las partes interesadas pertinentes para entender sus desafíos. Mantener una comprensión adecuada de la estrategia de la empresa y del entorno competitivo y de otras restricciones, de forma que se puedan identificar las oportunidades habilitadas por las nuevas tecnologías.	a. Porcentaje de iniciativas implementadas con un claro vínculo a un objetivo empresarial. b. Porcentaje de oportunidades habilitadas por nuevas tecnologías identificadas.	1. Mantener un conocimiento de los motivadores empresariales y de industria, la estrategia empresarial y de I&T y las operaciones empresariales y retos actuales. Aplicar el entendimiento para identificar posibles tecnologías de valor agregado e innovar en I&T. 2. Desarrollar reuniones regulares con unidades de negocio, divisiones y/u otras partes interesadas para entender los problemas empresariales actuales, los cuellos de botella de los procesos y otras limitaciones, cuando las tecnologías emergentes o la innovación de I&T pueden crear oportunidades. 3. Entender los parámetros de inversión empresariales para la innovación y nuevas tecnologías con el fin de desarrollar tecnologías adecuadas.

Tabla 2-3. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.02. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

PRÁCTICA DE GESTIÓN	APO04.03: MONITORIZAR Y EXPLORAR EL ENTORNO TECNOLÓGICO	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Implementar una vigilancia tecnológica para monitorizar y explorar sistemáticamente el entorno externo de la empresa para identificar las tecnologías emergentes que tengan el potencial de crear valor (p. ej., lograr la estrategia empresarial, optimizar costes, evitar la obsolescencia y habilitar de mejor manera los procesos empresariales y de I&T). Monitorizar el mercado, el entorno competitivo, los sectores de la industria y las tendencias legales y regulatorias para poder analizar las tecnologías emergentes o las ideas de innovación en el contexto empresarial.	a. Frecuencia de la investigación y exploración del entorno realizadas para identificar ideas y tendencias innovadoras. b. Porcentaje de partes interesadas satisfechas con los esfuerzos para monitorizar el mercado, el entorno competitivo, los sectores de la industria y las tendencias legales y regulatorias para poder analizar las tecnologías emergentes o las ideas de innovación en el contexto empresarial.	1. Entender el apetito de riesgo y potencial de la empresa en cuanto a innovación tecnológica. Centrar los esfuerzos de concienciación en las innovaciones tecnológicas más oportunas. 2. Establecer un proceso de vigilancia tecnológica e investigar y explorar el entorno externo, incluidos sitios webs, revistas y conferencias adecuadas, para identificar las tecnologías emergentes y su valor potencial para la empresa. 3. Consultar a terceros expertos conforme sea necesario para confirmar la investigación o suministrar información sobre tecnologías emergentes. 4. Captar las ideas innovadoras del personal de I&T y revisar su posible implementación.

Tabla 2-4. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.03. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

PRÁCTICA DE GESTIÓN	**APO04.04: EVALUAR EL POTENCIAL DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y LAS IDEAS DE INNOVACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Analizar las tecnologías emergentes identificadas y/u otras sugerencias de innovación en I&T para comprender su potencial empresarial. Trabajar con las partes interesadas para validar las suposiciones sobre el potencial de nuevas tecnologías e innovación.	a. Porcentaje de iniciativas implementadas que logran los beneficios previstos. b. Porcentaje de iniciativas de pruebas de concepto exitosas para poner a prueba tecnologías emergentes u otras ideas de innovación.	1. Evaluar las tecnologías identificadas, considerando aspectos como el tiempo para alcanzar la madurez, el riesgo inherente (incluidas las posibles implicaciones legales), su encaje con la arquitectura empresarial y el potencial de valor, en línea con la estrategia empresarial y de I&T. 2. Identificar asuntos que pudieran ser resueltos o validados a través de una iniciativa de prueba de concepto. 3. Alcance de la iniciativa de prueba de concepto, incluidos los resultados deseados, el presupuesto requerido, los plazos y las responsabilidades. 4. Obtener la aprobación para la iniciativa de prueba de concepto. 5. Conducir iniciativas de prueba de concepto para poner a prueba tecnologías emergentes u otras ideas de innovación. Identificar problemas y determinar si la implementación o despliegue debería considerarse basada en la factibilidad y el ROI potencial.

Tabla 2-5. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.04. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

PRÁCTICA DE GESTIÓN	**APO04.05: RECOMENDAR INICIATIVAS ADICIONALES APROPIADAS**	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Evaluar y monitorizar los resultados de las iniciativas de prueba de concepto y, si son favorables, generar recomendaciones para más iniciativas. Obtener el apoyo de las partes interesadas.	a. Número de iniciativas de prueba de concepto evaluadas y aprobadas para su posterior implementación. b. Número de iniciativas de prueba de concepto que han sido apalancadas con la inversión real.	1. Documentar los resultados de la prueba de concepto, incluidas directrices y recomendaciones de tendencias y programas de innovación. 2. Comunicar oportunidades de innovación viables en la estrategia de I&T y los procesos de arquitectura empresarial. 3. Analizar y comunicar las razones de iniciativas de pruebas de concepto rechazadas. 4. Hacer un seguimiento de las iniciativas de prueba de concepto para medir la inversión real.

Tabla 2-6. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.05. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

PRÁCTICA DE GESTIÓN	**APO04.06: SUPERVISAR LA IMPLEMENTACIÓN Y EL USO DE LA INNOVACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	MÉTRICAS	ACTIVIDADES
Supervisar la implementación y el uso de las tecnologías emergentes y las innovaciones durante la adopción, integración, y todo el ciclo de vida económico para garantizar que se obtengan los beneficios prometidos y para identificar las lecciones aprendidas.	a. Aumentar la cuota de mercado o competitividad debido a innovaciones. b. Número de lecciones aprendidas y oportunidades de mejora captadas para su uso futuro.	1. Captar las lecciones aprendidas y las oportunidades de mejora. 2. Garantizar que las iniciativas de innovación estén alineadas con la estrategia empresarial y de I&T. Monitorizar continuamente el alineamiento. Ajustar el plan de innovación, si fuera necesario. 3. Evaluar una nueva tecnología o innovaciones de I&T implementadas como parte de la estrategia de I&T y el desarrollo de la arquitectura empresarial. Evaluar el nivel de adopción durante la gestión de iniciativas del programa. 4. Identificar y evaluar el valor potencial de la innovación.

Tabla 2-7. Detalle de la Práctica de Gestión APO04.06. Fuente: Adaptación de [COBIT 2019].

En el *Capítulo 3*, se tomará el marco de referencia de COBIT 2019 y en concreto el Objetivo de gestión APO04, en conjunción con la citada Norma UNE-EN ISO 56000:2020 sobre Gestión de la Innovación, como algunas de las referencias del Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el MDEF, objeto de este TFM. Las prácticas, métricas y actividades descritas en los modelos teóricos y presentadas en las tablas anteriores, se adaptarán a las circunstancias y necesidades específicas del MDEF. En definitiva, se busca una aplicación práctica real de este modelo de COBIT.

Además, como idea fuerza que se ha trasladado con anterioridad en este TFM, es fundamental alinear y relacionar estas normas con el marco de buenas prácticas en relación con el **Gobierno Corporativo de Tecnologías de la Información, y en concreto con la norma ISO 38500:2024**.

A través del Gobierno TIC se asegura que la innovación se dirige como una prioridad estratégica y que responde a los objetivos operativos y funcionales de una Organización. Con este enfoque coordinado Gobierno-Innovación, se aseguran los siguientes beneficios:

- **Justificación del gasto y aseguramiento de financiación estable:** COBIT APO04 obliga a crear un *Business Case* y pruebas de valor (PoC) documentadas. Esto da soporte a los gestores públicos ante auditorías, demostrando que la innovación no fue resultado de una moda o del mencionado FOMO, sino de un proceso analizado.
- **Racionalización de las iniciativas de innovación a través de un portfolio:** Al tener un proceso formal de evaluación (APO04), la organización filtra tecnologías que no se alinean con los objetivos estratégicos, ahorrando recursos que se perderían en proyectos no alineados o redundantes.
- **Continuidad y despersonalización**, evitando que el apoyo a la innovación dependa de una figura individual de "líder visionario". Al estandarizar con ISO 56000 y procedimentar con

COBIT, la innovación se convierte en una capacidad institucional que trasciende a los cambios de legislatura o directivos.

A la vista de los apartados anteriores, y teniendo en cuenta la complejidad y transversalidad de la innovación y la multitud de disciplinas y de actores que involucra, se comprueba como su adecuada gestión estratégica en el Ministerio de Defensa debe enfocarse desde una **triple visión**:

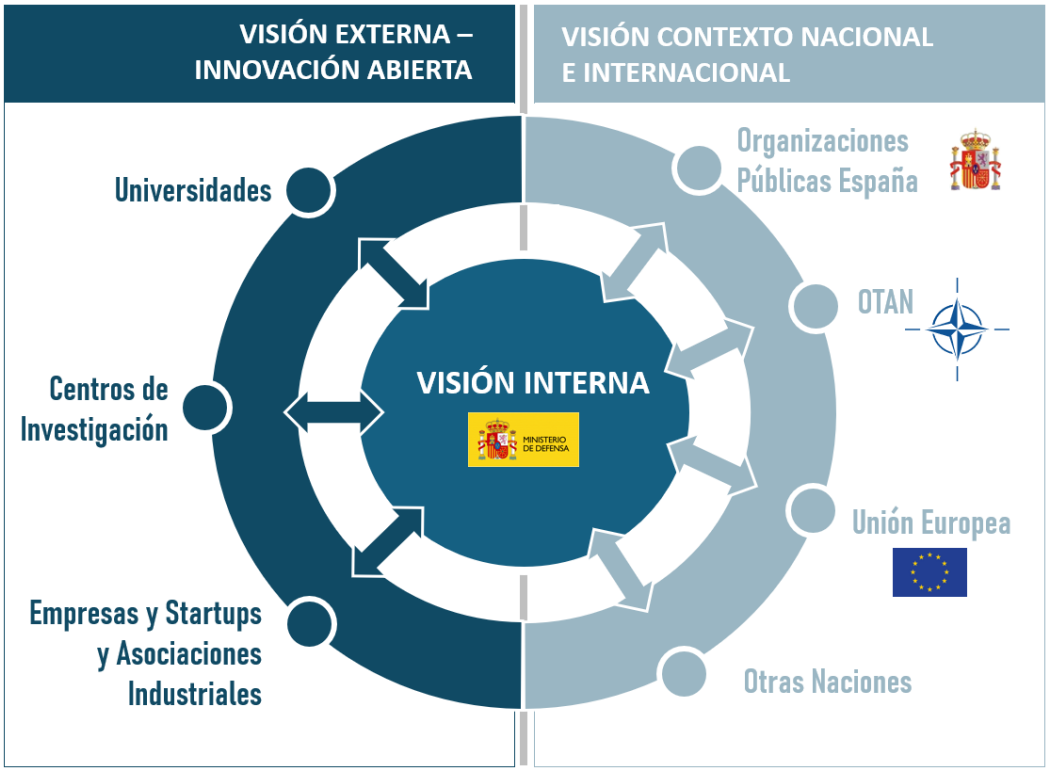


Figura 2-13. Conceptualización de la Triple Visión de la Innovación en el Ministerio de Defensa. Fuente: Elaboración propia.

En los próximos apartados se desarrollan los aspectos más relevantes de estas tres visiones.

2.5 La Visión Interna.

La especificidad de las necesidades del Ministerio de Defensa y la especial protección que su información requiere, hacen fundamental que el Departamento disponga de capacidades propias de innovación a través de las que se propongan soluciones tecnológicas. La definición e implementación de estas capacidades debe sustentarse en la consolidación de una **mentalidad de Organización ambidiestra**.

La Organización ambidiestra, es aquélla que busca un **equilibrio entre sus operaciones actuales y que al mismo tiempo establece proyectos para evolucionar esta forma de operar**. Aunque parezca que la forma actual de desarrollar las misiones y cometidos es eficaz y eficiente y se tiene una posición de liderazgo, es fundamental emplear recursos para evaluar formas (más o menos disruptivas) de evolucionar las capacidades corporativas.

Se trata de un término popularizado por Charles A. O'Reilly III y Michael L. Tushman [O'REILLY 2004] En esta referencia, este concepto se define como *"la habilidad de una organización para desarrollar a la vez exploración y explotación, para competir en el ámbito de tecnologías maduras y en mercados donde la eficiencia, el control y la mejora incremental son valorados y también en tecnologías y mercados donde se requieren flexibilidad, autonomía y experimentación."*



Figura 2-14. Conceptualización del Concepto de Organización Ambidiestra. Fuente: [LERNER 2018].

Casos paradigmáticos, como el de Blockbuster, dan muestra de esta necesidad. Los servicios de Blockbuster quedaron obsoletos por no aprovechar las capacidades de las nuevas tecnologías, como sí hizo, por ejemplo, Netflix. También el de Kodak, ya que a pesar de que uno de sus empleados inventó la fotografía digital, no fue capaz o no vio necesario (erróneamente), modificar su modelo de negocio.

Evidentemente, el caso opuesto tampoco es posible. Para cualquier organización (ya sea pública o privada) es imposible parar su modelo de negocio y su prestación de servicios completamente y centrarse únicamente en buscar nuevas formas de mejorar.

En definitiva, existe la necesidad de buscar un **equilibrio entre "explotación" y "exploración"**, representado por la metáfora que describe la necesidad de arreglar (o evolucionar y mejorar) el avión mientras está volando.



Figura 2-15. Representación gráfica de la dualidad Explotación y Exploración a través de la comparación con "arreglar un avión mientras vuela". Fuente: Fotografía de William T. Larkins[18].

[18] https://www.airhistory.net/photo/27507/NC88172

Los factores principales para asegurar la adecuada implantación de una Organización ambidiestra son:

- Alineamiento y apoyo de la Dirección.
- Una estrategia y portfolio para cada una de las dos partes (dirigidas globalmente, pero separadas).
- Unos equipos diferenciados.
- Unas métricas de éxito también distintas.

Además, dentro de la dimensión innovadora se debe distinguir entre **Innovación incremental** (o adyacente) e **Innovación disruptiva** (o transformacional). Este análisis se basa en el modelo de la **Matriz de Ambición de la Innovación**, definida en el artículo de mayo de 2012 *"Managing your Innovation Portfolio"* publicado en Harvard Business Review por los consultores de Deloitte Bansi Nagji y Geoff Tuff [NAGJI 2012] y presentada en la figura siguiente. Según se describe en [PHIMISTER 2021], se inspira en la matriz de Ansoff sobre estrategias de crecimiento empresarial y se adaptada específicamente a proyectos de innovación.



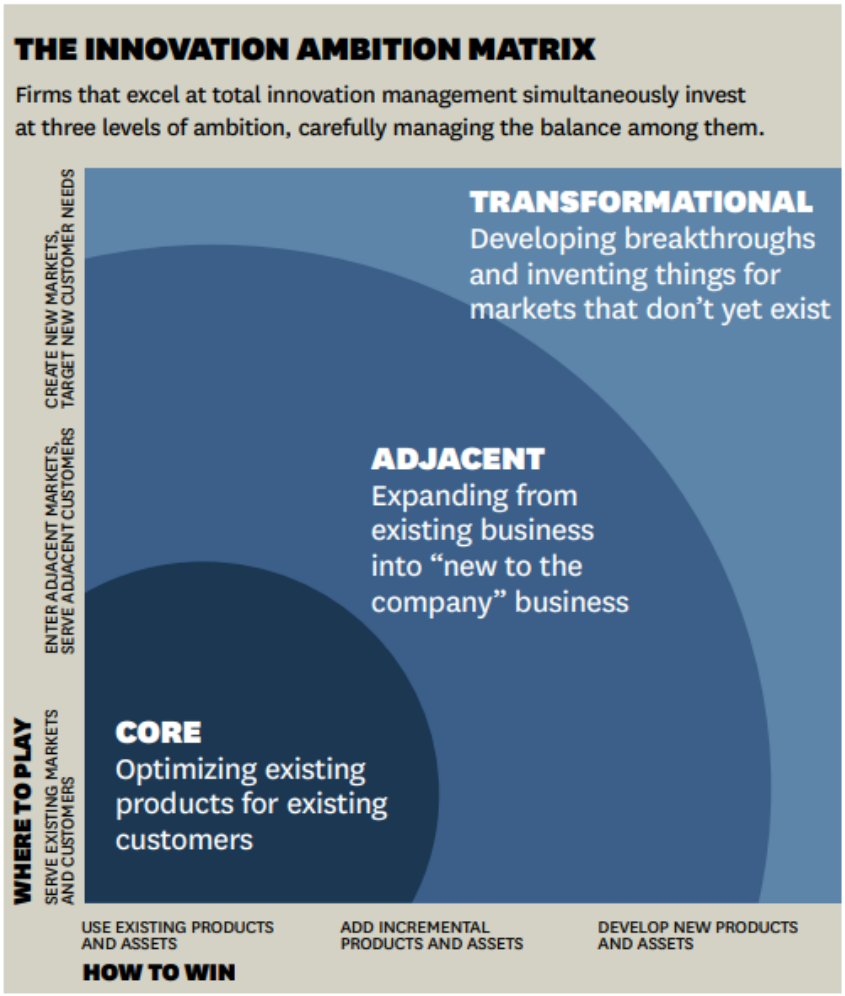


Figura 2-16. Matriz de Ambición Innovadora para ubicación de proyectos dentro de un portfolio de innovación. Fuente: [NAGJI 2012].

Al margen de la diferenciación entre proyectos descrita anteriormente, es fundamental que el desarrollo de proyectos innovadores del Ministerio de Defensa, se sustente sobre una sólida y dinámica

capacidad interna autónoma. Esta capacidad estaría constituida por estructuras de gobierno y organizativas, presupuesto específico, infraestructuras físicas y tecnológicas para el desarrollo de pruebas de concepto y prototipos y recursos humanos.

Con esta capacidad, se alcanzarían beneficios como **asegurar el permanente alineamiento estratégico de los proyectos innovadores con las necesidades** del Departamento (gracias a la participación de los ámbitos que han identificado esas necesidades se asegura este alineamiento), **entender y aprovechar mejor las colaboraciones con el ecosistema externo**, **reducir el riesgo total de dependencia de organizaciones externas** (ya sean públicas o privadas), y **atraer y retener a profesionales** (planteándoles retos y proyectos motivantes y de alto impacto en el propio Ministerio).

En definitiva, un adecuado funcionamiento del MDEF (como ocurre para cualquier otra Organización) requiere que no se externalice completamente la función de evolución de las capacidades tecnológicas que necesita. No obstante, como se presentará a continuación, no todo el desarrollo de proyectos innovadores en el Ministerio se sustentará sobre esa capacidad interna, y la misma se completará con visiones y recursos de Organizaciones externas.

2.6 La Visión Externa: Los Modelos de Cooperación e Innovación Abierta (Open Innovation).

Complementando la visión interna, las Organizaciones deben implementar una visión que promueva la colaboración con el ecosistema científico, investigador, e industrial y empresas, tanto grandes como PYME y *startups*, para aprovechar soluciones duales, es decir soluciones desarrolladas externamente que pueden ser adaptadas a las necesidades, para este caso, del MDEF.

Para materializar esta "Innovación Abierta" son necesarios procesos específicos que hagan atractiva la colaboración con el MDEF, no únicamente en términos puramente tecnológicos (por ejemplo, ofreciéndole plataformas de pruebas) sino también en términos legales y económicos. En los próximos apartados se presentan brevemente algunas de las principales teorías que explican y conceptualizan la forma en que puede organizarse esta colaboración con el ecosistema.

2.6.1 La visión de la Competitividad de Michael Porter.



Figura 2-17. Representación gráfica de las 5 Fuerzas de Porter e imagen del Profesor Michael Porter. Fuentes de las imágenes: web de Amazon[19] y web de la Universidad de Harvard[20].

[19] https://www.amazon.es/Las-cinco-fuerzas-Porter-distanciarse/dp/280629066X

[20] https://www.wcfia.harvard.edu/people/michael-e-porter

El Profesor de la Universidad de Harvard, Michael Porter creó en 1979 el concepto de las **5 Fuerzas de Porter,** que se ha articulado desde entonces como un modelo muy valioso y exitoso para describir los procesos de Estrategia Competitiva y es uno de las piedras angulares sobre las que se asienta la teoría de Organización Empresarial de todo el Mundo.

Si bien su aplicabilidad sigue siendo fundamental en el contexto actual, se estima y propone que, para el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica, se complemente con una visión adicional. En ella, los elementos externos a la Organización (ya sean clientes, proveedores o potenciales competidores), no sólo deberían ser vistos como factores que pueden limitar o ser una barrera para la competitividad, sino como algo que permita generar sinergias y potenciar la capacidad de adoptar nuevas tecnologías y metodologías, y, en consecuencia, impulsar la competitividad y crecimiento económico.

Como un ejemplo de este nuevo enfoque, cabe citar el caso de la empresa automovilística Tesla, que, en 2014, cuando aún era una empresa relativamente pequeña e incipiente, anunció en su blog corporativo [TESLA 2014], la apertura de sus patentes para su empleo por otras organizaciones. Lógicamente no se trató de simple altruismo, y con ello buscaban acelerar la adopción de los coches eléctricos y agilizar su proceso de fabricación, ya que, si únicamente ellos desarrollaban estos modelos, su implantación iba a ser muy lenta y no se iba a fomentar el despliegue de infraestructuras de carga o de elementos de la cadena de suministro de baterías que necesitaban. Entendieron, en definitiva, que no podían hacerlo todo ellos y que tenían que desarrollar un ecosistema y apoyarse en él.

2.6.2 El concepto de la triple hélice.

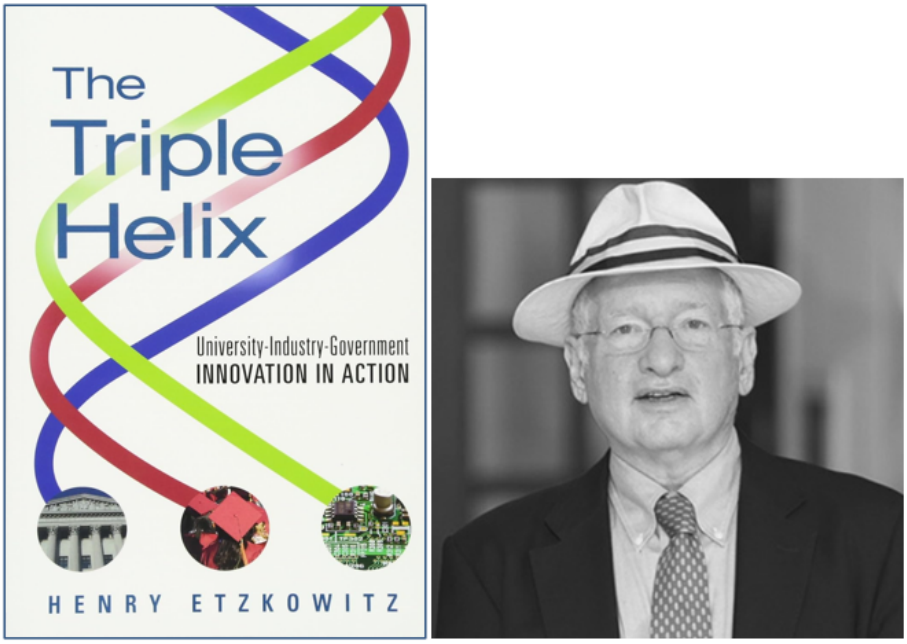


Figura 2-18. Portada del libro The Triple Helix – University-Industry-Government Innovation in Action e imagen del Profesor Henry Etzkowitz. Fuentes de las imágenes: web de Amazon[21] y Wikimedia Commons[22].

La **"triple hélice"** es un concepto acuñado a principios de los 90 por el profesor Henry Etzkowitz de la Universidad de Stanford. Se refiere a la necesidad de integrar tres ámbitos clave en el mundo de la innovación: la empresa, la universidad y la administración, a fin de generar sistemas nacionales de innovación capaces de competir globalmente. Inspirado en la forma de hélice del ADN, Etzkowitz

[21] https://www.amazon.es/Triple-Helix-University-Industry-Government-Innovation-Action/dp/0415964512

[22] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Henry_Etzkowitz.jpg

postuló la sincronización de dichos ámbitos, con el fin de crear conglomerados territoriales de agentes capaces de generar, de forma sistemática, empresas de alto potencial de crecimiento y escala global.

Evidentemente a lo largo de los años se han ido desarrollando proyectos (principalmente promovidos desde las Administraciones Públicas) que se han estructurado sobre la cooperación Administración Pública – Universidad – Empresa. Esta colaboración ha permitido el éxito de proyectos estratégicos de gran dimensión, como la red ARPANET (precursora de Internet), la Misión Apolo a la Luna o el telescopio espacial James Webb.

2.6.3 La Innovación Abierta.

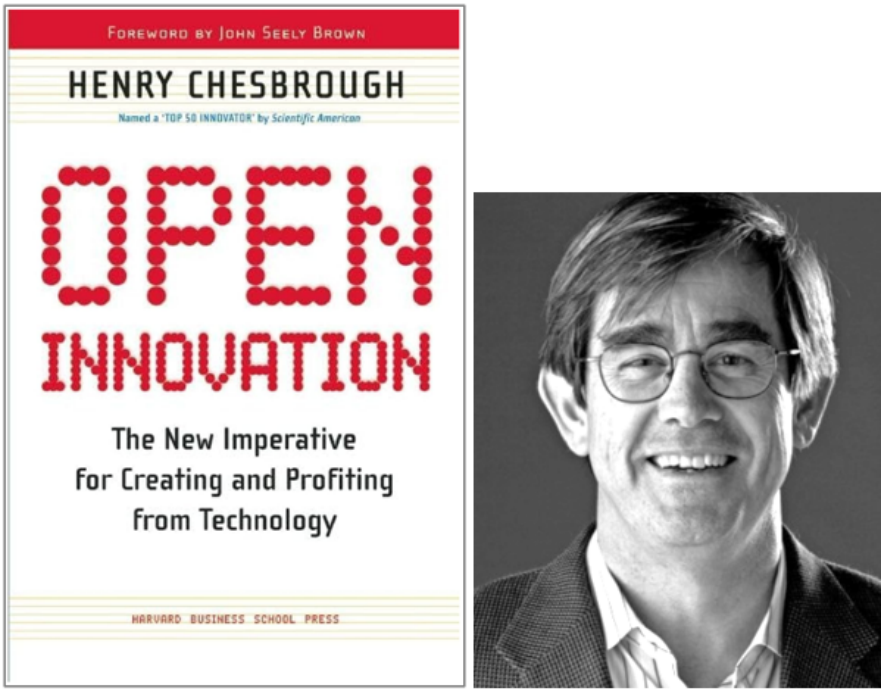


Figura 2-19. Portada del libro Open Innovation – The new imperative for creating and profiting from Technology e imagen del Profesor Henry Chesbrough. Fuentes de las imágenes: web de Amazon[23] y web de Forbes[24].

El término ***"Innovación abierta"*** (como contraposición a la Innovación interna en las Organizaciones) fue utilizado por primera vez por el profesor de la Universidad de California en Berkeley, Henry Chesbrough, en su libro de 2003 ***Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting From Technology*** [CHESBROUGH 2003]. En dicho libro, Chesbrough analiza desde un punto de vista teórico, las estructuras organizativas de las empresas americanas en lo que respecta a los procesos de innovación, llegando a la conclusión de que en la innovación abierta estaba, ya entonces, el futuro.

Chesbrough incidía en su obra en que tradicionalmente los procesos de innovación han sido gestionados por compañías de todo el Mundo de una forma cerrada, sin ningún tipo de interacción o contacto con el exterior (o muy escaso). Los departamentos de I+D de las empresas eran los encargados de llevar a cabo proyectos de investigación que rara vez salían de la sede de una compañía, siendo gestionados exclusivamente con el conocimiento y los medios de las propias empresas.

[23] https://www.amazon.es/Open-Innovation-Imperative-Profiting-Technology/dp/1578518377

[24] https://www.forbes.com/sites/henrychesbrough/

Con la innovación abierta, el Profesor Chesbrough propone un cambio sustancial para estos procesos. Las empresas dejan de trabajar como entes aislados para apoyarse de los ecosistemas que existen a su alrededor y la cooperación con profesionales externos pasa a tener un papel fundamental. El conocimiento interno se combina con el externo para sacar adelante proyectos de I+D y estrategia y la competitividad y la colaboración pasan a encontrarse en el centro de todo proceso innovador.

El citado libro de Henry Chesbrough se publicó (en 2003 como se ha indicado) con el objetivo de establecer inicialmente un modelo de unión entre la investigación y el mundo académico y la Industria y reducir la brecha entre los dos mundos. Además, se situaba en un contexto en el que Internet ya había demostrado su enorme potencial para conectar a todo tipo de personas y organizaciones y actuar como el habilitador fundamentar para la colaboración en la que se sustenta la Innovación Abierta.

A modo de resumen conceptual, la siguiente imagen resume el funcionamiento de un enfoque de innovación abierta. Se basa principalmente en el establecimiento de un **flujo bidireccional "fuera-dentro"** (representado por flechas naranjas) y **"dentro- fuera"** (representado por flechas verdes).

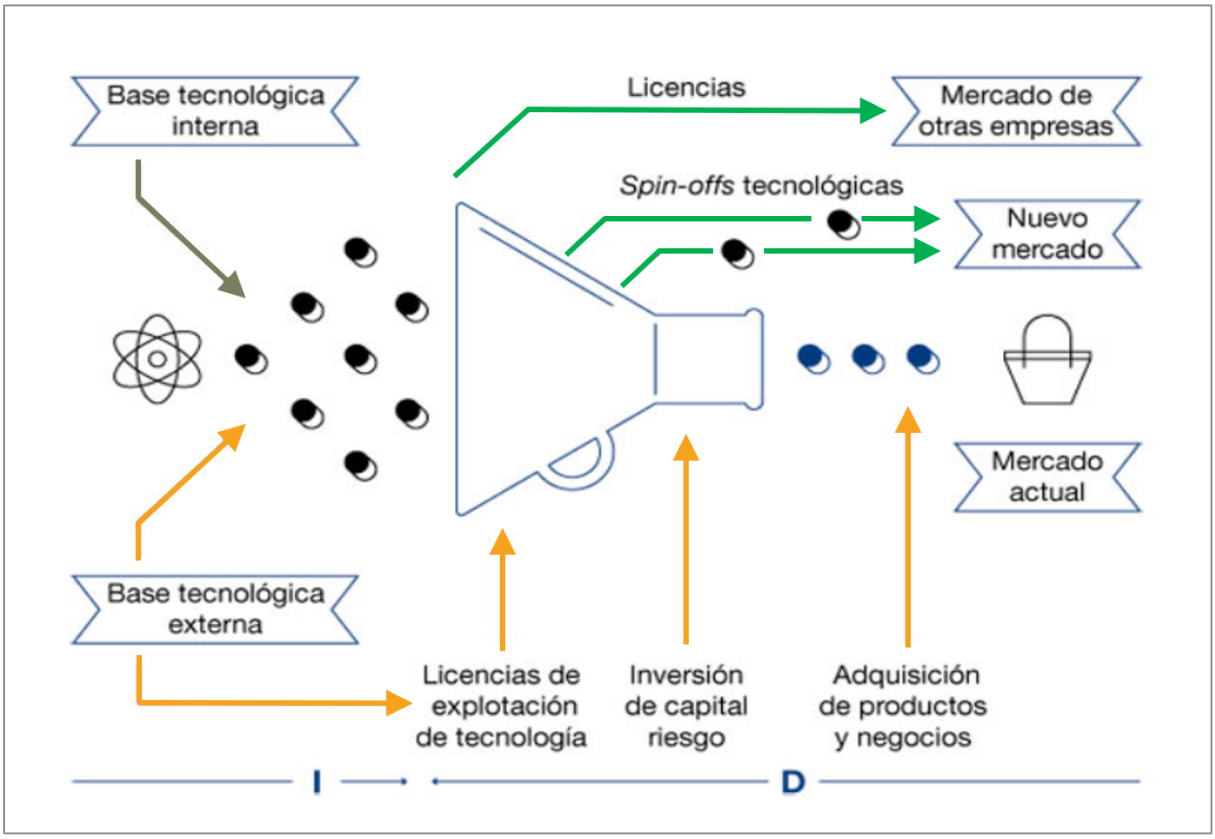
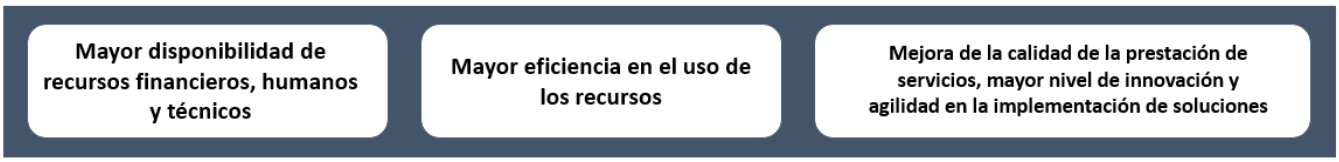


Figura 2-20. Paradigma de Innovación Abierta- Fuente: Adaptación de [CHESBROUGH 2015].

Esta bidireccionalidad es un elemento crítico del modelo. Es común pensar en un modelo de innovación abierta sólo desde el punto de vista de *¿qué puede aportar el ecosistema a mi Organización?*, cuando hay que tener en cuenta también *¿qué puede aportar mi Organización al ecosistema?*, por ejemplo, mediante licencias o ideas que no se pueden desarrollar en el contexto de la Organización, pero sí en otros ámbitos (bien a través de licencias que usen otras empresas o instituciones o estableciendo spin-offs *ad hoc* para emplearlas).

El empleo de modelos de innovación abierta alineados con las necesidades de la Organización y enmarcados en la Estrategia de Negocio y Tecnológica puede aportar los siguientes beneficios, como se ha visto en el ejemplo antes presentado del caso de Tesla.



Es así mismo destacable el caso de la empresa Cisco Systems en los años 90 del siglo XX, como un ejemplo paradigmático de innovación abierta, especialmente en comparación con el de Lucent Technologies, empresa que trabajaba igualmente en el ámbito de las redes y equipos de telecomunicaciones, y que seguía un modelo más tradicional de innovación cerrada. Tal y como se expone en un estudio comparativo en [FERRARY 2011], mientras que Lucent operaba como una organización ambidiestra tradicional, invirtiendo miles de millones de dólares en investigación interna (exploración) a través de los Bell Labs, Cisco adoptó una estrategia de explotación comercial de tecnologías desarrolladas externamente. Cisco aprovechó su profunda integración en el ecosistema de Silicon Valley, utilizando vínculos con empresas de capital de riesgo y universidades para identificar y adquirir empresas emergentes justo cuando sus innovaciones disruptivas entraban en una fase de transición hacia el mercado.

2.7 La Perspectiva del Contexto Nacional e Internacional.

La implementación de un enfoque de innovación abierta en el Ministerio de Defensa, se sustenta principalmente en su relación con las organizaciones de las que forma parte, tanto a nivel nacional, internacional y supranacional. En primer lugar y a nivel nacional, con la **Administración General del Estado (AGE)** y a nivel internacional y supranacional, con las **Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa** de las que España forma parte, principalmente la **OTAN** y la **Unión Europea** (y sus estructuras responsables de Seguridad y Defensa).

Aprovechar las iniciativas promovidas por estas organizaciones en materia de Innovación TIC, permite alcanzar un doble beneficio:

- Ahorro de costes, ahorro de tiempos en la implementación y mejora de la interoperabilidad.
- Apoyo a la industria y organizaciones nacionales para su integración y participación en procesos de licitación y proyectos internacionales.

Teniendo en cuenta esta importancia, se listan a continuación a modo de ejemplo y referencia algunas de las principales iniciativas promovidas en materia de innovación tecnológica en la AGE, la OTAN y la UE.

2.7.1 La situación en la Administración General del Estado.

A nivel nacional y desde principios de la década de los años 10 del siglo XXI, la AGE viene abordando una serie de iniciativas para impulsar y extender el empleo de servicios TIC en la actividad de las Administraciones Públicas y para racionalizar las medidas existentes, evitando solapamientos y otras ineficiencias.

Medidas como la aprobación del *Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos*, y del Plan de Transformación Digital de la AGE y sus Organismos Públicos (Estrategia TIC 2015-2020) y de la primera Declaración de Servicios Compartidos en octubre de 2015, se orientan hacia este objetivo, y han sido referencias

igualmente para su implementación en el MDEF, complementando el desarrollo de su Política sobre las TIC y de su proceso de Transformación Digital[25].

En el ámbito de las EDT, la principal iniciativa en la AGE ha sido la aprobación de diversos planes estratégicos, que regulan cómo se procedería a su implantación. En la Agenda **España Digital** en su versión de 2025 [ESPAÑA DIGITAL 2025][26], ya se establecían actuaciones concretas y previsiones para su financiación.

Su elaboración ha estado promovida y dirigida fundamentalmente por el **Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública** (y sus antecesores), y dentro de este Ministerio, tanto por la **Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial** (SEDIA), la **Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales** (SETELECO) y la **Agencia Estatal de Administración Digital** (AEAD).

En concreto se han aprobado los siguientes planes estratégicos:

Plan Estratégico	Fecha de aprobación
Plan para la Conectividad y las Infraestructuras Digitales	Diciembre de 2020
Estrategia de Impulso de la Tecnología 5G	Diciembre de 2020
Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial	Diciembre de 2020 (primera versión) y mayo de 2024 (segunda versión)
Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021-2025	Enero de 2021
Plan Nacional de Competencias Digitales	Enero de 2021
Plan de Digitalización de las PYME 2021-2025	Enero de 2021
España Hub Audiovisual de Europa	Marzo de 2021
Plan Nacional de Ciberseguridad	Marzo de 2022
Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas de España	Abril de 2025

Tabla 2-8 Planes Estratégicos sobre EDT y aspectos complementarios aprobados en la AGE. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se presentan estos Planes Estratégicos, junto con el presupuesto que se ha estimado para su desarrollo:

[25] Las referencias mencionadas en este párrafo ya se encuentran derogadas por otras versiones más actuales como el *Real Decreto 1125/2024, de 5 de noviembre, por el que se regulan la organización y los instrumentos operativos para la Administración Digital de la Administración del Estado*, o el Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021 -2025. No obstante, se estima precisa su mención, al haber constituido la referencia inicial en esta materia en la AGE.

[26] Documento que se encuentra igualmente derogado tras la aprobación de la Agenda España Digital 2026, pero que se cita al ser la referencia inicial para la aprobación de los planes estratégicos mencionados.



Figura 2-21. Infografía sobre los Planes Estratégicos sobre EDT y aspectos complementarios aprobados en la AGE y su presupuesto - Fuente: Elaboración propia.

Como otra actuación fundamental a nivel nacional, de gran impacto en los próximos años en el ámbito de la Defensa en general, y en particular de la innovación tecnológica, destaca la aprobación, el 22 de abril de 2025, del **Plan Industrial y Tecnológico para la Seguridad y la Defensa (PITSD)** por parte del Consejo de Ministros. Este Plan supone una inversión adicional de 10.471 millones de €, que incrementa el gasto en seguridad y defensa en España del 1,4% del PIB en 2024 al 2% en 2025, según el compromiso adquirido con la Unión Europea y la OTAN.

En concreto, una de las partidas del Plan se orienta al desarrollo de actuaciones sobre **nuevas tecnologías de telecomunicación y ciberseguridad,** que suponen un 31,16% de presupuesto total aprobado.

Para el desarrollo del Plan se apuesta por el desarrollo y adquisición de nuevas tecnologías, con un enfoque prioritario en aquellas **aplicaciones y dispositivos de doble propósito que sirven tanto al ámbito civil como para al de la seguridad y la defensa (inteligencia artificial, computación cuántica, telecomunicaciones de última generación, y automatización avanzada)**. Por ejemplo, el 84% de los Programas Especiales de Modernización (PEM), se destinará a desarrollos con capacidad de generar aplicaciones en sectores civiles estratégicos, fortaleciendo así la competitividad tecnológica de España y su capacidad de innovación industrial [PITSD 2025].

Se trata de un plan que ya está potenciando la innovación y modernización tecnológica en el MDEF, y que sería una referencia fundamental a contemplar en el marco del modelo integral objeto del TFM.

2.7.2 La situación en las Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa de las que España forma parte.

Para complementar el escenario de iniciativas externas que en relación con la innovación TIC, se presentan en las siguientes tablas las iniciativas más importantes de la OTAN y la UE, en las que se analiza y se debe continuar analizando la posibilidad de integrar proyectos en interés del MDEF.

INICIATIVAS OTAN	**NATO DIANA** Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic	DIANA | Home (nato.int)
	NATO NIF NATO Innovation Fund	The Nato Innovation Fund | NIF
	NSIP NATO Security Investment Programme	Accesible [USO OFICIAL]

Tabla 2-9. Iniciativas de la OTAN de aplicación potencial para el desarrollo de iniciativas de innovación TIC. Fuente: Elaboración propia.

INICIATIVAS UNIÓN EUROPEA	**EDF** European Defence Fund	European Defence Fund (EDF) - Official Webpage of the European Commission. - Defence Industry and Space
	PESCO Permanent Structured Cooperation	PESCO | Member States Driven (europa.eu)
	EUDIS EU Defence Innovation Scheme	About EUDIS (europa.eu)
	EDA CDP European Defence Agency Capability Development Plan	Activities Search (europa.eu)
	EDA HEDI Hub for EU Defence Innovation	HEDI (europa.eu)
	EUCLID EU Collaboration in Defence	Activities Search (europa.eu)
	IPCEI Important Projects of Common European Interest (IPCEI)	IPCEI - Competition Policy - European Commission

Tabla 2-10. Iniciativas de la UE de aplicación potencial para el desarrollo de iniciativas de innovación TIC. Fuente: Elaboración propia.

2.8 Innovación y Cooperación en el Ministerio de Defensa.

En el *Real Decreto 205/2024, de 27 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Defensa* [RD 205/2024], se establece que la **Secretaría de Estado de Defensa** es el órgano superior del Ministerio al que le corresponden, entre otras, las competencias de dirección, impulso y gestión de las políticas de investigación, desarrollo e innovación (artículo 3).

Dentro de la estructura orgánica de la Secretaría de Estado de Defensa, la **Dirección General de Estrategia e Innovación de la Industria de Defensa (DIGEID)**, tiene entre sus funciones *"Planificar y programar las políticas […] de investigación, desarrollo e innovación del Departamento, y controlar su ejecución."* (artículo 4.2.a).

Además, en el ámbito de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Transformación Digital, la Gestión de la Información y el Conocimiento y la Ciberseguridad, el *Real Decreto 205/2024 de 27 de febrero* asigna igualmente responsabilidades a la Dirección General Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (DG CESTIC), en el ámbito de la estrategia tecnológica y la innovación, en colaboración con la DIGEID:

- *"Es responsable de la **definición de la estrategia tecnológica** sobre los CIS/TIC, la transformación digital y la seguridad de la información y en estas materias, en colaboración con la Dirección General de Estrategia e Innovación de la Industria de Defensa, del **impulso de un modelo de innovación** y del apoyo a la industria nacional de defensa para su participación en proyectos a nivel nacional e internacional."* (artículo 7.1).
- *"**Analizar**, en coordinación con la Dirección General de Estrategia e Innovación de la Industria de Defensa y el Estado Mayor de la Defensa, **las tecnologías emergentes y disruptivas** en el ámbito de los CIS/TIC, la transformación digital y seguridad de la información, para evaluar su **posible integración y empleo en la evolución de los servicios e infraestructuras** del Ministerio de Defensa, impulsando y desarrollando un modelo de innovación en estas materias, que integre la relación con actores externos al Departamento."* (artículo 7.2. q).

En el desarrollo de estas funciones y de las que se le asignaban en su sentido similar en la normativa anterior sobre estructura orgánica del MDEF, la DG CESTIC integra, como tarea permanente la prospectiva tecnológica y el análisis de EDT. Con ello se busca analizar las posibilidades que estas tecnologías ofrecen.

Este análisis es un elemento intrínseco e indisociable del desarrollo de las Políticas responsabilidad de la DG CESTIC, y en concreto en la evolución de la **Infraestructura Integral de Información para la Defensa (I3D)**, como infraestructura tecnológica estratégica y "columna vertebral" del Ministerio en materia tecnológica.

Además, en él es fundamental tener en cuenta la imprescindible necesidad de asegurar que estas tecnologías coexistan de forma integrada (entre ellas y con los servicios y soluciones ya disponibles), reforzando mutuamente sus capacidades, según se ha presentado en el *Apartado 2.2.1.*

En concreto, la DG CESTIC emplea el siguiente **modelo para la evaluación e integración de EDT en el ámbito TIC**:

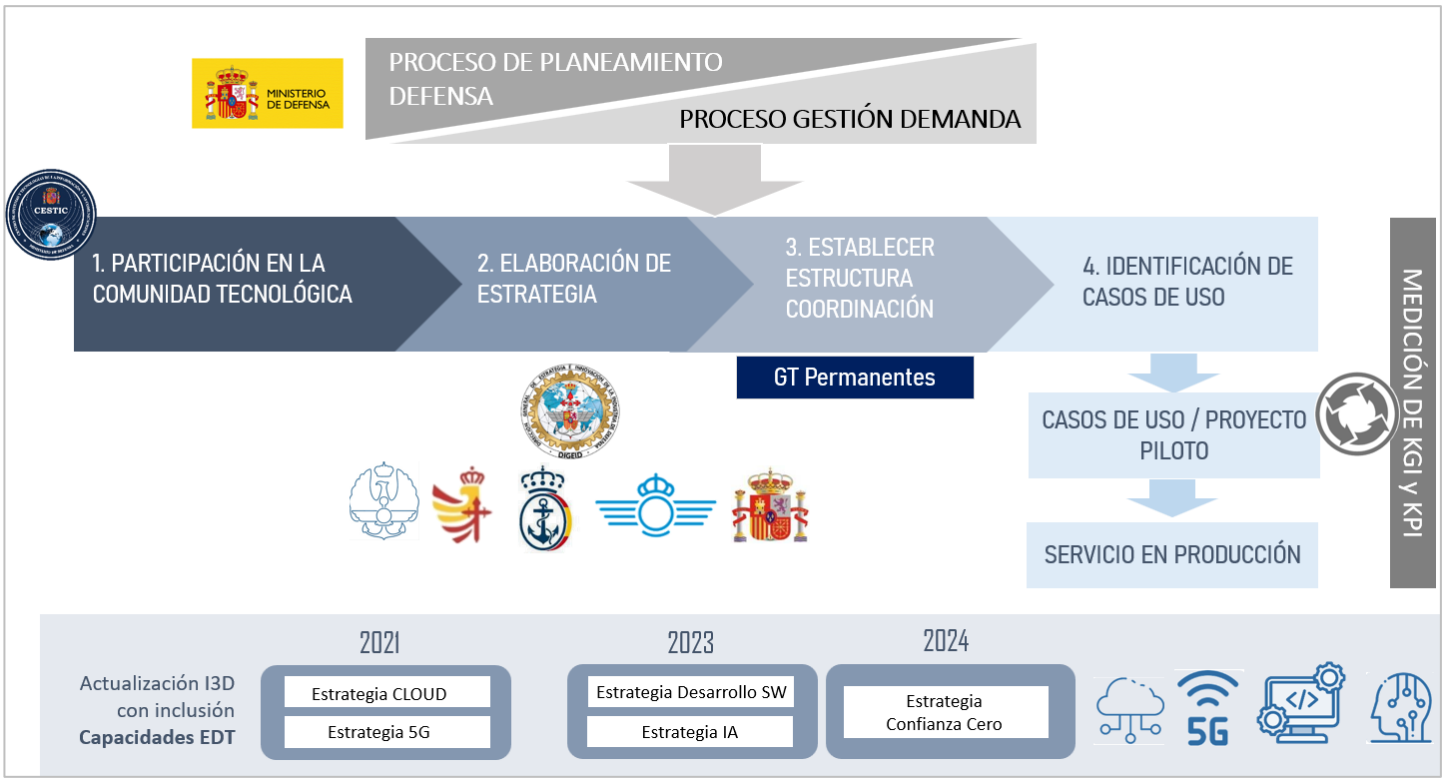


Figura 2-22. Modelo actual de la DG CESTIC para la evaluación e integración de EDT en el ámbito TIC. Fuente: DG CESTIC.

Como resultado de la aplicación de este modelo, desde el año 2021 se ha aprobado **cinco Estrategias sobre Tecnologías y Metodologías Innovadoras en el Ministerio de Defensa**:

- Estrategia de comunicaciones móviles de quinta generación (5G) [ESTRATEGIA 5G 2021].
- Estrategia de explotación de la Nube [ESTRATEGIA CLOUD 2021].
- Estrategia de desarrollo software [ESTRATEGIA DESARROLLO SW 2023].
- Estrategia de desarrollo, implantación y uso de la Inteligencia Artificial. [ESTRATEGIA IA 2023].
- Estrategia de implantación del concepto de seguridad Confianza Cero [ESTRATEGIA ZT 2024].

En la elaboración de estas estrategias y en las estructuras que para la dirección y seguimiento de su ejecución se han establecido (existen Grupos de Trabajo Permanentes para cada una de ellas), se ha contado con la participación de todos los ámbitos del Ministerio que potencialmente desarrollarán e implementarán estas tecnologías: DIGEID, Estado Mayor de la Defensa (EMAD), Ejército de Tierra, Armada, Ejército del Aire y del Espacio, Secretaría de Estado de Defensa, Subsecretaría de Defensa y Secretaría General de Política de Defensa.

Este modelo, se articulará como una de las referencias principales sobre las que se basaría la implantación del modelo integral de que trata el TFM.

Tal y como se deriva del *Real Decreto 205/2024, de 27 de febrero*, un elemento fundamental para el desarrollo de proyectos e iniciativas innovadoras TIC es la colaboración entre la DG CESTIC y la DIGEID. Para ello es fundamental alinear el modelo presentado en la *figura 2-22*, con las directrices establecidas para la gestión de la I+D en la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa aprobada en 2020 [ETID 2020], teniendo en cuenta las responsabilidades de cada órgano a la vista de la

distinción entre I+D e Innovación que se indicaba en el *Apartado 2.3.1.* y el esquema que para este asunto se regula en la propia ETID:

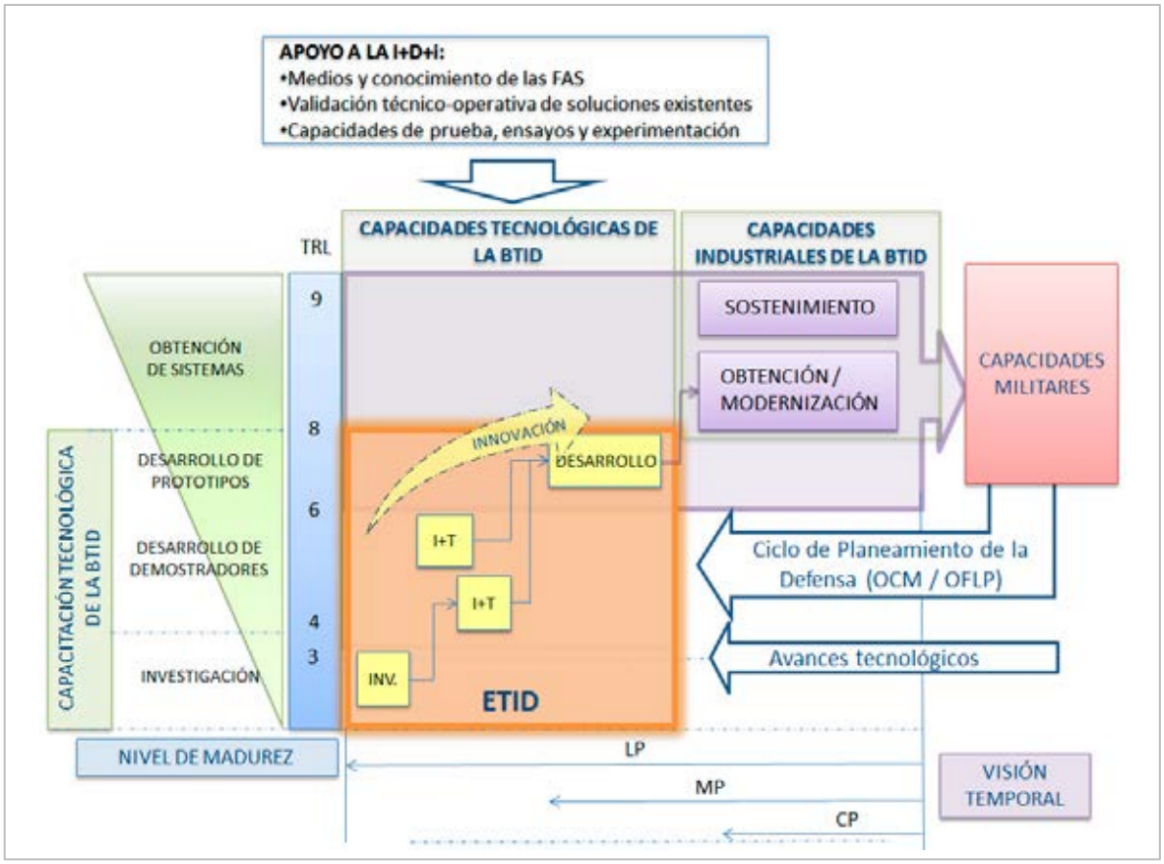


Figura 2-23. Esquema de relación entre la I+D y la Innovación en el Ministerio de Defensa. Fuente: [ETID 2020].

En el ámbito de las TIC, la innovación se puede considerar "desacoplada" de la I+D, ya que se busca en muchos casos adaptar o implantar tecnologías ya desarrolladas, maduras y muchas de ellas disponibles comercialmente. La innovación consiste en proporcionar casos de uso específicamente militares apoyándose en las EDT.

No obstante, en el Anexo A de la ETID se recoge como una de las 11 áreas en que se estructuran las líneas de I+D+i de interés para Defensa las ***Tecnologías de la Información, Comunicación y Simulación***.

Por lo tanto, en el Modelo final descrito en el *Capítulo 3*, se evaluarán aspectos como la madurez de una tecnología TIC y de su contexto (aspectos organizativos, normativos, etc.) para decidir si las iniciativas para su evaluación y desarrollo en el MDEF, se encaminarían en el marco de la ETID o del Modelo de Innovación objeto del TFM.

2.9 Conclusiones del Estado del Arte.

Los apartados anteriores de este capítulo dan muestra de la complejidad del fenómeno de la innovación y de la enorme variedad de elementos a considerar y de iniciativas existentes, lo que refuerza la necesidad de enmarcar esta disciplina en un marco para su dirección, gobierno y gestión estratégica.

Dada esta complejidad, **es fundamental que la definición de este marco se aborde desde la perspectiva de innovación abierta**, para poder aprovechar la multitud de actores con los que el Ministerio de Defensa se debe relacionar y su conocimiento y especialización. Al mismo tiempo la

innovación abierta va a permitir que el MDEF pueda dinamizar y reforzar determinados elementos de este ecosistema (como empresas, centros de investigación o investigadores particulares), con el objetivo de contribuir al crecimiento económico y social de España.

En el capítulo siguiente se presenta un modelo integral para cubrir este propósito y desarrollar actuaciones e instrumentos para llevarlo a la práctica.

3 LA DEFINICIÓN CONCEPTUAL DEL MODELO INTEGRAL PARA LA DIRECCIÓN, GOBIERNO Y GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN TIC EN EL MDEF- EL MODELO VEGALYR

"La innovación es lo que ocurre cuando las ideas creativas se implementan realmente."

M.A. West y J.L. Farr. Expertos en psicología organizacional y estudio de la innovación en el ámbito laboral.

3.1 Introducción.

A partir de los conceptos expuestos en el *Capítulo 2*, en este capítulo se va a exponer conceptualmente el Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Ministerio de Defensa, denominado VegaLYR, como se reseñará más adelante.

Se presentan las dimensiones que lo compondrán y la propuesta de actuaciones e iniciativas iniciales a desarrollar. Con este modelo se articula un mecanismo para evolucionar la gestión de la innovación TIC en el MDEF, sobre la base del contexto, las necesidades estratégicas y los procedimientos actualmente existentes.

3.2 Planteamiento inicial del Modelo y Referencias.

Según se ha indicado en el *Capítulo 2*, el modelo VegaLYR se basa en la adaptación al contexto del Ministerio de Defensa del **Objetivo de Gestión APO04 - Gestionar la Innovación de COBIT 2019** [COBIT 2019].

Resumiendo el detalle de las 6 prácticas de gestión de APO04 (incluidas en el *Apartado 2.4*), las recomendaciones de COBIT para la gestión de la innovación se orientan a disponer de un entorno favorable que conduzca a la innovación, mantener un entendimiento del entorno de la empresa, monitorizar el entorno tecnológico, evaluar el potencial de las tecnologías emergentes y las ideas de innovación, recomendar iniciativas adicionales apropiadas y supervisar la implementación y uso de la innovación.

Estas directrices generales guiarán el desarrollo del Modelo VegaLYR. No obstante, dada su generalidad, ha sido preciso profundizar en ellas, concretándolas para posibilitar su implantación en un entorno real.

Otra referencia fundamental es la familia de normas ISO 56000. Se trata de normas internacionales desarrolladas por la Organización Internacional de Normalización (ISO), con el objetivo de proporcionar orientación y mejores prácticas para la gestión de la innovación en organizaciones de todo tipo y tamaño. Va más allá de la innovación de productos (abarca procesos, modelos de negocios, servicios y sistemas) y ayuda a las empresas a construir estrategias efectivas y Sistemas de Gestión de la Innovación (IMS).

Algunos de los principios en los que se basa la norma y que son referencias fundamentales a trasladar en el modelo del MDEF, son la **orientación al valor real que debe aportar la innovación, el alineamiento permanente con los objetivos estratégicos de la empresa, el enfoque sistémico o la colaboración y apertura** [ZETTELMANN s.f.].

Dentro de la familia ISO 56000, la Norma UNE-EN ISO 56002 regula el Sistema de Gestión de la Innovación, representado gráficamente mediante la siguiente figura:

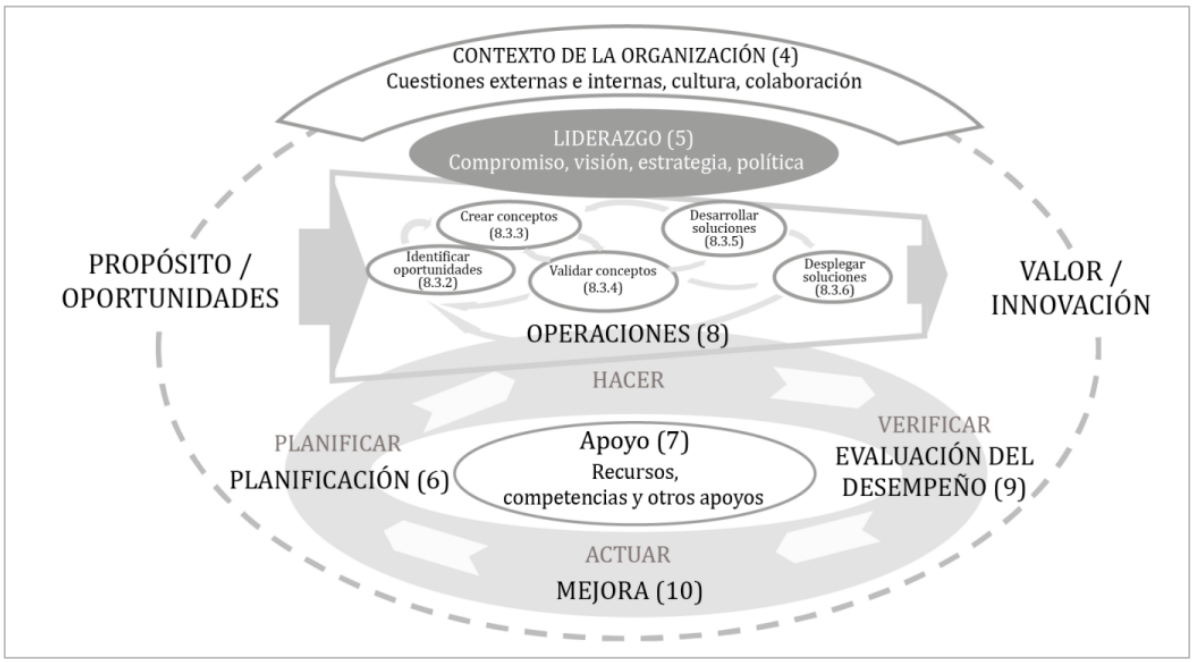


Figura 3-1. Marco del Sistema de Gestión de la Innovación. Fuente: Norma UNE-EN ISO 56002 de Gestión de la Innovación [ISO 56002 2019].

El sistema de gestión de la innovación es un conjunto de elementos interrelacionados y que interactúan con el propósito de generar valor. Provee un marco de referencia común para desarrollar y desplegar capacidades de innovación, evaluar el desempeño, y lograr los resultados previstos. Los elementos se pueden adoptar gradualmente para implementar el sistema, según el contexto y las circunstancias particulares de la Organización [ISO 56002 2019].

Como principio derivado de esta norma para el Modelo VegaLYR, se va a tomar como referencia el concepto de **mejora continua e iterativa** y la necesidad de establecimiento de un ciclo permanente de realimentación basado en el **ciclo de Deming o ciclo "Planificar – Hacer – Verificar – Actuar"**[27]. Se trata de un aspecto especialmente útil en un ámbito como la innovación, donde no se conocen de manera completamente detallada a priori las especificaciones o los resultados que se esperan de una determinada tecnología.

[27] Comúnmente conocido por su denominación en inglés: Plan-Do-Check-Act o PDCA.

A nivel AGE y OTAN el foco se ha puesto principalmente en la definición de estrategias para el análisis y planificación de actuaciones sobre EDT concretas. Así, por ejemplo, en la AGE, según se ha indicado en el *Apartado 2.7.1*, se han aprobado estrategias sobre comunicaciones 5G, Inteligencia Artificial, o recientemente, sobre Tecnologías Cuánticas.

A nivel OTAN se han aprobado igualmente estrategias sobre EDT específicas como por ejemplo la ***NATO Artificial Intelligence Strategy*** aprobada en 2021, y actualizada en 2024 [OTAN 2024].

En línea con este enfoque y para poder aprovechar las posibilidades que las EDT ofrecen, en el MDEF se ha seguido un procedimiento similar. Como resultado de su participación en la comunidad tecnológica, se han identificado progresivamente aquellas tecnologías que pueden ofrecer mayores beneficios para el desarrollo de las misiones y cometidos del Departamento. Para ellas se han aprobado Estrategias en las que se establecen los principios, objetivos generales, líneas de actuación y estructuras de gobierno para cada EDT en cuestión. En concreto, se han aprobado las estrategias tecnológicas presentadas en el *Apartado 2.8*, y en el marco de ellas, se han desarrollado proyectos que, a modo de pilotos, han permitido confirmar las posibilidades que las tecnologías ofrecen, destacando especialmente los proyectos que desde 2022 se llevan a cabo en los diferentes ámbitos del Departamento en relación con las comunicaciones 5G.

No obstante, no se ha dispuesto de un modelo que aborde cómo se gobernaría y gestionaría la innovación sobre las TIC, la Seguridad de la Información y la Transformación Digital, con una perspectiva global, que además facilitase su integración e interoperabilidad con las capacidades ya implantadas.

Este modelo respondería a lo regulado en el *artículo 7.1* del [RD 205/2024], en el que se establece como responsabilidades del CESTIC: *"[…] También es responsable de la definición de la estrategia tecnológica sobre los CIS/TIC, la transformación digital y la seguridad de la información* ***y en estas materias****, en colaboración con la Dirección General de Estrategia e Innovación de la Industria de Defensa,* ***del impulso de un modelo de innovación*** *[…]"*. El Modelo VegaLYR se articula como una propuesta de base, a partir de la cual se podría plantear el desarrollo final e implantación de ese modelo contemplado en el Real Decreto 205/2024.

Como última referencia, cabe destacar que el Modelo VegaLYR se enmarca y responde al contexto y necesidades derivadas del Proceso de Planeamiento de la Defensa [OM 60/2015], como marco dentro del cual se definen los Objetivos Estratégicos del Departamento. El proceso se define en ciclos de 2 años de definición y 6 años de ejecución.

Este periodo es muy amplio desde el punto de vista de la evolución de las EDT TIC, por lo que es fundamental que se complemente con un modelo que permanente proponga a los responsables operativos del Ministerio las posibilidades que las nuevas tecnologías ofrecen para el desarrollo de las misiones del Departamento.

Es un proceso en el que se implican todos los recursos del Ministerio (humanos, financieros y materiales[28]), cuya planificación, obtención y funcionamiento debe orientarse, precisamente, a la consecución de los Objetivos Estratégicos.

Por este motivo, y ante la visión integradora del proceso de Planeamiento de la Defensa, es necesario que el Modelo VegaLYR contemple no únicamente la dimensión tecnológica, sino también cuestiones como los recursos humanos, financieros o el cumplimiento normativo. Puede darse el caso de que tecnológicamente una iniciativa cubra todos los requisitos que desde el punto de vista del MDEF se requieren, pero que por causa de no poder implementar la colaboración con la entidad de investigación

[28] A efectos del Proceso de Planeamiento de la Defensa, se consideran recursos materiales, el Armamento y Material, las Infraestructuras físicas, los Sistemas de Información y Telecomunicaciones y la Investigación y Desarrollo.

o la empresa que la desarrolla (por motivos legales o contractuales, por ejemplo), se pueda perder esa oportunidad.

3.3 El Modelo VegaLYR.

El Modelo Integral para la Dirección, Gobierno y Gestión Estratégica de la Innovación TIC en el Ministerio de Defensa – VegaLYR se estructura sobre la base de **8 dimensiones**. Además, se establecen **3 componentes que afectan transversalmente** a la forma en que se planifican y ejecutan estas dimensiones:

DIMENSIONES	1. Dimensión **Organizativa y de Coordinación**.
	2. Dimensión de **Gestión del Portfolio de Innovación**.
	3. Dimensión **Tecnológica**.
	4. Dimensión de **Transferencia Tecnológica**.
	5. Dimensión de **Industrial Nacional y de Refuerzo de la Soberanía y Resiliencia**.
	6. Dimensión de **Gestión del Talento.**
	7. Dimensión **Legal.**
	8. Dimensión **Económica**.[29]
COMPONENTES TRANSVERSALES	1. La determinación de los **niveles de ambición ante la tecnología**.
	2. La determinación de la **madurez y relevancia de una tecnología**.
	3. Las métricas de **evaluación de la innovación**.

Tabla 3-1. Dimensiones y componentes transversales del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia.

[29] Las dimensiones legal y económica, se tratan en un mismo apartado, por la existencia de puntos comunes en su planteamiento inicial y enfoque de adaptación en este modelo.

3.3.1 Dimensión Organizativa y de Coordinación: Observatorio para la gestión del ecosistema de innovación del MDEF.

Probablemente la principal idea fuerza y ventaja de la adopción de enfoques de innovación abierta sea el aprovechamiento del conocimiento, capacidades y especialización de los actores que forman parte del ecosistema de una Organización.

Esto se multiplica exponencialmente en una Organización con la variedad y amplitud de actores con los que se interrelaciona como el Ministerio de Defensa. Por lo tanto, como primera dimensión del Modelo VegaLYR se debe establecer un **Observatorio para la gestión de las relaciones con organismos** con responsabilidades y capacidades en el ámbito de la innovación TIC. **El observatorio debe estructurarse en dos niveles**: uno **interno** del MDEF y otro **externo**.

3.3.1.1 Nivel Interno.

Este nivel estará dirigido por la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la DIGEID y por la Dirección General CESTIC, atendiendo a las responsabilidades que, en materia de innovación y TIC, se les encomiendan en el [RD 205/2024].

Como siguiente nivel, la actividad de observatorio interno se coordinará a través de los Grupos de Trabajo Permanentes constituidos para el seguimiento de las Estrategias sobre EDT aprobadas desde 2021 en el MDEF (y referenciadas en el *Apartado 2.8*).

Por último, sobre la base de los actuales organismos de investigación e innovación tecnológica existentes en el Ministerio se articularía como nivel de ejecución de proyectos concretos, una Red de Centros de Referencia para la Innovación y la Experimentación TIC. En ella se encontrarían, entre otros, el Mando Conjunto del Ciberespacio, el Centro de Inteligencia Artificial de la Armada (CIA2), el Centro de Tecnologías Emergentes del Ejército de Tierra, el Centro Tecnológico de Desarrollo y Experimentación (CETEDEX) del INTA, y en un futuro, el Centro de Capacidades Tecnológicas Avanzadas “Numant-IA”.



Figura 3-2. Esquema orientativo del nivel interno del observatorio de gestión del ecosistema de innovación TIC del MDEF. Fuente: DG CESTIC.

Siguiendo las buenas prácticas en materia de gestión de innovación, como las establecidas en [BCG 2024], en este nivel interno, y en concreto dentro de su nivel de ejecución, es fundamental que los centros de referencia alcancen un nivel de especialización por materias (evitando que todos trabajen en proyectos sobre la misma EDT), compartiendo a través de la estructura de coordinación aquellos resultados más relevantes para el conjunto del Ministerio. Se evitan así solapamientos en los proyectos a desarrollar y se asegura una cobertura de un espectro lo más amplio posible de EDT.

Además, siguiendo las actividades de la práctica de gestión APO04.01 de [COBIT 2019], es fundamental dotar a los observatorios de una infraestructura compartida, como por ejemplo herramientas de trabajo colaborativo.

3.3.1.2 Nivel Externo.

El Ministerio de Defensa se relaciona en el ámbito del desarrollo de proyectos TIC, de Seguridad de la Información y de Transformación Digital con una amplia variedad de actores pertenecientes a la AGE, la OTAN, la Unión Europea, Universidades, Asociaciones y Centros de Investigación y Empresas.

Es fundamental que esta relación se refuerce y amplie al máximo posible, identificando y evaluando:

- Iniciativas y propuestas de estas organizaciones en las que el MDEF podría colaborar o fuentes de financiación que podrían utilizarse.
- Capacidades de las organizaciones que pueden ser de utilidad para resolver necesidades operativas y funcionales del Ministerio.

A modo de ejemplo, se presenta la figura siguiente con algunas organizaciones con las que actualmente el MDEF tiene (o podría evaluar tener) algún tipo de relación siguiendo las dos posibilidades anteriores. En el lado derecho de la figura se presentan algunas iniciativas promovidas en estos organizamos a través de las que el MDEF podría obtener financiación externa (bien directamente o para alguna empresa que desarrolle proyectos para él). Estas iniciativas se corresponden con algunas de las presentadas en el *Apartado 2.7.2*.



Figura 3-3. Esquema orientativo del nivel externo del observatorio de gestión del ecosistema de innovación TIC del MDEF. Fuente: DG CESTIC.

Dada la amplitud de este ecosistema, es fundamental el establecimiento de un **organismo orquestador** (nuevamente siguiendo las buenas prácticas de [BCG 2024]). Este orquestador pertenecería al MDEF, y como se ha indicado, a tenor de las responsabilidades sobre la Política TIC, la de Seguridad de la Información y sobre el proceso de Transformación Digital, este papel podría ser desempeñado por la Dirección General CESTIC.

No obstante, en el desarrollo de este modelo se recomienda explorar la posibilidad de que el CESTIC se apoyase en la empresa **Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE)**, como sociedad mercantil estatal, medio propio de la Administración, dependiente del propio MDEF.

Se aprovecharía de esta forma la experiencia de esta empresa en la relación con Universidades y Centros de Investigación, por ejemplo, a través de la **Red Horizontes de observatorios tecnológicos**. La Red Horizontes[30] es el vehículo en torno al cual se articulan las actividades de prospectiva y vigilancia tecnológica en ISDEFE. Su objetivo principal es el de detectar las tendencias futuras en las áreas de actuación de la compañía para conseguir capacitar a su personal con la suficiente antelación para responder con agilidad a los nuevos retos de la AGE, y dentro de ella, del MDEF. Actualmente se cuenta con varios observatorios que entrarían dentro del alcance de este TFM como los relacionados con la Defensa y Seguridad, el Espacio, y principalmente las TIC:

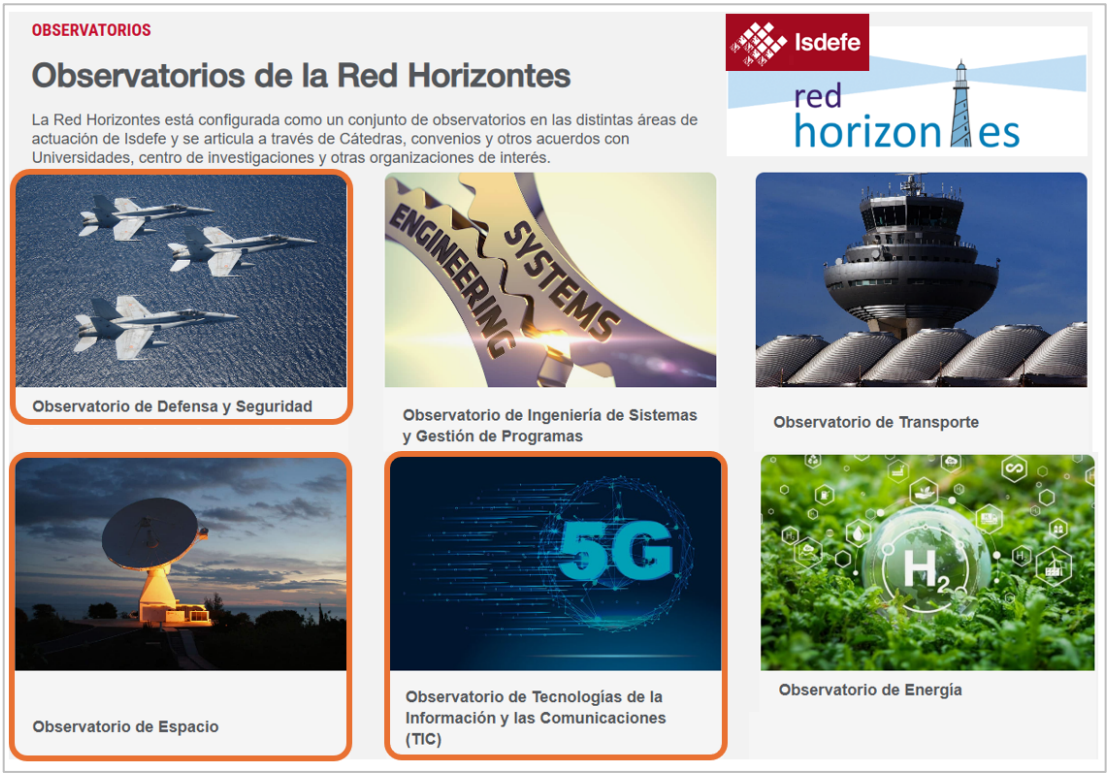


Figura 3-4. Observatorios tecnológicos de la Red Horizontes de ISDEFE. Fuente: Elaboración propia a partir de [ISDEFE s.f.].

En estos observatorios se cuenta con cátedras, convenios y acuerdos con Universidades y Organizaciones como la Universidad de Alcalá de Henares (sobre IA y Ciberseguridad), la Universidad Politécnica de Madrid (sobre aplicación de Big Data al mantenimiento predictivo de sistemas de Defensa o Nube de Combate) o la Universidad de Jaén (para apoyo al CETEDEX del INTA).

[30] https://isdefeinnova.es/observatorios/

Además, en determinados casos, a través de ISDEFE podría agilizarse la relación con actores privados como empresas.

3.3.2 Dimensión de Gestión del Portfolio de Innovación.

El Modelo VegaLYR no sólo debe contemplar iniciativas para asegurar el más adecuado desarrollo de los proyectos de innovación. Es fundamental, previamente decidir en qué proyectos de innovación se van a invertir los recursos de la Organización, ya sea porque se espera de ellos mayores beneficios (internos o externos), porque están más alineados con los objetivos estratégicos de la Organización o por ambos motivos.

Es una decisión fundamental, dada la limitación en los recursos disponibles y la imposibilidad de abarcar todas las posibilidades de proyectos o iniciativas que, de una forma u otra, se le van a presentar al MDEF.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario dotar al Modelo de una dimensión de gestión del Portfolio de innovación, basado en 4 pilares fundamentales según [PHIMISTER 2021]:



Además, en esta misma referencia se destaca que la gestión del Portfolio de proyectos de innovación, es un **proceso dinámico y adaptable a cambios** contantes en la realidad, necesidades y contexto de la Organización y **sistemático y permanente** (desarrollado sobre la base de unas metodologías probadas y conocidas).

En este proceso los proyectos se evalúan, seleccionan y priorizan. Dadas las características de los proyectos de innovación (dinámicos y de alta incertidumbre), la toma de decisiones y las metodologías a emplear son diferentes a las del resto de proyectos de la Organización, por los que es **necesario un portfolio específico**.

Está relacionado con lo indicado en el *Apartado 2.5*, sobre la organización ambidiestra, mentalidad que es necesario que el MDEF continúe adoptando en el ámbito de los TIC, la Transformación Digital y la Ciberseguridad.

De esta forma, la actividad, las iniciativas y los proyectos en esta materia en todo el MDEF se organizarían sobre la base de dos grandes portfolios:

- Portfolio de **actividades diaria**s, orientado al objetivo principal de la DG CESTIC y del resto de organismos con responsabilidad en relación con las TIC, como es asegurar la prestación de servicios a los usuarios del Departamento. Se le podría catalogar como el portfolio que se centra en el *Run the Business*, y se estructura sobre la base del catálogo de servicios que se prestan.
- Portfolio **Transformacional**: Constituye en núcleo de innovación: el *Change the Business*[31].

[31] *Run the Business* y *Change the Business* son términos ampliamente extendidos en metodologías sobre gestión de portfolios como Management of Portfolios (MoP) de PeopleCert (https://www.peoplecert.org/browse-certifications/project-

Ambos responden a las necesidades del Ministerio, definidas en el proceso de Planeamiento de la Defensa y en el proceso de Gestión de la Demanda.

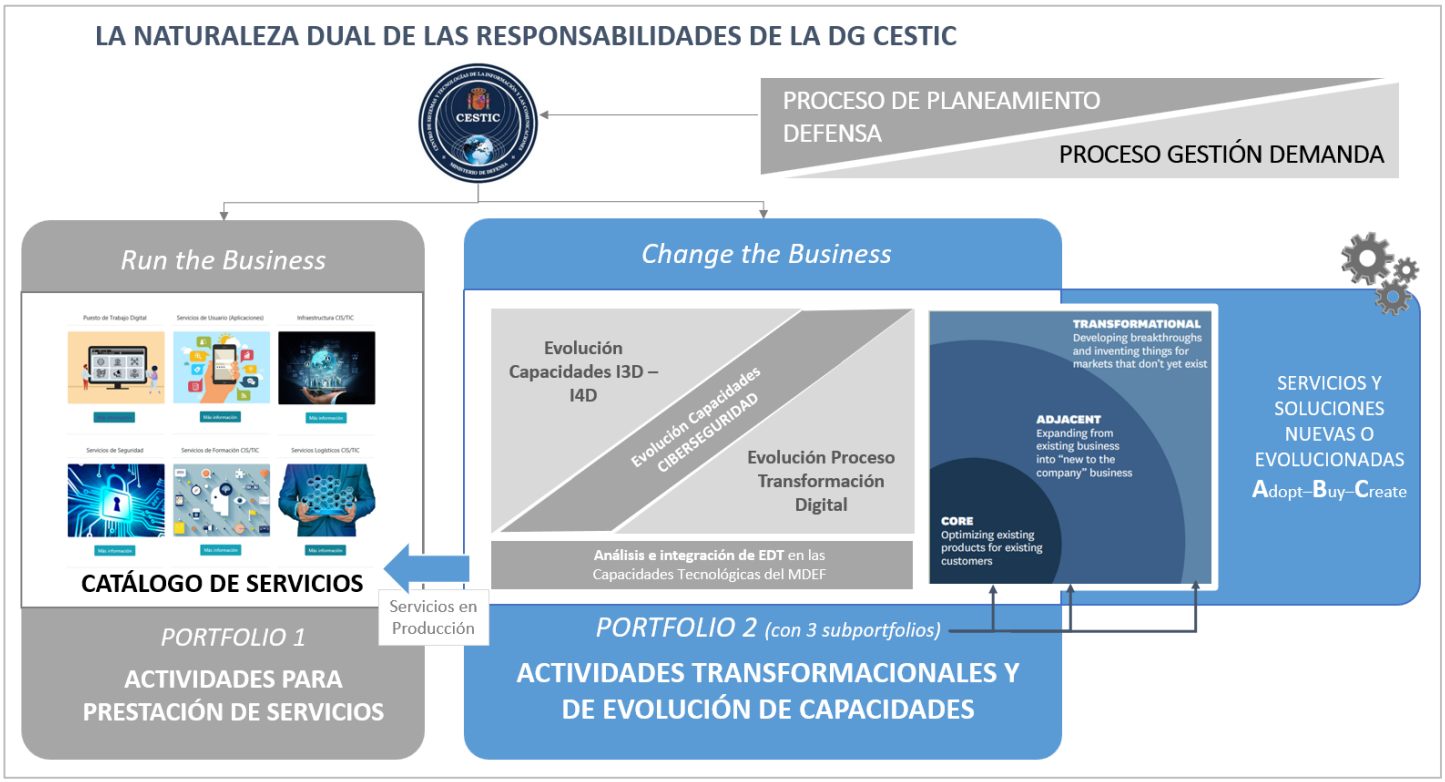


Figura 3-5. La naturaleza dual de las responsabilidades de la DG CESTIC en el MDEF y el establecimiento de 2 Portfolios. Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes de la DG CESTIC y de [NAGJI 2012].

Así mismo, dentro del Portfolio 2 de Actividades Transformacionales se establecen **3 Subportfolios**, siguiendo el modelo de la ***"Matriz de Ambición Innovadora"*** [NAGJI 2012] presentada en el *Apartado 2.5* de este TFM, y en concreto en la *figura 2-16*.

El principal objetivo de la matriz es reconocer que las organizaciones deben plantear y desarrollar proyectos transformacionales e innovadores con distintos grados de ambición. En el eje X se presenta la descripción de los productos o servicios innovadores que se van a desarrollar (más disruptivos conforme se avanza en el eje) y el eje Y se presenta el ámbito de actuación donde se emplearía el producto o servicio (e igualmente, la complejidad se incrementa según se avanza en el eje).

Con la combinación de estos dos ejes, se obtiene los 3 subportfolios antes mencionados[32]:

- El **Subportfolio de proyectos de innovación de Núcleo**. Incluye mejoras y optimizaciones sobre productos y servicios existentes, para seguir prestándolos a los usuarios actuales.
- El **Subportfolio de proyectos de innovación Adyacente**. Se orienta a adaptar los productos y servicios de la Organización a nuevos ámbitos de actuación.

programme-and-portfolio-management/MoP-4/mop-foundation-2644), para diferenciar la actividad diaria (*run*) de las actividades que buscan transformar cómo se lleva a cabo esa actividad diaria (*change*).

[32] Su definición general se ha adaptado para orientarse a la realidad y naturaleza de la actividad de las Administraciones Públicas, y específicamente del Ministerio de Defensa, ya que originalmente se centraban más en el caso de empresas privadas.

- El **Subportfolio de proyectos de innovación Transformacional**. Es aquél que engloba los proyectos para la definición de nuevos productos y servicios, con aplicación en nuevos ámbitos de actuación. Se trata de los proyectos con mayor incertidumbre, pero de los que se puede obtener un mayor rendimiento en términos de impacto positivo para el desarrollo de la actividad de la Organización.

Como resultado de la aplicación de esta matriz en diferentes sectores y empresas, Nagji y Tuff calcularon los siguientes **porcentajes de distribución de recursos** de los proyectos de innovación en cada uno de los subportfolios y **porcentajes estimados de retornos** (en mejoras de la productividad, de ingresos económicos, etc.):

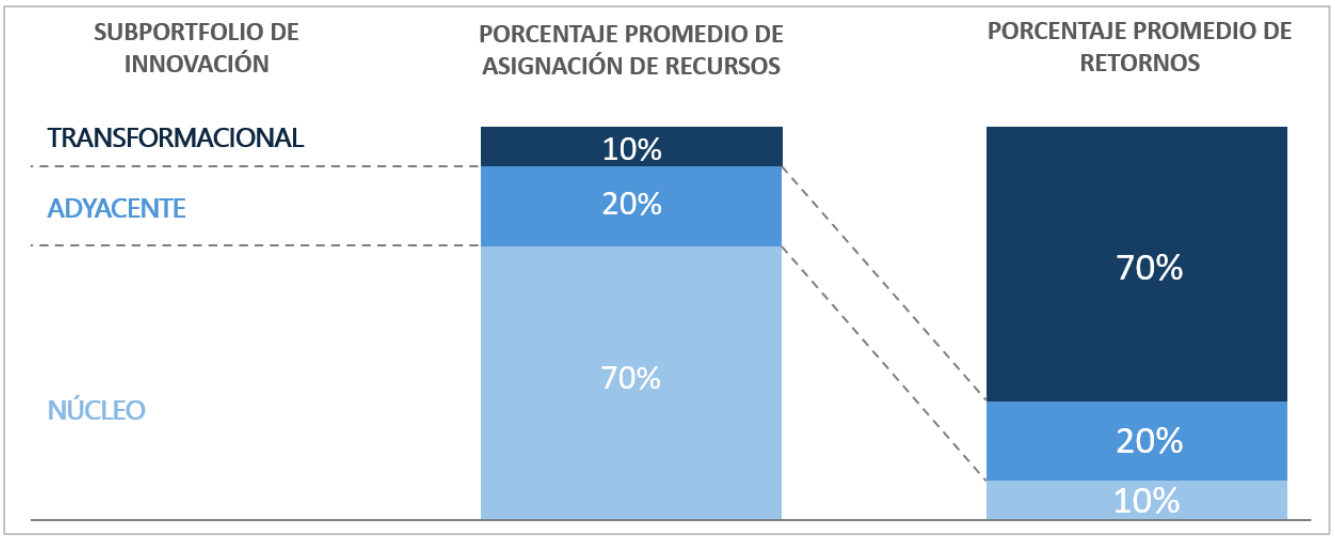


Figura 3-6. Relación entre los tipos de subportfolios de innovación, el porcentaje de distribución de recursos y el porcentaje de retornos esperados. Fuente: Elaboración propia a partir de [PHIMISTER 2021].

Lógicamente estos porcentajes son una referencia que habrá que ir variando en función de las necesidades y situación concreta de la Organización en cada momento.

Mecanismos de Seguimiento, Evaluación y Corrección.

Se empleará un **cuadro de mando integral** para evaluar la situación del Porfolio en cada momento a través del seguimiento, evaluación y corrección de desviaciones identificadas.

Se controlará por un lado el avance de los proyectos a través de las diversas fases del ciclo de vida de un proyecto de innovación. Cabe recordar que no todos los proyectos se iniciarán en la fase inicial de análisis de casos de uso y que la entrada puede producirse en una más avanzada.

Para cada caso concreto, el paso de una fase a otra vendrá marcado por el cumplimiento de los objetivos definidos en cada plan de proyecto concreto. Este cumplimiento se evaluará a través de las correspondientes pruebas y experiencias.

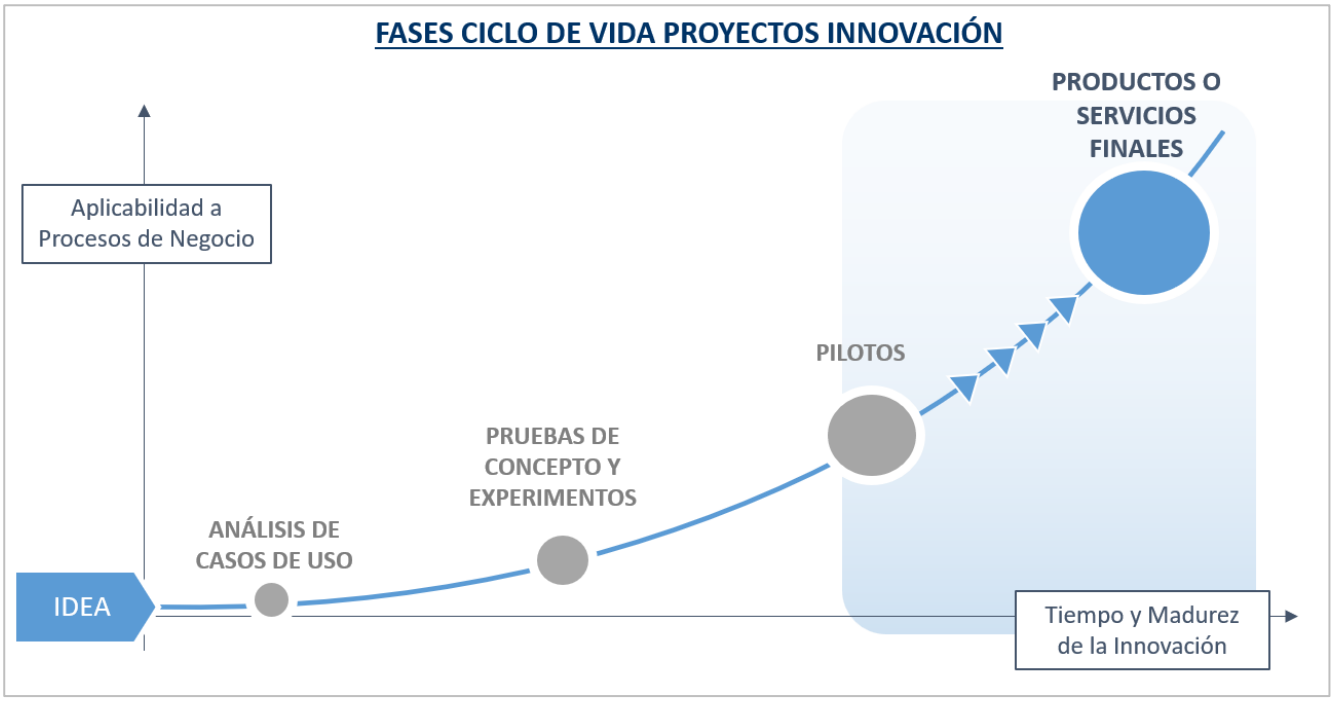


Figura 3-7. Fases del ciclo de vida de la evaluación e integración de EDT. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Dimensión Tecnológica.

En primer lugar, el elemento central sobre el que debe pivotar la innovación en el ámbito TIC en el Ministerio de Defensa es precisamente un conocimiento profundo de estas tecnologías y de su evolución.

No basta con saber qué tecnología existe hoy y qué capacidades ofrecen, sino qué es fundamental que el MDEF se anticipe en todo momento estableciendo un **mecanismo de Observatorio Tecnológico**. Este Observatorio sistematizaría la captura de tendencias y analizaría aquellas EDT que se están desarrollando (en otros países, OISD o por empresas o centros de investigación). Será importante prestar especial atención a las tecnologías duales, que puedan ser adaptadas rápidamente al entorno de Defensa.

El Observatorio Tecnológico debe tener, como punto de entrada principal, las necesidades estratégicas del Ministerio, en el corto y fundamentalmente en el medio y largo plazo, para ofrecer alternativas y posibilidades para su eficaz y eficiente cobertura.

Además, este Observatorio Tecnológico debe actuar como un elemento de prospectiva y ofrecer posibilidades que, si bien no respondan a una necesidad concreta, si puedan ofrecer una ventaja operativa en un ámbito concreto y que fuera del Observatorio tecnológico (o sin su identificación y análisis previo) podrían no llegar a plantearse nunca. Se trata del caso que se ilustra con la famosa cita de Henry Ford: *"Si le hubiera preguntado a la gente lo que necesitaba, me habrían dicho que un caballo más rápido"*.

Además, el elemento central del Observatorio debe ser la **integración de tecnologías** (tal y como se explicaba en el *Apartado 2.2.1*), ya que el desarrollo y la combinación de varias tecnologías y el aprovechamiento de las sinergias existentes, multiplica los efectos positivos de su uso.

También se debe analizar la **coexistencia con soluciones ya disponibles,** de manera que se pueda hacer un uso e integración lo más rápida posible. Este análisis se debe basar en los siguientes pasos:

1. **Mapeo de Servicios y Capacidades** que se verían impactados o beneficiados por la nueva tecnología.

2. **Análisis de Interoperabilidad y posibles vulnerabilidades adicionales** que pueda suponer la nueva tecnología.
3. **Elaboración de una hoja de ruta de transición**, en la que se definirá si la tecnología viene a sustituir (reemplazo progresivo), complementar (añadir funcionalidad) o transformar (cambio radical de arquitectura) las capacidades existentes.
4. **Evaluación de la posibilidad de ampliar su uso en ámbitos diferentes a aquél para el que fue concebido su uso**. Por ejemplo, si una tecnología (como un algoritmo de IA para reconocimiento de imagen) se valida para un ámbito operativo o funcional concreto (como la vigilancia para gestión de emergencias), el Observatorio puede proponer su uso transversal para otros ámbitos (como la gestión logística) para maximizar la inversión y multiplicar los efectos positivos de esa tecnología.

Para la materialización inicial del instrumento de radar tecnológico que usaría el Observatorio, se usará una combinación de las técnicas que actualmente se emplean en la DG CESTIC con el radar que para este mismo propósito se emplea en la Agencia de la Unión Europea para la Gestión Operativa de Sistemas Informáticos de Gran Magnitud en el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia (eu-LISA).

El radar se organizaría por familias (del orden de 4 a 6) y contaría con anillos según la madurez puramente tecnológica de esa tecnología (según su TRL).

Las familias tecnológicas permiten reforzar sinergias de las tecnologías incluidas en ellas, y detectar posibles necesidades de progreso en paralelo. El Observatorio debe establecer una taxonomía dinámica de familias basada en capacidades TIC críticas para Defensa, y tentativamente se podrían establecer las siguientes:

- Ciberdefensa y Ciberseguridad.
- Datos e Inteligencia Artificial.
- Telecomunicaciones, Conectividad Táctica y Redes.
- Infraestructura Tecnológica y Desarrollo de software.

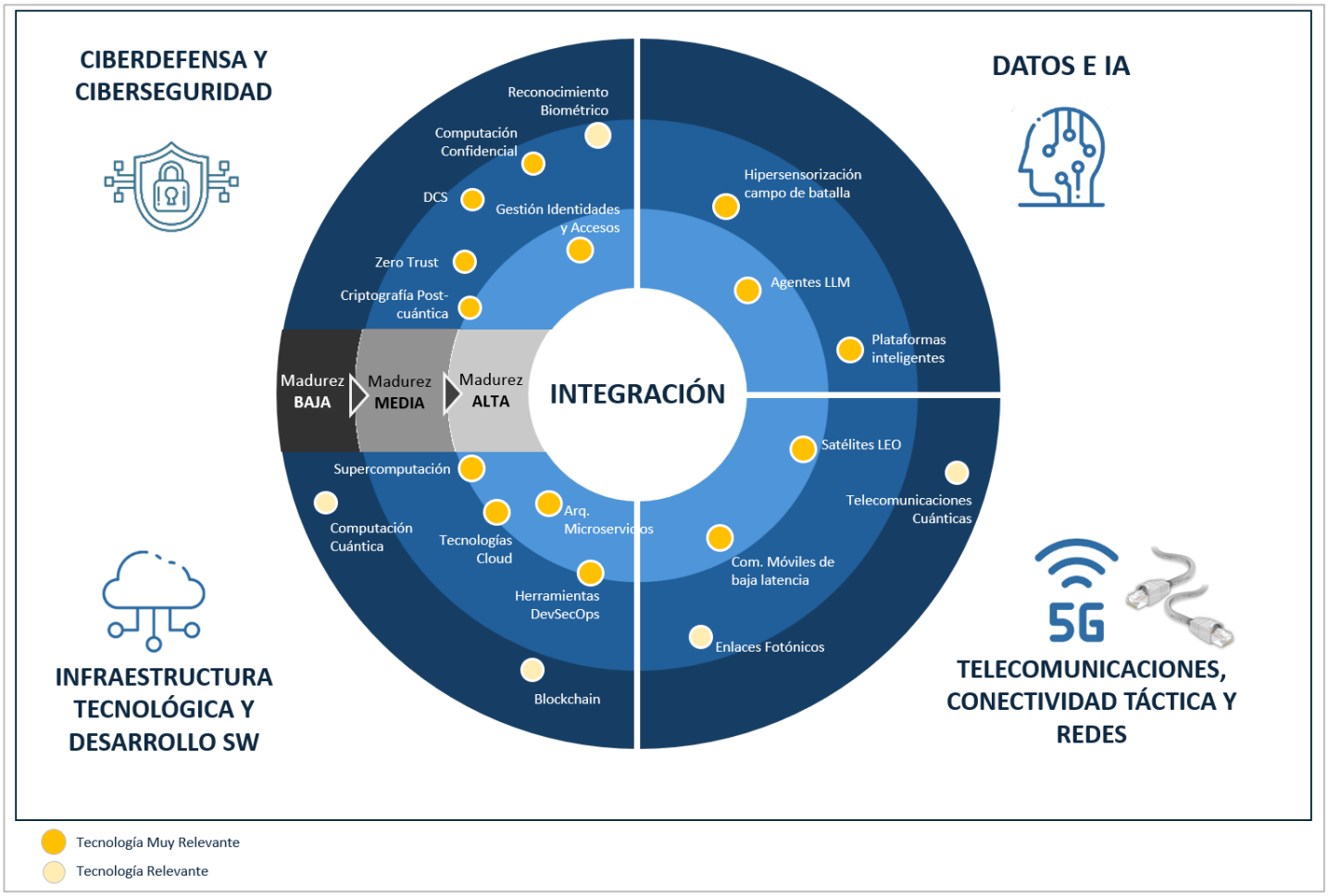


Figura 3-8. Modelo de radar de vigilancia tecnológica y ejemplo de tecnologías y su ubicación. Fuente: Elaboración propia adaptada del modelo de [EULISA s.f.].

Anualmente se revisará esta categorización por si hubiera alguna tecnología que pudiera haberse identificado que no tuviera cabida en las familias existentes. En todo caso, éstas se definen de una manera suficientemente genérica y amplia para que estas modificaciones no sean normalmente necesarias y que el radar tenga una continuidad que facilite su análisis a lo largo del tiempo[33].

Para cada familia tecnológica, el Observatorio (tanto en su parte de gestión central como en su red de "antenas"[34]) contará con especialización en esas materias. De hecho, es fundamental esta especialización y que, por ejemplo, los Centros de Innovación y Nuevas Tecnologías de los ámbitos pudieran especializarse en algún dominio concreto.

[33] Por ejemplo, en un futuro, por su relevancia prevista, las tecnologías cuánticas, serían un candidato a articularse como una familia independiente (actualmente las telecomunicaciones cuánticas o la computación cuántica se enmarcan en las familias de Telecomunicaciones y de Infraestructura Tecnológica, respectivamente).

[34] Elementos descentralizados desplegados a lo largo de varios ámbitos operativos y funcionales e instituciones tecnológicas, y que permiten ampliar las posibilidades de identificación de tecnologías prometedoras.

3.3.3.1 Ciclo de Vida de Actividades del Observatorio.

Fase 0: Planeamiento de actuaciones.

- **Definición de los factores críticos de vigilancia**. Estos factores permiten traducir las necesidades operativas y funcionales del Ministerio en criterios que guiarán el análisis de tecnologías. Por ejemplo, no basta con hacer búsquedas genéricas sobre el concepto "Inteligencia Artificial", sino que está debe ser más específica, y alineada con la casuística actual y prevista.
- **Configuración de la estrategia de búsqueda**. En esta actividad se traducen los factores críticos de vigilancia en términos de búsqueda concretos, como por ejemplo hacer búsquedas sobre *"algoritmos de Inteligencia Artificial para la generación de inteligencia y el apoyo a la toma de decisiones."*

Fase 1: Captación y Monitorización.

En este caso se contempla tanto:

- **La vigilancia automatizada de fuentes,** como bases de datos de publicaciones científicas tanto generalistas como específicas de Defensa (IEEE Xplore, ScienceDirect, Boletines de la NATO STO, etc.), licitaciones públicas de otros países, blogs técnicos, bases de datos de patentes (como las de la *World Intellectual Property Organization* -WIPO-). Para este análisis será necesario el empleo de herramientas software de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Dada la especificidad del Ministerio y la sensibilidad de los análisis a realizar, lo más recomendable podría ser el uso de herramientas a medida. No obstante, existen soluciones comerciales para este propósito, como Vicubo[35], cuyo empleo se evaluaría.
- **La participación activa en la comunidad tecnológica**, con asistencia a grupos de trabajo (AGE, OTAN STO, EDA), congresos de Organizaciones Industriales como la Asociación de Empresas Contratistas con las Administraciones Públicas (AESMIDE[36]), la asociación @aslan[37], o la Fundación Círculo de Tecnologías para la Defensa y la Seguridad[38].

Fase 2: Análisis y Procesamiento.

- Filtrado y análisis, en el que los analistas descarten modas o tecnologías sin aplicación previsible a la Defensa.
- Evaluación de la madurez y riesgo: Se plantearán preguntas en relación con la TRL de la tecnología, su potencial dual y el análisis de cuestiones de soberanía y autonomía relacionados.
- Análisis de impacto en sistemas en uso en el Ministerio, y basados en tecnologías previas (sistemas legados o *legacy*).

Fase 3: Difusión y Comunicación.

En función de los resultados obtenidos en las fases anteriores, el Observatorio difundirá las principales conclusiones obtenidas. Según la madurez y la relevancia de la tecnología (se profundizará sobre estos conceptos en el *Apartado 3.3.8*), se podrán elaborar u organizar:

- Boletines de Alerta Temprana: Para amenazas u oportunidades inminentes.
- *Briefings* ejecutivos: Para la apoyar la toma de decisiones de los órganos directivos competentes.
- Demostraciones prácticas para el personal operativo.

[35] https://www.vicubocloud.es/
[36] https://aesmide.es/
[37] https://aslan.es/
[38] https://www.fundacioncirculo.es/

Además, para los casos en que se identifiquen potenciales ventajas más claras, se plantearía la elaboración de una estrategia, como documento formal y normativo, de desarrollo de las Políticas TIC, de Seguridad de la Información y de Gestión de Información y del Conocimiento del Departamento. En esta estrategia ya se establecerían casos de uso concretos de la tecnología y una estructura de coordinación *ad hoc*.

Las estrategias pasan a ser vinculantes y en todas las iniciativas relacionadas con la tecnología en cuestión deben contemplarse sus principios.

Fase 4: Explotación.

- Integración de iniciativas concretas en el Portfolio de Innovación TIC del MDEF. En función del TRL de la tecnología y de la disposición de soluciones comerciales ya desarrolladas (o desarrolladas en el ámbito de la AGE o de OTAN/UE), se plantearían proyectos piloto o pruebas de concepto.
- Como última actividad, siempre se evaluará la necesidad de actualizar el Radar de Vigilancia Tecnológica.

3.3.3.2 Modelo Organizativo del Observatorio.

En línea con lo comentado respecto a la Dimensión Organizativa, se trataría de un Observatorio federado en el que participaría toda la Red de Centros de Referencia para la Innovación y Experimentación CIS/TIC del MDEF y que capturaría tendencias de todo el ecosistema externo.

Tendrá una oficina central (coordina el trabajo y propone la integración) y una red de "antenas" con expertos y colaboradores.

3.3.4 Dimensión Transferencia Tecnológica.

Según [AUDRETSCH 2022], la transferencia tecnológica (TT) *"se puede definir de forma amplia como la transferencia de conocimiento resultado de procesos de investigación desde Universidades y otras organizaciones de investigación hacia el sector comercial, pudiendo esta transferencia presentarse de muy diversas formas"*.

En esta misma referencia se destaca que la TT se centra a menudo en elementos físicos transferibles, ya sean en forma de producto o proceso. No obstante, algunos autores como [BOZEMAN 2000], han indicado que *"no sólo se produce la transferencia de un producto, sino también el conocimiento de su uso y aplicación."*

Por su parte, en [DE WECK 2022], se define como *"la transmisión de conocimiento tecnológico, habilidades humanas y activos materiales de un individuo u organización a otra, para reforzar el nivel de competencia tecnológica de la parte receptora."*

Como se comprueba, estas referencias se enfocan en la dimensión más tradicional de la TT, con un enfoque unidireccional que fluye desde el sector académico (Investigación y Desarrollo) al sector industrial y comercial (Innovación), con el objeto de traducir los avances en investigación en elementos tangibles reales que producen valor en la economía real (en línea con lo presentado en el *Apartado 2.3.1*).

No obstante, la TT es una realidad más compleja que también juega un papel fundamental para las Organizaciones Públicas en el desarrollo de sus funciones y la consecución de sus objetivos, y específicamente en el caso de este TFM, para el Ministerio de Defensa.

A nivel estratégico, y para el caso del Modelo VegaLYR, la **Transferencia Tecnológica** es el proceso formal y sistemático mediante el cual las **capacidades, conocimientos, tecnologías y procesos y métodos de implementación y uso se transmiten bidireccionalmente entre el MDEF y su ecosistema exterior** (universidades, centros de investigación, grandes organizaciones comerciales e industriales, PYME y *startups*, otras administraciones públicas españolas y países aliados).

Desde el punto de vista del Ministerio de Defensa, se necesita la TT por tres razones críticas:

- **Mejora la velocidad de adaptación al cambio tecnológico**, aprovechando el impulso de la innovación civil privada, más ágil en muchos casos.
- **Incremento de la eficiencia del gasto público**, al no crear soluciones desde cero que ya existen en el ámbito civil.
- **Refuerzo de la soberanía tecnológica**, priorizando la transferencia desde componentes de la Base Tecnológica e Industrial nacional, reduciendo la dependencia de proveedores extranjeros críticos.

Se basa, por tanto, en el desarrollo de **mecanismos de Transferencia de Tecnologías duales (*Dual Use Technology Transfer Mechanisms* -DUT2M-),** a través de los que transferir tecnologías desde el ámbito militar al sector civil, ya sea a empresas existentes consolidadas, *startups* o nuevas sociedades creadas *ex profeso* (modalidad *spin-off*), o en el sentido contrario (modalidad *spin-in*) [HUERTA 2024].

Este **factor bidireccional de la transferencia** es fundamental, y como ya se ha comentado en el *Apartado 2.6* y se ha representado en la *figura 2.20*, un elemento central del modelo de innovación abierta del MDEF. La DUT2M es un elemento fundamental porque la innovación cerrada (o más bien únicamente la innovación cerrada) es un concepto obsoleto, incluso en un sector como el de la Defensa a pesar de tener estrictos requisitos de clasificación de la información.

3.3.4.1 Gestión de la Propiedad Intelectual en DUT2M.

Un elemento crítico para un eficiente desarrollo de mecanismos de DUT2M, es una gestión flexible y ágil de la Propiedad Intelectual (PI) asociada a las soluciones involucradas en la transferencia.

De acuerdo a la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (*World Intellectual Property Organization* -WIPO-)[39] la PI es *"un conjunto de derechos legales que protegen creaciones intelectuales como invenciones, trabajos literarios y artísticos, diseños y marcas distintivas, que juegan un papel fundamental en el fomento de la innovación mediante la concesión a los creadores de derechos exclusivos sobre sus trabajos, fomentando así la inversión en investigación y desarrollo"*, tal y como se referencia en el artículo del bufete jurídico Pons IP [PONS 2024], especializados en el diseño e implementación de estrategias de gestión, protección y defensa de los activos intangibles de las organizaciones.

Según este mismo artículo, la PI y la innovación abierta, pueden parecen elementos antagónicos (proteger conocimiento vs. difundir y compartir conocimiento), pero no lo son[40].

Para algunas organizaciones, especialmente *startups*, una idea protegida por PI puede ser el único valor y elemento sobre el que sustentar su evolución y rentabilidad, por lo que para poder trabajar con ellas (según se indicará en el *Apartado 3.3.5*), el Ministerio debe usar herramientas tales como **acuerdos de confidencialidad**, **licencias de uso**, **registros**, **estrategias de gestión del conocimiento**, **educación y sensibilización**, y el **uso de plataformas seguras de innovación abierta** [PONS 2024].

En todo caso, es fundamental diferenciar entre la **PI previa de la que ya dispusieran** y la **PI generada en el marco de la colaboración**. Mientras que las organizaciones (como *startups* o centros de investigación) suelen exigir retener la titularidad de su tecnología base (salvo compensación adicional), suelen mostrarse más abiertas a compartir los derechos (PI conjunta) sobre los resultados derivados de una prueba de concepto o prototipo conjunta en la que se emplee y expanda su solución.

[39] https://www.wipo.int/portal/es/

[40] Un ejemplo de equilibrio entre la protección de la PI e innovación abierta es el caso de Tesla, que tal y como se ha expuesto en el *Apartado 2.6.1*, en 2014 anunció que no emprendería acciones legales contra quienes utilizasen sus patentes relacionadas con vehículos eléctricos, con el objeto de acelerar la adopción de tecnologías eléctricas y, en última instancia, beneficiar a la propia Tesla al ampliar el mercado para sus vehículos [TESLA 2014].

Otra posibilidad sería repartir la propiedad intelectual en función de los recursos aportados por cada una de las partes [COTEC 2023].

Es imprescindible, por tanto, que el MDEF integre mecanismos ágiles de negociación y gestión de la IP, como los indicados anteriormente en un modelo como el objeto de este TFM, tanto en lo relativo a la protección de la PI de organizaciones de su ecosistema, como de la PI propia que pueda haber generado.

3.3.4.2 Mecanismos concretos de DUT2M.

Se presentan a continuación los principales mecanismos de Transferencia Tecnológica, que igualmente se podrían implementar en el MDEF en el marco del Modelo VegaLYR, teniendo en cuenta la bidireccionalidad antes indicada. Estos mecanismos toman como referencia los establecidos por el Departamento de Transferencia Tecnológica de la Fuerza Aérea de Estados Unidos (*Department of the Air Force – Technology Transfer and Transition* – DAFT3):



Figura 3-9. Mecanismos de Transferencia Tecnológica del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia adaptado de [DAFT3 s.f.].

Mecanismo	Descripción	Ventajas	¿Cuándo emplearlo?
ACUERDOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO COOPERATIVOS (CRADA)	Un acuerdo de colaboración en investigación y desarrollo entre un laboratorio o centro de innovación público del MDEF y una entidad externa (empresa o universidad). Ambas partes aportan personal, instalaciones y equipo para co-desarrollar tecnología.	El laboratorio[41] accede a innovación y financiación privada; el socio obtiene acceso a instalaciones punteras, científicos expertos y derechos preferenciales sobre la propiedad intelectual generada.	Cuando ambas partes tienen capacidades técnicas complementarias y buscan crear algo nuevo o mejorar una tecnología existente mediante el trabajo conjunto.
ACUERDOS DE PRUEBAS COMERCIALES (CTA)	Permite a una entidad privada utilizar las instalaciones de prueba únicas disponibles en el MDEF, el equipo especializado o los servicios técnicos de laboratorios y plataformas para probar sus propios productos y soluciones.	El laboratorio optimiza el uso de sus activos y recupera costes operativos; el socio valida sus productos en infraestructuras críticas que serían imposibles de	Cuando una empresa necesita infraestructura de alto nivel (como infraestructuras de supercomputación) que no están disponibles comercialmente o cuya

[41] Con "laboratorio" se hace referencia a un organismo del MDEF responsable de la ejecución de proyectos de análisis, desarrollo y análisis de EDT concretas.

	En todo caso, bajo este mecanismo, los resultados de las pruebas deben mantenerse como confidenciales y no publicarse fuera del ámbito del MDEF.	financiar o construir por sí solo.	construcción sería demasiado costosa.
ACUERDOS DE COLABORACIÓN EDUCATIVA (EPA)	Un acuerdo formal entre un laboratorio y una institución educativa para incentivar la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM).	El laboratorio apoya la creación de potencial talento futuro y transfiere equipos obsoletos de forma útil; la institución mejora sus programas académicos y ofrece a estudiantes experiencia real en proyectos de defensa.	Para donar equipo sobrante, colaborar en planes de estudio o permitir que estudiantes y profesores trabajen en proyectos de investigación del laboratorio para fortalecer el talento futuro.
TRANSFERENCIAS DE INFORMACIÓN (ITA)	Un acuerdo diseñado específicamente para compartir software desarrollado en el sector público, ya sea en archivos ejecutables, código fuente o ambos, así como datos técnicos protegidos.	El laboratorio fomenta la adopción de sus estándares técnicos; el socio recibe herramientas digitales listas para usar que aceleran drásticamente su desarrollo de sistemas o análisis de datos.	Cuando una empresa o universidad necesita acceder a un código, algoritmo o base de datos específica para evaluarlo, integrarlo en sus propios sistemas o continuar con su desarrollo y perfeccionamiento.
ACUERDOS DE TRANSFERENCIA DE MEDIOS MATERIALES (MTA)[42]	Un contrato que regula la entrega de materiales físicos tangibles (muestras químicas, componentes electrónicos, prototipos, material biológico, etc.) desde el laboratorio a un socio externo. No incluye ningún otro tipo de asistencia o colaboración.	El laboratorio obtiene datos de pruebas externas sobre sus materiales; el socio puede experimentar físicamente con sustancias o componentes únicos que no existen en el mercado comercial.	Cuando el socio requiere manipular físicamente un material único y experimental, que no está disponible comercialmente, para realizar sus propias pruebas de laboratorio o validaciones técnicas.
CONCESIÓN DE LICENCIAS DE PATENTES Y SOFTWARE	El MDEF otorga permiso a una empresa privada para fabricar, usar o vender una invención patentada o un software desarrollado por el Ministerio a cambio de regalías.	El laboratorio recibe regalías y ve su tecnología llegar al mercado; el socio ahorra años de I+D y obtiene una ventaja competitiva con tecnología ya probada y protegida.	Cuando una empresa quiere comercializar una tecnología que el laboratorio ya ha inventado y protegido legalmente, evitando empezar el desarrollo desde cero.

Tabla 3-2. Detalle de Mecanismos de Transferencia Tecnológica. Fuente: Elaboración propia adaptado de [DAFT3 s.f.].

3.3.4.3 Propuesta de actuaciones para desarrollar el Modelo de DUT2M.

- Crear una **Unidad específica y especializada en DUT2M**.
- Diseñar e implementar una **Política de Propiedad Intelectual flexible** (según las consideraciones presentadas en el *Apartado 3.3.4.1*).
- Implementar sistemas de vigilancia e inteligencia para detectar s*pin-ins* potenciales (en línea con el trabajo desarrollado por el Observatorio Tecnológico).
- Crear **espacios de pruebas seguros** (físicos o digitales) donde las empresas y *startups* civiles puedan probar sus tecnologías en escenarios de defensa simulados sin pasar por procesos de

[42] En principio, sería la modalidad con menor aplicación para el MDEF en el marco de este modelo, y a priori únicamente sería de aplicación para algunos componentes electrónicos muy específicos.

contratación formales (***sandboxes***). En el *Apartado 3.3.7*, se presentan los *sandboxes* regulatorios y en el *Capítulo 4* un caso concreto de desarrollo de estos *sandboxes* operativos.

- **Fomentar la implantación de una cultura "dual"**, a través de la que, desde el diseño inicial de un proyecto, se plantee la posibilidad de su potencial aplicación civil (s*pin-off*) o qué componentes y tecnologías civiles se pueden integrar (s*pin-in*).
- Evaluar la **creación de fondos o alianzas con inversores** para financiar *startups* que desarrollen o prevean desarrollar tecnologías críticas para los Objetivos Estratégicos del MDEF. Por su trascendencia, este punto se desarrolla en más detalle en el apartado siguiente.

3.3.5 Dimensión Industrial Nacional y Refuerzo de la Soberanía y Resiliencia.

Según se ha expuesto en el apartado anterior, el modelo de DUT2M es un **factor de gran trascendencia para el refuerzo de la Industria Nacional**, gracias a:

- La adquisición de soluciones de estas industrias para su empleo por parte del Ministerio, ya sea directamente o a tras las pertinentes modificaciones.
- La dinamización que la dimensión *spin-off* supondría, con la posible creación de empresas para explotar comercialmente ideas derivadas de desarrollos efectuados en el ámbito del Ministerio.

Como muestra, en el Consejo de Ministros del 23 de diciembre de 2025 [ACM 2025] se autorizó, con carácter excepcional y previo informe favorable de la Junta Interministerial Reguladora del Comercio Exterior de Material de Defensa y de Doble Uso (JIMDDU), la **transferencia de determinado material de defensa y de doble uso**, para cuatro programas aeronáuticos clave: A400M, A330 MRTT, C295 y SIRTAP (modalidad *spin-off*). Tal y como se reconoce en la propia referencia, se trata de proyectos liderados por AIRBUS, empresa europea estratégica en el sector aeroespacial, y tendrían un importante efecto arrastre para el sector, que se consideran indispensables para la viabilidad económica de las líneas de producción y preservar miles de empleos de alta cualificación en España.

No obstante, se estima que es necesario que el Modelo VegaLYR contemple así mismo otras medidas directas para el refuerzo y dinamización de la Base Tecnológica e Industrial nacional TIC, y especialmente de las PYME y *startups*, dadas las dificultades que en muchos casos puede suponer para éstas participar en procesos de licitación tradicionales del Ministerio de Defensa.

Cabe recordar que tal y como se presentó en el *Apartado 1.2*. éste es uno de los Objetivos Estratégicos del TFM y del Modelo VegaLYR:

> ***"OE_4: Potenciar la Base Tecnológica e Industrial Innovadora nacional, dinamizando su actividad"***

Como se ha indicado anteriormente, la innovación puede definirse como la "***explotación con éxito y generando valor de nuevas ideas o de nuevo conocimiento***". Una de las dimensiones más importantes de ese valor es su carácter de potenciador de la economía nacional. No obstante, para ello es fundamental que la conexión entre I+D (Ciencia) e Innovación, se complemente con un tercer factor de **Industrialización**, que realmente repercuta en el crecimiento económico y en la generación de empleo de calidad (según se presenta en el siguiente extracto de la *figura 2-7*):



Además, para asegurar la mayor contribución posible al eficaz funcionamiento del Ministerio y al crecimiento económico y laboral en España, es imprescindible que los tres factores anteriores: I+D

(Ciencia) – Innovación (Tecnología) – Industrialización, funcionen de forma coordinada y no fragmentada.

En la figura siguiente, y tomando el ejemplo de los drones, se muestra el **desequilibrio existente, entre dónde se genera tecnología y dónde se fabrica y materializa ésta**, debido a los procesos de externalización vigentes, con una clara posición dominante de China:

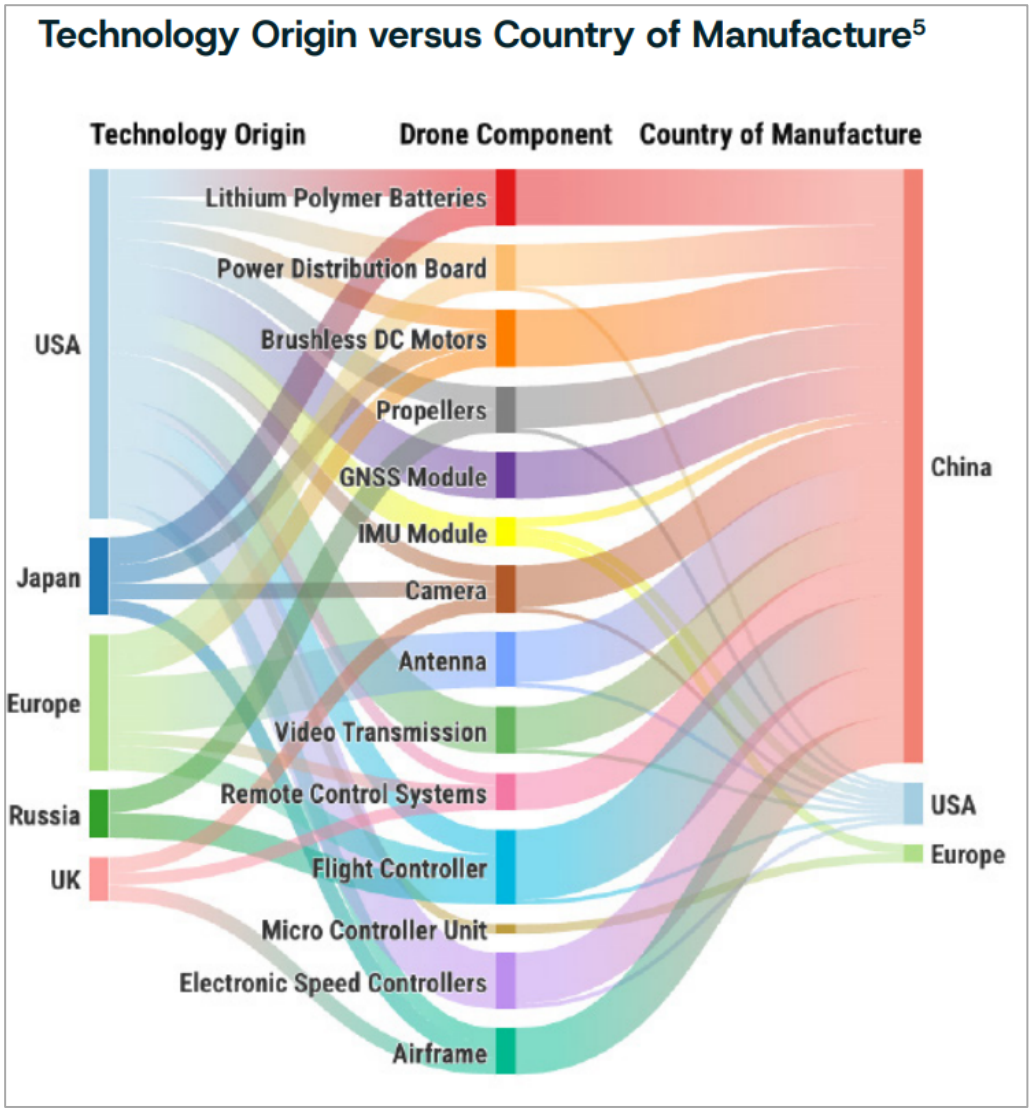


Figura 3-10. Países de origen de tecnologías involucradas en el desarrollo de drones y países en los que se fabrican. Fuente: [BLOOMBERG 2025].

Se trata de una situación que impide a los países generadores de tecnología obtener todas las ventajas posibles de sus desarrollos y los sitúa en una posición de desventaja competitiva, crítica en situaciones como la acaecida durante pandemia de COVID-19 en 2020. La importancia de tener en cuenta este factor de la Industrialización, ha dado lugar a lo que ha venido a llamarse **Innovación dirigida por la Geopolítica (*Geopolitical-Driven Innovation*[43])**. Si bien el análisis en profundidad de las causas y soluciones para este caso, exceden el ámbito de este TFM, sí se considera necesario tomarlo como

[43] En un artículo de la revista WIRED sobre la evolución de las capacidades de Supercomputación, el profesor de la Universidad de Tennessee y miembro del Laboratorio Nacional Oak Ridge, Jack Dongarra, señalaba a esta "Innovación dirigida por la Geopolítica", como uno de los factores más críticos (aludiendo a la dependencia de los semiconductores fabricados en Taiwan) [WIRED 2025]

referencia para plantear medidas en el ámbito de la Innovación TIC para tratar de subsanarlo progresivamente.

El Ministerio de Defensa tiene una sólida relación con empresas tecnológicas que prestan servicios en relación con todas las capacidades de la I3D, resultado de relaciones derivadas de contratos celebrados en el marco de *la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014* [LCSP 2017] y la *Ley 24/2011, de 1 de agosto, de contratos del sector público en los ámbitos de la defensa y de la seguridad* [LCSPSD 2011].

No obstante, se ha indentificado que uno de los principales vectores en los que se pueden obtener mayores beneficios para reforzar la Industria Nacional, es tratar de **fomentar la relación del MDEF con empresas emergentes (*startups* / *scaleups*[44])**. De esta forma se las integra como un elemento decisivo de la Innovación Abierta del Ministerio y se las potencia para poder aprovechar sus capacidades en beneficio de las misiones del Ministerio, además de promoverlas para su participación en procesos de licitación internacionales (por ejemplo de la European Defence Agency o de la OTAN).

3.3.5.1 La Política de la UE y Nacional sobre Startups.

A nivel nacional, la importancia de fomentar la colaboración con *startups* ha sido reconocida con la aprobación de la ***Ley 28/2022, de 21 de diciembre, de fomento del ecosistema de las empresas emergentes*** [LEY 28/2022]. Esta Ley tiene por objeto *"establecer un marco normativo específico para apoyar la creación y el crecimiento de empresas emergentes en España, teniendo en cuenta la distribución competencial sobre la materia entre el Estado y las Comunidades Autónomas"* y *"un sistema de seguimiento y evaluación de sus resultados sobre el ecosistema español de empresas emergentes"*.

A nivel Unión Europea, se ha aprobado recientemente la ***Estrategia sobre startups y scaleups*** [CE 2025_3]. En ella se encomiendan una serie de acciones de interés para su aplicación en el marco de esta dimensión del Modelo VegaLYR:

- ***"La Comisión propondrá un conjunto de medidas para la contratación pública a favor de la innovación.*** *En particular, en el contexto de la revisión de la directiva de contratación pública de la UE en el ámbito de la defensa y la seguridad, la Comisión buscará formas de fomentar la inclusión de startups y scaleups en las licitaciones y tendrá en cuenta una posible preferencia de la UE en las contrataciones para reforzar la competitividad y la soberanía tecnológica de la Unión.*
- ***En el contexto de la Ley Europea de Innovación*** *(European Innovation Act), y como complemento de lo anterior, la Comisión buscará formas de aumentar la inversión total en la compra pública y privada de innovación en toda Europa para:*
    - ***i)*** *proporcionar un procedimiento de vía rápida para la contratación pública de servicios de I+D que queden fuera de las directivas de contratación pública de la UE, incluidas las compras públicas precomerciales."*

Es decir, se reconoce la importancia de agilizar los procesos de contratación que involucran a *startups* y *scaleups*.

[44] Las *scaleups* son *startups* que han alcanzado un grado de madurez mayor en su modelo de negocio. Mientras las *startups* buscan apoyo (normalmente financiero) para empezar a implantar su modelo o acelertar su presencia en un determinado mercado, las *scaleups* buscan escalar su modelo. Según la definición del *Scaleup Institute* de Reino Unido (https://www.scaleupinstitute.org.uk/) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), para que una compañía sea considerada una '*scaleup'* debe haber crecido durante los tres anteriores ejercicios a un ritmo anual superior al 20% en número de empleados o en facturación [BBVA 2025].

3.3.5.2 Modelos de Integración de Startups en el marco de Innovación Abierta de una Organización.

La Fundación COTEC[45], ha elaborado una ***guía con directrices para la relación y la compra de productos a startups*** [COTEC 2023]. Si bien tiene un enfoque amplio para cualquier Organización que identifique la oportunidad de colaboración con *startups*, se estima que puede extraerse lecciones aplicables (con las debidas adaptaciones) al caso del MDEF.

En la guía se establecen los siguientes modelos de colaboración con *startups* e integración de éstas en el marco de Innovación Abierta de una Organización:



Figura 3-11. Modelos de colaboración con *startups* en un marco de Innovación Abierta. Fuente: [COTEC 2023].

En el proceso de vigilancia tecnológica que desarrolla en Ministerio, se deberán evaluar la oportunidades de proponer la implantación de alguna de estas modalidades. El modelo *venture client* es el más sencillo de implementar, ya que el MDEF se convierte en el primer cliente (o cliente de referencia) de los productos y servicios de la *startup*. En las otras modalidades (*corporate venture capital y corporate private equity*) se establecería una relación bidireccional en la que ambas se nutren de las cualidades de la otra, en una colaboración mutua y constante, y en el que, normalmente, la corporación aporta capital a la *startup*. Para estos casos, sería necesario apoyarse en la actividad de la Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT), como se expone en el apartado siguiente.

Con estos modelos, las *startups* pueden **validar sus productos en entornos reales y altamente exigentes** (como los del MDEF) y obtienen ingresos recurrentes durante las fases tempranas de desarrollo de sus productos, lo que se posibilita financiar sus desarrollos futuros y reducir dependencias de otras fuentes de financiación.

En todo caso, el trabajo con *startups* plantea una serie de retos, como disponer de las preceptivas acreditaciones y garantías de solvencia económica, financiera y técnica (requisitos para contratación según lo regulado en los *artículos 87 y 88* de [LCSP 2017]), u otros especialmente importantes para el Ministerio de Defensa, como estar en posesión de habilitaciones de seguridad de empresa (HSEM), de instalaciones (HSES), y personales para los empleados (HPS), en los casos en que se deba manejar información clasificada.

En [COTEC 2023] se han identificado una serie de retos a la hora de colaborar con *startups* organizados en 4 ejes: **Contratos, Cultura y Organización, Riesgo de proveedor y Ciberseguridad y Cumplimiento.**

[45] https://cotec.es/

Así mismo se ha identificado algunas medidas para tratar de solventarlos que se estructuran en una matriz que compara la complejidad esperada para implantarlas y el impacto que tendrían.

1. Contratos	2. Cultura y organización	3. Riesgo proveedor	4. Ciberseguridad y cumplimiento
· Propiedad intelectual · Plazos de pago · Límites de responsabilidad · Cláusulas de no agresión · Legislación e idioma · GDPR	· Cultura de compras · Ausencia de equipos multidisciplinares · Jerarquía corporativa	· Estados financieros · Concentración inversa · Riesgo reputacional	· Certificaciones · Políticas y procesos · Seguros · Ausencia de rol de referencia (CISO)

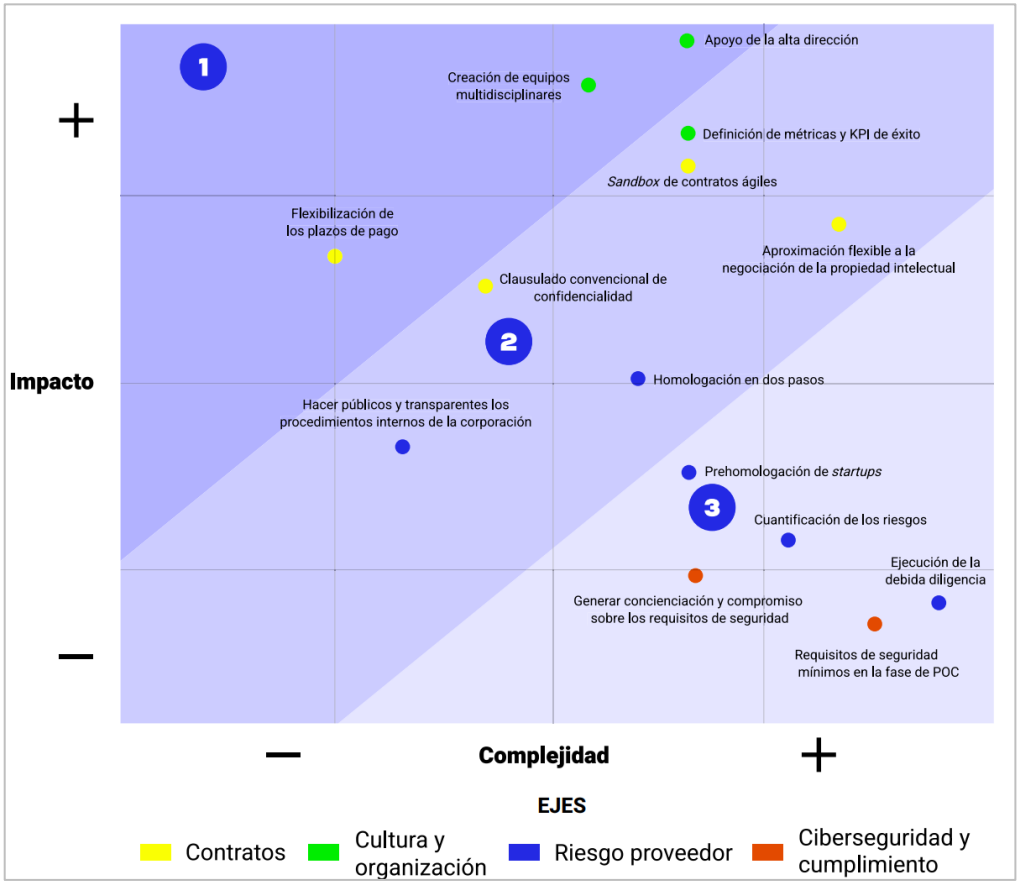


Figura 3-12. Retos más importantes a la hora de trabajar con *startups* y matriz de complejidad e impacto de medidas para resolverlos. Fuente: [COTEC 2023].

Se estima que tanto la identificación de riesgos como las medidas para solventarlas, serían de aplicación al Ministerio de Defensa, que implementaría un modelo similar para su caso.

3.3.5.3 La actividad de la Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT).

La Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT) es una entidad pública empresarial para la financiación e inversión en **tecnologías avanzadas y transformadoras** vinculadas a la transformación digital, las telecomunicaciones, la microelectrónica, los semiconductores, las nuevas tecnologías digitales disruptivas o el sector audiovisual.

Según su web[46], la SETT supone un cambio de paradigma en el papel tradicional del Estado con relación a las inversiones estratégicas centrado en la regulación, generación de entornos propicios a la inversión o gestión de riesgos, para adoptar un **papel proactivo co-inversor**.

En concreto, la SETT ha invertido recientemente en las siguientes empresas del ámbito TIC, cuyas tecnologías son potencialmente de interés para el Ministerio de Defensa:

EMPRESA		WEB	TECNOLOGÍA PRINCIPAL
SATELIOT		Sateliot | Conecta Tus Dispositivos IoT | Satélite 5G NB-IoT	Satélites y conectividad 5G NTN IoT
QILIMANJARO		Qilimanjaro - We build analog, full-stack quantum computers.	Computación cuántica
IDEADED		Innovative Semiconductor Technology Beyond Silicon | IDEADED	Semiconductores con foco en HPC e IA
SPARC		Sparc Foundry	Semiconductores fotónicos de última generación
MULTIVERSE COMPUTING		Multiverse Computing – Quantum AI software revolution.	Modelos IA con enfoque de inspiración cuántica

Tabla 3-3. Empresas tecnológicas financiadas por la SETT del ámbito de interés del MDEF. Fuente: Elaboración propia.

[46] https://sett.gob.es/

Por la especificidad del Sector Defensa, se estima fundamental **poder establecer una relación con la SETT para fomentar la participación del MDEF en empresas innovadoras que pudieran haberse identificado como de alto potencial en los procesos del Observatorio Tecnológico del Ministerio**.

Además, a largo plazo, en el MDEF se podría evaluar la posibilidad de establecer un **programa propio de incubación de *startups*** (en las fases iniciales de existencia) **y de aceleración** (fase de crecimiento). Este programa podría desarrollarse *ex novo*, o bien integrarse activamente en las iniciativas que en este sentido se llevan a cabo en el ámbito de la Defensa, como:

En OTAN	En la Unión Europea
Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic (DIANA) DIANA | Home	**EU Defence Innovation Scheme (EUDIS) Business Accelerator** EUDIS Business Accelerator | EU Defence Innovation Programme
DIANA	EUDIS Business Accelerator

Tabla 3-4. Iniciativas de incubación y aceleración de *startups* en OTAN y UE-Defensa. Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Dimensión de Gestión del Talento.

La **escasez de recursos humanos especializados en nuevas tecnologías** es una tendencia creciente en el Mundo, debida a un **desajuste estructural entre la velocidad y expansión de los procesos de transformación digital** e integración de EDT, y la **capacidad de los sistemas educativos para generar especialistas cualificados**. Dado que el talento puede considerarse como el activo más valioso y diferenciador para una Organización en la era digital, esta escasez es uno de los principales factores limitantes para la innovación.

Esta tendencia afecta a cualquier Organización, si bien tiene un impacto más acusado en las Organizaciones del Sector Público, dada la enorme competitividad para atraer este talento escaso, y la posición de desventaja derivada de unas remuneraciones más reducidas y unos procesos de contratación más rígidos (como por ejemplo las oposiciones para la adquisición de la condición de personal civil funcionario).

Es por ello fundamental establecer estrategias para, por un lado maximizar el talento de las personas que trabajan en el Ministerio de Defensa, y por otro establecer mecanismos para atraer, bien de forma permanente o temporal, talento de otros ámbitos, como centros de investigación, universidades u otras Administraciones o empresas.

Tal y como se establece en [BLOOMBERG 2025], uno de los principales objetivos que se han identificado para la evolución del sector de la Defensa en Estados Unidos es la ***"atracción, formación y retención de talento"***. Junto con el empleo de tecnologías de doble-uso, el refuerzo de las inversiones y del sector industrial, se identifica como necesario *"crear una fuerza laboral con talento polivalente que pueda trabajar tanto en el sector público como en el privado, y que comprenda los objetivos de ambos sectores. Es igualmente importante construir una cultura de innovación dentro del Departamento de Defensa y dotar a los trabajadores de las capacidades e incentivos para apoyar la seguridad nacional"*.

En España, este objetivo es igualmente aplicable, por lo que, con las necesarias adaptaciones, las medidas de este informe serían aplicables y deben formar parte del Modelo VegaLYR.

3.3.6.1 Propuesta de actuaciones para el desarrollo de la Dimensión de Gestión del Talento.

Las actuaciones deben orientarse a **reforzar y mantener actualizadas las capacidades del personal** del Ministerio y al mismo tiempo crear un ecosistema de **permeabilidad y transferencia de talento** con otros sectores. Para ello se establecen tres pilares de actuación:

FORMAR	FOMENTAR LA PERMEABILIDAD Y ATRAER TALENTO	INCENTIVAR Y RETENER

- **Formar.**

En primer lugar, es fundamental asegurar que el personal que ya forma parte de MDEF cuenta en todo momento con la **capacitación y formación adecuada, continua y actualizada** en el ámbito de las TIC, la Ciberseguridad y la Transformación Digital. No se trata de disponer de expertos únicamente en el ámbito tecnológico, sino también en materia de gobierno y gestión de esas tecnologías.

Además, el desarrollo de estas habilidades debe **alinearse con las necesidades operativas y funcionales del Departamento**, con lo que se genera una cultura de innovación donde los profesionales se sienten motivados a mantenerse siempre a la vanguardia del sector al entender directamente la importancia de esta formación para las misiones del Ministerio [BLOOMBERG 2025].

Se trata de una tendencia consolidada en el Ministerio de Defensa, con cursos como los ofrecidos a través del Campus Virtual Corporativo de la Defensa (CVCDEF), la formación en el ámbito de las capacidades de Ciberseguridad organizados por la DG CESTIC y por la Escuela Militar de Ciberoperaciones del Mando Conjunto del Ciberespacio (MCCE), o en el ámbito de la dirección y gestión, el ***Curso de Gestión y Dirección de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y de Seguridad de la Información - Máster Universitario en Dirección TIC para la Defensa*** del Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar de Marín[47] y el ***Curso TIC para la Alta Dirección***, organizado por el Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado, el CESTIC y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)[48].

En todo caso, es fundamental mantener actualizada permanentemente y ampliar esta formación, frente a los profundos y rápidos cambios que se producen en el contexto tecnológico.

- **Fomentar la permeabilidad y atraer talento.**

En el Ministerio de Defensa, a través de varios de sus Organismos, se han formalizado convenios de colaboración con Universidades, orientados a la realización de actividades de formación de personal docente e investigador y a la realización conjunta de proyectos académicos e industriales, en el ámbito de EDT TIC. Como ejemplo de algunos de estos convenios, cabe destacar:

[47] https://cud.uvigo.es/master-universitario-en-direccion-tic-para-la-defensa/

[48] https://www.uned.es/universidad/facultades/instituto-gutierrez-mellado/estudios/otros-cursos/tic-alta-direccion.html

Convenio de 2021 con la Universidad de Granada, para la realización de actividades formativas y de investigación en los campos de la IA, big data y mantenimiento predictivo [UGR 2021]	Convenio de 2023 con la Universidad de A Coruña, para el desarrollo de actividades de gestión del dato e IA [UDC 2023]	Convenio de 2024 entre el INTA y la Universidad de Jaén para la realización de actividades científico-técnicas [UJA 2024]

Tabla 3-5. Ejemplos de convenios de colaboración del MDEF con Universidades para el fomento de actividades en el ámbito de la innovación tecnológica. Fuente: Elaboración propia.

Otras iniciativas como la activación de Reservistas Voluntarios (algunos provenientes de empresas e instituciones TIC), o la *European Initiative for the exchange of young officers inspired by Erasmus* (EMILYO)[49], se orientan hacia este objetivo.

No obstante, en el marco de Innovación Abierta planteado en este TFM, es fundamental reforzar y ampliar estas colaboraciones y establecer un **modelo de colaboración fluido, dinámico y bidireccional**, complementario de los procesos de contratación de Personal Civil Funcionario, en el que se puedan producir intercambios puntuales de especialistas entre todos los componentes del ecosistema del Ministerio de Defensa:

- Personal de otras Administraciones Públicas (a nivel nacional, otros Ministerios de Defensa de países aliados, OTAN y UE).
- Personal de empresas.
- Personal de Universidades y Centros de Investigación. En este caso se trataría de buscar colaboración de personal de distintas escalas: estudiantes en sus últimos años de formación, recién graduados, investigadores doctorales y post-doctorales y profesores.

El Ministerio de Defensa puede ofrecer un entorno atractivo de acceso a algunas de las capacidades tecnológicas más avanzadas y la oportunidad de trabajar para resolver los retos más importantes y desafiantes para la Seguridad y Defensa Nacional.

Además, como se ha indicado, para obtener el máximo potencial, es necesario que este modelo se plantee como **bidireccional**, y que **el Ministerio no solo sea receptor de talento, sino que personal del Departamento, pudiera colaborar puntualmente en algún proyecto o iniciativa en otra institución o empresa**. En todo caso, este modelo de colaboración plantea retos y modificaciones normativas que será necesario abordar para su implementación:

- Establecer modelos agilizados de **concesión de Habilitaciones de Seguridad** para el personal que pasa a colaborar con el MDEF.
- Identificar por parte del Ministerio, **qué ámbitos y proyectos serían susceptibles de integrar a personal externo**, atendiendo a aspectos como su criticidad operativa o el grado de clasificación de la información involucrada.
- Articular **instrumentos jurídicos de colaboración** con las Organizaciones con las que se van a producir intercambios. Se trataría, por ejemplo, de:

[49] https://www.emilyo.eu/

Instrumentos Jurídicos	Organismo
Acuerdos Interdepartamentales	Con Organismos de la Administración General del Estado (AGE)
Convenios	Con otros Organismos Públicos (distintos a la AGE)
Protocolos Generales de Actuación	Con entidades privadas
Memorandos de Entendimiento o Memorandos de Acuerdo (*Memorandums of Understanding* -MoU- o *Memoradums of Agreement* -MoA-)	Con Organizaciones Internacionales como la OTAN

Tabla 3-6. Ejemplos de instrumentos jurídicos de colaboración del MDEF. Fuente: Elaboración propia.

Estos instrumentos pueden establecerse *ad hoc*, para regular el intercambio de personal o esta regulación puede incluirse como cláusulas específicas en mecanismos de colaboración más amplios y que abarcan otras medidas. En todo caso, en ellos se debe concretar el estatus legal y contractual de las personas involucradas en los intercambios.

En todos los casos, los **Acuerdos de confidencialidad** (*Non-Disclosure Agreements* -NDA-), son una herramienta fundamental para proteger la PI de las empresas privadas y la información clasificada del MDEF.

- Asegurar que el tiempo trabajado en otra Organización no va a suponer ningún inconveniente para la carrera del empleado del MDEF cuando regresase (por ejemplo, computando ese tiempo a efectos de antigüedad).

Si bien sería fundamental su análisis en profundidad para su adaptación a la legislación española, ejemplos como la *Intergovernmental Personnel Act* (IPA)[50] y los *Highly Qualified Experts*[51], o el *Special Governmental Employee* (SGE)[52] de Estados Unidos, son ejemplos en este sentido para incorporar de forma rápida y para concretar una colaboración con expertos externos al Ministerio.

- **Incentivar y retener.**

En paralelo con lo anterior, y dada la competitividad existente, es fundamental que el MDEF realice esfuerzos para incentivar y retener el talento del que ya dispone (por haberlo desarrollado o contratado) en el ámbito de la Innovación TIC. Para ello se proponen las siguientes medidas:

- Ofrecer permanente entornos y proyectos atractivos, tanto por la importancia del ámbito al que responden (la Seguridad y Defensa Nacional), como por las avanzadas capacidades tecnológicas y entornos de trabajo de los que van a poder hacer uso.
- Dar autonomía a los empleados y capacidad y medios para presentar sus iniciativas (fomentando el intraemprendimiento), como *sandboxes*, gemelos digitales y entornos de prototipado rápido.

[50] https://www.opm.gov/policy-data-oversight/hiring-information/intergovernment-personnel-act/

[51] https://www.dcpas.osd.mil/executiveresources/highlyqualifiedexperts

[52] https://www.doi.gov/ethics/special-government-employees

- Fomentar una cultura que redefina el riesgo y e incentive la presentación de iniciativas innovadoras, siguiendo la denominada "mentalidad del prototipo" que propugna *"Falla a menudo, falla rápido, falla barato"* (*fail often, fail fast, fail cheap*)[53].
- Instituir programas de reconocimiento del mérito. Dentro de ellos, se deben establecer modelos para que los innovadores en el ámbito del Ministerio puedan recibir y conservar el reconocimiento como autores de una determinada innovación (pudiendo llegado el caso a desarrollarlo en artículos publicables, e incluso en determinados casos, generar derechos de propiedad intelectual).

Evidentemente, estas iniciativas se deben complementar con una retribución lo más atractiva posible en todo momento, si bien nuevamente se trata de un aspecto cuya materialización queda fuera del ámbito de este TFM.

3.3.7 Dimensiones Legal y Económica y de Contratación Pública.

A lo largo de los apartados anteriores, se han puesto de manifiesto como la implantación de las dimensiones y de algunas de las medidas propuesta va a requerir una serie de modificaciones en la legislación.

El marco legal y de contratación vigentes para las Administraciones Públicas han sido concebidos para el desarrollo de proyectos y el establecimiento de relaciones consolidadas y probadas durante años. Esto ha proporcionado múltiples beneficios, si bien en el contexto actual en el que se necesita una mayor agilidad y colaboración con el ecosistema, y para poder aprovechar las iniciativas innovadoras en todo su potencial, es fundamental **desarrollar e implantar iniciativas que aporten una ligera flexibilización de estos marcos**.

Tanto a nivel de la AGE como de la Unión Europea se están planteando iniciativas en este sentido que deben integrarse en el Modelo VegaLYR del MDEF. Las más destacadas son el empleo de ***Sandboxes* regulatorios** en el ámbito legal y los **modelos de contratación ágiles como la Compra Pública de Innovación (CPI)**, que se exponen a continuación.

3.3.7.1 Dimensión Legal: Los sandboxes regulatorios.

Según la definición del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades [MINCIU 2024], *"un sandbox es un instrumento regulatorio **para obtener evidencias sobre el funcionamiento de nuevos productos, servicios o modelos de negocios innovadores**, así como los impactos que estos pueden generar en la sociedad y el mercado"*.

[53] https://medium.com/@leoncoertcengiz/fail-often-fail-fast-fail-cheap-the-prototype-framework-1b7297e1edb5

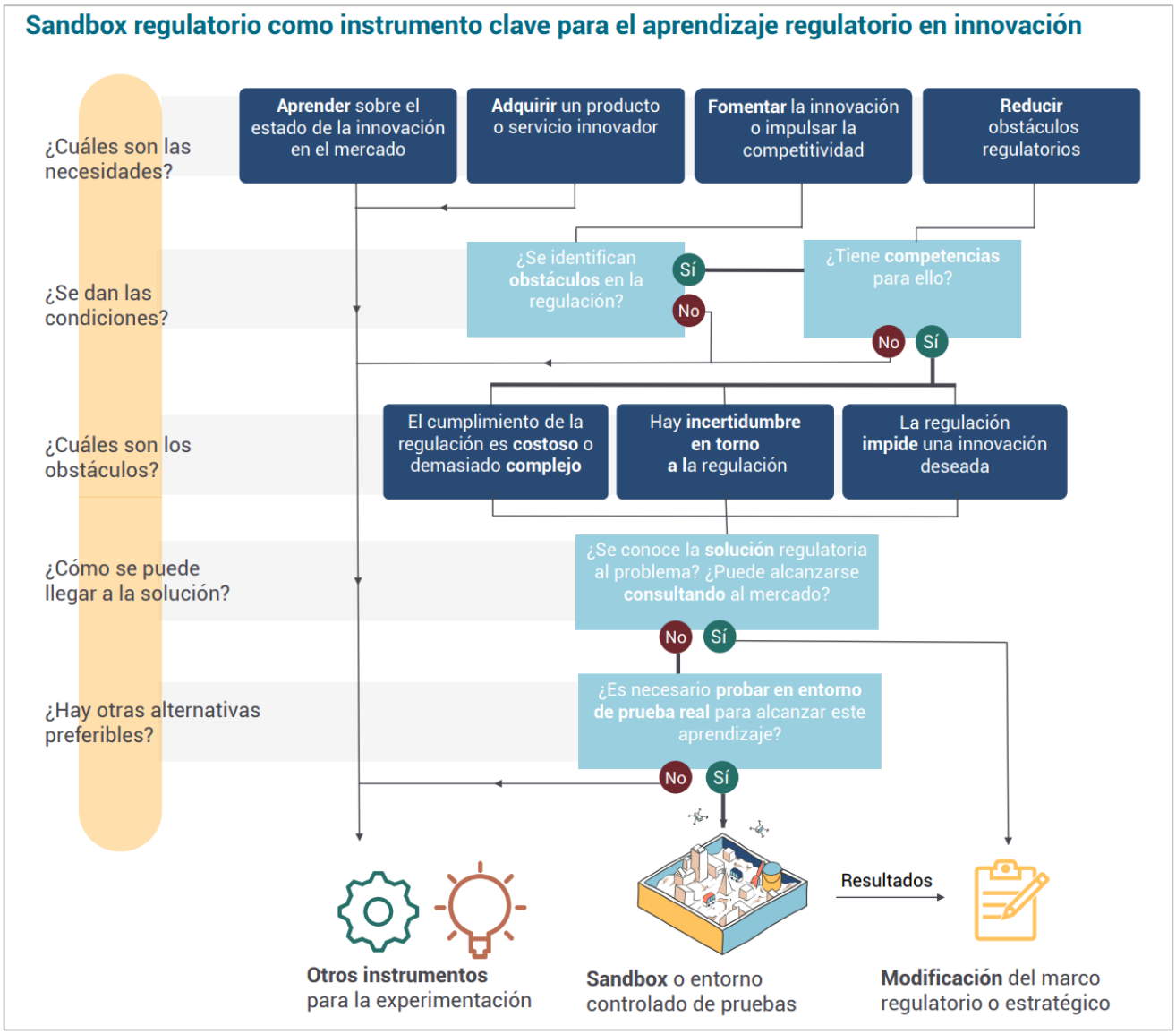


Figura 3-13. Flujo para identificar en qué casos implementar un entorno controlado de pruebas. Fuente: [MINCIU 2024].

Por su parte en [COTEC 2022] se definen como "***espacios aislados y seguros para la experimentación de innovaciones*** *que permiten que la regulación y la innovación no sean dos cuestiones enfrentadas, sino que se desarrollen en paralelo para evitar que la primera sea un freno para la segunda. Son un instrumento que permite disponer de procesos normativos más dinámicos y que facilita al mismo tiempo la comunicación entre agentes públicos y privados*".

A partir del conocimiento recopilado a través de experiencias ya implementadas o en proceso de implementación, y fruto de la colaboración con distintos actores, Organizaciones como el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (en el citado documento [MINCIU 2024]) o la Comisión Europea (en [CE 2023_1]), han entendido la importancia que tienen los *sandboxes* regulatorios y los entornos controlados de prueba y han establecido guías para su implementación.

Además, como se desprende de la definición de [COTEC 2022], los resultados del *sandbox* pueden recomendar y motivar la implantación de modificaciones normativas o reglamentarias o la elaboración de nuevas.

En definitiva, puede verse como un **instrumento de aprendizaje regulatorio**, que permite a las Organizaciones y en este caso, el Ministerio de Defensa, probar soluciones innovadoras, para las que

aún no existe normativa que la regule (por ejemplo, algunos casos de uso de la Inteligencia Artificial en el ámbito de la Defensa), o que incumplirían en principio normativa en vigor. Gracias a mecanismos como el uso de datos sintéticos, se permite no tener que someterse a la Legislación sobre protección de datos de carácter personal y probar soluciones como sistemas de autenticación biométrica de una forma más ágil, y que genera al mismo tiempo un aprendizaje para los organismos reguladores.

3.3.7.2 Dimensión Económica y de contratación pública.

Como se apuntaba en el *Apartado 3.3.5*, las relaciones contractuales de Ministerio de Defensa con empresas para adquirir servicios y suministros para la prestación de servicios TIC, se basan en la normativa nacional de contratación públicas: [LCSP 2017] y [LCSPSD 2011].

Esta normativa está principalmente definida siguiendo una lógica de **certeza y predictibilidad**: adquirir bienes y servicios claramente definidos para que, posteriormente, se pueda fiscalizar que lo adquirido responde fielmente a la necesidad de las Administraciones Públicas que motivo el contrato en cuestión.

Además, para poder participar en las licitaciones, las empresas tienen que demostrar su **solvencia técnica y económica**, certificando proyectos similares realizados previamente y presentando su facturación de ejercicios anteriores.

No obstante, para cuestiones como la adquisición de soluciones basadas en tecnologías emergentes y disruptivas y para la relación con empresas emergentes, es fundamental contemplar **mecanismos que posibilitan una contratación más ágil**, adecuada para aplicar al desarrollo de pruebas de concepto y prototipos, donde el resultado que se espera no es conocido en detalle a priori, y por lo tanto no se puede reflejar en un Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT), y se ejecutan mediante metodologías "*agile*".

Para ello, en el marco de la gestión de la innovación tecnológica del MDEF, se plantea la implantación o generalización (en los casos en que ya se están empleando, al ya estar contempladas en la normativa contractual vigente), de medidas como las siguientes.

- El empleo de **Consultas Preliminares de Mercado (CPM)**, reguladas en el artículo 115 de [LCSP 2017], que permiten validar previamente la viabilidad tecnológica de una solución que se va a trasladar a un PPT, reduciendo los casos en que la licitación pueda quedar desierta.
- La licitación de un **Sistema Dinámico de Adquisición** (SDA)[54], específico para EDT que permita la entrada continua de nuevas *startups* a medida que surgen en el mercado.
- La **flexibilización**, en determinados casos justificados, de los **requisitos de solvencia** para empresas emergentes, utilizando pruebas alternativas de solvencia, como, por ejemplo, maquetas o pilotos previos similares exitosos, en lugar de balances anuales.
- El impulso del uso de la figura de la **Asociación para la Innovación**, regulada en los artículos del 177 al 182 de la Ley 9/2017 de 8 de noviembre, *"como procedimiento que tiene como finalidad el desarrollo de productos, servicios u obras innovadores y la compra ulterior de los suministros, servicios u obras resultantes, siempre que correspondan a los niveles de rendimiento y a los costes máximos acordados entre los órganos de contratación y los participantes"* [LCSP 2017].
- Introducir los **Pliegos del Prescripciones Funcionales,** centrados en el resultado que se quiere obtener, más que en las características técnicas concretas de un equipamiento que se quiere

[54] Un SDA es una técnica de racionalización de la contratación para compras de uso corriente totalmente electrónico y abierto durante toda su vigencia a cualquier empresa interesada que cumpla con los criterios de selección. No se limita, pues, el número de empresas participantes. Esta técnica permite disponer de un elevado número de ofertas y, por tanto, incrementar la competencia (Fuente: [MINHAC s.f.])

adquirir. Por ejemplo, un requisito *sería "un sistema capaz de procesar X datos en Y tiempo que maneje información hasta grado de clasificación Z"*, en lugar de *"Un servidor con X núcleos y software Y"*.

En todo caso, como uno de los mecanismos más relevantes de agilización contractual, que se ha establecido en las Administraciones Públicas en España, se encuentra la **Compra Pública de Innovación (CPI)**. Según la definición del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MINCIU), *"La CPI es una actuación administrativa orientada a fomentar el desarrollo de soluciones innovadoras desde el lado de la demanda, a través del instrumento de la contratación pública."* [MINCIU s.f.].

Sus objetivos generales son:

- Mejorar los servicios públicos mediante la incorporación de bienes o servicios innovadores.
- Fomentar la innovación empresarial y, por ende, el crecimiento económico.
- Impulsar la internacionalización de la innovación empleando el mercado público local como cliente de lanzamiento o referencia.

La CPI es un instrumento que puede ser utilizado por cualquier entidad u organismo del Sector Público que tenga la condición de poder adjudicador y preste un servicio público en cuyo ámbito detecte una necesidad o deficiencia que no pueda ser atendida mediante la adquisición de los bienes o servicios ofertados por el mercado.

Respecto a los tipos de CPI existen:

- **Compra Pública de Tecnología Innovadora (CPTI)**: Su objeto es un producto o servicio que no existe en ese momento, pero cuyo desarrollo se encuentra ya en una fase muy cercana al mercado (niveles de TRL altos).
- **Compra Pública Pre-comercial (CPP)**: Su objeto es un servicio de I+D que concluiría con el acercamiento al mercado de una o varias soluciones innovadoras aptas para satisfacer las necesidades identificadas por el poder adjudicado (niveles de TRL bajos) [MINCIU s.f.].

Otro elemento fundamental que debe asegurarse en el marco de la Dimensión Económica es el **aseguramiento de una financiación estable y plurianual** para el análisis e implantación de tecnologías emergentes en el marco de las capacidades del MDEF y para el desarrollo de las actuaciones complementarias que para el resto de dimensiones se han planteado en este TFM. La financiación puede provenir de dos fuentes:

- Por un lado, se debe asegurar que **anualmente, y con perspectiva plurianual, una parte de la asignación anual de los Presupuestos Generales del Estado (PGE) al MDEF se dedica al desarrollo de iniciativas de Investigación y Desarrollo y de Innovación**. Sobre la base de la actividad de los Observatorios, de los casos de uso y de las iniciativas previstas para los usos más relevantes se incluirán y actualizarán las necesidades económicas previstas en los sucesivos Anteproyectos Presupuestarios.
- Por otro, en el marco de la actividad del Observatorio de Gestión del Ecosistema del Ministerio, se deben **analizar permanentemente las posibilidades de financiación externa de AGE, UE, OTAN, etc**., como las mencionadas en el *Apartado 2.7.*) para el desarrollo de iniciativas de innovación tecnológica. Esta financiación podría asignarse directamente al propio Ministerio o a empresas o instituciones que desarrollan proyectos en beneficio de éste.

3.3.8 El Modelo de Madurez y Relevancia de la Innovación.

Tal y como se ha expuesto en el *Capítulo 2*, normalmente la referencia principal para evaluar el desarrollo e integración de una tecnología o metodología innovadora en la operativa de una Organización, se basa en el **modelo de Niveles de Madurez Tecnológica o *Technology Readiness Levels* (TRL).** Como se ha presentado en el *Apartado 2.3.1* este modelo fue desarrollado por la NASA en los años 70 del siglo XX.

No obstante, dadas las múltiples dimensiones que abarca el fenómeno de la innovación, se propone una **evolución del modelo TRL, complementándolo con otros factores críticos y decisivos a la hora de determinar la potencial aplicación de una determinada tecnología** a una necesidad del Ministerio de Defensa (si bien sería aplicable a cualquier Organización, especialmente pública).

3.3.8.1 El modelo de Niveles de Madurez de la Innovación de KTH.

Para alcanzar lo anterior, se toma como referencia el modelo denominado ***Innovation Readiness Levels™*** (IRL) desarrollado por el Real Instituto de Tecnología (Kungliga Tekniska Högskolan -KTH-) de Estocolmo (Suecia) y presentado en [KTH s.f.].

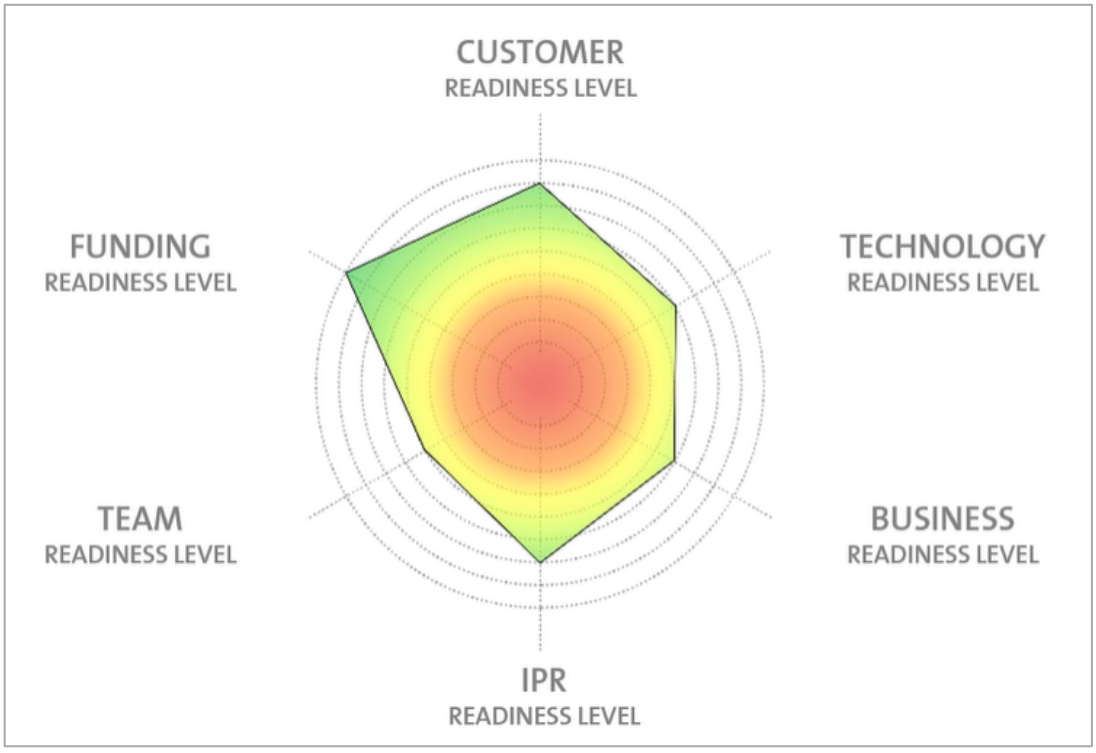


Figura 3-14. Las 6 dimensiones del Modelo de Madurez de la Innovación (IRL). Fuente: [KTH s.f.].

Tal y como se define por parte del propio KTH, "*este modelo constituye un método, una herramienta visual y un repositorio de recursos para guiar el desarrollo desde una idea en un estadio inicial hasta su transformación en una innovación real en el mercado*". Se basa en la evaluación de 6 dimensiones: madurez de los clientes (*Customer*), de la tecnología (*Technology*), del modelo de negocio (*Business*), de los derechos de propiedad intelectual (*IPR*), de los equipos involucrados (*Team*) y de la Financiación (*Funding*).

No obstante, para el caso de este TFM, este Modelo se va a adaptar para su aplicación más directa a las necesidades del Ministerio de Defensa, según las siguientes directrices:

- La dimensión ***Customer Readiness Level*** se redefinirá para reflejar que los usuarios del Ministerio (su personal y las empresas y contratistas con las que colabora) cuentan con la formación y las capacidades suficientes para poder aplicar y emplear eficientemente la tecnología en cuestión e integrarla en su actividad diaria (disponer del talento digital necesario).
- La dimensión ***Business Readiness Level***, al estar asociada muy directamente al ámbito empresarial, también se adaptaría, y reflejará la madurez que pueda tener un determinado ámbito operativo o funcional del Ministerio, para integrar las nuevas funcionalidades que ofrece la tecnología. Por ejemplo, si se trata de un ámbito en que aún se cuenta con procedimientos no reglamentados, ni simplificados y tiene muchos pasos que se tramitan de forma manual, será más complejo que pueda aprovechar los beneficios de las EDT.
- Además, se incluirían otras dimensiones propias del ámbito de las Administraciones Públicas y específicamente del ámbito de las Organizaciones de Seguridad y Defensa, como es por ejemplo disponer de un **Marco Normativo y su cumplimiento**. Es un aspecto muy importante para algunas tecnologías como la Inteligencia Artificial, donde se apuesta decididamente por un uso ético y responsable, como se pone de manifiesto, por ejemplo, en [ESTRATEGIA IA 2023].

3.3.8.2 El Modelo de Relevancia Estratégica de una Tecnología de Gonzalo León.

En su libro *"Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico – Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países"* [IEEE 2020], el ya mencionado en este TFM, Profesor Gonzalo León Serrano, presenta un modelo para evaluar la relevancia estratégica de una tecnología.

Inicialmente se puede considerar ésta como una cuestión subjetiva, por lo que este modelo trata de aportar una herramienta para basar la decisión sobre el **grado de importancia previsible de una tecnología para una organización del ámbito de la Defensa**, en criterios razonados, objetivos y comparables. La relevancia se calcula sumando dos factores:

- Capacidad de **Influencia**.
- Capacidad para fortalecer elementos del contexto en el que el Ministerio desarrolla su actividad - **Fortaleza**.

A su vez cada uno de estos factores se basa en la evaluación de 4 dimensiones:

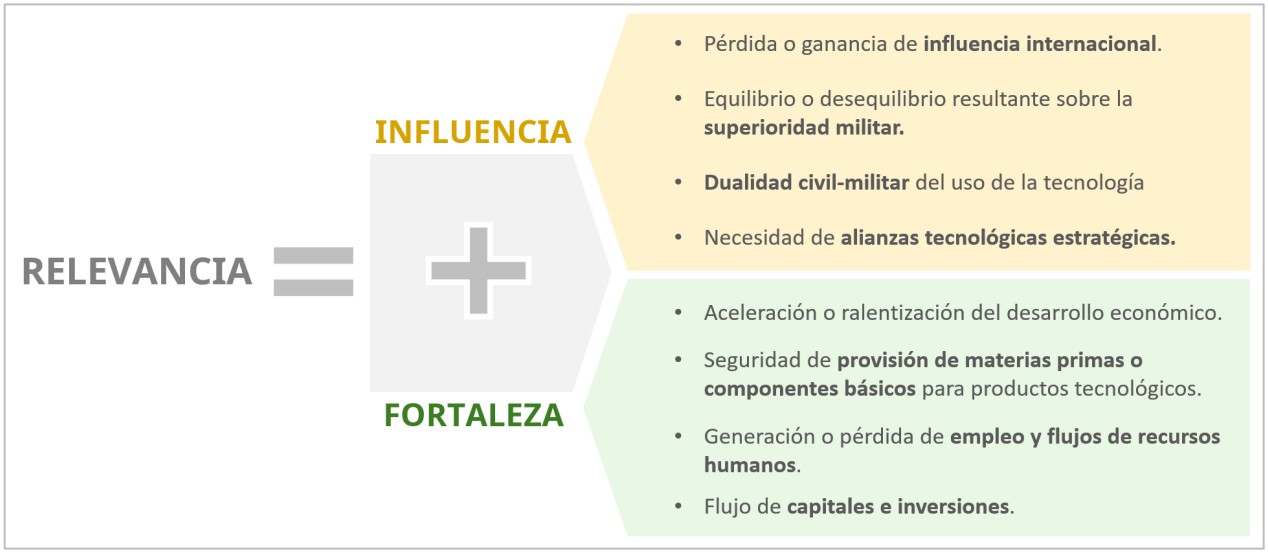


Figura 3-15. Dimensiones de los factores de Influencia y Fortaleza. Fuente: Elaboración propia a partir de [IEEE 2020].

Para cada tecnología emergente a evaluar, a cada dimensión identificada se le dará una nota cuantitativa (desde un nivel mínimo hasta uno crítico). De este modo, el área resultante en el perfil de relevancia permite **visualizar subjetivamente** cómo de estratégica puede ser considerada esa tecnología.

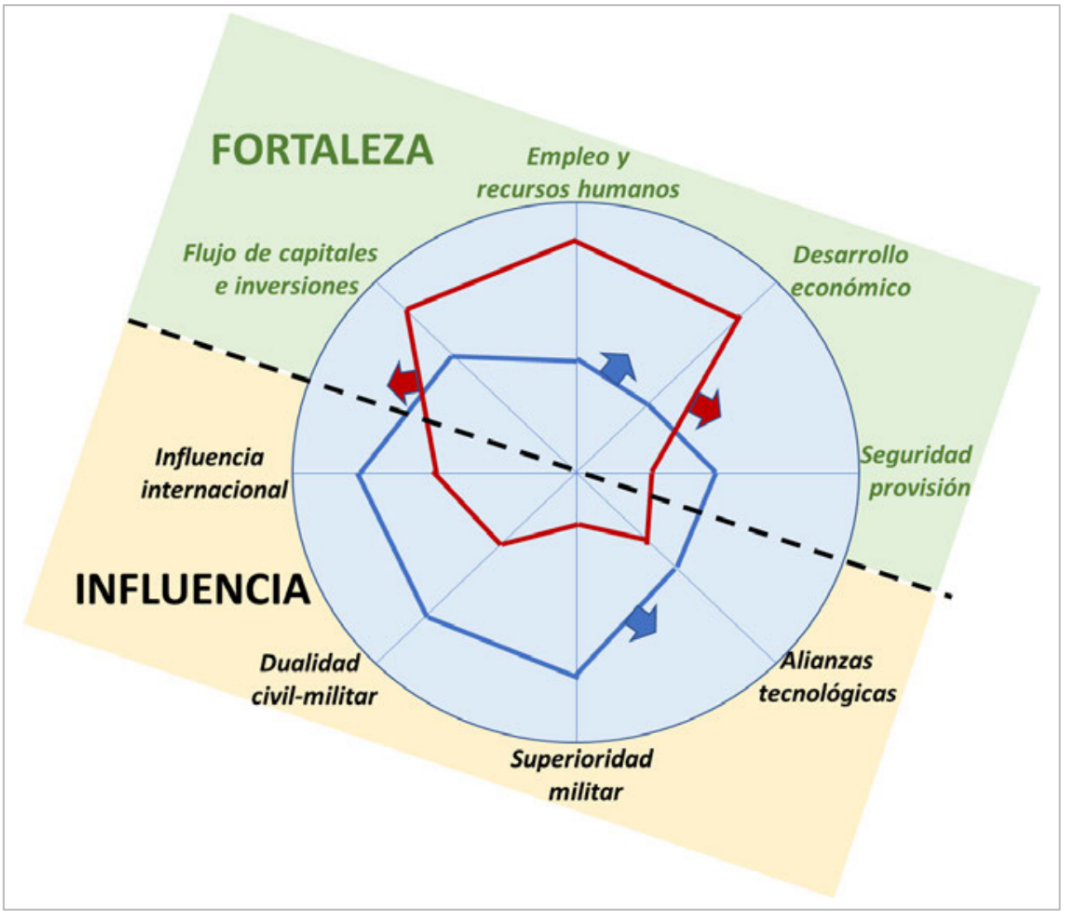


Figura 3-16. Perfil de Relevancia Estratégica de dos tecnologías ejemplo. Fuente: [IEEE 2020].

En el ejemplo de la figura anterior, se han evaluado dos tecnologías arbitrarias (representadas con su perfil en rojo y en azul). La tecnología roja es una tecnología emergente con gran relevancia derivada de su fortaleza: existe para ella un intenso flujo de capitales y puede contribuir a la generación de empleo de calidad y al desarrollo económico. Por el contrario, el nivel de influencia que proporcionaría sería mucho más reducido.

La tecnología azul representa el caso contrario. Aunque esta innovación es determinante desde el punto de vista de la influencia en la Seguridad y la Defensa, carece de una proyección socioeconómica significativa, y no condiciona la generación de empleo, el crecimiento del PIB, los movimientos de inversión ni la arquitectura de las grandes coaliciones internacionales.

3.3.8.3 El Modelo de Madurez-Relevancia propuesto.

Con todo lo anterior, y como una herramienta que compondría el Modelo VegaLYR, se dispondría de un mecanismo para evaluar el grado en que una tecnología, y más en concreto un proyecto para desarrollar una solución innovadora es suficientemente maduro para asegurar su implantación con éxito en los procesos operativos del Ministerio. Además, evaluaría cómo de relevante se prevé que sea esa tecnología para el funcionamiento del Ministerio en el futuro.

Esta herramienta se establecería c**ombinando el modelo de Niveles de Madurez de la Innovación de KTH** (con las modificaciones presentadas anteriormente) y el **modelo de Relevancia Estratégica de una Tecnología de Gonzalo León**, y permitiría obtener un perfil de madurez-relevancia para una tecnología emergente.

Este perfil se debe considerar "vivo" y debe adecuarse periódicamente (tentativamente cada 6 meses o 1 año) a los posibles cambios en el contexto geoestratégico, en las necesidades de los ámbitos operativos y funcionales y en la propia evolución de la tecnología.

3.3.9 Los niveles de Ambición ante la Innovación.

Derivado del nivel de Madurez y Relevancia, otro elemento fundamental que toda Organización, y en este caso el Ministerio de Defensa, debe establecer es su **nivel de ambición ante una determinada innovación metodológica o tecnológica**.

Evidentemente se trata de un nivel que se irá adaptando con el tiempo según las diversas circunstancias que concurran, pero en todo momento, para poder identificar las actuaciones y decisiones a tomar, se debe conocer este nivel de ambición.

El nivel se decidiría sobre la base del estudio de aspectos como:

- La tolerancia al riesgo (tecnológico y operativo) del Ministerio en cada momento.
- Los potenciales beneficios (un impacto positivo mayor puede llevar a una ambición mayor).
- El IRL y el Modelo de Relevancia Estratégica de la Tecnología (según lo expuesto en el apartado anterior).
- La dinámica de mercado.
- Los riesgos de una llegada tardía al desarrollo de una tecnología. En el ámbito militar se trata de un aspecto especialmente relevante ya que supondría, por ejemplo, no poder influir en la definición de estándares que posteriormente habrá que utilizar o en el reparto de espectro de frecuencias para comunicaciones inalámbricas.

Para establecer los niveles se tomará como punto de partida una **combinación de buenas prácticas en esta materia**. Como ejemplos:

- Según el **momento del desarrollo e implantación de una tecnología** en que comienza a plantearse su empleo en los procesos corporativos. En este caso, el Ministerio puede adoptar los siguientes roles (desarrollando los presentados en el *Apartado 2.3.3*):

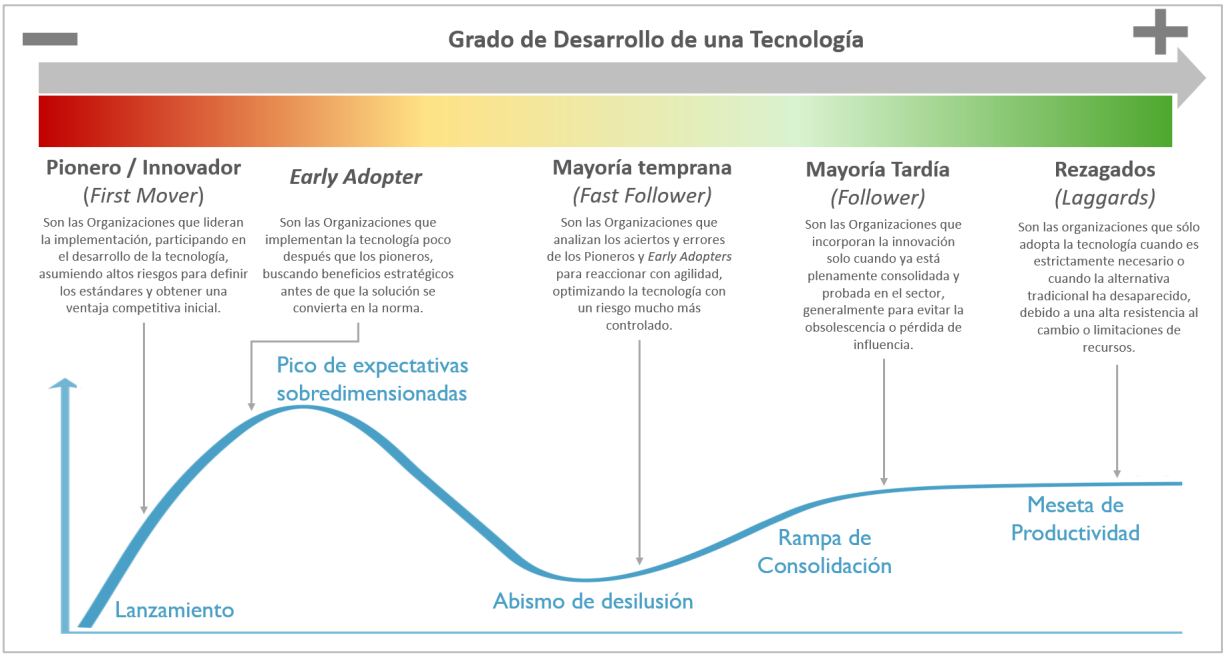


Figura 3-17. Perfiles de ambición de una Organización respecto a la innovación y a la adopción de EDT, según el grado de desarrollo de éstas – Relación con las Fases del Hype Cycle de Gartner. Fuente: Elaboración propia a partir de [IEEE 2020].

- Según el **enfoque que adopta el Ministerio en el proceso de implantación**. Teniendo en cuenta la **Estrategia de Defensa 2025-2029 para la Industria y la Innovación del Ministerio de Defensa de los Países Bajos** [NL DEF 2025] los roles serían los siguientes, que se sitúan en un continuo, que va desde una posición más de **Desarrollador** en un extremo, hasta un enfoque de **Comprador/Usuario**, en el otro:

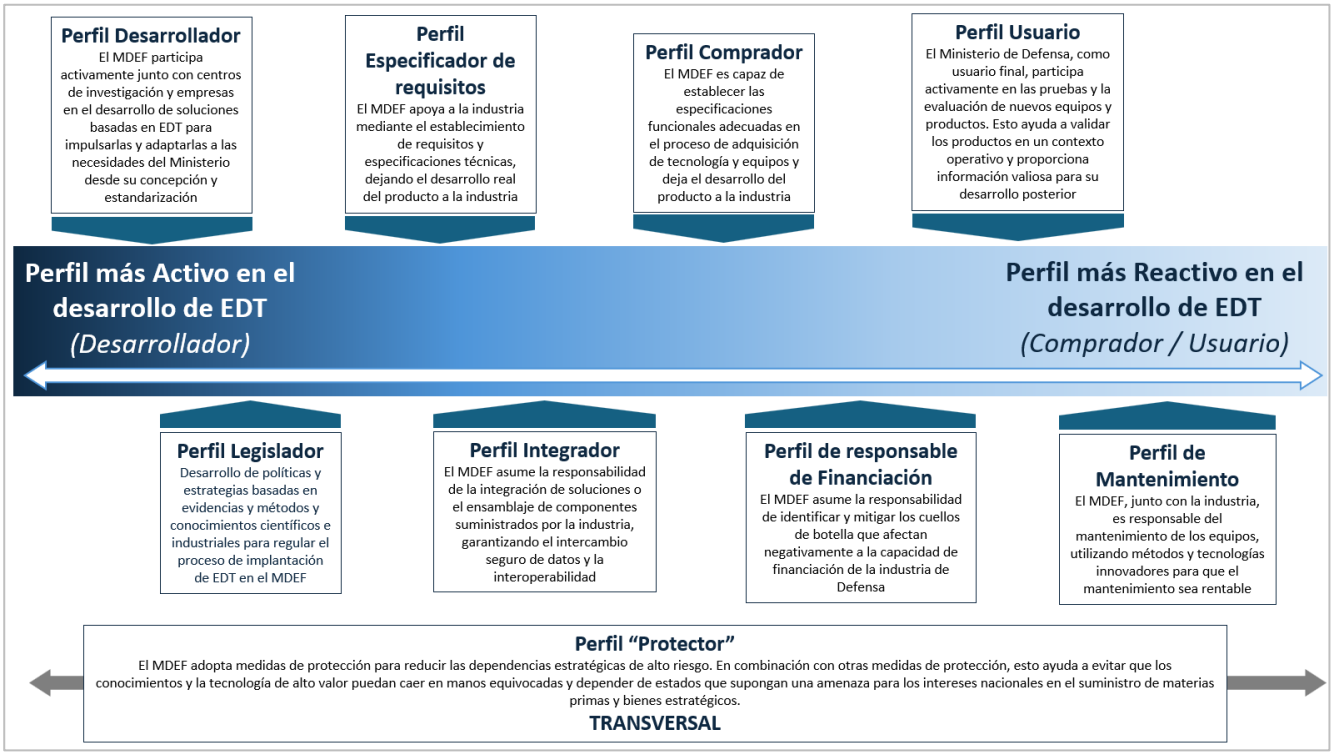


Figura 3-18. Roles que puede asumir el Ministerio de Defensa en relación al desarrollo de una EDT. Fuente: Elaboración propia adaptada de [NL DEF 2025].

Del mismo modo que se ha indicado para el modelo de Madurez-Relevancia, cabe reseñar que no hay una única aproximación correcta y tanto el nivel de ambición del MDEF, como el rol que desempeñaría en relación con una tecnología dependerá de la propia tecnología concreta y del contexto, necesidades y recursos de los que pueda disponer en ese momento el Departamento, por lo que se deberá reevaluar periódicamente en virtud de las circunstancias puntuales.

3.3.10 Las Métricas de evaluación de la Innovación.

A nivel global, el seguimiento del funcionamiento del Modelo VegaLYR y de sus distintos componentes y actividades transformacionales, se realizará a través de la evaluación de los correspondientes KPI y KGI:

- Los ***Key Performance Indicators (KPI)***, son indicadores de rendimiento, descriptivos y de funcionamiento del modelo y las actividades que en él se engloban. Miden si las medidas se están implantando correctamente y se definen con un enfoque operativo.
- Los ***Key Goal Indicators (KGI)***, son indicadores para medir el impacto real del portfolio en la actividad del Ministerio y su ecosistema. Miden si se están logrando los objetivos estratégicos que se persiguen con el Modelo VegaLYR (establecidos en el *Apartado 1.2*) y se definen con un enfoque estratégico y de impacto.

A modo de referencia, entre estos indicadores se encontrarían:

KPI *Key Performance Indicators*
Número de **ideas identificadas y evaluadas** para su incorporación al Portfolio.
Número de **ideas convertidas en proyectos** e incorporadas al Portfolio.
Número de **proyectos cancelados** antes de su finalización y **fase y motivo** por el que se produce la cancelación.
% de proyectos desarrollados en colaboración con **Organizaciones del Sector Público en España**.
% de proyectos desarrollados en colaboración con **Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa**.
% de proyectos desarrollados en colaboración con **Organizaciones Privadas**.
Tiempo promedio desde que se aprueba una idea, hasta que se despliega un prototipo en un entorno controlado.
Numero de soluciones tecnológicas innovadoras implantadas en entornos operativos o funcionales reales.
Desviaciones en la puesta en producción de soluciones derivadas de proyectos, comparada con las estimaciones iniciales realizadas.
% de proyectos de innovación de Núcleo, Adyacentes o Transformacionales.
% de proyectos en cada fase del ciclo de vida de desarrollo.
% del Presupuesto de Innovación TIC (respecto al Presupuesto TIC total).
Inversión realizada en proyectos de cada uno de los subportfolios.
Número de procesos de transferencia tecnológica concluidos con éxito en el último año (enfoque *spin-off* y *spin-in*).
Número de procesos de contratación ágil (CPI, Asociaciones para la innovación, etc.) desarrollados en el último año.
Personal de otras organizaciones que ha trabajado puntualmente en el MDEF en el último año.
Personal del MDEF que ha trabajado en organizaciones externas en el último año.

KGI *Key Goal Indicators*
Grado de mejora en los tiempos de respuesta en procesos operativos y funcionales consecuencia directa de la innovación en cuestión.
Grado de mejora en la calidad en procesos operativos y funcionales consecuencia directa de la innovación en cuestión: incremento de la capacidad de toma de decisiones basada en información de calidad, reducción de errores, mejora de la percepción de los usuarios, etc.
Ahorro de costes conseguidos y **capacidad de reinversión** en nuevos proyectos innovadores.
Mejora en los resultados financieros y en la **creación de empleo de las empresas** (especialmente PYME y *startups*) que colaboran en el ecosistema de innovación.

Tabla 3-7. KPI y KGI para el seguimiento, evaluación y corrección del Portfolio de Innovación. Fuente: Elaboración propia.

Además, no basta con definir nominalmente los KPI y KGI, sino que **para cada uno de ellos se debe definir una métrica objetivo, que se actualizará periódicamente** (al menos anualmente).

En función del KPI o KGI concreto, su métrica podrá establecerse con un enfoque más **cualitativo** (como el KPI "*% de proyectos desarrollados en colaboración con Organizaciones Privadas*"), mientras que otros se concretarán desde un punto de vista **cualitativo** (como el KPI "*Desviaciones en la puesta en producción de soluciones derivadas de proyectos, comparada con las estimaciones iniciales realizadas.*").

Por ejemplo, para el KPI "*% del Presupuesto de Innovación TIC (respecto al Presupuesto TIC total)*", se debe establecer un valor objetivo numérico que se evaluará periódicamente, que tentativamente podría estar entre un 10 o un 15%.

Esto permitirá comprobar el grado en que el Modelo VegaLYR está consiguiendo su propósito y poder identificar y actuar sobre puntos de desviación que pudieran producirse.

3.3.11 Representación gráfica de la combinación de las dimensiones y las componentes transversales.

En la siguiente figura se sintetiza como funcionarían y se interrelacionarían todas las dimensiones y componentes transversales de forma conjunta.

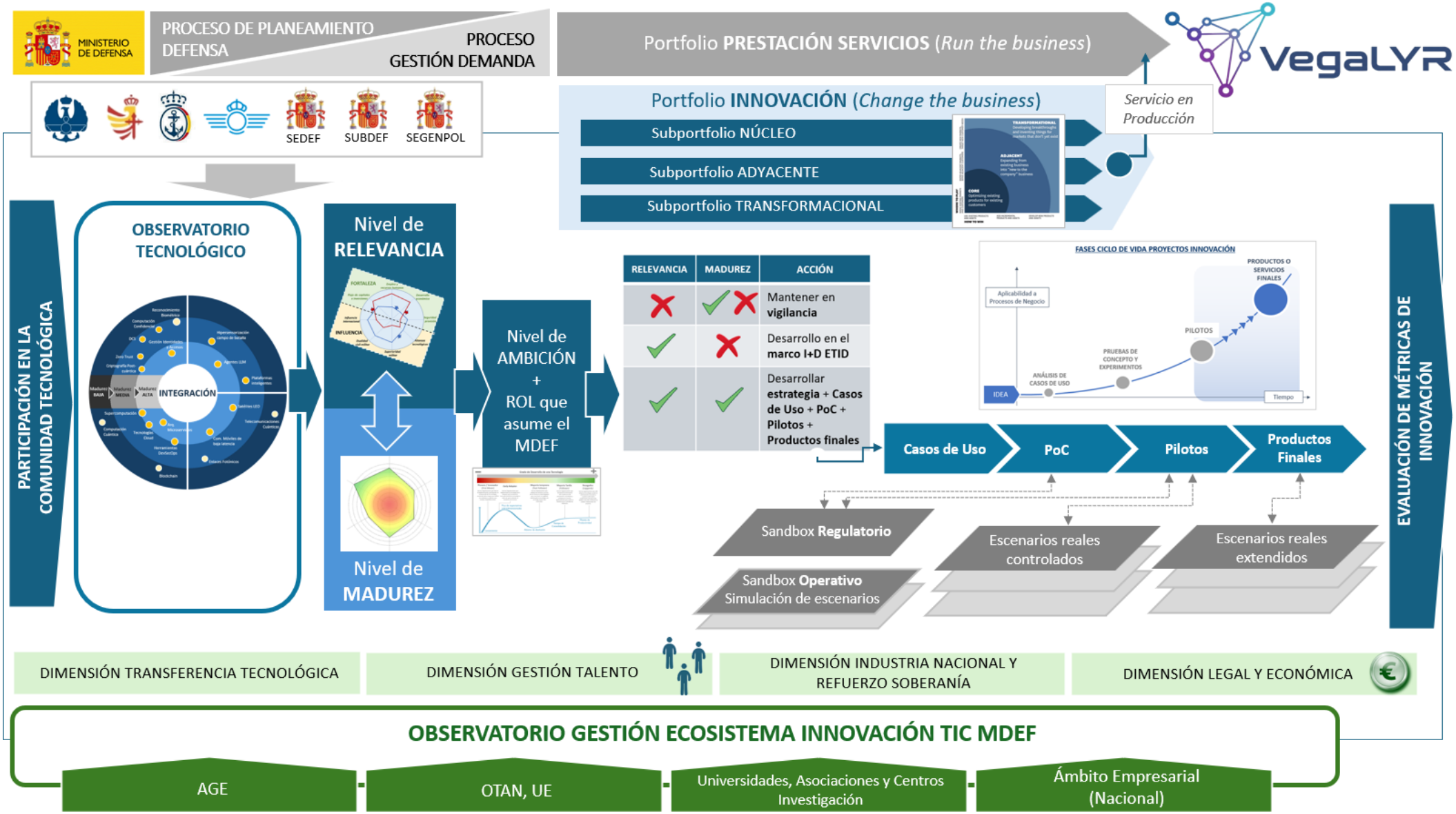


Figura 3-19. Representación gráfica de la aplicación del Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia.

3.4 El horizonte temporal de evolución del Modelo VegaLYR.

Tal y como se presentó en el *Apartado 1.5*, el Modelo VegaLYR se basa en previsiones sobre su empleo y evolución en un escenario de entre 5 y 10 años. Este horizonte se estima el más adecuado para la innovación tecnológica porque representa un equilibrio entre la ambición y la ejecución realista, abarcando un periodo en el que las perspectivas de evolución del contexto y de las tecnologías tienen una verosimilitud mayor.

Un plazo inferior a 5 años podría resultar excesivamente táctico, centrándose sólo en optimizaciones incrementales y en resultados inmediatos, lo cual impide enfocar una verdadera disrupción. Por otro lado, un plazo superior a 10 años puede llegar a convertirse en un ejercicio especulativo, debido a la alta incertidumbre tecnológica y de evolución del contexto.

Por tanto, el rango de 5-10 años se selecciona como el tiempo necesario para madurar tecnologías emergentes, construir capacidades fundamentales y pivotar modelos de funcionales y operativos, permitiendo al Ministerio de Defensa construir activamente su futuro en lugar de solo reaccionar al presente.

Además, este horizonte coincide con el de la mayor parte de las iniciativas políticas y estratégicas en esta materia en el MDEF, en las Administraciones Públicas en España y en las Organizaciones del entorno de España.

Por ejemplo, los anteriormente citados documentos de la Comisión Europa, **Libro Blanco para la Preparación de la Defensa en Europa**, que se desarrolla a través de la **Hoja de ruta para la preservación de la paz y la preparación en materia de defensa 2030**, constituyendo la referencia estratégica para reforzar las capacidades de defensa europea hasta el año 2030.

3.5 Nota final del Capítulo: ¿Por qué el nombre de VegaLYR?

A la hora de plantear una posible aplicación de este Modelo o de alguna de sus dimensiones en un escenario real en el Ministerio de Defensa, en opinión del autor de este TFM es interesante dotarle de un nombre característico y un logotipo que lo identifiquen inequívocamente, del mismo modo que se ha hecho con otros modelos, tanto en el Ministerio de Defensa[55], como en otros Departamentos de las Administraciones Públicas y empresas.

Como nombre se propone VegaLYR. Deriva de la estrella Vega, que es conocida como *"la estrella más importante del cielo después del Sol"* [PAIS 2024], por su relevancia para la navegación marítima y la orientación y por servir de referencia para medir el brillo relativo de otras estrellas en comparación a ella, o para el desarrollo de técnicas, como el paralaje, que permite calcular la distancia a las estrellas cercanas mediante la observación de su posición desde diferentes puntos de la órbita terrestre [OLTRA 2025].

En el futuro (dentro de unos 11.700 años) por el movimiento de las estrellas en la bóveda celeste, Vega ocupará aproximadamente el lugar actual de la Estrella Polar y por lo tanto será la referencia aún más relevante para la navegación [WIKIPEDIA 2025_1].

Con este nombre se trata de buscar un paralelismo respecto a como este Modelo pudiera llegar a ser una **referencia futura para guiar el desarrollo de la innovación TIC en el Ministerio**.

Se completa el nombre con una referencia a la constelación Lyra (en la que se encuentra Vega). Con ello se alude a que en la gestión de la innovación es fundamental la relación con el ecosistema que rodea al Ministerio de Defensa, representado en este caso por las otras estrellas de la constelación (a modo de

[55] Como la Plataforma de Armonización para la Gestión de la Organización (ARGO), elemento fundamental para el proceso de Transformación Digital del Ministerio [ARGO 2021].

los otros actores públicos y privados con los que se relaciona el MDEF en el desarrollo de su política tecnológica y en el desarrollo de sus funciones).

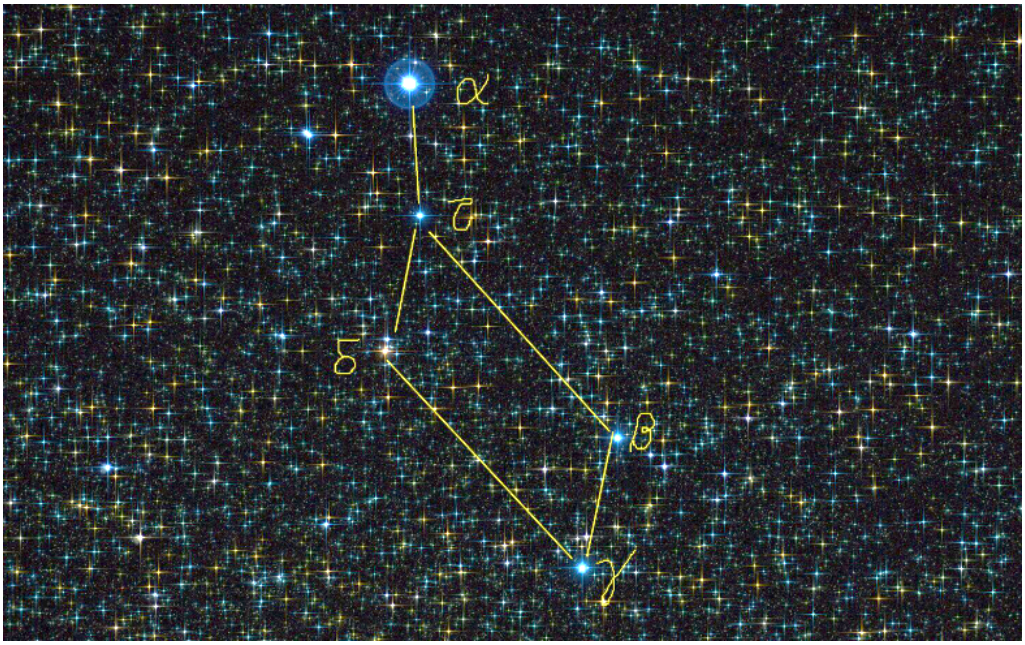


Figura 3-20. Constelación Lyra con la estrella Vega marcada como α (*α-Lyrae*). Fuente: [WIKIPEDIA 2025_2].

Con el logo de VegaLYR empleado a lo largo de este capítulo se trata de representar gráficamente estas mismas ideas.

4 APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO VEGALYR – LA GESTIÓN DE PROYECTOS Y RESULTADOS EN EL LNSTD

"La visión sin ejecución es una alucinación."

Thomas A. Edison. Inventor, científico y empresario.

"Las ideas en innovación son multiplicadores del resultado. El multiplicador es cero si la idea no se convierte en acción."

Peter F. Drucker. Considerado el padre de la administración y gestión empresarial moderna.

4.1 Introducción.

Como ponen de manifiesto las citas anteriores, la definición de un modelo estratégico, como el presentado en el capítulo anterior, es un aspecto fundamental, pero es necesario probarlo en casos reales para comprobar su efectividad y corregir aquellos aspectos para los que se identifiquen puntos de mejora. Es un modelo vivo que debe estar en continua evolución y mejora.

En el presente capítulo se presenta un potencial caso práctico de aplicación del Modelo VegaLYR. Se trataría de la definición de una plataforma de apoyo al ecosistema de innovación del Ministerio de Defensa para el desarrollo de prototipos y pruebas de concepto de aplicación para responder a necesidades del Departamento. Esta plataforma se desarrollaría aprovechando la infraestructura de Supercomputación para Tecnologías Duales que se está desarrollando e implantando, en conjunto entre el Ministerio de Defensa y el Consorcio Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS).

4.2 El Proyecto del Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales (LNSTD).

El 11 de junio de 2025, el Ministerio de Defensa, a través de la Secretaría de Estado de Defensa y el Consorcio BSC-CNS firmaron un convenio para la creación del Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales (LNSTD).

En concreto, y tal y como se regula en su propio texto, este convenio *"establece un marco de colaboración entre el MDEF y el BCS-CNS, para la creación de un laboratorio nacional de supercomputación para tecnologías duales. Esta infraestructura tecnológica proporcionará servicios de supercomputación y simulación avanzada para proyectos del Ministerio de Defensa. También podrán beneficiarse de esta infraestructura la industria de seguridad y defensa española, la europea y aquellos aliados pertenecientes a la OTAN que lo soliciten.*

Este convenio permite proporcionar un impulso determinante para dinamizar la innovación y el desarrollo en áreas estratégicas de seguridad y defensa. El Laboratorio Nacional de Supercomputación para Tecnologías Duales fruto de este convenio se ubicará en las instalaciones del Centro Nacional de Supercomputación en Barcelona y dependerá orgánicamente de la Secretaría de Estado de Defensa a través del Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC)" [LNSTD 2025].

El objetivo es, por tanto, que el LNSTD beneficie de forma coordinada a:

- El Ministerio de Defensa (y por extensión a Organizaciones Internacionales de Seguridad y Defensa de las que España forma parte), al dotarse de una nueva capacidad para el desarrollo de sus misiones y cometidos.
- A la comunidad investigadora en España en el ámbito de los Sistemas y tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Transformación Digital, la Gestión de la Información y el Conocimiento y la Ciberseguridad.
- A empresas nacionales (de cualquier dimensión) en este mismo ámbito.

Se articula de esta forma como un factor de desarrollo de la triple hélice que se ha expuesto en el *Apartado 2.6*.

Para la materialización de estos beneficios, es fundamental establecer un **mecanismo para la selección, gestión y seguimiento de proyectos que se ejecutarán en el LNSTD y de sus resultados**, que se basará en el Modelo VegaLYR objeto de este TFM.

Específicamente, en la selección de proyectos a ejecutar en el LNSTD (colaborativamente entre el MDEF y el BSC), se tendrá en cuenta:

- El alineamiento con las necesidades y los Planes Estratégicos y Políticas del Ministerio de Defensa y del BSC-CNS, y su posible contribución a planes de otros Organismos Nacionales o Internacionales.
- Su contribución a la Investigación y Desarrollo en ámbitos de relevancia con impacto en sectores clave como el social o el medioambiental.
- La viabilidad de los proyectos, empleando criterios identificados en el Modelo de Madurez de la Innovación, presentado en el *Apartado 3.3.8*. y el modelo de financiación disponible.
- El posible efecto tractor del proyecto sobre otros proyectos (internos o externos al Ministerio de Defensa).
- Su transversalidad y posibilidad de empleo en otros ámbitos, diferentes a aquéllos para los que se concibieron inicialmente.
- La Transferencia Tecnológica asociada (para Universidades, Centros de Investigación e Investigadores) o el Modelo de Contratación (para empresas).

4.3 Ámbito de aplicación.

El Modelo VegaLYR se aplicaría en el LNSTD a proyectos en el ámbito de la innovación según la distinción explicada en el *Capítulo 2*. Es decir, será complementario a proyectos puros de Investigación y Desarrollo con TRL bajas que pudieran desarrollarse igualmente en este nuevo laboratorio.

4.4 Los modelos actuales de selección de acceso para proyectos.

El BSC-CNS forma parte de la Empresa Común Europea de Computación de Alto Rendimiento (*EuroHPC Joint Undertaking*[56]) y sus supercomputadores (MareNostrum 5 en su versión más avanzada) forman parte de la infraestructura HPC[57] europea.

EuroHPC cuenta con una política de acceso a sus infraestructuras, aprobada en su última versión en septiembre de 2025 [EUROHPC 2025]. En esta política se define el procedimiento y criterios sobre la base de los cuales se procede a la selección de qué proyectos pueden hacer uso de las capacidades de supercomputación de la red EuroHPC. Entre los criterios que se evalúan se encuentran:

- La excelencia en el ámbito en el que se enmarca el proyecto: dependiendo del sector, se evaluará, la excelencia científica e impacto internacional, la relevancia industrial y la mejora de la competitividad europea o la relevancia para las instituciones públicas e impacto socioeconómico.
- La novedad: el proyecto debe ser original o basarse en trabajos innovadores existentes, con un enfoque transformador y resultados esperados claros (científicos, económicos o sociales).
- El uso de métodos, algoritmos y herramientas que sean adecuados y coherentes para alcanzar los objetivos propuestos.
- La calidad y eficiencia de la implementación: se requiere un plan de ejecución sólido que incluya obligatoriamente un plan de gestión de datos.
- La viabilidad, con una demostración clara de que el proyecto es técnicamente realizable.
- La presentación de un plan estructurado para la publicación y divulgación de los resultados obtenidos.

Además, en esta política se establecen 4 modos de acceso, siendo el primero de ellos el que presenta unos requisitos más estrictos de acceso:

- Extreme Scale Access.
- Regular Access.
- Benchmark Access.
- Development Access.

Este documento constituiría la referencia inicial de cómo se haría la selección de proyectos para su despliegue en el LNSTD. Además, debe complementarse con el Modelo de Convocatorias para actividades de Supercomputación abiertas de forma continua (*Call for Proposals*)[58].

[56] https://www.eurohpc-ju.europa.eu/index_en

[57] High Performance Computing.

[58] https://www.eurohpc-ju.europa.eu/supercomputers/supercomputers-access-calls_en

Para el caso de LNSTD, se estima preciso realizar una adaptación del marco general de acceso de EuroHPC, para adecuarlo a las circunstancias y necesidades del MDEF, si bien, se garantizarían en todo momento los intereses del BSC-CNS y de EuroHPC.

En concreto, teniendo en cuenta los modos de acceso generales, se plantearía la posibilidad de establecer condiciones especiales de acceso y reservar una cuota de uso del laboratorio para pequeñas industrias o *startups* o proyectos formativos. Estas actividades, contribuyen a la consecución de los objetivos del MDEF y de las Administraciones Públicas en general, de fomento y refuerzo de la Base Tecnológica e Industrial nacional (soberanía, autonomía), y de fomento del talento tecnológico, y se alinean con los objetivos presentados en este TFM.

Además, se debe contemplar una evaluación del impacto por parte del Ministerio de Defensa, sobre la base de criterios de contribución a necesidades estratégicas operativas y funcionales del Departamento y de las distintas dimensiones del Modelo VegaLYR.

El sistema de acceso está basado en un doble filtro:

- Evaluación por parte de los miembros de la Comisión de Seguimiento designados por la Secretaría de Estado de Defensa: evaluación operativa y funcional.
- Evaluación por parte del panel de expertos técnicos, científicos y de gestión de datos.

Tras esta evaluación se designaría una prioridad de acceso.

El objetivo es que el Ministerio de Defensa establezca un proceso ordenado para:

- Proponer **casos de uso en beneficio del desarrollo de sus misiones y cometidos**. Estas propuestas pueden derivar de proyectos o iniciativas ya en marcha en el proceso de gestión de la demanda del Ministerio de Defensa, para las que se haya identificado la conveniencia de emplear capacidades de supercomputación para su desarrollo. También pueden provenir de convocatorias *ad hoc* que se desarrollen para el LNSTD.
- También pueden ser **proyectos ordinarios que empleen la infraestructura de supercomputación para confirmar su interoperabilidad con la infraestructura global del Ministerio (I3D / I4D)**, tal y como se expondrá en el siguiente apartado.

  Este caso es especialmente útil para proyectos de transición de una solución dual, probada y en uso en el ámbito civil, a su empleo en el ámbito del Ministerio de Defensa (por ejemplo, simulando un ejercicio u operación militar en la que se usarían).

En todo caso, la **evaluación por parte del MDEF de la elegibilidad de los proyectos e iniciativas que presenten una componente innovadora, se apoyaría en el Modelo VegaLYR**, adaptando algunos de los criterios del modelo general de EuroHPC al caso del MDEF (excelencia para los servicios públicos y desarrollo científico, novedad, viabilidad, etc.). La evaluación se complementaría con los criterios que seleccione el BSC-CNS.

4.5 La Plataforma de Pruebas del Ministerio de Defensa para la integración de tecnologías y modelos innovadores: la TWI$_n$4D y fases para su implantación.

Tal y como se ha explicado en el *Capítulo 2*, la I3D es la infraestructura tecnológica estratégica y el "sistema nervioso" del Ministerio de Defensa. Esta infraestructura se encuentra en continuo desarrollo y evolución, y tras la certificación de su capacidad operativa final (FOC) prevista para principios de 2026 por parte de la Secretaria de Estado de Defensa, se continuará su evolución hacia la que ha venido a denominarse I4D (Infraestructura Integral e Inteligente de Información para la Defensa), añadiendo la componente de inteligencia derivada de las capacidades de la IA).

El reto que busca el Ministerio de Defensa, así como las Organizaciones que tienen interés en utilizar el LNSTD es que, en última instancia, sus desarrollos sean trasladables y utilizables por este

Departamento y por lo tanto integrables e interoperables con su arquitectura, soluciones, capacidades y servicios TIC.

Estos servicios se definen en la Arquitectura Global de Sistemas y Tecnologías de Información y Comunicaciones del Ministerio de Defensa, aprobada por la *Instrucción 58/2016, de 28 de octubre, del Secretario de Estado de Defensa* [AG CIS/TIC 2016], y se estructuran sobre la base de la siguiente taxonomía:

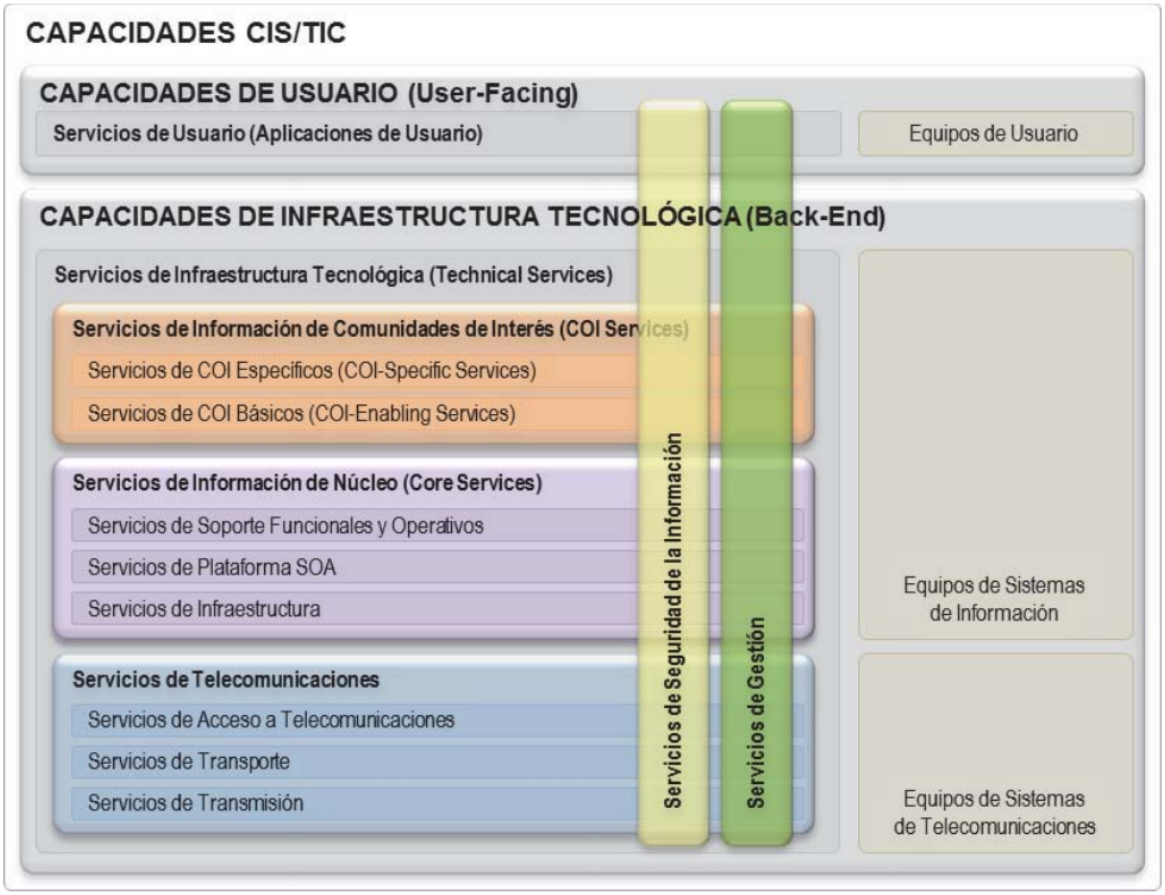


Figura 4-1. Taxonomía de los Servicios CIS/TIC del Ministerio de Defensa. Fuente: Arquitectura Global CIS/TIC del MDEF [AG CIS/TIC 2016].

Para asegurar esta interoperabilidad e incrementar el grado de éxito de las soluciones, es fundamental que éstas puedan probarse, evaluarse, validarse y verificarse (sometidas al proceso completo de *Test, Evaluation, Validation and Verification* -TEVV-) en un entorno lo más representativo y cercano al contexto en el que se emplearán en la realidad.

Esto es especialmente útil para agilizar la adopción de soluciones duales que ya cuentan con validación en el ámbito civil (y que se emplean en casos reales en ese ámbito) y su transición a situaciones propias del ámbito militar.

Para ello, se plantea como actuación para el LNSTD el desarrollo de un proyecto (metaproyecto en realidad) para la definición de un **gemelo digital de la I4D** en sus diferentes capacidades y sobre el que se puedan simular entornos de uso militar y agilizar el desarrollo de pruebas y validaciones de la viabilidad de uso. Se propone como nombre de este entorno, **TWI_n4D.**



Se trataría de un gemelo digital de una infraestructura tecnológica (servicios de telecomunicaciones, de procesamiento, de almacenamiento, de red, de ciberseguridad), para realizar pruebas sobre ella y no hacerlo sobre la infraestructura real. Además, permitiría hacer simulaciones de uso y dimensionamiento de esa infraestructura en escenarios (tanto técnicos como operativos) complejos y no probados hasta ahora. Dada la complejidad y multiplicidad de escenarios y variables que implica esto y que habría que simular, se plantea la conveniencia de desarrollarlo sobre una infraestructura de computación de alto rendimiento como la que supone el LNSTD.

Cabe incidir en la idea de que **no se trata sólo de un gemelo de la infraestructura, sino de un generador de situaciones operativas reales** en la que, usando las capacidades y servicios de la I3D / I4D, se puedan integrar soluciones basadas en tecnologías innovadoras (*ad hoc* o duales).

Además, posibilita por ejemplo la implantación de *sandboxes* regulatorios y operativos como los comentados en el *Capítulo 3* para la Dimensión Legal de VegaLYR, y el trabajo con datos sintéticos y anonimizados.

Con ello se supera el modelo tradicional empleado en desarrollo de software basado en el empleo de entornos de preproducción, para que en escenarios que requieren la integración de nuevas soluciones de EDT, se cuente con una réplica virtual, viva y de alta fidelidad de la infraestructura completa, que se alimenta de datos en tiempo real de su contraparte física y que permite modelar comportamientos futuros.

Este modelo tendría un impacto positivo para la **implantación del paradigma DevSecOps**. DevSecOps es una evolución del concepto **DevOps** que integra ***"las pruebas de seguridad en cada etapa del proceso de desarrollo de software***. *Incluye herramientas y procesos que fomentan la colaboración entre los desarrolladores, los especialistas en seguridad y los equipos de operaciones para crear un software que sea eficiente y seguro.*" [AWS s.f.]. Por su parte, DevOps es *"un conjunto de prácticas, herramientas y filosofía cultural que sirve para automatizar e integrar los procesos que comparten los equipos de desarrollo de software y los de operación de ese software"*. Adaptación de [ATLASSIAN s.f.].

En la Estrategia de Desarrollo de Software del Ministerio de Defensa [ESTRATEGIA DESARROLLO SW 2023], se contempla que *"deberán establecerse las acciones para la implantación y acreditación de las herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso de desarrollo de software, en concreto, aquéllas que componen la plataforma unificada basada en DevSecOps."*

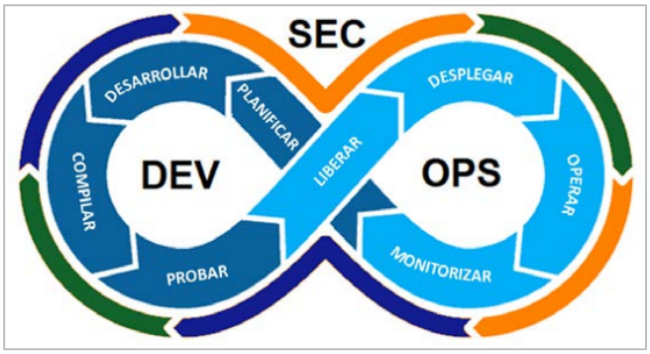


Figura 4-2. Fases del ciclo de vida de DevSecOps. Fuente: [ESTRATEGIA DESARROLLO SW 2023].

Teniendo en cuenta estas directrices, el enfoque a emplear sería estructurar la TWI_n4D en un doble ciclo de DevSecOps, representado en la figura siguiente:

- El ciclo externo (marcado en azul claro) describe el **paso a producción en la infraestructura real**.
- El ciclo interno (marcado en azul oscuro) describe un entorno más controlado para el **proceso de ingeniería / desarrollo / pruebas**, que debe ser reconfigurado más frecuentemente y está sujeto a fallos.



Figura 4-3. Doble ciclo de integración de soluciones innovadoras empleando el Modelo TWI_n4D en el LNSTD. Fuente: Elaboración propia inspirada en [CHEN 2024].

Respecto a las ventajas de este modelo frente a un entorno de preproducción clásico, cabe mencionar:

- Un entorno de preproducción clásico se implementa sobre la infraestructura real del Ministerio, por lo que, para acceder a él ya serían necesarias ciertas garantías y el cumplimiento de ciertas condiciones por parte de las entidades que va a probar sus soluciones. Esto, tal y como se ha presentado en el *Capítulo 3*, puede resultar un problema para algunos organismos, instituciones y particulares que no podrían acceder a él, limitando el espectro de posibilidades innovadoras que puede probar el Ministerio.
- La TWI_n4D permitiría probar soluciones minimizando posibles problemas de interferencias no deseadas sobre la infraestructura real, pudiendo usar, al mismo tiempo una capacidad de procesamiento y almacenamiento de primer nivel y reduciendo posibles incidencias de ciberseguridad.
- Contemplaría así mismo la simulación de cómo funcionaría una solución innovadora en conjunción con otras capacidades (propias o de otras empresas). Esto en un entorno de preproducción clásico, supone un reto mayor.
- Además, posibilitaría el modelado y simulación de escenarios operativos de interés para el MDEF, como, por ejemplo, un despliegue de unidades de Fuerza terrestre o naval, o una intervención de la UME en una emergencia por un incendio.

  La solución innovadora en cuestión se podría probar en cada uno de esos escenarios operativos para evaluar cómo funcionaría y reaccionaría ante esos escenarios. Esto no sólo es beneficioso para el MDEF, sino también para las empresas que reducen su ciclo y coste de desarrollo.

Como se ha indicado, el esquema de funcionamiento se basaría en reservar una parte importante de la capacidad del LNSTD para la configuración de la TWI_n4D, habilitando el resto para proyectos individuales más disruptivos y para iniciativas del BSC.



Figura 4-4. Modelo tentativo de configuración del LNSTD. Fuente: Elaboración propia.

El proyecto de implantación de la TWI$_n$4D se dividiría en las siguientes fases:

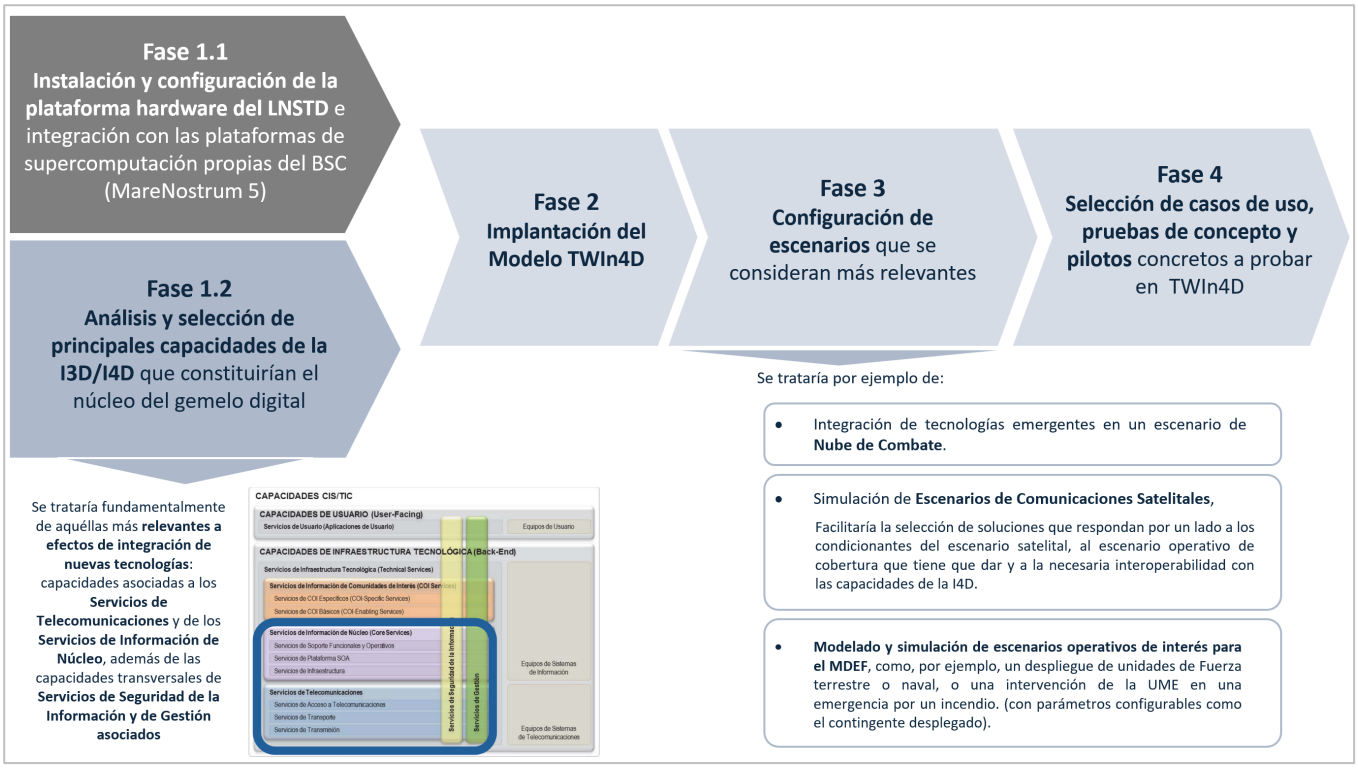


Figura 4-5. Fases de implantación del el Modelo TWI$_n$4D en el LNSTD. Fuente: Elaboración propia.

4.6 La integración del gemelo digital de la I4D en el Modelo VegaLYR.

En el proceso de **evaluación de una tecnología innovadora**, cuando haya obtenido una **puntuación alta en el Modelo de Madurez y Relevancia** y cuando el Ministerio quiera asumir un **papel ambicioso** y **proactivo** (rol de "desarrollador" según la *figura 3.18*) en la implantación y empleo de esa tecnología, se añadirá en el modelo de aplicación de VegaLYR (*figura 3.19*), una nueva actividad para evaluar casos de uso y pilotos provenientes de diversos actores del ecosistema dentro de la TWI$_n$4D.

En concreto se priorizaría la instalación en el gemelo digital de casos de uso e iniciativas desde el punto de vista de:

- La urgencia y criticidad de su empleo en alguna aplicación real (gracias a la agilización en sus pruebas y validación).
- La necesidad de probar esa tecnología sobre la base de múltiples parámetros configurables (tanto técnicos como operativos).

- Su integración en la infraestructura tecnológica del MDEF (I3D / I4D) y su necesidad de apoyo en las capacidades de esta infraestructura.
- La necesidad de evidencias respecto a su integración con las capacidades técnicas u operativas que sirvan como referencia para regular esa tecnología (por ejemplo, en una estrategia ministerial).

Estas iniciativas pueden haber surgido en cualquier punto del ecosistema de innovación de Defensa (tanto a nivel interno como externo):

- Del propio Ministerio a nivel global.
- De la Red de Centros de Referencia para la Innovación y Experimentación CIS/TIC.
- De una propuesta de una empresa (gran empresa o emergente).
- De un Centro de Investigación o Universidad o de un investigador particular, con los que se haya establecido algún tipo de colaboración.
- De una iniciativa europea o de la OTAN.
- De una iniciativa del BSC-CNS.

De esta forma se creará un **conjunto especial de proyectos dentro del Portfolio de actividades transformacionales y de evolución de capacidades** (*change the business*), y en concreto dentro del **Subportfolio de Innovación Transformacional o de Innovación Adyacente**.

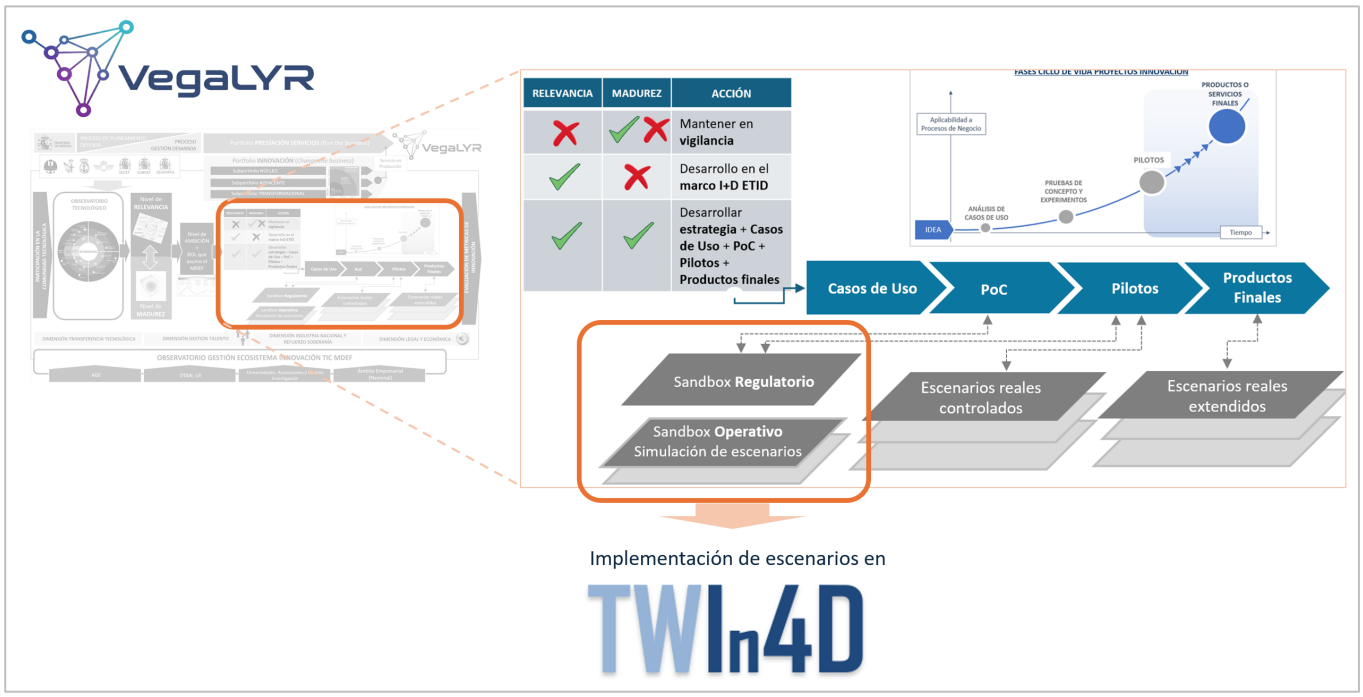


Figura 4-6. Fase de integración de TWIn4D en el Modelo VegaLYR. Fuente: Elaboración propia.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL MODELO

"Era el mejor de los tiempos, era el peor de los tiempos; era la edad de la sabiduría, era la edad de la insensatez; era la época de la creencia, era la época de la incredulidad; era la era de la luz, era la era de las tinieblas; era la primavera de la esperanza, era el invierno de la desesperación; […]"

Historia de dos ciudades. Charles Dickens.

5.1 Conclusiones.

La criticidad de gobernar y dirigir de forma integral la Innovación TIC.

La cita presentada al principio de este aparado trata de reflejar metafóricamente la dicotomía del momento global en que se encuentra el desarrollo y uso de las Tecnologías de la Información, las Comunicaciones, la Ciberseguridad y la Transformación Digital, en cualquier ámbito de la Sociedad a nivel mundial. Lógicamente también es de aplicación al Ministerio de Defensa, reforzado aún más, por la criticidad de las misiones y de la información que maneja este Departamento.

Algunos de los factores que llevan a esta dicotomía son:

- Estas tecnologías evolucionan a un ritmo rapidísimo, generando infinitas oportunidades, pero sólo si se gestionan de forma integral y aprovechando las posibilidades del ecosistema en el que el Ministerio desarrolla su actividad.
- Al mismo tiempo, esta evolución genera retos para el Ministerio, como un incremento del posible impacto de ciberamenazas, al ser más dependientes de las capacidades TIC.
- Las tecnologías son cada vez más ubicuas y es más fácil tener acceso a ellas, y si no se aprovechan bien y trasladan a las capacidades operativas del Ministerio y al desarrollo de las misiones y cometidos, otros pueden tomar ventaja estratégica. Como decía la famosa cita (anónima): *"Crea tu propio futuro o vivirás en el futuro que otros creen para ti"*.
- Esta ubicuidad y la proliferación de información sobre las posibilidades que pueden llegar a ofrecer las EDT, puede generar una presión para las organizaciones que las mueva a adoptar soluciones tecnológicas sin una evaluación rigurosa de su alineación con la misión de servicio público, su interoperabilidad, su sostenibilidad a largo plazo o su impacto real en las

necesidades ciudadanas, priorizando la mera adopción de "modernidad" sobre la resolución estratégica de problemas (efecto FOMO).

El contexto actual, tanto desde el punto de vista tecnológico, con una previsible evolución exponencial en las capacidades que las EDT van a ofrecer, como geoestratégico, con una previsión de aumento y consolidación del gasto en Defensa en los próximos años, hace necesario implantar un modelo que canalice, coordine y gobierne las iniciativas de innovación tecnológica. Así mismo, este modelo también posibilitaría abordar otro de los principales objetivos actuales del MDEF en materia de innovación TIC, como es su consolidación como un elemento tractor de la industria y la capacidad innovadora nacional, en favor de la soberanía y la resiliencia de España.

Dado lo complejo y multidimensional de la innovación TIC, se requiere abordarla desde un punto de vista integral, que no sólo tenga en cuenta las variables puramente tecnológicas, sino factores como la organización, las especificidades de la gestión de este tipo de proyectos, la colaboración con el ecosistema en esta materia, la gestión del talento, o las dimensiones legales y financieras asociadas.

Por todo lo anterior, **se considera relevante un trabajo de esta naturaleza, para dotar al Ministerio de Defensa de un modelo que gobierne global, transversalmente y a lo largo de todo su ciclo de vida** (desde su concepción a su traslado a entornos reales) **las iniciativas que se planteen como necesarias en relación con la integración y uso de tecnologías emergentes y disruptivas**.

Además, aseguraría el alineamiento de dichas iniciativas con los objetivos estratégicos de la Organización, gracias al empleo de un modelo como el recomendado por las buenas prácticas en la materia como COBIT. **Con ello, se trata de reducir la dicotomía** (literariamente exagerada) de la cita de Dickens, **a favor del más efectivo y eficiente desarrollo de las misiones de los hombres y mujeres que forman parte de las Fuerzas Armadas y, en definitiva, a favor del mejor servicio a la sociedad española**.

5.2 Líneas futuras para la implementación y evolución del Modelo.

En primer lugar, es necesario redundar en la idea de que el Modelo VegaLYR no se ha diseñado, ni se implantaría desde cero, sino que se aprovecharía la normativa, procedimientos, soluciones y estructuras existentes. Las políticas existentes en el MDEF sobre Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, sobre Seguridad de la Información, y sobre Gestión de Información y Conocimiento, las estrategias sobre EDT que desarrollan y evolucionan estas políticas, y los planes para la implementación de capacidades en estos ámbitos, son un punto de partida fundamental.

No obstante, no se trata sólo de normativa, estrategias y planes. Éstos se traducen ya hoy en proyectos que han llevado innovaciones tecnológicas, como por ejemplo las comunicaciones 5G al ámbito operativo en despliegues reales del Ejército de Tierra, la Armada o la UME, o la Inteligencia Artificial a los móviles corporativos del personal del Ministerio, con del asistente virtual con IA generativa, IDOIA.

También será imprescindible el alineamiento del Modelo con la ETID, como referencia en el marco de la Investigación y Desarrollo e Innovación, abarcando ámbitos más allá de las TIC y la adaptación a la definición de responsabilidades de los órganos superiores y directivos del Ministerio, definidos en los sucesivos Reales Decretos por los que se define la estructura orgánica básica del Departamento.

Además, en su implantación se avanzaría en paralelo con la implementación de modelos de gestión de la innovación de otras Organizaciones con las que el Ministerio de Defensa colabora, fundamentalmente la AGE, la OTAN y la Unión Europea.

La innovación TIC en el MDEF es un ámbito en el están involucrados muchos actores y que tiene un propósito muy ambicioso. Por lo tanto, el objetivo es que su **implantación sea progresiva y modular**, en línea con las buenas prácticas de las metodologías "agile":

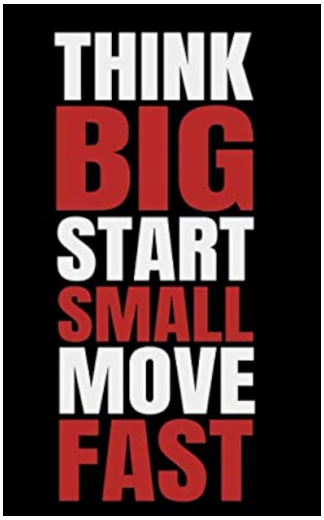


Figura 5-1. Representación gráfica de los principios para el desarrollo modular del Modelo VegaLYR. Fuente imagen: web de Amazon[59].

Este TFM presenta simplemente los elementos que compondrían un modelo integral de gestión estratégica de la Innovación y la relación entre ellos, a través de unas consideraciones y una propuesta inicial de orientación para cada uno de los elementos del modelo.

Se espera que estas consideraciones puedan servir de base para la construcción del modelo definitivo, si bien su implantación real requiere profundizar en cada uno de los elementos, sometiéndolos a un proceso de escrutinio y análisis para desarrollar la forma más adecuada de implementarlos.

Existen elementos del modelo que por su ambición, criticidad y novedad que plantean sobre la situación actual, requieren especialmente este análisis en profundidad y concreción sobre las posibilidades para llevarlas a la realidad. Es el caso por ejemplo de los modelos agilizados de habilitaciones de seguridad para colaboradores externos, o el programa propio de incubación y aceleración de *startups*.

En todo caso, se recomienda que esta profundización se desarrolle con el mismo enfoque integral que deriva de su definición, es decir, contando con el concurso de expertos de todas las disciplinas involucradas y con el apoyo no sólo en el conocimiento del MDEF sino también de todo su ecosistema (llevando a la práctica la Innovación Abierta).

Como última línea de desarrollo, hay que tener en cuenta que tal y como se ha indicado en el *Apartado 1.3*. en el ámbito de aplicación de este TFM no se incluyen soluciones innovadoras en ámbitos como la biotecnología, los sistemas energéticos, los sistemas de armas. En un futuro y una vez que el Modelo VegaLYR estuviera definido, implementado y probado, podría plantearse la conveniencia de integrar la innovación en estas otras modalidades, aprovechando las sinergias que pueden existir y la ubicuidad cada vez mayor de las TIC.

En definitiva, se espera que este trabajo pueda suponer un complemento a las estrategias y enfoques actuales y una referencia para la evolución en el futuro de esta trascendental materia.

[59] https://www.amazon.es/Think-Start-Small-Move-Fast/dp/1093890479

6 BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

[ACM 2025] Consejo de Ministros del Gobierno de España. “Acuerdo por el que se autoriza la transferencia de determinado material de defensa y doble uso, de conformidad con lo previsto en la disposición adicional primera del Real Decreto-ley 10/2025, de 23 de septiembre, por el que se adoptan medidas urgentes contra el genocidio en Gaza y de apoyo a la población palestina.”. 23 de diciembre de 2025. [En línea]. Diponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/referencias/paginas/2025/20251223-referencia-rueda-de-prensa-ministros.aspx#transfmddu

[AG CIS/TIC 2016] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, “Instrucción 58/2016, de 28 de octubre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba la Arquitectura Global de Sistemas y Tecnologías de Información y Comunicaciones del Ministerio de Defensa”, 28 de octubre de 2016. [Documento Uso Oficial]

[ARGO 2021] Ministerio de Defensa. “Transformación Digital del Ministerio de Defensa: Sale a licitación la Plataforma ARGO para la Gestión por Procesos del Ministerio de Defensa” 28 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.defensa.gob.es/cestic/noticias/2021/listado/noticia7.html

[ATLASSIAN s.f.] Empresa Atlassian. Artículo “¿Qué es DevOps?”. [En línea]. Disponible en: https://www.atlassian.com/es/devops

[AUDRETSCH 2022] D.B. Audretsch. E.E. Lehmann, A.N. Link (editores), “Handbook of Technology Transfer” Edward Elgar Publishing Inc. 2022. https://www.elgaronline.com/edcollbook/book/9781800374409/9781800374409.xml

[AWS s.f.] Empresa Amazon Web Services (AWS). Artículo “¿Qué es DevSecOps”. [En línea]. Disponible en: https://aws.amazon.com/es/what-is/devsecops/

[AYMING 2021] Empresa Ayming. Artículo sobre “¿Qué son los TRL (Technology Readiness Levels) o Niveles de Madurez Tecnológica?”. 2 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.ayming.es/recursos/opinion-experta/trl-technology-readiness-levels/

[BBVA 2025] BBVA. Artículo "¿Qué son las 'scaleups' y en qué se diferencian de las 'startups'?". 14 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.bbva.com/es/innovacion/que-son-las-scaleups-y-en-que-se-diferencian-de-las-startups/

[BCG 2024] M. Giesener, M. Andrews, L. Mayer, P. Hager. "The Defense Innovation Readiness Gap Series: Realizing Partnership Potential" Informe de Boston Consulting Group. Febrero 2024. [En línea]. Disponible en: https://web-assets.bcg.com/5b/27/b92df37f4a288fc5333adc1fc73b/bcg-msc-defense-innovation-readiness-gap-series-realizing-partnership-potential.pdf

[BLOOMBERG 2025] M.R. Bloomberg, D.H. Berger, K. Bartok Touw, Y. Brumer, N. Diller, M. George, C. Hinote, A. Kotick, B. Kroman, C. Myers. "A Blueprint for Breakthroughs in Defense Innovation", Enero 2025 [En línea]. Disponible en: https://assets.bbhub.io/dotorg/sites/56/2025/01/Strategic-Edge_A-Blueprint-for-Breakthroughs-in-Defense-Innovation.pdf

[BOZEMAN 2000] B. Bozeman. "Technology transfer and public policy: a review of research and theory" 2000. Research Policy, 29, 627-55. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1

[CDTI s.f.] Web del Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación – Apartado Quiénes Somos, [En línea]. Disponible en: https://www.cdti.es/quienes-somos

[CE 2023_1] Comisión Europea. "SWD(2023) 277/2 final – Regulatory learning in the EU: Guidance on regulatory sandboxes, testbeds, and living labs in the EU, with a focus section on energy" 29 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2023-08/swd_2023_277_f1.pdf

[CE 2023_2] Comisión Europea. "C(2023) 6689 final Annex to the Commision Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States". 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2023-10/C_2023_6689_1_EN_annexe_acte_autonome_part1_v9.pdf

[CE 2025_1] Comisión Europea. "COM(2025) 30 final - Communication from The Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions - A Competitiveness Compass for the EU". 29 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en?filename=Communication_1.pdf

[CE 2025_2] Comisión Europea. "White Paper for European Defence – Readiness 2030". 19 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/white-paper-european-defence-readiness-2030_en

[CE 2025_3] Comisión Europea. "COM(2025) 270 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The EU Startup and Scaleup Strategy" 28 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en:

https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/2f76a0df-b09b-47c2-949c-800c30e4c530_en

[CE 2025_4] Comisión Europea. "JOIN(2025) 27 final - Joint Communication to the European Parliament, The European Council and The Council - Preserving Peace - Defence Readiness Roadmap 2030". 16 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/9db42c04-15c2-42e1-8364-60afb0073e68_en?filename=Joint-Communication%20_Defence-Readiness-Roadmap-2030.pdf

[CE 2025_5] Comisión Europea. "Infografía de la "COM(2025) 30 final - Communication from The Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions - A Competitiveness Compass for the EU" Enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/880290/Factsheet%20-%20Competitiveness%20Compass.pdf

[CHEN 2024] S. Chen, M. Neubauer, A. Verl, "A Digital Twin Platform for service-based Testing and Optimization" 17th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827124009077

[CHEUNG 2011] T. M. Cheung, T. G. Mahnken, A. L. Ross. "Frameworks for Analyzing Chinese Defense and Military Innovation". Septiembre 2011. [En línea]. Disponible en: https://escholarship.org/uc/item/5cr8j76s

[CHESBROUGH 2003] H.W. Chesbrough. "Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology". 2003. Boston: Harvard Business School Press

[CHESBROUGH 2015] H. W. Chesbrough, "Artículo Innovación abierta. Innovar con éxito en el siglo XXI". Libro Reinventar la empresa en la era digital – BBVA OpenMind (páginas 410 y siguientes), 2015, [En linea]. Disponible en: https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2015/08/BBVA-OpenMind-libro-Reinventar-la-Empresa-en-la-Era-Digital-empresa-innovacion1.pdf

[CIO s.f.] Web CIO INDEX. "Introduction to IT Governance". [En línea]. Disponible en: https://cioindex.com/references/introduction-to-it-governance/

[COBIT 2019] Information Systems Audit and Control Association (ISACA), "COBIT 2019. Marco de Referencia: Objetivos de gobierno y gestión", 2018. [Documento accesible para socios de ISACA]

[COTEC 2022] Fundación COTEC para la Innovación. "Propuestas de mejora para la Colaboración Público-Privada en España". 30 de junio de 2022. [En línea]. Disponible previa inscripción en: https://cotec.es/proyectos-cpt/la-colaboracion-publico-privada-en-espana/

[COTEC 2023] Fundación COTEC para la Innovación. "Como innovar comprando productos a las Startups – Manual de 'Venture Client' para corporaciones". 12 de junio de 2023. [En línea]. Disponible previa inscripción en: https://cotec.es/proyectos-cpt/manual-de-venture-client-para-corporaciones/

[DAFT3 s.f.] Department of the Air Force – Technology Transfer and Transition. "Explore Tech Transfer". [En línea]. Disponible en: https://www.aft3.af.mil/Technology-Transfer/

[DDN 2020] Presidencia del Gobierno de España, "Directiva de Defensa Nacional 2020", 11 de junio de 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.defensa.gob.es/Galerias/defensadocs/directiva-defensa-nacional-2020.pdf

[DE WECK 2022] O.L. de Weck. "Technology Roadmapping and Development" 2022. Editorial Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88346-1

[DRAGHI 2024] Comisión Europea, M. Draghi. "The future of European competitiveness – Part A: A competitiveness strategy for Europe". Septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness%20_%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20Europe.pdf

[ESPAÑA DIGITAL 2025] Gobierno de España. "Agenda España Digital 2025". 23 de julio de 2020. [En línea]. Disponible en: https://avance.digital.gob.es/programas-avance-digital/Documents/EspanaDigital_2025_TransicionDigital.pdf

[ESTRATEGIA 5G 2021] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, "Resolución 307/08135/21, de 17 de mayo de 2021, de la Secretaria de Estado de Defensa, por la que se establece la Estrategia de comunicaciones móviles de quinta generación (Estrategia 5G) del Ministerio de Defensa." 17 de mayo de 2021. [Documento Uso Oficial]

[ESTRATEGIA CLOUD 2021] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, "Resolución 307/08136/21, de 17 de mayo de 2021, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se establece la Estrategia de Explotación de la Nube en el Ministerio de Defensa." 17 de mayo de 2021. [Documento Uso Oficial]

[ESTRATEGIA IA 2023] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, "Resolución 300/11197/2023, de 29 de junio, de la Secretaria de Estado de Defensa, por la que se aprueba la Estrategia de desarrollo, implantación y uso de la Inteligencia Artificial en el Ministerio de Defensa" 29 de junio de 2023. [Documento Uso Oficial]

[ESTRATEGIA DESARROLLO SW 2023] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, "Resolución 400/06254/23, de 9 de marzo, de la Secretaria de Estado de Defensa, por la que se establece la Estrategia de Desarrollo de Software en el Ministerio de Defensa." 9 de marzo de 2023. [Documento Uso Oficial]

[ESTRATEGIA ZT 2024] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa, "Resolución 300/10776/24 de 28 de junio, de la Secretaria de Estado de Defensa, por la que se establece la Estrategia de implantación del concepto de seguridad Confianza Cero en el Ministerio de Defensa." 28 de junio de 2024. [Documento Uso Oficial]

[ETID 2020] Ministerio de Defensa – Secretaría de Estado de Defensa – Dirección General de Armamento y Material, "Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID - 2020", diciembre de 2020. [En línea]. Disponible en: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/e/t/etid_estrategia_de_tecnolog_a_e_innovaci_n_para_la_defensa_2020.pdf

[EULISA s.f.] Agencia de la Unión Europea para la Gestión Operativa de Sistemas Informáticos de Gran Magnitud en el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia (eu-LISA) "Research and Innovation". [En línea]. Disponible en: https://www.eulisa.europa.eu/activities/research-and-innovation

[EUROHPC 2025] Euro High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU), "Access Policy for the allocation of the Union's share of access time of the EuroHPC Joint Undertaking Supercomputers and AI Factories", 9 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.eurohpc-ju.europa.eu/document/30614065-6dd6-4206-8065-fc97948e5e2c_en

[FERRARY 2011] M. Ferrary. "Specialized organizations and ambidextrous clusters in the open innovation paradigm". Junio de 2011. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/227416496_Specialized_organizations_and_ambidextrous_clusters_in_the_open_innovation_paradigm

[FERRÀS 2019] X. Ferràs. Artículo "4 tipos de innovación". 16 de junio de 2019. [En línea]. Disponible en: https://xavierferras.com/2019/06/4-tipos-de-innovacion/

[FERRÀS 2025] X. Ferràs. Artículo "Aprender a olvidar". 26 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://xavierferras.com/2025/05/aprender-a-olvidar-2/

[GARTNER s.f.] Gartner. "¿Qué es el Hype Cycle de Gartner?". [En línea]. Disponible en: https://www.gartner.es/es/metodologias/hype-cycle

[HIKVISION 2019] Web empresa Hikvision. Artículo "Secure-by-design' y 'secure-by-default'", ¿términos de moda o nuevas necesidades en la industria de la seguridad?". 10 de octubre de 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.hikvision.com/es/newsroom/blog/Secure-by-design-y-secure-by-default1/

[HUERTA 2024] J.A. Huerta Barajas. "Mecanismos de transferencia de tecnologías de doble uso" Academia de las Ciencias y las Artes Militares. 21 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.acami.es/wp-content/uploads/2024/02/transferencia-tecnologias-doble-uso-web.pdf

[IEEE 2020] Instituto Español de Estudios Estratégicos – G. León Serrano, "Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico – Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países", Cuadernos de Estrategia 207, noviembre 2020. [En línea]. Disponible en: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/r/e/repercusiones_estrat_gicas_del_desarrollo_tecnol_gico_ce_207.pdf

[ISDEFE s.f.] Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España. "Red Horizontes ISDEFE – La red colaborativa de la Innovación de ISDEFE". [En línea]. Disponible en: https://isdefeinnova.es/observatorios/

[ISO 56000 2020] Asociación Española de Normalización. "Norma UNE-EN ISO 56000 Gestión de la innovación. Fundamentos y vocabulario (ISO 56000:2020). Enero de 2021.

[ISO 56002 2019] Asociación Española de Normalización. "Norma UNE-EN ISO 56002 Gestión de la innovación. Sistema de gestión de la innovación (ISO 56002:2019). Marzo de 2021.

[JIN 2015] B. Jin, Y. Ge, H. Zhu, L. Guo, H. Xiong, C. Zhang. "Technology Prospecting for High Tech Companies through Patent Mining". Enero de 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-Gartner-Hyper-Cycle_fig2_282269495

[KTH s.f.] Real Instituto de Tecnología (Kungliga Tekniska Högskolan -KTH-) de Estocolmo (Suecia). "Innovation Readiness Levels™ (IRL)". [En línea]. Disponible en: https://kthinnovationreadinesslevel.com/

[LCSP 2017] Boletín Oficial del Estado. "Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 [LCSP 2017]". 26 de febrero de 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-12902

[LCSPSD 2011] Boletín Oficial del Estado. "Ley 24/2011, de 1 de agosto, de contratos del sector público en los ámbitos de la defensa y de la seguridad". 1 de agosto de 2011. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-13239

[LERNER 2018] W. Lerner, M. Zieris, M. Schlagbauer, D.J.F. Rippel, F. Wiesenäcker. "Ambidextrous organizations – How to embrace disruption and create organizational advantage" 2018. [En línea] Disponible en: https://www.adlittle.com/en/insights/prism/ambidextrous-organizations-%E2%80%93-how-embrace-disruption-and-create-organizational

[LEY 28/2022] Boletín Oficial del Estado. "Ley 28/2022, de 21 de diciembre, de fomento del ecosistema de las empresas emergentes". 21 de diciembre de 2022. [En línea]. Versión consolidada disponible en: https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-21739-consolidado.pdf

[LNSTD 2025] Boletín Oficial del Estado, "Resolución de la Subsecretaría del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes, por la que se publica el Convenio entre el Ministerio de Defensa y el Consorcio Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, para la creación del Laboratorio Nacional para Tecnologías Duales", 3 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-14158

[MINCIU 2024] Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. "Sandbox: Entender e implementar. Guía para entornos controlados de pruebas". 2024. [En línea] Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/InfoGeneralPortal/documento/26178455-6692-4883-ac51-b63e321aebef

[MINCIU s.f.] Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. "*Artículo sobre la Compra Pública de Innovación en la web del MINCIU*". [En línea]. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/Innovar/CPI.html

[MINHAC s.f.] Web de Contratación Centralizada del Ministerio de Hacienda. "Sistemas dinámicos de adquisición". [En línea]. Disponible en: https://contratacioncentralizada.gob.es/web/dgrcc/sistemas-dinamicos-de-adquisicion.

[NAGJI 2012] B. Nagji, G. Tuff. "Managing your Innovation Portfolio" Harvard Business Review. Mayo 2012. [En línea]. Disponible en: https://hbr.org/2012/05/managing-your-innovation-portfolio

[NASA s.f.] National Aeronautics and Space Administration (NASA). "Technology Readiness Levels" [En línea]. Disponible en: https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/

[NL DEF 2025] Ministerio de Defensa de los Países Bajos. "Defence Strategy for Industry and Innovation 2025-2029". [En línea]. Disponible en: https://english.defensie.nl/downloads/policy-notes/2025/04/04/defence-strategy-for-industry-and-innovation-2025-2029

[ODEF 807/2024] Boletín Oficial del Estado. "Orden DEF /807/2024, de 22 de julio, por la que se aprueba la política de seguridad de la información del Ministerio de Defensa" 22 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2024/07/31/pdfs/BOE-A-2024-15834.pdf

[ODEF 1196/2017] Boletín Oficial del Estado. "Orden DEF/1196/2017, de 27 de noviembre, por la que se establece la Estrategia de la Información del Ministerio de Defensa". 27 de noviembre de 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2017/12/08/pdfs/BOE-A-2017-14417.pdf

[ODEF 2639/2015] Boletín Oficial del Estado. "Orden DEF/2639/2015, de 3 de diciembre, por la que se establece la Política de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa". 3 de diciembre de 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2015/12/10/pdfs/BOE-A-2015-13385.pdf

[OLTRA 2025] J.L. Oltra. Artículo "Vega: la estrella mejor estudiada de la historia (después del Sol). Artículo edición online de la revista Muy Interesante. 14 de febrero de 2025. [En línea] Disponible en: https://muyinteresante.okdiario.com/ciencia/60625.html

[OM 60/2015] Boletín Oficial del Ministerio de Defensa. "Orden Ministerial 60/2015, de 3 de diciembre, por la que se regula el proceso de Planeamiento de la Defensa" 3 de diciembre de 2015. [Documento Uso Oficial]

[O'REILLY 2004] C.A. O'Reilly III, M.L. Tushman. "The Ambidextrous Organization", Harvard Business Review, 2004. [En línea]. Disponible en: https://hbr.org/2004/04/the-ambidextrous-organization]

[OTAN 2022] Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), "Concepto Estratégico de la OTAN", 29 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.defensa.gob.es/Galerias/main/nuevo_concepto_estrat_gico_de_la_otan.pdf

[OTAN 2023] Wells, Bryan. Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), Science and Technology Organization (STO), "Science and Technology Trends 2023-2043, volume 1", 27 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/3/pdf/stt23-vol1.pdf

[OTAN 2024] Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). “Summary of NATO’s revised Artificial Intelligence (AI) strategy”. 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/07/10/summary-of-natos-revised-artificial-intelligence-ai-strategy#:~:text=NATO%27s%202021%20AI%20Strategy%20set,3.

[PAIS 2024] Periódico El País. “Por qué Vega es la estrella más importante del cielo después del Sol”. 25 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://elpais.com/ciencia/vacio-cosmico/2024-11-25/por-que-vega-es-la-estrella-mas-importante-del-cielo-despues-del-sol.html

[PHIMISTER 2021] A. Phimister, A. Torruella (coordinadores). “El libro de la innovación”. Abril 2021. Ed. Libros de cabecera. ISBN: 978-84-122722-8-4.

[PITSD 2025] Consejo de Ministros. “Plan Industrial y Tecnológico para la Seguridad y la Defensa”. 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2025/230425-plan-industrial-y-tecnologico-para-la-seguridad-y-la-defensa.pdf

[PONS 2024] Pons IP. “Intellectual Property and Open Innovation: the key Alliance for Sustainability” 27 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://ponsip.com/en/ip-news/news/intellectual-property-and-open-innovation-the-key-alliance-for-sustainability/

[RD 205/2024] Boletín Oficial del Estado, “Real Decreto 205/2024, de 27 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Defensa”, 27 de febrero de 2024. [En línea]. Versión consolidada disponible en: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-3791

[RD 210/2024] Boletín Oficial del Estado, “Real Decreto 210/2024, de 27 de febrero, por el que se establece la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública”, 27 de febrero de 2024. [En línea]. Versión consolidada disponible en: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2024-3796

[SCHUMPETER 1939] J. Schumpeter. “Ciclos Económicos: Análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista” 1939. Editorial Prensas Universidad Zaragoza. ISBN-13: 978-8477336020.

[SCHUMPETER 1942] J. Schumpeter. “Capitalismo, socialismo y democracia”. 1942. Editorial Página Indómita. ISBN: 9788494366413.

[TESLA 2014] TESLA. “All Our Patent Are Belong To You”. 12 de junio de 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.teslamagazine.org/2014/06/#/page/2

[UDC 2023] Boletín Oficial del Estado. “Resolución 420/38134/2023, de 29 de marzo, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Convenio con la Universidad de A Coruña, para el desarrollo de actividades de gestión del dato e inteligencia artificial”. 7 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2023/04/07/pdfs/BOE-A-2023-8769.pdf

[UGR 2021] Boletín Oficial del Estado. “Resolución 420/38187/2021, de 21 de mayo, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Convenio con la Universidad de Granada, para la realización de actividades formativas y de investigación en

los campos de inteligencia artificial, big data, mantenimiento preceptivo y cualquier otro ámbito de interés mutuo". 31 de mayo de 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2021/05/31/pdfs/BOE-A-2021-9032.pdf

[UJA 2024] Boletín Oficial del Estado. "Resolución 420/38116/2024, de 17 de abril, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Convenio entre el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» y la Universidad de Jaén, para la realización de actividades científico-técnicas". 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2024/04/22/pdfs/BOE-A-2024-8039.pdf

[WEF 2025] World Economic Forum. Artículo "Cómo la convergencia tecnológica está abriendo el paso a la quinta revolución industrial". 13 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.weforum.org/stories/2025/01/como-la-convergencia-de-la-tecnologia-abre-el-paso-a-la-quinta-revolucion-industrial/

[WEILL 2004] P. Weill, J. W. Ross. "IT Governance on One Page" Noviembre de 2004. [En línea]. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=664612

[WIKIPEDIA 2025_1] Wikipedia. Artículo sobre la estrella Vega. Última actualización 2 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Vega_(estrella)

[WIKIPEDIA 2025_2] Wikipedia. Artículo sobre la constelación Lyra. Última actualización 8 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Lyra

[WIRED 2025] G. Dotti. "How Supercomputing Will Evolve, According to Jack Dongarra" Artículo en la edición de Italia de la revista WIRED con entrevista a Jack Dongarra. 5 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible previa suscripción en: https://www.wired.com/story/how-supercomputing-will-evolve-according-to-jack-dongarra-quantum-artificial-intelligence/

[WOLTERS 2022] Web de Wolters Kluwer. "La Gran Renuncia o Gran Dimisión: ¿qué es y cómo gestionarla?". 16 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.wolterskluwer.com/es-es/expert-insights/la-gran-renuncia-o-gran-dimision-que-es

[ZETTELMANN s.f.] A. Zettelmann. Artículo "ISO 56000: Una guía completa para la gestión de la innovación". [En línea]. Disponible en: https://alanzettelmann.com/es/Guía-completa-de-gestión-de-la-innovación-ISO-56000/