

Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa

ETID - 2020



DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL
Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación



MINISTERIO DE DEFENSA

Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID - 2020

SECRETARÍA DE ESTADO DE DEFENSA

Dirección General de Armamento y Material



MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
<https://cpage.mpr.gob.es>

Edita:



<https://publicaciones.defensa.gob.es/>

© Autores y editor, 2020

NIPO: 083-20-211-7 (edición papel)

Depósito Legal: M-29385-2020

Fecha de edición: diciembre 2020

Maqueta e imprime: Ministerio de Defensa

NIPO: 083-20-212-2 (edición en línea)

Versión autorizada para uso público del Plan Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID).

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de los autores de la misma.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

En esta edición se ha utilizado papel 100 % libre de cloro procedente de bosques gestionados de forma sostenible.

Carta de promulgación de la secretaria de Estado de Defensa

El contexto estratégico global actual en el que se enmarca la actuación de nuestras Fuerzas Armadas se caracteriza por acelerados y profundos cambios y transformaciones que, inexorablemente, obligan a realizar un esfuerzo de actualización constante en sus capacidades militares. Esta demanda de nuevas capacidades, que den respuesta a esos nuevos desafíos con la velocidad y eficacia requeridas, lleva implícitos importantes retos tecnológicos y constituye una referencia fundamental para guiar los principales esfuerzos en I+D+i de defensa. Es precisamente también por el carácter global de ese avance tecnológico, y especialmente, por el acceso cada vez más fácil que a él tienen grupos terroristas e insurgentes, que ha pasado a convertirse en una de las mayores amenazas a la seguridad mundial, que su desarrollo y potenciación a nuestro favor se presenta como la mejor oportunidad para el incremento en las prestaciones de los sistemas y equipos sobre los que se sustentan las capacidades militares.



Estos avances tecnológicos deben soportarse en unas capacidades industriales y tecnológicas residenciadas en primera instancia en nuestro país y que permitan, por una parte, mantener la libertad de acción de nuestras Fuerzas Armadas y, por otra, ser un referente en la construcción de ese tejido industrial que contribuya al fortalecimiento del mercado europeo de defensa. En este escenario, la palabra «cooperación» se convierte en el *leitmotiv* de este tiempo. Cooperación en el ámbito nacional, en el marco de la Ley de la Ciencia y del Sistema español de ciencia, tecnología e innovación, cooperación en el ámbito europeo, aprovechando las oportunidades que se abren dentro de las iniciativas que promueve la Unión Europea, como el programa marco Horizonte Europa y el Fondo Europeo de Defensa. Cooperación también con nuestros aliados dentro de las organizaciones multilaterales de las que España forma parte. Y cooperación con nuestros socios, en el campo de las relaciones bilaterales. Cooperación, en definitiva, que no debe hipotecar el desarrollo de las capacidades tecnológicas e industriales a nivel nacional que nos corresponden como país.

Este conjunto de factores, alineados con las directrices de la Directiva de Defensa Nacional (DDN 2020) y con los objetivos y directrices de la Directiva de Política de Defensa (DPD 2020), constituyen la motivación fundamental para que esta nueva versión de la Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa vea la luz.

Se trata de una nueva Estrategia que ha sido concebida para avanzar en el objetivo básico y primordial de equipar a nuestras Fuerzas Armadas con las capacidades militares necesarias desde la esfera de I+D+i, aportando soluciones tecnológicas avanzadas que a su vez apoyen el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas e industriales de nuestro tejido científico, tecnológico e industrial, y que además, servirá para dirigir las actuaciones en I+D+i que se promuevan en todo el Ministerio de Defensa, alineando su contribución al logro de los objetivos de la política de I+D+i, y de los objetivos específicos que se establecen en este documento.



Para favorecer que esta Estrategia contribuya al logro de los Objetivos de Capacidad Militar establecidos por el jefe de Estado Mayor de la Defensa, y coadyuve a alcanzar las capacidades militares requeridas en su Objetivo de Fuerza a Largo Plazo, se ha sincronizado su implantación con la fase de ejecución del ciclo de planeamiento de la Defensa.

Nuestra visión se centra en disponer de un sistema de I+D+i de defensa capaz de aprovechar tanto las capacidades y recursos propios del Departamento como las oportunidades externas a las que pueda acceder, actuando en el conjunto de ámbitos tecnológicos que sean relevantes en último término para las misiones de las Fuerzas Armadas.

Para alcanzar esta visión, la Estrategia marca tres directrices que deberán guiar cualquier actividad en I+D+i promovida en el ámbito del Ministerio de Defensa, y que a la vez se constituyen en los tres pilares que enmarcarán sus actuaciones.

El primer pilar, de objetivos tecnológicos, nos dice que debemos dirigir las inversiones de I+D+i hacia la consecución de los objetivos tecnológicos marcados en esta Estrategia, extraídos del conjunto de líneas de I+D+i de interés para Defensa.

El segundo pilar, de cooperación, nos guía a promover actuaciones que conduzcan a crecientes grados de cooperación en I+D+i dentro del ámbito nacional e internacional. En el ámbito nacional jugará un papel de especial relevancia el protocolo general de actuación firmado entre el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia e Innovación y sus agencias de financiación, mientras que en el ámbito internacional será el Fondo Europeo de Defensa y en menor medida el programa marco Horizonte Europa, los acicates de la cooperación.

Finalmente, el tercer pilar, de mejora continua, busca convertir al Ministerio de Defensa en un catalizador de la I+D+i y promotor de ese talento integrador que permita, como los buenos directores de orquesta, sacar lo mejor de cada uno de los agentes del Sistema español de Ciencia, Tecnología e Innovación para que, todos juntos, convirtamos este país en el motor del progreso y la innovación que derive en un tejido científico y tecnológico puntero y por ende, en empleo de calidad y en mayor bienestar de nuestra sociedad.

Para todo ello, esta Estrategia se enmarca, como estrategia sectorial, dentro de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología y de Innovación, y ambiciona poder utilizar, mediante actuaciones conjuntas con los organismos responsables, los instrumentos de sus Planes Estatales de Investigación Científica, Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023 y 2024-2027 para contribuir al logro de los objetivos tecnológicos establecidos.

Por último, remarcar que estamos ante una estrategia global del Ministerio de Defensa, y que por tanto toda su estructura deberá seguir sus directrices, facilitar sus actuaciones y perseguir los objetivos que esta Estrategia contempla.

Así pues, con la aprobación de esta Estrategia, la Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa, se da el primer paso para alcanzar nuestra visión compartida de la I+D+i de defensa. Corresponde ahora a la Dirección General de Armamento y Material, elaborar el plan de implantación y establecer los mecanismos de seguimiento que se incluyen en este documento para mantenerme periódicamente informada de los avances que se dan en su ejecución.

La secretaria de Estado de Defensa

Introducción del director general de Armamento y Material

La Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID-2020) constituye una actualización de la Estrategia publicada en el año 2015, para adecuarla a la realidad actual y al previsible futuro del sector de la defensa en los próximos años.

Muchos han sido los factores que se han tenido en cuenta al llevar a cabo esta revisión. Entre ellos, cabe destacar principalmente la aparición de nuevas amenazas para la defensa, que obliga a las Fuerzas Armadas a dotarse de nuevas capacidades militares, o el acelerado avance tecnológico actual, que a la vez que ofrece oportunidades para el desarrollo de sistemas más avanzados, introduce nuevos retos de cara al futuro. También resulta importante, en un contexto nacional, la elaboración de una nueva Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027, marco general en el que se desarrolla la I+D+i nacional incluida la del ámbito sectorial de defensa, que abre nuevas oportunidades para que el tejido tecnológico nacional fortalezca su capacitación. Y, en un contexto internacional, el mayor apoyo europeo al sector de la defensa, que se ha venido produciendo en los últimos años, abre un nuevo panorama de oportunidades que debe ser entendido y por el que se considera necesario apostar. Y a ellos se suma otro conjunto de factores con profundas implicaciones en las capacidades productivas nacionales, en la seguridad y la sostenibilidad global, incluyendo los cambios disruptivos que se han desencadenado desde comienzos de 2020 debido a la crisis de la COVID-19.



Se trata también de una Estrategia que se ha desarrollado considerando a todos los actores que, en mayor o menor medida participan en el sector de la defensa (Fuerzas Armadas, responsables de la gestión de la I+D+i del Ministerio de Defensa, investigadores y desarrolladores de tecnología, organismos financiadores de la I+D+i nacional, otros organismos colaboradores, organizaciones internacionales vinculadas a la I+D+i de defensa, entre otros), y a la propia sociedad en general, de forma que todos puedan entender el camino que se quiere recorrer, y que cada uno encuentre reflejada su contribución a la construcción de una realidad futura que nos afecta a todos.

Si bien los cambios que hasta ahora he mencionado son profundos, lo que no cambia es la propia esencia de la misión de la política de I+D+i de defensa: contribuir al desarrollo de las capacidades militares y contribuir a conformar la base tecnológica e industrial nacional de cara a que disponga de las capacidades necesarias y esenciales para la defensa. Esta misión, junto al resto de elementos que componen esta política, es decir, la visión que explica a dónde nos dirigimos, así como los valores que están presentes en todas las actuaciones de la I+D+i de defensa, constituye la base sobre la que se articula toda la Estrategia, por lo que entenderla y asumirla facilita a su vez entender todos los análisis y actuaciones que se desarrollan a lo largo del documento. Por ello, el primer capítulo se dedica a describir esta política.

En el segundo capítulo, se realiza un análisis detallado de las principales dimensiones y factores que influyen en el camino que se emprende con esta Estrategia. En concreto, se profundiza en



las capacidades militares que se espera desarrollar, incidiendo en el contexto de defensa actual y futuro, y sus implicaciones en las características y funcionalidades de los futuros sistemas. También se incide en el carácter del avance tecnológico, tanto en términos de los cambios estratégicos y de todo orden que introduce como en relación a las múltiples formas de gestionar la I+D+i en beneficio propio. Y, por último, en los agentes implicados en la I+D+i de defensa, es decir, la base tecnológica e industrial, otros organismos responsables de la organización o financiación de la I+D+i nacional, las organizaciones internacionales vinculadas a la I+D+i de defensa, así como el propio Departamento, que juega un papel central, actuando como director y coordinador de la I+D+i, como usuario final de los sistemas y como financiador de parte de las actividades de I+D+i.

En el tercer capítulo, una vez establecida la base y entendidos los factores de influencia, se construye la Estrategia sobre tres pilares complementarios. El primero, por el que se focalizan las inversiones en I+D+i del Departamento hacia un conjunto de objetivos tecnológicos de alto impacto en la mejora de las capacidades militares actuales y futuras. El segundo, por el que se refuerzan las actividades de cooperación tecnológica a nivel nacional e internacional, de forma que sea posible aprovechar los avances en la I+D+i, también dual, logrando efectos multiplicadores, así como para abordar retos tecnológicos de elevado coste y complejidad tecnológica. Y el tercero, que busca la excelencia en el Departamento a través de la mejora continua de sus procesos, adaptándolos al cambio, para que actúen como catalizadores del avance tecnológico en las Fuerzas Armadas y del desarrollo tecnológico del sector de la defensa.

Estos pilares, sobre los que se definen las actuaciones que se ha previsto llevar a cabo durante el periodo de vigencia de la Estrategia, tratan en su conjunto de aportar a la I+D+i de defensa una mayor robustez y continuidad ante los cambios y variaciones del escenario económico, lograr una mayor dimensión del esfuerzo global en I+D+i con aplicación a defensa, así como asegurar los principios de economía, eficacia y eficiencia en las inversiones de todas las partes. Son actuaciones coherentes con las directrices incluidas en las recientemente aprobadas Directiva de Defensa Nacional (DDN 2020) y la Directiva de Política de Defensa (DPD 2020), contribuyendo a alcanzar los objetivos incluidos en ellas.

Se trata, por tanto, de una iniciativa importante y ambiciosa que, en la medida que logre alcanzar sus objetivos, beneficiará el fortalecimiento de la defensa nacional y el desarrollo de la base tecnológica e industrial y a la sociedad en general.

Quisiera terminar agradeciendo el apoyo prestado a todos aquellos que han intervenido directa o indirectamente en la elaboración de la Estrategia, en especial al personal de la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, responsable de la coordinación y elaboración de la ETID, por la dedicación y entusiasmos puestos al servicio de este proyecto, el cual dirigirá las actuaciones de I+D+i del Ministerio de Defensa y, como nos recuerda la secretaria de Estado de Defensa, será de aplicación a todo el ámbito del Departamento.

El director general de Armamento y Material

Carta de promulgación de la secretaria de Estado de Defensa.....	3
Introducción del director general de Armamento y Material	5
Índice.....	7
1. Política de I+D+i del Ministerio de Defensa	9
Misión, visión y valores	9
2. Situación actual y tendencias en la I+D+i de defensa	13
Capacidades militares	13
Avance tecnológico	17
Agentes de la I+D+i de defensa	20
La base tecnológica e industrial nacional	20
El Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	22
La Comisión Europea y otros organismos internacionales	24
El Ministerio de Defensa.....	28
3. Directrices y actuaciones.....	33
Pilar de objetivos tecnológicos	34
Actuaciones en el pilar de objetivos tecnológicos.....	40
Pilar de cooperación	40
Cooperación nacional	40
Cooperación internacional	41
Actuaciones en el pilar de cooperación.....	44
Pilar de mejora continua	44
Organización interna.....	44
Instrumentos.....	45
Financiación	48
Seguimiento	50
Actuaciones en el pilar de mejora continua.....	53
ANEXO A. Líneas de I+D+i de interés para defensa	55
Listado simplificado de líneas de I+D	103
Relación entre la ETID y la EID	109
Relación entre la ETID y las líneas de I+D+i estratégicas de la ECCTI 2021-2027..	112



ANEXO B. Objetivos tecnológicos.....	115
Relación entre los objetivos tecnológicos de la ETID y las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027	149
ANEXO C. Definiciones.....	153
Niveles de madurez tecnológica	154
ANEXO D. Glosario de términos.....	157

1. Política de I+D+i del Ministerio de Defensa

La política de I+D+i del Ministerio de Defensa, bajo la responsabilidad de la secretaria de Estado de Defensa coadyuva al logro de los objetivos establecidos por la política de Defensa y contribuye, por tanto, a la consecución de las capacidades necesarias resultantes del Proceso de Planeamiento de la Defensa, regulado por la Orden Ministerial 60/2015, de 3 de diciembre.

Esta política pública está sujeta al marco establecido por la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, y por tanto cualquier actuación debe realizarse al amparo de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (EECTI 2021-2027)¹ como instrumento de referencia para alcanzar el conjunto de objetivos generales, compartidos por la totalidad de las Administraciones públicas con competencias en materia de fomento de la investigación científica y técnica, y de la innovación.

Sobre la base de este marco normativo, la política de I+D+i del Ministerio de Defensa se articula para impulsar el desarrollo de las capacidades tecnológicas en los agentes del sector, los cuales serán englobados a lo largo de este documento bajo el acrónimo de Base Tecnológica e Industrial española (BTI), con el fin último de garantizar que puedan mantener de forma sostenida la capacidad de suministrar al Ministerio de Defensa y sus Fuerzas Armadas los sistemas y equipos más avanzados tecnológicamente, que potencien las capacidades militares y contribuyan al éxito de las operaciones.

Misión, visión y valores

La política de I+D+i de defensa persigue por tanto dos objetivos básicos:

- Contribuir al desarrollo de las capacidades militares, aportando soluciones tecnológicas avanzadas que coadyuven al logro del principio de ventaja operacional en su empleo.
- Contribuir a conformar la base tecnológica e industrial nacional de cara a que disponga de las capacidades necesarias y esenciales para la defensa, para alcanzar el principio de libertad de acción en el empleo de las capacidades militares.

Estos objetivos configuran la **misión** principal de la I+D+i de defensa con la que deben alinearse los objetivos específicos que se establezcan en esta Estrategia, así como los planes y programas que se elaboren para su desarrollo.

La **visión** se centra en disponer de un sistema de I+D+i de defensa capaz de aprovechar tanto sus capacidades y recursos propios del Departamento como las oportunidades externas a las que pueda acceder a través de la cooperación nacional e internacional, actuando en el conjunto de ámbitos tecnológicos que son relevantes para las misiones de las FAS y a diferentes niveles de madurez de las tecnologías, de forma que los resultados se integren en los procesos

¹ <https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/EECTI-2021-2027.pdf>.

de obtención de los futuros sistemas de armas y que la base tecnológica e industrial nacional pueda dar respuesta sostenida tanto a las necesidades tecnológicas actuales como a los retos tecnológicos que depare el futuro.

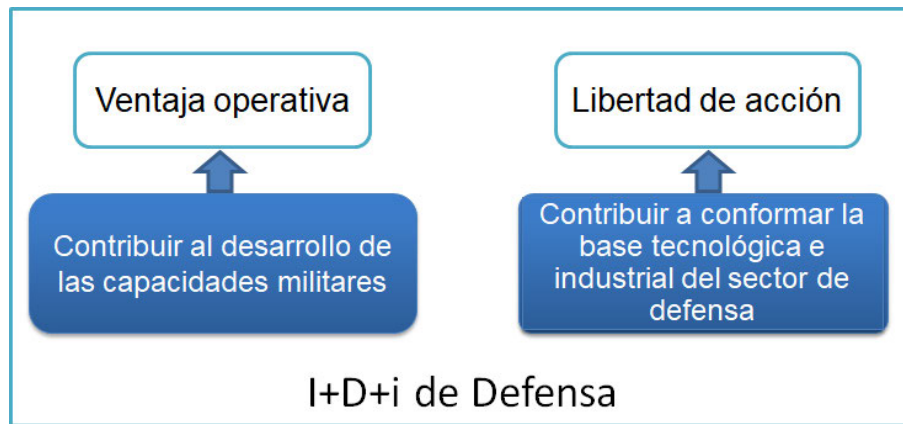


Figura 1. Objetivos de la I+D+i de defensa.

La I+D+i de defensa cuenta con unos **valores** que impregnan todas sus actuaciones, contribuyendo a alcanzar muchos de los retos a los que se enfrenta nuestra sociedad.

Responsabilidad frente a las FAS	- Vocación de servicio a las FAS.
Responsabilidad frente a otros agentes públicos financiadores de la investigación científica y tecnológica a escala nacional	- Compromiso común para apoyar el desarrollo del tejido tecnológico nacional y el crecimiento económico.
Responsabilidad frente a la BTI española	- Igualdad de oportunidades para todo tipo de entidades. - Receptividad ante ideas y propuestas innovadoras que promuevan el avance tecnológico en las FAS.
Responsabilidad frente a la sociedad	- Contribución a los grandes retos de seguridad y sostenibilidad a los que se enfrenta la sociedad. - Transparencia en las actuaciones. - Uso de los recursos públicos según los principios de economía, eficacia y eficiencia. - Principios éticos como parte integral de todas las actuaciones.

La I+D+i de defensa se caracteriza por tener un marcado carácter aplicado y finalista, de acuerdo al cual en todo momento se busca trasladar los últimos avances tecnológicos a los sistemas actuales y futuros que contribuyen al desarrollo de las capacidades militares. Esta vinculación entre I+D+i de aplicación a defensa y sistemas finales condiciona la manera de

concebir y desarrollar todas las actuaciones, con independencia de los niveles de madurez tecnológica (TRL²) de los que se parta y a los que se quiera llegar.

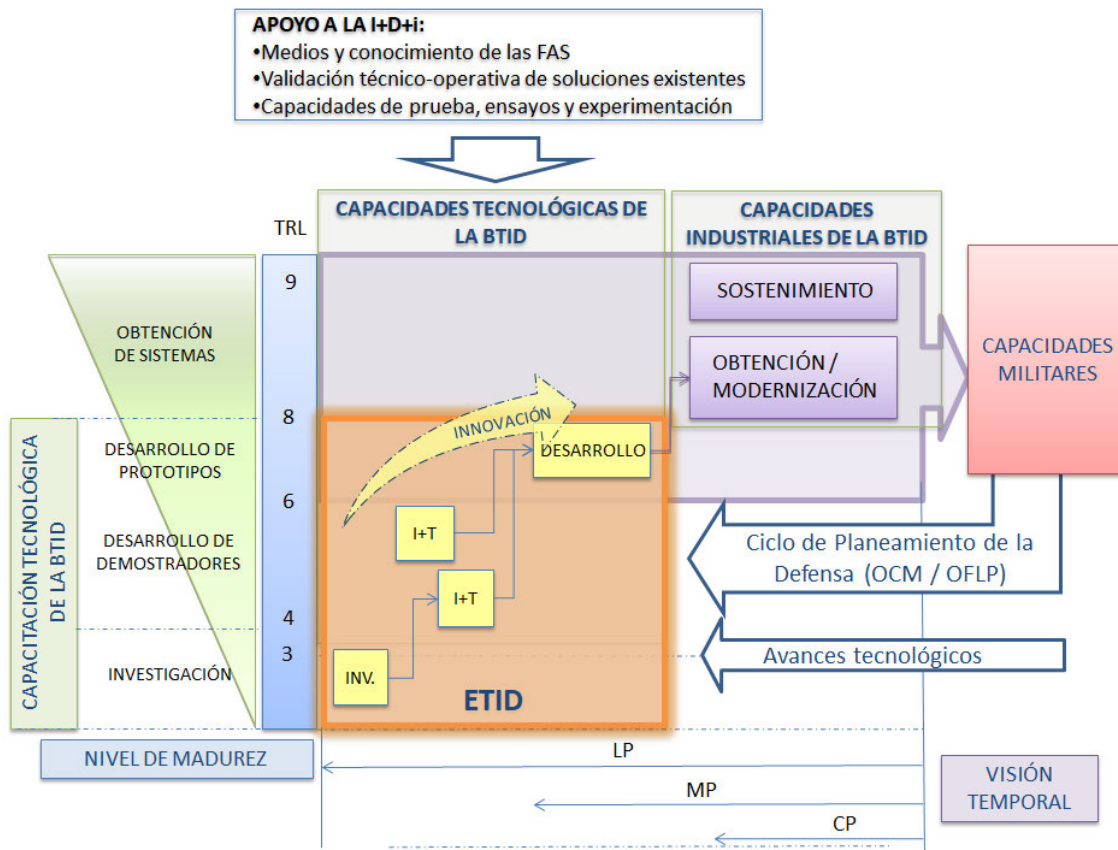


Figura 2. I+D+i de defensa.

Asimismo, la I+D+i de defensa se integra en la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación, instrumento marco en el que quedan establecidos los objetivos generales ligados al fomento y desarrollo de las actividades de I+D+i en España, asume sus principios y objetivos y los desarrolla para el ámbito sectorial de la defensa.

En ese contexto, con carácter general las actuaciones del Ministerio de Defensa se dirigen a abordar necesidades de defensa que impliquen retos tecnológicos importantes a través de la adaptación de soluciones tecnológicas ya existentes, así como al desarrollo de nichos tecnológicos donde la actividad privada no satisfaga las necesidades específicas de Defensa, evitando que se produzcan duplicidades con la I+D+i dirigida a fines civiles.

² *Technology Readiness Levels*. Este concepto, así como otros utilizados a lo largo de este documento se abordan en el anexo C.



2. Situación actual y tendencias en la I+D+i de defensa

Abordar una Estrategia, que permita avanzar desde la situación actual hasta el futuro establecido en la visión de la política de I+D+i, implica entender el estado del que se parte e identificar los condicionantes internos y externos, así como, las barreras y retos que habrá que ir superando para poder alcanzar ese punto final.

En el caso de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa, este análisis se va a realizar en primer lugar considerando las tres dimensiones principales que dirigen la elección de los objetivos específicos que marcarán la política de I+D+i: las capacidades militares, la tecnología y los agentes del ecosistema de la I+D+i de defensa, incluyendo en esta categoría tanto a las entidades de la BTI, otros organismos responsables de la organización o financiación de la I+D+i nacional, las organizaciones internacionales vinculadas a la I+D+i de defensa, así como el propio Departamento, que juega un papel central, como director y coordinador de la I+D+i del sector de la defensa.

Conviene además destacar que existen dos variables de contorno que van a condicionar el grado de ambición de las actuaciones de esta Estrategia:

- El marco temporal. En el caso de esta Estrategia se establece un marco temporal de seis años, alineado con el ciclo de planeamiento de la Defensa, si bien, su aplicabilidad se desfasa dos años, ya que lo indicado en este documento solo podrá dirigir los Presupuestos Generales del Estado del año 2021 y siguientes.
- El marco financiero. Esta Estrategia tendrá como punto de partida los escenarios incluidos en las previsiones del escenario de planeamiento del recurso financiero, y las programaciones económicas utilizadas para la elaboración del Objetivo de Capacidad Militar (OCM) y del Objetivo de Fuerza a Largo Plazo (OFLP) en la fase de definición del ciclo de planeamiento de la Defensa.

Capacidades militares

El contexto global en el que se enmarca la actuación de las FAS se caracteriza por cambios y transformaciones periódicas y frecuentes, lo que obliga a realizar un esfuerzo de actualización constante de las capacidades militares. Diferentes estudios¹ que tratan de explicar los entornos y condiciones extremas en los que en la actualidad y previsiblemente en el futuro las FAS deberán desarrollar sus misiones, caracterizan estos entornos de operación en términos de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad². En ellos se apunta al desarrollo y consolidación de nuevos dominios de confrontación que se suman a los ámbitos físicos tradicionales (terrestre, marítimo y aéreo).

¹ *Entorno operativo 2035*. EMAD, 2019.

Panorama de tendencias geopolíticas. Horizonte 2040. EMAD, 2019.

² Entornos VUCA, por sus siglas en inglés.



El primero de ellos, el ámbito del *ciberespacio*, que es transversal al resto de dominios, constituye ya una realidad preocupante cuya importancia se ve favorecida por la creciente globalización e interconexión de sistemas y el bajo coste e importante impacto de atacar los sistemas de información de gobiernos, empresas, infraestructuras críticas o incluso a los propios sistemas de armas. Vinculado al anterior, emerge el dominio *cognitivo*, ligado a los valores y creencias de las personas que, con creciente frecuencia, es objeto de manipulación o desinformación a través de campañas en las que noticias o contenidos multimedia falsos difícilmente detectables se propagan masivamente de forma instantánea para alterar la opinión o el estado de ánimo de grandes grupos de población, llegando a afectar a la gobernabilidad de las naciones. Y finalmente, el *espacio ultraterrestre*, en donde confluye una creciente competencia por la hegemonía espacial entre las grandes potencias con la presencia de un mayor número de actores, debido esto último a la progresiva accesibilidad y abaratamiento de la tecnología espacial³, lo que en conjunto puede dar lugar a conflictos que pongan en peligro los recursos espaciales de observación y telecomunicaciones, así como a una mayor militarización del espacio.

La tendencia es que todos estos dominios se relacionen de forma cada vez más estrecha, desarrollándose las operaciones militares en todos ellos dentro del principio de unidad de acción, y casi siempre, de forma simultánea y con carácter de continuidad, dando respuestas multidimensionales e integrales⁴.

Estas previsiones también destacan la importancia de factores potenciadores que pueden introducir nuevos riesgos o amenazas para la seguridad y defensa, o multiplicar y agravar los existentes, tales como la desintegración de sistemas políticos, económicos y sociales, los desequilibrios demográficos, las presiones migratorias, la distribución desigual de la riqueza, la lucha por los recursos naturales y energéticos, la radicalización de las ideologías, los actores regionales capaces de generar inestabilidad global, incluyendo Estados frágiles o fallidos, el cambio climático, las catástrofes naturales y las pandemias⁵, entre otros. La importancia de algunos de estos factores potenciadores se ve reflejado en el compromiso adquirido por los líderes mundiales en 2015 en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas. España ha hecho suyas las prioridades de esta Agenda mediante la aprobación del *Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030: Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible*⁶.

Más aún, se plantea que cada vez más los conflictos van a ser asimétricos e híbridos, en los que participarán Estados soberanos actuando de acuerdo con el derecho internacional que harán frente a las acciones de grupos terroristas, que no atienden a límites, ni siquiera

³ Esta facilidad de acceso al espacio se explica mediante el concepto *NewSpace*, entendido como un nuevo modelo de negocio para la realización de actividades espaciales, de acuerdo al cual existen empresas privadas que buscan desarrollar nuevos mercados a través de la creación de aplicaciones espaciales no consideradas hasta ahora por las agencias gubernamentales y las empresas tradicionales, tales como el turismo espacial, la colonización de otros planetas y la minería de asteroides, entre otras.

⁴ El término «operaciones multidominio» a menudo se utiliza para referirse a esta concepción integral del campo de batalla, integrando las capacidades de distintos ámbitos, sobre la base de la interoperabilidad e hiperconectividad.

⁵ Un claro ejemplo ha sido la pandemia asociada a la enfermedad COVID-19 que emergió a comienzos de 2020.

⁶ <https://www.agenda2030.gob.es/home.htm>.

en lo relativo al uso de armas de destrucción masiva. Con frecuencia tendrán lugar en espacios geográficos más complejos (p. ej. áreas urbanas densamente pobladas, litorales, áreas montañosas, áreas transfronterizas, subsuelo, climas extremos, etc.), lo que condicionará enormemente la utilidad de los medios disponibles y la manera de abordar las operaciones, lo que se suma a los numerosos aspectos éticos y legales presentes en estas operaciones, que establecen límites a los que adaptarse.

Muchos de estos factores, junto a las nuevas posibilidades que ofrece el avance tecnológico, van a condicionar notablemente la naturaleza, características y prestaciones de los sistemas y equipos que se prevé utilizar en estas futuras misiones. Esta demanda de capacidades militares, cuya consecución lleva implícitos importantes retos tecnológicos, constituye la principal referencia para guiar los principales esfuerzos en I+D+i de defensa durante los próximos años.

El jefe de Estado Mayor de la Defensa, auxiliado por el Estado Mayor Conjunto, es el responsable de determinar las capacidades militares necesarias, así como su prioridad, a través del proceso de planeamiento de la defensa. También establece las necesidades de las Fuerzas Armadas a medio y corto plazo, y el Objetivo de Fuerza a Largo Plazo.

Toda capacidad militar se compone de material (M), infraestructura (I), recursos humanos (R), adiestramiento (A), doctrina (D), organización (O) e interoperabilidad (I) (MIRADO-I). La I+D+i a la que se refiere la presente Estrategia va orientada al aspecto material (M) de las capacidades militares. No obstante, esta ha de ser desarrollada con una perspectiva amplia y de modo coordinado con los otros factores del MIRADO-I, para no incurrir en un desarrollo desequilibrado de las capacidades militares.

Sin ánimo de ser exhaustivos, a continuación, se apuntan algunas de las principales tendencias que van a condicionar la evolución de este tipo de sistemas, lo que ayuda a entender el interés del Departamento por potenciar determinadas líneas de I+D+i:

- Creciente utilización de sistemas remotamente tripulados (terrestres, navales y aéreos), cada vez más sofisticados y autónomos, funcionando de modo cooperativo o como parte de un sistema de sistemas. Algunos de ellos, los de menor tamaño, de bajo coste y rápido despliegue, pueden llegar a crear enjambres difíciles de neutralizar.
- Crecimiento masivo del número de sensores desplegados interconectados en redes⁷, capaces de proporcionar grandes cantidades de datos, cuya utilidad dependerá de la habilidad para poder explotarlos de forma ágil e inteligente y correlacionarlos con otras múltiples fuentes de información, si se aspira a disponer de una conciencia situacional clara. Destaca el creciente peso de internet y los medios sociales como fuente de datos para inteligencia, si bien constituye un dominio sujeto a manipulación y desinformación.
- Mayor dependencia de las plataformas, armamento y combatiente de la disponibilidad de medios de comunicaciones y de señal de posicionamiento, navegación y sincronismo (PNT) robustos y resilientes, disponibles en todo tiempo y lugar, incluso en los entornos electromagnéticos cada vez más congestionados.

⁷ Conocido también como el *internet de las cosas militares*.



- Un espectro electromagnético cada vez más complejo y con más probabilidad de ser denegado mediante el uso de sistemas de guerra electrónica más sofisticados.
- Necesidad de proteger todos los sistemas frente a ciberataques, debido a la creciente conectividad entre todos ellos y a la elevada componente *software* de estos.
- Necesidad de proteger físicamente todos los sistemas frente a las armas, cada vez más letales, y con ciclos más cortos entre la detección del objetivo y su destrucción.
- El espacio ultraterrestre que constituye ya un nuevo dominio de actuación, sobre el que se despliegan de forma rápida sensores y sistemas de comunicación, y en un futuro posiblemente sistemas de armas.
- La actuación de los soldados sobre el terreno seguirá siendo un elemento fundamental para el total control de los escenarios de crisis, por lo que se verán mejoras en su protección contra cualquier tipo de amenazas y la potenciación de sus capacidades, mediante nuevas técnicas de simulación para su preparación y la multiplicación de sus efectos en la operación.
- Aparición de nuevos tipos de armas de energía dirigida que en algunas aplicaciones desplazarán a las armas convencionales y que serán desplegadas en instalaciones fijas para proteger los espacios aéreos o que serán integradas en plataformas en todos sus ámbitos de actuación. Este tipo de armas constituirá, sin duda, una seria amenaza para las plataformas por sus efectos sobre los sistemas *software* y electrónicos embarcados.
- Mayor probabilidad de utilizar agentes de todo tipo contra las fuerzas y la población civil. Por ello se hace necesario mejorar los medios de detección, identificación, monitorización y protección, ante amenazas NRBQ y de explosivos improvisados.
- Importancia y cuidado en evitar cualquier daño colateral en las operaciones que pudiera menoscabar su legitimidad, lo que llevará a la mejora de la precisión del armamento convencional.
- Interés por minimizar el impacto ambiental de las actuaciones de las Fuerzas Armadas en misiones de baja y media intensidad, para lo que las nuevas formas de generación, almacenamiento y gestión energética se irán abriendo paso tanto en plataformas como en instalaciones fijas.
- La diversidad de plataformas y equipamientos, la proyección de la fuerza en escenarios cada vez más alejados y dispares, dificultará el trabajo de los sistemas logísticos, que buscarán en los nuevos avances tecnológicos desarrollados en otras áreas de la sociedad (p. ej. fabricación aditiva, gemelos digitales, etc.) la respuesta a los problemas que plantean estas formas de actuación cada vez más exigentes.

Como resumen de lo anterior, de cara a los próximos años se plantea un panorama en el que se necesitará hacer frente a numerosos desafíos, vulnerabilidades, amenazas y riesgos cada vez más exigentes y complejos y en constante y rápido cambio. Para ello se deberá disponer de una gran variedad de sistemas muy diferentes, cuyas funcionalidades y prestaciones dependerán en gran medida de su componente tecnológica. Esta incorporación de tecnología a los sistemas utilizados en defensa constituye un elemento fundamental, aunque no único, para conseguir la libertad de acción que necesitan las FAS en sus misiones y el nivel político en sus decisiones.

Avance tecnológico

Los últimos avances tecnológicos en ámbitos tales como la inteligencia artificial, el *big data*, las tecnologías de navegación y posicionamiento, la robótica, el internet de las cosas, las redes sociales, la biotecnología, la nanotecnología, la fabricación aditiva, las nuevas formas de almacenamiento de energía, los nuevos materiales o la computación y comunicaciones están suponiendo ya una auténtica revolución a la que no es ajena al sector de la defensa.

Estos avances están motivados en gran medida por el enorme empuje inversor de la sociedad de consumo, especialmente en ámbitos como la electrónica o las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), así como por los esfuerzos en investigación e innovación promovidos desde los principales países, organizaciones internacionales, universidades, centros de investigación y empresas. Se consolida, por tanto, el cambio de paradigma que se ha venido produciendo en las últimas décadas, en el que el desarrollo tecnológico dirigido a fines de defensa ha ido cediendo protagonismo frente al dirigido a fines civiles. Se trata de algo muy positivo, pues ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas y el avance de la sociedad y, a las FAS, a disponer de medios tecnológicamente más avanzados que les permite llevar a cabo sus misiones de forma efectiva y segura.

En este contexto de cambio cabe destacar, en particular, el creciente interés por las denominadas *tecnologías o innovaciones disruptivas*⁸, es decir, aquellas cuya aparición supone un cambio radical en la forma de hacer las cosas y cuya ocurrencia y efectos son difíciles de prever. Desde el punto de vista de las empresas, la aparición de una de estas innovaciones puede suponer un drástico aumento del volumen de negocio o verse expulsadas fuera del mercado. En el ámbito militar, su introducción supone un cambio profundo en la manera en que los ejércitos llevan a cabo sus misiones, logrando prestaciones difícilmente alcanzables mediante innovaciones incrementales, pudiendo dar lugar a sorpresas estratégicas muy difíciles de controlar si no se han dado pasos para anticiparse a ellas.

Ejemplos de plena vigencia en la actualidad son el uso de aeronaves remotamente tripuladas (RPAS), que están revolucionando tanto las operaciones militares como muchas actuaciones en el campo civil; la fabricación aditiva, que está llamada a cambiar los métodos de fabricación y la logística; o la inteligencia artificial, que en pocos años promete aportar capacidades muy importantes en aplicaciones como el análisis automático de datos de sensores, el mantenimiento de plataformas, los sistemas de apoyo a la decisión, etc. Y, con una visión a más largo plazo, los avances en tecnologías cuánticas, armas de energía dirigida, biología sintética o vehículos hipersónicos podrían llegar a transformar completamente el panorama de amenazas para la seguridad y la defensa que hasta ahora conocemos.

No obstante, el uso de nuevas tecnologías también introduce incertidumbres y vulnerabilidades relativas tanto a aspectos puramente técnicos (p. ej. falta de claridad sobre la lógica detrás de sus decisiones de los sistemas basados en IA, etc.) como a otros de tipo ético y legal (p. ej. límites al uso de la biotecnología, armado de sistemas con crecientes capacidades autónomas⁹ entre otras). Y a ellos se suma el aprovechamiento de estos avances por

⁸ *Science & Technology Trends 2020-2040. Exploring the S&T Edge.* NATO Science & Technology Organization.

⁹ «Un aspecto de estudio candente, que plantea controversias desde puntos de vista éticos, legales y políticos, es el grado de autonomía que deben tener los robots con capacidades letales (LAR)». *Entorno operativo 2035.* JEMAD 2019.



organizaciones terroristas que, dada la creciente facilidad para acceder a la tecnología y el conocimiento a nivel global, les permite dotarse de medios de bajo coste para causar terror y destrucción, lo que equilibra su teórica desventaja tecnológica y obliga a desarrollar nuevas soluciones tecnológicas que ayuden a neutralizar esas nuevas amenazas.

A pesar de estos riesgos, estas nuevas tecnologías favorecen alcanzar funcionalidades cada vez más avanzadas e inteligentes, por lo que es algo a lo que no se puede renunciar. En consecuencia, la idea central que mueve las actuaciones del Departamento en torno al avance tecnológico es aprovecharlo en beneficio de la mejora de las capacidades militares, muy en especial si su desarrollo puede implicar ventajas disruptivas, adelantándose a los posibles usos que las fuerzas enemigas y grupos terroristas pueden hacer de esas mismas tecnologías y siempre en el marco de la legalidad vigente y el compromiso ético del Ministerio de Defensa con la sociedad.

Ante este panorama de cambios, una pregunta que subyace es si la manera en que se ha venido abordando el avance tecnológico desde la I+D+i de defensa es la adecuada para acometer los retos de los próximos años e incluso décadas. En este sentido, algunos autores, haciendo referencia a modelos que tratan de explicar el avance tecnológico y la innovación¹⁰, apuntan a distintas vías para abordar la I+D+i en el sector de defensa, con el fin de lograr avances disruptivos. En concreto, frente a planteamientos más tradicionales (p. ej. correcciones y mejoras de sistemas en servicio, evoluciones incrementales de sistemas más tradicionales, etc.) que, en general implican menor riesgo y menores posibilidades de causar disrupción, apuntan a la importancia de dirigir parte de los esfuerzos en I+D+i hacia soluciones tecnológicas completamente novedosas, las cuales presentan una mayor capacidad para redefinir el mercado pero que a su vez implican un elevado riesgo de fracaso. Se trata de actuar de forma proactiva en dos direcciones:

- a) Uso innovador de tecnologías ya maduras. Implica poner en práctica una idea novedosa que combina diferentes tecnologías maduras¹¹, causando un enorme impacto en el sector en el que se aplica. No implica actuaciones en I+D+i radicalmente nuevas ni complejas, ni tampoco grandes inversiones, obteniéndose los resultados en el corto o medio plazo. Es el tipo de innovaciones que más están impactando en distintos sectores del ámbito civil (transporte, comunicaciones, etc.) y el que también utilizan los grupos terroristas, que aprovechan la tecnología disponible comercialmente para causar la máxima destrucción.
- b) Avances asociados al desarrollo de tecnologías emergentes. Se trata de avances fundamentados en ideas muy complejas que utilizan tecnologías todavía poco maduras, lo que implica mucha incertidumbre, pero que a cambio prometen aportar prestaciones radicalmente nuevas o revolucionarias. Exigen esfuerzos intensivos en I+D+i, con inversiones que solamente pocos países o corporaciones son capaces de abordar. Los resultados llegan en el largo o muy largo plazo, lo que puede ayudar a adelantarse a ellas. No obstante, entender completamente las posibilidades de estas tecnologías todavía emergentes o los plazos en los que realmente se consolidarán es muy difícil.

¹⁰ *Disruptive Innovations to Help Protect against Future Threats. Ernest Y. Wong and Nicholas M. Sambaluk. Inaugural U.S. based International Conference on Cyber Conflict.*

¹¹ Se suele hablar de tecnologías convergentes.

Si bien existe cierto consenso en que es necesario combinar simultáneamente estas dos vías con las formas más tradicionales de abordar la I+D+i, el hacerlo exige disponer de una importante capacidad de financiación y de gestión, lo cual a menudo no resulta posible.

Refiriéndonos al uso innovador de tecnologías ya maduras, en los últimos años numerosos países y organizaciones internacionales vinculadas a defensa han promovido concursos abiertos de prueba de soluciones tecnológicas frente a escenarios realistas o simulados de elevada complejidad (*challenges*) o los concursos de ideas para favorecer la identificación de nuevos desarrollos disruptivos¹². Incluso algunos países han puesto en marcha unidades específicas dedicadas a identificar la disrupción en los ecosistemas más innovadores¹³ o utilizan enfoques contractuales que, una vez identificada una idea innovadora, promueven el desarrollo rápido de un prototipo que pueda probarse en condiciones cercanas a las operativas, para obtener cuanto antes una realimentación sobre su utilidad y posibilidades. Se trata de ejemplos que pueden servir de referencia para promover aproximaciones similares a nivel nacional.

En relación con los avances asociados al desarrollo de tecnologías emergentes, su desarrollo hace necesario involucrar al conjunto de grupos de investigación a nivel nacional, así como promover proyectos de I+D+i que permitan a estos grupos alcanzar el suficiente nivel de capacitación tecnológica como para participar en proyectos de cooperación internacional dirigidos a defensa, en los que se aborden esas novedosas soluciones de elevada complejidad y coste. En este sentido, tradicionalmente en España ha existido cierta desvinculación, posiblemente mayor que en otros países europeos, entre la comunidad científica y los proyectos dirigidos a defensa, lo que ha limitado nuestro posicionamiento como país frente a los escenarios de defensa y seguridad que se prevén para las próximas décadas. Se hace necesario, por tanto, dar pasos para revertir este tipo de autolimitaciones, a través de un adecuado empuje al tejido científico y tecnológico nacional.

En resumen, de cara a los próximos años, se plantean escenarios con ritmos de avance tecnológico muy desigual. Por un lado, existen algunas tecnologías todavía emergentes que prometen cambiar radicalmente múltiples ámbitos diferentes, incluida la defensa, lo que hace recomendable prepararse. En otros casos, la disponibilidad comercial de tecnología de bajo coste ofrece nuevas posibilidades operativas a través de su uso innovador en defensa, pero, a su vez facilita su utilización con fines terroristas. Hay igualmente casos en los que las prestaciones de la tecnología civil son menos exigentes que las demandadas por defensa, lo que obliga a lanzar iniciativas para promover su desarrollo hasta alcanzar las prestaciones requeridas. Y, todo ello, sin olvidar la necesidad de seguir llevando a cabo las mejoras incrementales o evoluciones de sistemas en servicio, así como participar en grandes programas de desarrollo de nuevas plataformas terrestres, navales o aeroespaciales que incorporan avances tecnológicos de muy elevada complejidad y que exigen enormes inversiones y plazos de desarrollo muy extensos, pero que a menudo actúan como programas tractores de la capacitación tecnológica de sectores industriales muy amplios (NGWS, Fuerza 2035, Fragata 110, nueva generación de helicópteros de transporte, etc.).

¹² Por ejemplo: *NATO Innovation Challenge*; *EDA Innovation in DefencePrize*, etc.

¹³ Es el caso de la *Defence Innovation Unit* de Estados Unidos.



La idea de fondo es que no existe un enfoque único para promover la incorporación de tecnologías a aplicaciones de defensa, y que posiblemente algunos de los planteamientos de gestión tecnológica utilizados hasta la fecha deben ser reformulados para abordar los distintos ritmos de avance actual de la tecnología y la agilidad que cada vez más se demanda.

Este panorama supone un desafío para los procesos e instrumentos de la I+D+i nacional, y muy en particular los del Departamento, que necesita disponer de una creciente agilidad y capacidad de adaptación y adelanto al cambio.

Agentes de la I+D+i de defensa

La base tecnológica e industrial nacional

El enorme avance tecnológico actual está llevando a la industria a una nueva revolución industrial, comúnmente englobada bajo el término *Industria 4.0*. Como resultado, es previsible que se produzcan cambios estructurales, industriales y nuevas posibilidades de crecimiento con importante impacto social, lo cual lleva asociadas oportunidades y riesgos para el propio tejido tecnológico nacional en función de cómo se adapte al nuevo paradigma. En la actualidad, no parece fácil prever cómo será la industria que resulte de esta transformación, dentro de una o dos décadas y, muy en particular, cómo será la industria de defensa.

El papel de la BTI en el proceso de I+D+i de defensa es fundamental ya que actúa como proveedora de las soluciones tecnológicas que necesita el Ministerio de Defensa y como enlace para que el desarrollo tecnológico presente en el ámbito civil se traslade a las aplicaciones militares.

En las últimas décadas, a nivel nacional se ha ido desarrollando un amplio ecosistema de entidades, con vocaciones y capacidades diferentes que, en su conjunto, se complementan. Así, los departamentos universitarios y los centros de investigación proporcionan el soporte científico, tanto teórico como aplicado, necesario para acometer retos tecnológicos en niveles de madurez bajos y medios. Las pequeñas y medianas empresas, aportan su capacidad de especialización y adaptación al cambio y de innovación que exige el entorno dinámico actual. Las grandes empresas aportan entre otras cosas su capacidad para abordar grandes programas de forma sostenida, cubriendo múltiples ámbitos tecnológicos simultáneamente, lo que les confiere un interés especial al abordar desarrollos tecnológicos de mayor madurez. Finalmente, juegan también un papel destacado, las asociaciones y clústeres empresariales, en su papel de vehículo de fomento de las relaciones entre empresas y de interlocución con la Administración.

La mayor conciencia colectiva sobre la importancia de la I+D+i como motor de crecimiento y desarrollo de las empresas y las sociedades están favoreciendo crecientes grados de inversión tanto pública como privada a escala nacional y europea, lo que permite apuntar a que este ecosistema de innovación va a seguir desarrollándose.

El sector de defensa es un sector tecnológico puntero y muy exigente que obliga al desarrollo continuo de actividades de I+D+i para poder ser competitivos. La complejidad de las misiones militares y la extrema dureza de los entornos en los que tienen lugar obliga a desarrollar sistemas tecnológicamente muy avanzados dotados de altas prestaciones, lo que

constituye un ámbito propicio para que universidades y centros de investigación produzcan avances en el conocimiento y la tecnología, y para que grandes empresas y pymes encuentren nichos en los que centrar sus actividades y amplíen los mercados a los que trasladar sus productos.

Es importante por ello analizar las barreras que dificultan la participación de estas entidades de la BTI al desarrollo de la I+D+i de defensa, de forma que desde el Departamento se propongan mecanismos o instrumentos para solventarlas y facilitar de esta forma la implantación de las actuaciones necesarias para el desarrollo de los objetivos tecnológicos marcados en esta Estrategia.

Sin duda el primer obstáculo o dificultad con el que cuenta la BTI nacional para desarrollar las tecnologías necesarias para defensa es la financiación, en particular si se trata de etapas de madurez tecnológica intermedia, en las que todavía está lejana la posibilidad de recuperar retornos comerciales o si se trata de ámbitos tecnológicos de interés que implican importantes inversiones o en los que la capacidad nacional es muy reducida, lo que le limita sus posibilidades de participar en iniciativas europeas. Por ello, el contar con apoyos a través de cierto grado de financiación pública a nivel nacional o internacional supone un factor habilitador del desarrollo de las capacidades de este conjunto de entidades.

Sin embargo, si se analiza con más detalle la problemática de los agentes de la BTI nacional, es fácil inferir que la financiación, aun siendo un aspecto importante, no es el único problema, y que en algunos casos hay dificultades adicionales a las que tienen que enfrentarse las empresas que deciden realizar desarrollos tecnológicos financiados con fondos propios.

Las principales barreras identificadas en el desarrollo de las capacidades tecnológicas de interés para la defensa por parte de la BTI son:

1. El acceso a la información. El Ministerio de Defensa elabora, en un proceso cíclico cada 6 años, su ciclo de planeamiento de la Defensa, que da como resultado dos documentos, el *OFLP* y el *OCM*. Sin embargo, por los criterios de clasificación de seguridad de estos documentos, esa información no es pública, por lo que la BTI no tiene detalles de cuáles serán las necesidades militares en los entornos del corto, medio y largo plazo, por lo que sus inversiones pueden no ser coherentes con las necesidades de las FAS.
2. El acceso a los requisitos. Ahondando en el problema de la dificultad de acceder y conocer la información disponible, incluso cuando son evidentes las necesidades de sustitución de sistemas de armas por su obsolescencia, no se dispone del detalle del conjunto de requisitos formulados en términos operativos, funcionales, técnicos, logísticos y físicos que deben cumplir esos sistemas. Por ello, los desarrollos de la BTI pueden no cumplir estos requisitos y, como consecuencia, no ser de utilidad para las FAS.

Se puede incluir en este grupo el acceso a los datos, cuando estos son relevantes para el diseño de las soluciones, como puede ser el caso de sistemas que incluyan inteligencia artificial.
3. El acceso a los medios de prueba. Ciertos desarrollos tecnológicos requieren unos medios de prueba que están solo disponibles en las unidades operativas. Como ejemplo de estos medios se tienen los lanzadores para el desarrollo de unidades guiadas de munición, o la propia munición.



4. El acceso a los entornos operativos de validación. La validación de los desarrollos en entornos operativos, incluyendo los prototipos y demostradores, y su prueba en ejercicios reales, es otra barrera que suele coartar los avances tecnológicos en el sector de la defensa.

Por lo tanto, para lograr que las entidades de la BTI nacional orienten de forma efectiva y eficaz su I+D+i al sector de defensa, será necesario disponer de financiación sostenida apropiadamente en el tiempo, así como, de los instrumentos que permitan soslayar las barreras enumeradas y que favorezcan el conocimiento, por parte de la BTI, de las necesidades tecnológicas actuales y futuras de defensa, y la evaluación de los desarrollos por las unidades operativas de las FAS.

El Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación

La Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, establece el marco para el fomento de la investigación científica y técnica y sus instrumentos de coordinación general en todo el territorio nacional. Esta normativa contempla en sus artículos 6 y 7, las Estrategias Españolas de Ciencia y Tecnología, y de Innovación, como instrumentos para alcanzar los objetivos generales establecidos en la propia ley.

El marco temporal de la ETID coincidirá con el de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación para el periodo 2021-2027, así como con los Planes Estatales de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI) para los periodos 2021-2023 y 2024-2027, que materializarán los objetivos de la Estrategia en actuaciones e inversiones concretas. La ETID queda encuadrada en la EECTI 2021-2027, a través de los mecanismos y criterios de articulación de la EECTI con las políticas sectoriales del gobierno.

Adicionalmente, cabe también señalar otras iniciativas estratégicas a nivel nacional que ponen el foco en el desarrollo de tecnologías disruptivas y en el efecto orientador e incentivador de las herramientas de financiación de la I+D+i. Posiblemente las más relevantes y con más sinergias para defensa sean la Estrategia de I+D+i en Inteligencia Artificial¹⁴ y la Estrategia Nacional de Industria Conectada 4.0¹⁵.

En el marco de la EECTI y de las otras Estrategias nacionales que se vayan aprobando, existen diferentes instrumentos de financiación de la I+D+i gestionados por organismos estatales o autonómicos en los que tradicionalmente se han excluido los proyectos vinculados a defensa. No obstante, el carácter cada vez más transversal de la tecnología y la dualidad en su aplicación, favorece que una parte importante de esos esfuerzos en I+D+i puedan ser trasladables a aplicaciones para defensa, lo que resulta de especial interés para las entidades del tejido tecnológico nacional, que ven incrementarse sus posibilidades de crecimiento y desarrollo, y que pueden encontrar en el ámbito de la defensa nuevos nichos de mercado y de exportación.

¹⁴ https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ciencia/Ficheros/Estrategia_Inteligencia_Artificial_IDI.pdf.

¹⁵ <https://www.industriaconectada40.gob.es/Estrategias-informes/Estrategia-nacional-IC40/Paginas/descripcion-Estrategia-IC40.aspx>.

Tanto la DDN 2020¹⁶ como la DPD 2020¹⁷ inciden en la importancia de que el sector de la defensa se mantenga en la vanguardia tecnológica, reforzando la BTI española, con una clara vocación europea, impulsando la I+D+i de forma coordinada con otros ministerios, tratando de favorecer la dualidad de los desarrollos. Por ello, se deben realizar esfuerzos en coordinación entre los organismos públicos responsables de fomentar la investigación científica y técnica y la innovación para buscar las sinergias necesarias que permitan alcanzar un uso eficiente de los recursos que la sociedad pone a disposición de estas políticas públicas.

Con esta visión nació el Protocolo General de Actuación entre el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN), el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Agencia Estatal de Investigación (AEI), firmado el 23 de abril 2019, con el fin de apoyar y promover el desarrollo e inserción de la tecnología y de la innovación en los ámbitos de defensa y seguridad. Toca ahora, en el marco temporal de esta ETID impulsar la implantación de este instrumento.

Desde un enfoque integral, este protocolo plantea unos objetivos ambiciosos¹⁸ que pueden suponer el imprescindible empuje que necesita el tejido tecnológico de defensa para desarrollar sus capacidades y sus opciones para poder competir a escala europea e internacional. Asimismo, puede permitir actuar como factor multiplicador de las inversiones públicas en I+D+i, evitando duplicidades y optimizando los recursos de gestión, a la vez que posibilitando que estas inversiones se centren en proyectos de interés para los usuarios finales de la tecnología, es decir, las FAS, aumentando sus opciones de llegar al mercado.

¹⁶ Una de las directrices de la DDN 2020 indica: «14. El fortalecimiento de la industria de defensa nacional y el desarrollo de una Base Industrial y Tecnológica Europea serán prioritarios, y la mejor forma de asegurar que el equipamiento de las Fuerzas Armadas se mantiene en vanguardia tecnológica. El Ministerio de Defensa, en estrecha coordinación con otros departamentos con responsabilidades en tecnología e innovación, fomentará las oportunidades y proyectos de colaboración con la industria europea de defensa en condiciones de competitividad, y prestará una especial atención a las posibilidades de uso dual y tractor de estas tecnologías, para beneficio amplio de la sociedad y del mantenimiento y generación de empleo cualificado. España debe participar en proyectos tecnológicos clave para incrementar las capacidades de la Unión Europea».

¹⁷ Dentro de las directrices en el ámbito de las capacidades militares, tecnología e industria de la DPD 2020, se recoge como criterio: «Potenciar y facilitar la innovación y los desarrollos duales en coordinación con otros ministerios, principalmente, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR), Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN) y Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (MIN-HAP), siempre que los requisitos operativos así lo permitan».

¹⁸ Entre los objetivos que se persiguen con este *Protocolo General* se encuentran:

1. *Proporcionar orientación al tejido tecnológico e industrial nacional en todo lo relativo a tecnologías de potencial uso dual, y en particular, en lo referido a las tendencias de mayor interés respondiendo a las necesidades tecnológicas a medio y largo plazo de las Fuerzas Armadas Españolas y a las potenciales vías para el apoyo y financiación de proyectos, a fin de reforzar sus capacidades tecnológicas y de innovación.*
2. *Coordinar, en su caso, complementar el apoyo a actividades de I+D+i de interés para las distintas partes, de tal manera que las entidades con ideas o proyectos reciban un apoyo adecuado y coordinado, permitiendo optimizar los recursos de la administración con el fin último de que las inversiones en I+D+i lleguen al mercado.*
3. *Desarrollar conjuntamente estrategias y planes de desarrollo relativos a tecnologías específicas de posible uso dual (civil y militar), tanto emergentes como de mayor madurez, de forma que se evite o mitigue la aparición de dependencias tecnológicas del exterior.*
4. *Trabajar conjunta y coordinadamente en la defensa de los intereses nacionales en lo que se refiere a la participación de la industria española en programas internacionales de investigación, desarrollo e innovación, en particular en el marco de la UE.*
5. *Colaborar en la promoción de los resultados y avances en tecnologías consideradas de interés mutuo logrados por el tejido tecnológico e industrial nacional, tanto aquellos cuyo desarrollo sea exclusivamente nacional como los que se realicen en cooperación con alguna entidad u organismo extranjero.*



Esta vía de cooperación supone también la referencia para lograr una mayor interacción con los organismos de las CCAA responsables del desarrollo tecnológico e industrial de sus regiones, aprovechando las confluencias entre sus *Estrategias de Especialización Inteligente*¹⁹ y los intereses tecnológicos de defensa.

La Comisión Europea y otros organismos internacionales

De modo equivalente a lo que ocurre en el ámbito nacional, en el que el jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD) guía el proceso de desarrollo de capacidades militares con su contribución al OCM y al OFLP, aquellas capacidades, que se desarrollan en los ámbitos de la cooperación internacional, deben estar guiadas por los correspondientes mecanismos de determinación de capacidades y sus prioridades.

En el ámbito de la Unión Europea, serán el *Headline Goal Process* (HLG), dirigido por el EUMC, y el *Capability Development Plan* (CDP), dirigido por la EDA. Ambos con activa participación de representantes del EMACON para asegurar su coherencia con el planeamiento que se realiza en el ámbito nacional. Las acciones de I+D+i de esta estrategia, integradas en las correspondientes del ámbito de cooperación internacional han de ser guiadas por los citados mecanismos para que la inversión apoye las prioridades en materia de defensa.

Iniciativas europeas como el *Permanent Structured Cooperation* (PESCO) que crea el marco adecuado para realizar proyectos de colaboración europea de desarrollo de capacidades, genera oportunidades adicionales para que la industria española colabore con las de otros socios europeos a través del Fondo Europeo de Defensa (EDF).

El lanzamiento por la Comisión Europea del Plan Europeo de Acción de Defensa (EDAP) en 2016, en la estela de la Estrategia Global de la Unión Europea (EUGS) del mismo año, tenía el objetivo de contribuir al establecimiento de una base tecnológica e industrial europea innovadora, competitiva y capaz de dar respuesta a las necesidades europeas de defensa, va a seguir teniendo una influencia fundamental en la cooperación europea en I+T de defensa.

Como parte fundamental de ese plan, el EDF incluye una «ventana» o dimensión de investigación (EDF-R), que contempla financiación de la Unión Europea (UE) del 100 % para investigación colaborativa en tecnologías de defensa, y que tiene en cuenta las lecciones aprendidas en la Acción Preparatoria de Investigación en Defensa (PADR), que tuvo lugar entre 2017 y 2019 (si bien el periodo de ejecución de los proyectos lanzados en su seno lógicamente se extenderá más allá).

Paralelamente a la dimensión de investigación, el EDF incluye también otra «ventana» llamada «de desarrollo» o «de capacidades», enfocada a desarrollar sistemas con TRL más altos y prototipos próximos a la obtención de una capacidad militar. Esta parte del EDF tendrá en cuenta la experiencia obtenida en el programa preparatorio previo que se lanzó en el periodo 2019-2020 denominado *European Defence Industrial Development Programme* (EDIDP).

¹⁹ Estrategias S3 (*Smart Specialisation Strategies*). Se trata de agendas integradas de transformación económica territorial desarrolladas tanto por el estado como por las CCAA que, entre otros objetivos, buscan convertir la I+D y la innovación en una prioridad para todas las regiones, así como concentrar los recursos en las áreas de especialización más prometedoras de cada región.

En la Figura 3 se resume el conjunto de nuevos instrumentos de financiación que han venido tomando forma en los últimos años.

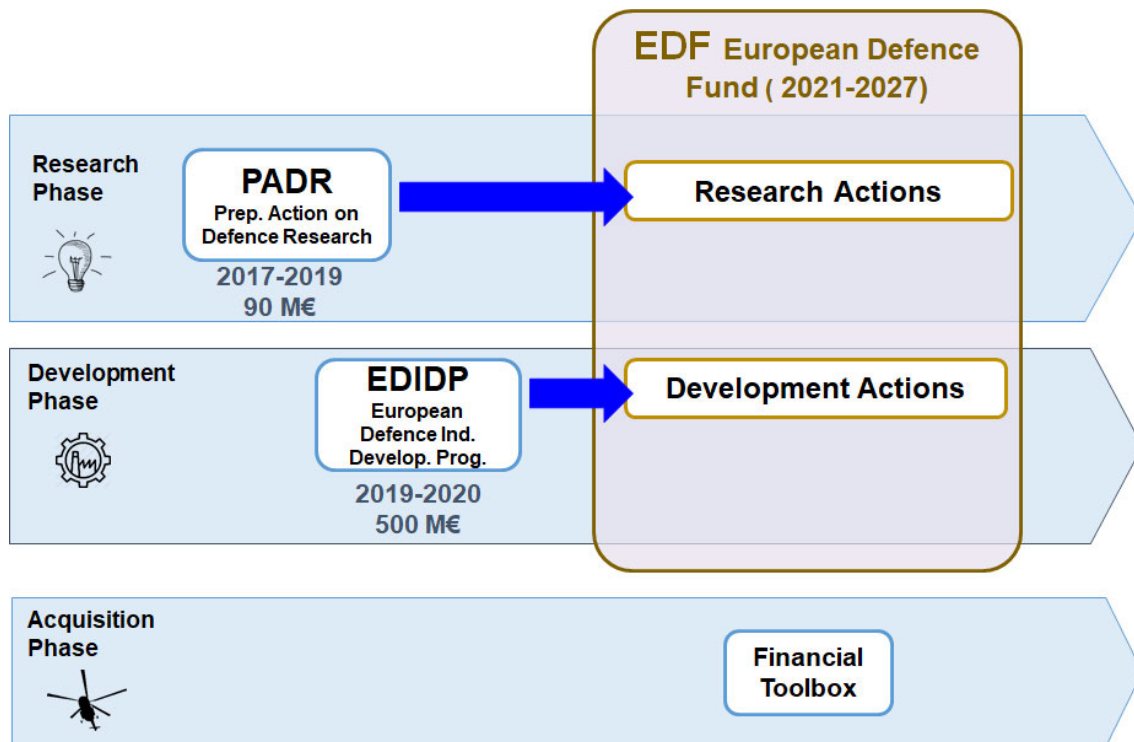


Figura 3. Instrumentos asociados a EDAP.

Desde que se puso en marcha la iniciativa EDAP, el Ministerio de Defensa, el CDTI y otros actores institucionales de gran relevancia han venido trabajando en el establecimiento de nuevos mecanismos de coordinación y apoyo a la base tecnológica e industrial nacional para impulsar su participación en las convocatorias de este tipo de proyectos europeos dirigidos a defensa con las máximas garantías de éxito.

Con esta finalidad se constituyó el Comité Interministerial de Alto Nivel sobre el Plan de Acción para la Defensa Europea de la Comisión (EDAP), este Comité, que coordina las posiciones relativas al EDAP, es liderado a nivel nacional por el MINISDEF, y en su seno participan todos los actores implicados en esta iniciativa, dentro y fuera del Ministerio de Defensa²⁰.

²⁰ Participan en este Comité, además de representantes del MINISDEF, representantes del Ministerio de Asuntos Exteriores, UE y Cooperación; Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico; Ministerio de Hacienda; Dirección General del Tesoro, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y de Espacio (TEDAE), Asociación de Empresas Contratistas con las Administraciones Públicas (AESMIDE) e Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE).



Este Comité es apoyado en el ámbito interno del MINISDEF, por el Grupo de Trabajo de Iniciativas Europeas en Materia de Defensa (GTIED), en el que participan todos los organismos del Departamento con responsabilidades en la materia. Esta vía de apoyo europeo al tejido tecnológico europeo de defensa estaba desde el origen concebida para coexistir con la financiación al desarrollo de tecnologías civiles o vinculadas a seguridad que se han consolidado en la última década en los programas marco de la UE y que en algunos casos pudieran también ser de interés para defensa.

Así, en este ámbito de las tecnologías duales, se intentará participar en las convocatorias del programa Horizonte Europa que se consideren de interés para el Ministerio de Defensa de acuerdo a la presente Estrategia, así como seguir aquellas de carácter más científico con potencial de aplicación futura a defensa que se desarrollen en ese programa europeo. Para ello, la coordinación con organismos de MICIN, tales como la Oficina Europea, la Subdirección General de Internacionalización de la Ciencia y la Innovación o el propio CDTI es de especial importancia.

Los Fondos Estructurales y de Inversión Europeos (ESIF) constituyen otro de los grandes recursos de financiación que podrían aplicarse para el desarrollo de actividades de investigación tecnológica (I+T) de carácter dual de interés para defensa. El mecanismo ESIF está relacionado con la Política de Cohesión Económica y Social de la UE, cuyo objetivo es reducir las diferencias económicas y sociales entre las diferentes regiones de Europa. Estos fondos pueden utilizarse para la financiación de proyectos relacionados con investigación en tecnologías de doble uso que permitan mejorar e impulsar la competitividad de las regiones, promoviendo el crecimiento económico, la creación de empleo y el desarrollo sostenible. En los próximos años, se intentará aprovechar las oportunidades que brindan estos fondos, para desarrollar proyectos de I+D+i de interés para defensa.

En el campo de la cooperación multinacional en investigación y tecnología específicas de defensa hay dos organizaciones principales: la Agencia Europea de Defensa (EDA) y la Organización de Ciencia y Tecnología de la OTAN (STO).

La EDA cuenta con una Junta Directiva en formato de directores de R&T para impulsar específicamente la investigación y tecnología con nuestros socios europeos, lugar donde se deciden a nivel ministro las cuestiones de R&T dentro de la Agencia.

La finalidad de la I+T en la EDA es contribuir al desarrollo de capacidades de seguridad y defensa europeas futuras por la vía de la cooperación entre los países participantes, que financien proyectos de interés para la defensa en los que participan entidades (empresas, universidades, centros de investigación, etc.). Esta cooperación entre países se gestiona en la práctica principalmente a través de los denominados CapTechs (*Capability Technology*), que forman una red de expertos gubernamentales y no gubernamentales dedicados a diseñar estrategias y explorar posibilidades de actividades colaborativas en áreas tecnológicas específicas. Además de los llamados programas de categoría A y de los proyectos de categoría B, que son financiados por los Estados miembro, también hay actividades que la EDA lanza con cargo a su presupuesto operativo, mediante procesos de licitación, para estudios de revisión de estado del arte de un dominio tecnológico, o de previabilidad, que normalmente sirven para mejorar la conciencia situacional sobre un campo tecnológico y explorar necesidades de inversiones para investigación. Las licitaciones están abiertas a industria,

centros de investigación, universidades del sector mediante un procedimiento concursal, que contrata directamente la EDA y que se denominan OB Studies²¹.

En cuanto al diseño de estrategias mencionado, mediante el trabajo coordinado de los *Captechs*, la EDA ha preparado la primera edición de su agenda global de investigación en defensa (*Overarching Strategic Research Agenda, OSRA*), y una serie de hojas de ruta asociadas, a modo de «Estrategia europea de investigación en defensa» para buscar áreas de interés para la cooperación de sus Estados miembro y también con el objetivo de proporcionar determinadas prioridades armonizadas de cara al Fondo Europeo de Defensa.

La información de la OSRA se ha utilizado como referencia en la elaboración de esta ETID, junto con las partes aplicables al I+T de otras herramientas elaboradas por la EDA, como por ejemplo las actividades estratégicas clave (*Key Strategic Activity, KSA*, que incluyen aspectos industriales, tecnológicos, de capacitación técnica del personal, etc., que se deberían preservar a nivel europeo) y que derivan del *Headline Goal Process* (HGP) y los *High Impact Capability Goals* (HICG), elementos esenciales en el planeamiento de capacidades de defensa de la UE, que orienta también el desarrollo de la investigación.

Se espera así mejorar la armonización de este aspecto de la cooperación internacional, teniendo en cuenta que la EDA inició, en 2018, un proceso de revisión y recopilación periódica de datos de actividades de defensa de los Estados miembro denominado CARD (*Coordinated Annual Review on Defence*). Entre otros muchos, este proceso revisa las actividades e inversiones de cada país en I+T de defensa, y dentro de ellas, las llevadas a cabo en cooperación europea, al objeto de comprobar las tendencias de cumplimiento de los objetivos comunes previamente acordados por la Junta Directiva ministerial de la Agencia, y explora las oportunidades de cooperación entre los Estados miembros (*pathfinder*).

Es importante trabajar para potenciar la coordinación entre el Servicio Europeo de Acción Exterior, la Comisión y la EDA con objeto de potenciar la colaboración.

En el marco de la OTAN, la STO es el principal marco de referencia para investigación en ciencia y tecnología, con el fin de ayudar a sostener la vanguardia en conocimiento y tecnología de la Alianza en el ámbito de defensa y seguridad. La STO cuenta con dos modelos de negocio o actividad: el modelo colaborativo y el modelo denominado *in-house*.

En el primero, la STO actúa como foro donde las naciones utilizan sus recursos para definir, llevar a cabo y promover investigación colaborativa e intercambio de información. Este foro se articula en 7 paneles o grupos de expertos que abarcan diferentes áreas tecnológicas (plataformas, sensores, factores humanos, simulación, etc.). Cada año las naciones aprueban un conjunto de actividades que se llevan a cabo distribuidas entre esos 7 grupos y formando parte del denominado Programa de Trabajo Colaborativo (CPoW). Estas actividades pueden ser grupos técnicos de investigación, simposios, talleres de trabajo, eventos cooperativos de demostración de tecnologías, actividades de formación, estudios científicos de largo alcance, etc. La participación está abierta en general a los actores de la industria, centros de investigación, universidades, gubernamentales, etc., y se canaliza, a solicitud de estos y con compromiso de participación en toda su duración con sus propios recursos, a

²¹ Toda la información relacionada se puede consultar en la página web www.eda.europa.eu.



través de las oficinas nacionales de coordinación. Sus resultados están disponibles muchas veces públicamente en la web de la STO²².

En el segundo modelo de actividad (*in-house*) las actividades de ciencia y tecnología se llevan a cabo en el Centro de Investigación y Experimentación Marítima (CMRE) de La Spezia (Italia), que pertenece a la propia STO y que dispone de su propio personal e infraestructura, incluyendo dos buques con capacidades específicas de investigación²³. El CMRE elabora su propio programa de trabajo anual independiente del CPoW.

El Ministerio de Defensa

El Ministerio de Defensa es una organización compleja regulada en el Real Decreto 372/2020, de 18 de febrero, que se estructura en un conjunto de organismos con diferentes roles de actuación sobre la I+D+i de defensa.

En la cúspide de esta organización, asumiendo los roles de dirección, se encuentra la Secretaría de Estado de Defensa, a la que le corresponde la dirección, impulso y gestión de las políticas de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de la defensa, siendo la Dirección General de Armamento y Material el órgano directivo responsable de su planificación y desarrollo, y de controlar su ejecución.

Por otra parte, el Ministerio de Defensa cuenta con diferentes organismos donde se realiza investigación, y se llevan a cabo proyectos de I+D+i, en algunos casos siendo la finalidad principal del organismo, y en otros siendo una función asociada a otra finalidad básica de esa institución.

En este grupo de organismos, cuyo rol en el Ministerio de Defensa es la ejecución de actividades de investigación y el desarrollo de proyectos de I+D+i, se encuentra el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas», organismo autónomo, adscrito a la Secretaría de Estado de Defensa, que como organismo público de investigación (OPI) ejerce actividades de investigación científica y técnica de carácter dual, así como de prestación de servicios tecnológicos.

Sus ámbitos principales de actuación se encuentran en el campo de la tecnología aeroespacial, de la aeronáutica, de la hidrodinámica y de las tecnologías de la defensa y seguridad, actuando en el marco de las prioridades que le son señaladas por el Ministerio de Defensa, y dentro de las directrices de investigación, desarrollo e innovación determinadas por el citado departamento con el fin de mantener una acción unitaria en relación con las tecnologías de aplicación de la defensa.

De igual manera, se dispone de los Centros Universitarios de la Defensa (CUD), creados por el Real Decreto 1723/2008, de 24 de octubre, de conformidad a lo establecido en la Ley de la Carrera Militar, teniendo como finalidad principal impartir las enseñanzas de las titulaciones universitarias de grado a que hace referencia la propia ley, pero a su vez, asumiendo la

²² www.sto.nato.int.

²³ Toda la información al respecto, incluyendo el acceso a muchos de los documentos elaborados por los paneles y por el CMRE, se encuentra en la página web de la STO (<https://www.sto.nato.int>).

definición y desarrollo de líneas de investigación consideradas de interés para las Fuerzas Armadas en colaboración con otras entidades y organismos públicos de enseñanza e investigación, todo ello dentro del marco de la seguridad, la paz y la defensa.

Hay que destacar que con carácter previo a la creación de los CUD, el Ejército de Tierra y la Armada ya disponían respectivamente de la Escuela Politécnica del Ejército de Tierra y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales, cuya finalidad principal es la formación de los oficiales de sus cuerpos de ingenieros, pero donde también se trabaja en líneas de investigación de interés para las Fuerzas Armadas, especialmente en la formación de doctorado de sus oficiales.

Igualmente, existen otros organismos dentro de la estructura del Ministerio de Defensa donde se realiza investigación, y se llevan a cabo proyectos de I+D+i que son de interés para la Defensa nacional.

En otro orden de cosas, al ser la I+D+i un aspecto transversal a todos los recursos del Departamento, es necesario que exista una coordinación con el resto de organismos directivos responsables de políticas cuyo desarrollo puede obligar a promover actuaciones en I+D+i, siempre bajo la dirección de la DGAM. Así, en el caso de infraestructuras, esta coordinación debe realizarse con la Dirección General de Infraestructuras (DIGENIN), mientras que en lo relativo a aspectos CIS/TIC con el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC), siguiendo en ambos casos las políticas de infraestructura y CIS/TIC aplicables, así como las propias directrices de la política de I+D+i del Departamento incluidas en esta estrategia, en el sentido de focalizar las actuaciones en retos tecnológicos relevantes para defensa, sin duplicar esfuerzos con la I+D+i dirigida a fines civiles.

Existe, finalmente, un rol muy importante que juega toda la estructura del Ministerio de Defensa, y con un papel muy destacado las Fuerzas Armadas y el EMAD y es el de originador de las capacidades militares y el de usuario final de los resultados de los desarrollos de las investigaciones y de los proyectos de I+D+i en el ámbito de la defensa, siendo capaces de orientar y validar las soluciones tecnológicas según las necesidades operativas reales, lo cual aporta un enorme valor a los resultados de los proyectos, acercándolos al mercado.

La orquestación eficaz y eficiente de todos estos recursos y capacidades del Ministerio de Defensa para tratar de optimizar el presupuesto, coordinando las actuaciones con los mecanismos disponibles en los planes estatales y regionales derivados de la EECTI, promoviendo oportunidades de cooperación nacional, y buscando posibilidades de colaboración en el ámbito europeo e internacional que no vayan en menoscabo del desarrollo de nuestras capacidades tecnológicas estratégicas, supone un desafío de creciente complejidad y exigencia para los responsables de la planificación, programación y control de la ejecución de la política de investigación, desarrollo e innovación dentro del Departamento.

Tomando como base la Orden DEF/685/2012, de 28 de marzo, por la que se regula y coordina la investigación y desarrollo de sistemas de armas y equipos de interés para la defensa nacional en el ámbito del Ministerio de Defensa, se necesita continuar trabajando en optimizar los procesos de planificación, contratación, gestión de los proyectos de I+D+i, medida de los resultados de las actividades de I+D+i, y aprovechamiento de los mismos, para garantizar un uso eficaz y eficiente de la financiación.



En otro orden de cosas resulta importante mejorar y extender la colección de instrumentos vinculados al desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas actualmente disponibles, para adecuarlos a cada etapa de madurez tecnológica y al ritmo actual de avance de la tecnología, que favorezcan la participación de todo tipo de entidades del tejido tecnológico nacional y que faciliten su complementariedad con otras actuaciones del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica. Ello permitirá recortar los tiempos de adopción en defensa de las tecnologías civiles, siguiendo la forma de proceder de nuestros socios europeos²⁴. En esta línea se ha venido trabajando en los últimos años con la revisión de instrumentos como el programa de Cooperación en Investigación Científica y Desarrollo en Tecnologías Estratégicas²⁵ (COINCIDENTE), o dando un mayor peso a las actividades de experimentación técnico-operativa sobre demostradores tecnológicos y prototipos de sistemas, de cara a obtener realimentación sobre las posibilidades y carencias de estos desarrollos en relación a su futura aplicación militar²⁶ o apoyando al CDTI en la evaluación de proyectos de uso dual.

Por otro lado, tradicionalmente en el Ministerio de Defensa se ha prestado una gran atención a la colaboración internacional en I+D+i, lo que ha resultado muy positivo para los intereses de las FAS y de la BTI, si bien se han dedicado menos atención y recursos a la colaboración nacional. La creciente importancia que está adquiriendo esta colaboración nacional en I+D+i hace necesario que dentro del Departamento exista una adecuada capacidad para explotar las sinergias que existen con el resto de organismos estatales y autonómicos financiadores de la I+D+i civil y dual.

Otro elemento que puede servir de catalizador para el desarrollo tecnológico en defensa se refiere al valor del conocimiento del Ministerio de Defensa como usuario final de los sistemas y su visión de las necesidades tecnológicas que serán demandadas en el largo plazo. Dado el carácter aplicado y finalista de la I+D+i de defensa, si dicho conocimiento no se incorpora a los proyectos, en muchos casos va a resultar complicado que el resultado pueda alinearse con las necesidades reales. Esta necesidad de compartir conocimiento obliga a intensificar los esfuerzos de intercambio de información con las entidades que conforman la BTI para que conozcan dichas necesidades y puedan orientar sus propuestas de I+D+i en esa dirección, adaptando en cada caso el procedimiento a los niveles requeridos por las normas de manejo de información clasificada, cuando sea aplicable.

Adicionalmente, resulta de especial importancia que exista una mayor implicación de las FAS en los proyectos de I+D+i que se aborden, como futuros usuarios de las tecnologías

²⁴ Algunos países como Francia disponen de una colección de instrumentos específicos (ASTRID, ASTRID Maturation, RAPID, etc.) dirigidos a I+D+i con fines de defensa o duales que cubren todo el espectro de niveles de madurez tecnológica. <https://www.defense.gouv.fr/fre/dga/innovation2/innovation>.

²⁵ El programa de «Cooperación en Investigación Científica y Desarrollo en Tecnologías Estratégicas (COINCIDENTE)» tiene como objetivo aprovechar las tecnologías desarrolladas en el ámbito civil que puedan ser de aplicación en proyectos de interés para el Ministerio de Defensa. Está regulado por la Orden DEF/862/2017, de 28 de agosto, por la que se regula el procedimiento para convocar procesos de selección y contratación, de proyectos de I+D de interés para defensa, en el ámbito del programa COINCIDENTE. Los proyectos de I+D deben ser tendentes al desarrollo de un demostrador con funcionalidad militar y deben suponer una novedad tecnológica significativa, que satisfaga una necesidad real o potencial del Ministerio de Defensa.

²⁶ Ejemplos de ello son los programas RAPAZ, CONDOR y BARRACUDA, gestionados por la DGAM, o los planes de ET por llevar a cabo actividades de experimentación de soluciones tecnológicas, dentro del marco de su iniciativa Brigada 2035. http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex_2035/principal.html.

que se desarrollan, de forma que se asegure su correcta orientación hacia las necesidades reales, de forma que se garantice su aplicabilidad y aumenten las posibilidades de que los resultados lleguen al mercado.

Además del propio conocimiento sobre la necesidad, en algunos ámbitos tecnológicos es importante que el Ministerio de Defensa aporte recursos específicos para habilitar el desarrollo de proyectos de I+D+i de aplicación a defensa. Es el caso de determinadas plataformas militares, cuyas características son tan singulares, que a menudo resulta poco efectivo el desarrollar la actividad de I+D+i sobre plataformas sustitutas civiles.

Un caso paradigmático que ha adquirido una creciente importancia se refiere a la aplicación de los últimos avances en inteligencia artificial basada en el aprendizaje automático, que tanta repercusión ha adquirido en los últimos años y que van a condicionar la superioridad tecnológica de las próximas décadas. En particular, estas técnicas pueden aliviar el importante cuello de botella que existe debido al creciente número de sensores de todo tipo desplegados que proporciona ingentes cantidades de información, las cuales difícilmente pueden ser analizadas a no ser que se utilicen métodos automáticos o semiautomáticos. Las técnicas más utilizadas, las de aprendizaje supervisado (p. ej. *deep learning*), requieren que, además de los datos obtenidos por los sensores (imágenes, vídeo, etc.), se les aporte información sobre lo que un analista consideraría de interés de esos soportes, de forma que pueda ser utilizada para enseñar a los algoritmos a responder ante nuevas situaciones de forma similar a como lo harían los humanos. Esto implica que los analistas de las Fuerzas Armadas deben realizar un trabajo previo de etiquetado de datos, antes del desarrollo de cualquier proyecto de I+D+i en este campo. Si no se aborda sistemáticamente y de forma integral esta recopilación de datos para cada uno de los problemas específicos en los que se quiera utilizar estas técnicas, no va a ser posible aprovechar las posibilidades de esta tecnología en beneficio de defensa²⁷.

En resumen, es necesario realizar un conjunto de actuaciones en el ámbito interno al Departamento que faciliten el desarrollo de actividades de I+D+i, para que el Ministerio de Defensa actúe como catalizador para el desarrollo de tecnología de aplicación a defensa y para las posibilidades de capacitación y desarrollo del tejido tecnológico nacional.

²⁷ Esta idea es también incorporada en el documento *AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE WHITE PAPER FOR NATO: DYNAMIC ADOPTION, RESPONSIBLE USE*, donde se destacan los principales temas que la Alianza debería abordar para definir su aproximación a la inteligencia artificial.



3. Directrices y actuaciones

Alcanzar el futuro establecido en la visión de la política de I+D+i de defensa obliga a llevar a cabo un conjunto de actuaciones tecnológicas y de gestión. Al ser muchas las posibilidades que se abren para recorrer este camino, se hace necesario marcar las directrices que permitan seleccionar las actuaciones más adecuadas y que contribuyan de una forma eficiente al logro de los objetivos establecidos en esta Estrategia.

Con esa idea que conjuga objetivos y eficiencia, y en base a todas las posibilidades que ofrece el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación y las oportunidades abiertas en el marco de la cooperación internacional, se establecen las siguientes directrices:

- **Las actividades de I+D+i que promueva este Departamento estarán dirigida por objetivos tecnológicos**, de forma que se focalicen los esfuerzos en temáticas con alto impacto en la mejora de las capacidades militares actuales y futuras, a la vez que se optimiza el uso de la financiación disponible.
- **La cooperación tecnológica a nivel nacional e internacional será parte esencial de las actuaciones en I+D+i de defensa**, de forma que sea posible aprovechar los avances en la I+D+i dual logrando efectos multiplicadores, así como para abordar retos tecnológicos de elevado coste y complejidad tecnológica.
- **La búsqueda de la excelencia en el Departamento, a través de la mejora continua de los procesos asociados a la I+D+i de defensa** para que actúen como catalizadores del avance tecnológico en las FAS y del desarrollo tecnológico del sector de la defensa.

Estas directrices se constituyen a su vez en los tres pilares fundamentales, que sustentarán las actividades de I+D+i que se realicen o coordinen en el ámbito del Ministerio de Defensa, para alcanzar los objetivos de la política de I+D+i.

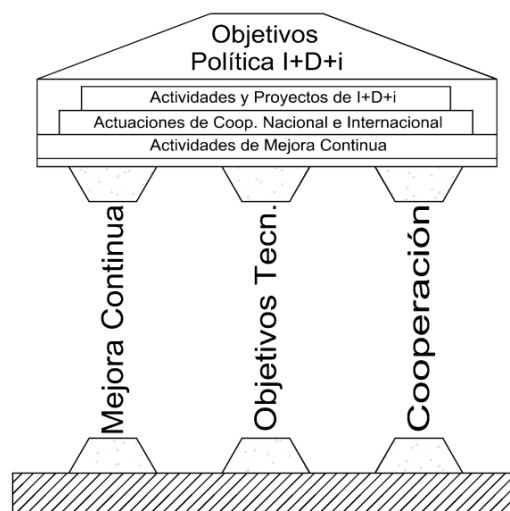


Figura 4. Directrices para el desarrollo de la política de I+D+i.

Pilar de objetivos tecnológicos

La gran variedad de tipos de sistemas que se necesitan en defensa, cuyas funcionalidades y prestaciones dependen en gran medida de su componente tecnológica, hace que el conjunto de intereses tecnológicos del Ministerio de Defensa sea muy amplio. Por ello, con el fin de poder disponer de una visión completa de este conjunto de intereses tecnológicos, esta Estrategia incluye un conjunto de **líneas de I+D+i de interés para defensa**, cuyo objetivo es la aplicación de los últimos avances tecnológicos sobre sistemas y subsistemas diseñados para ser utilizados en defensa, de forma que se logre una mejora de sus funcionalidades o la creación de nuevas posibilidades para su uso operativo, contribuyendo con ello al desarrollo de las capacidades militares.

La definición de este concepto es coherente con el carácter aplicado y finalista de la I+D+i de defensa, en el sentido de considerar la tecnología no como un fin en sí mismo, sino como un medio para mejorar las capacidades militares.

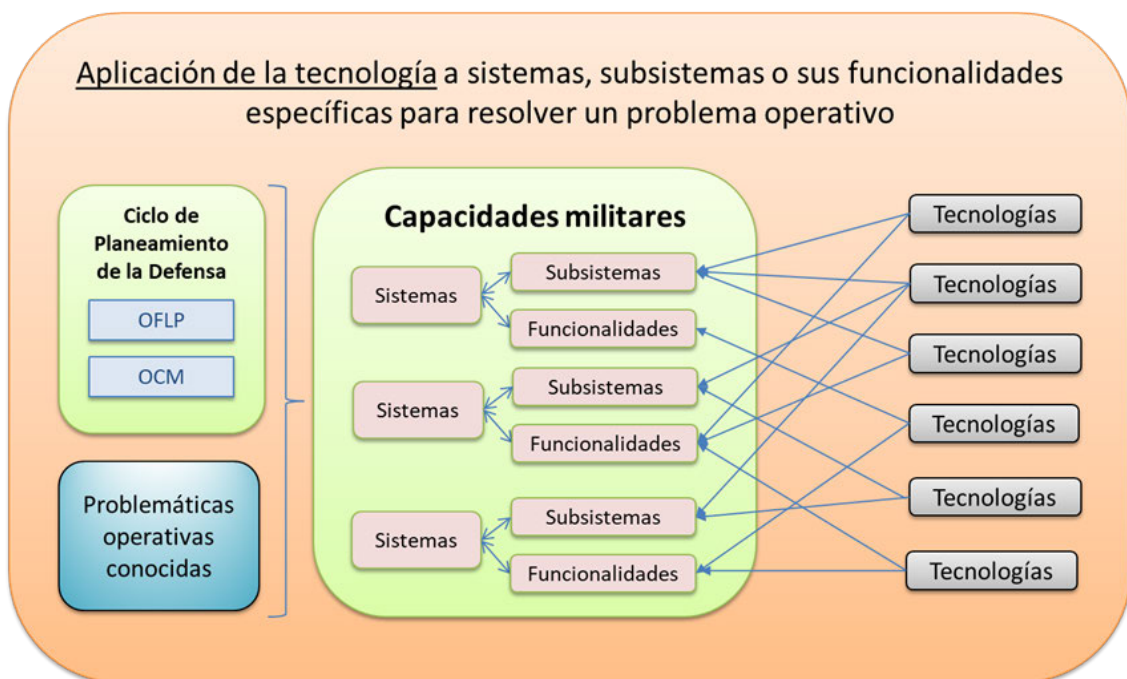


Figura 5. I+D+i de interés para defensa.

Estas líneas de I+D+i, definidas en el anexo A, sirven de referencia para guiar el planeamiento de la I+D+i del Ministerio de Defensa, así como para articular la colaboración con otros agentes a nivel nacional e internacional. Su identificación y definición se ha realizado desde una triple perspectiva: capacidades militares, tecnología y capacidades tecnológicas de la BTI.

Para abordar la dimensión de las capacidades militares, se ha partido de los documentos aprobados en el proceso de planeamiento de la Defensa, y más concretamente del OCM y del OFLP, sin olvidar otros documentos que se elaboran en el ámbito del Estado Mayor de la Defensa (*Entorno operativo 2035* y *Panorama de Tendencias Geopolíticas 2040*), y los documentos de visiones específicas que se redactan en el entorno de los Ejércitos y la Armada.

La dimensión tecnológica se ha obtenido como resultado del análisis de la previsible evolución de las tecnologías, sean estas ya consolidadas o emergentes, y su aplicabilidad a los procesos o sistemas que conforman una capacidad militar.

Por último, el análisis de la capacitación tecnológica de la BTI, que puede condicionar en gran medida la manera de abordar cada línea, se ha basado en la información de vigilancia tecnológica, así como en otras fuentes de conocimiento disponible en el Departamento. Muy en particular, en esta dimensión se considera la *Estrategia Industrial de Defensa 2015* (EID 2015), principal referencia para guiar los esfuerzos de las empresas y de la Administración en torno a la componente industrial de la defensa, que establece unas áreas de conocimiento que afectan a los intereses esenciales de seguridad y defensa, basadas en un análisis de las capacidades industriales estratégicas de la defensa (CIED)¹.

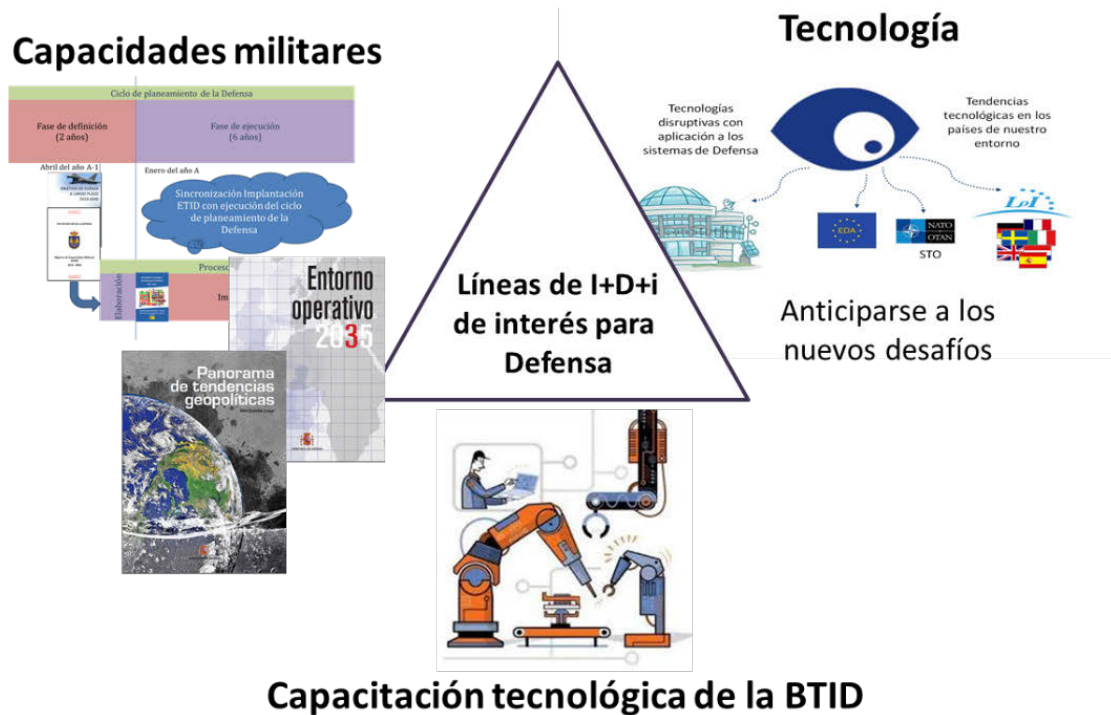


Figura 6. Líneas de I+D+i de interés para defensa.

Considerando que el número de líneas de I+D+i de interés para defensa es muy elevado, que existen limitaciones en cuanto a la posibilidad de financiación de todas ellas por el Ministerio de Defensa, y que entre ellas existen múltiples diferencias en cuanto a su potencial impacto en las capacidades militares, su madurez tecnológica, la capacitación tecnológica de la BTI o sus posibles usos duales, esta Estrategia prioriza un subconjunto de esas líneas de I+D+i considerándolas **objetivos tecnológicos** para el periodo de vigencia de la misma².

Estos objetivos tecnológicos van a focalizar la mayor parte de las actuaciones en I+D+i del Departamento, para lo que se van a desarrollar planes específicos asociados a cada uno de ellos, que establezcan niveles de ambición alcanzables en el escenario temporal de implantación de

¹ Resolución 420/38100/2015, de 30 de julio, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 29 de mayo de 2015, por el que se determinan las capacidades industriales y áreas de conocimiento que afectan a los intereses esenciales de la defensa y la seguridad nacional.

² Esta priorización de objetivos tecnológicos constituye una importante diferencia respecto a versiones previas de la ETID, en las que los intereses tecnológicos del MINISDEF se reflejaban a través de un amplio conjunto de metas tecnológicas sin priorizar.

la Estrategia, que coincidirá con los seis años de desarrollo de la fase de ejecución del ciclo de planeamiento de la Defensa, permitiendo así el alineamiento de ambos procesos.

Dichos planes definirán un conjunto de actuaciones en I+D+i que frecuentemente combinarán el desarrollo de prototipos próximos a su empleo operativo con el desarrollo de demostradores tecnológicos que capaciten a la BTI, junto a otro conjunto de actuaciones habilitadoras de la I+D+i de defensa, pudiendo hacer uso de alguno de los instrumentos que promueve el Ministerio de Defensa o ser desarrollados en cooperación nacional o internacional.

Teniendo en cuenta las consideraciones realizadas a lo largo del capítulo 2, relativos a escenarios con distintos ritmos de avance tecnológico, los objetivos tecnológicos de esta Estrategia, se organizan en tres niveles, en función de la dimensión y características de los sistemas y tecnologías involucradas y el tipo de actuaciones previstas para su consecución.

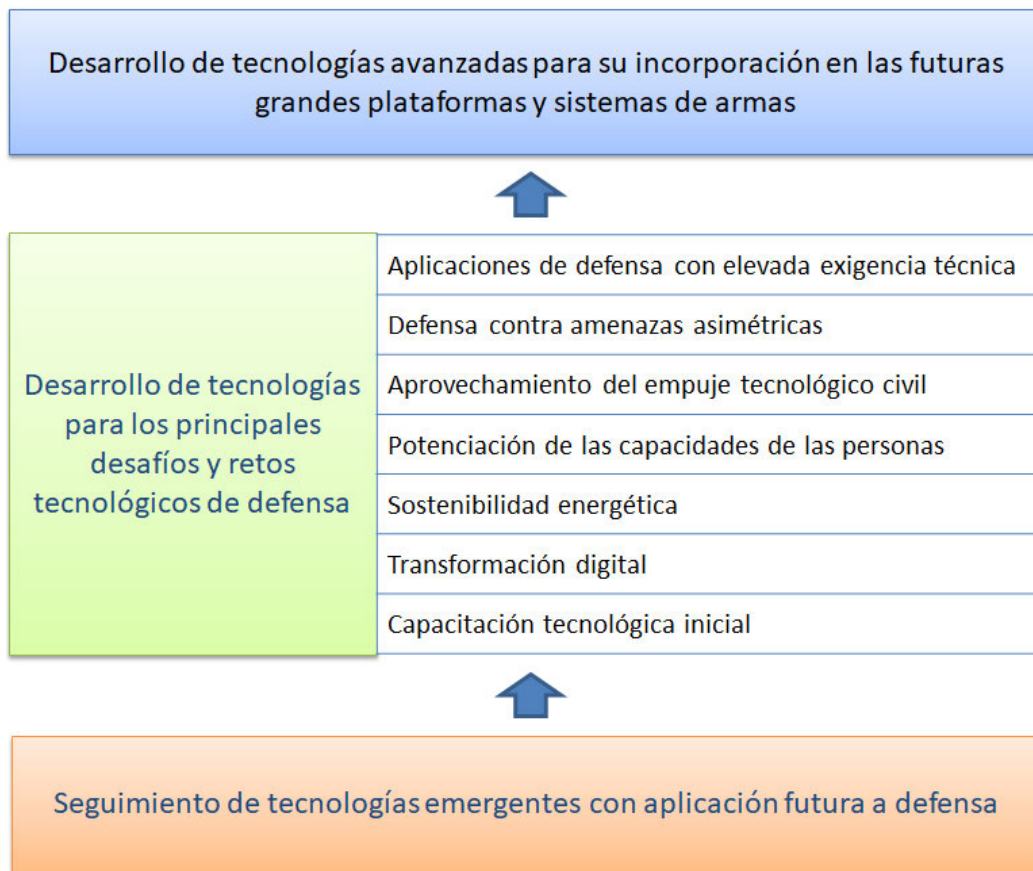


Figura 7. Niveles de organización de los objetivos tecnológicos de la ETID.

El alcance y la finalidad de estos tres niveles, así como los objetivos que incluyen, los cuales se explican con mayor detalle en el anexo B, se describen a continuación:

A. Desarrollo de tecnologías avanzadas para su incorporación en las futuras grandes plataformas y sistemas de armas

En este nivel superior se incluye un conjunto de objetivos tecnológicos dirigidos a promover el desarrollo de tecnologías para ser incorporadas a las futuras grandes plataformas y sistemas de armas que utilizarán las FAS en sus misiones futuras, en los ámbitos terrestre, naval, aéreo y

espacial. Se trata de objetivos que se derivan de necesidades incluidas en el Objetivo de Capacidad Militar (OCM) y el Objetivo de Fuerza a Largo Plazo (OFLP), y cuyo desarrollo actúa como elemento tractor de la capacitación tecnológica de sectores industriales muy amplios, así como motor de empleo de calidad en estos sectores.

Dadas las características de las amenazas a las que las FAS deben hacer frente, es estrictamente necesario disponer de este tipo de grandes plataformas y sistemas de armas, los cuales a menudo se llevan a cabo en cooperación internacional, implicando grandes inversiones económicas y plazos de desarrollo muy extensos.

Al tratarse de sistemas pensados para estar en servicio durante décadas, se requiere acometer programas tecnológicos con una serie de años de anticipación, en los que se aborde la incorporación de las últimas tecnologías a las funciones más críticas del sistema a través de demostradores tecnológicos, los cuales permiten validar la madurez de estos desarrollos y el riesgo de trasladarlos a los sistemas finales.

El programa más representativo en la actualidad es el Sistema de Armas de la Siguierte Generación (NGWS), en el que España participa como socio desde 2019, cuyos pilares son el avión de combate futuro o NGF (*Next Generation Fighter*), una serie de operadores remotos no tripulados (*Remote Carriers*, RC) y nuevos sistemas avanzados de sensores, el cual se espera sustituya en el periodo 2035-2040 a distintos cazas europeos de combate actualmente en servicio bajo el concepto FCAS (*Future Combat Air System*).

En este mismo ámbito aeronáutico existen otras oportunidades relacionadas con el desarrollo de los futuros sistemas de ala rotatoria, que se suman a otros en el dominio terrestre (tecnologías para los futuros sistemas terrestres de combate, Brigada 2035, para los futuros sistemas de defensa antiaérea de baja cota, entre otros), en el naval (tecnologías para los futuros sistemas navales de combate) y en el espacial (tecnologías para los futuros sistemas satelitales).

Para la consecución de estos objetivos, se contemplan tanto los proyectos en los que participe España que se desarrollen en el marco de programas de cooperación internacional, como aquellos proyectos desarrollados a nivel nacional que sean de aplicación a esas futuras grandes plataformas o sistemas de armas.

Estos programas tractores son una oportunidad para el desarrollo de capacidades estratégicas industriales y tecnológicas, y la decisión del gobierno de participar en los mismos, llevará pareja la elaboración de planes industriales y tecnológicos (PLANITEC) que definirán la organización industrial nacional acorde a las capacidades propias de nuestro tejido industrial, y concretarán las capacidades y tecnologías que se desarrollarán en el marco de cada programa.

B. Desarrollo de tecnologías para los principales desafíos y retos tecnológicos de defensa

En este nivel intermedio se incluyen un conjunto de objetivos tecnológicos dirigidos a abordar los principales retos tecnológicos presentes en los escenarios más complejos en los que tienen que operar las FAS, así como para aprovechar el avance tecnológico actual para desarrollar nuevas soluciones avanzadas e innovadoras para defensa.

El conjunto de sistemas y subsistemas a los que se dirigen estos objetivos es mucho más amplio y variado que en el nivel anterior, si bien, en general se trata de desarrollos tecnológicos de



menor dimensión que los abordados en los grandes programas. No obstante, en muchos casos, los avances logrados con estos objetivos pueden ser la base para que la BTI nacional pueda participar en iniciativas de mayor alcance tanto a nivel nacional como internacional, incluyendo los grandes programas tractores, con una contribución acorde al nivel tecnológico que se espera de nuestro país.

La elección de estos objetivos responde a motivos de distinta índole, los cuales se describen a continuación:

1. Aplicaciones de defensa con elevada exigencia tecnológica

Objetivos orientados a la potenciación de aplicaciones típicamente militares en las que los condicionantes operativos imponen requisitos a la tecnología mucho más exigentes que los de las aplicaciones civiles. Estos requisitos no demandados por las aplicaciones civiles obligan a un esfuerzo inversor por parte del Ministerio de Defensa que, además de las propias ventajas para defensa, podrían redundar en el futuro en disponer de nuevas soluciones innovadoras para el sector civil.

2. Defensa contra amenazas asimétricas

Objetivos enfocados en el desarrollo de soluciones tecnológicas que protejan tanto al personal militar durante las operaciones como a la población frente a amenazas de carácter asimétrico.

3. Aprovechamiento del empuje tecnológico civil

Objetivos derivados del empuje tecnológico que se está dando en la sociedad civil sobre el uso de determinadas tecnologías, y las nuevas posibilidades que se abren en su aplicación a sistemas de defensa, que en algunos casos puede llegar a tener un efecto disruptivo en el concepto actual de las operaciones.

4. Potenciación de las capacidades de las personas

Objetivos que buscan avances tecnológicos que potencien las capacidades del personal militar en las operaciones, mejorando su adiestramiento o multiplicando sus efectos.

5. Sostenibilidad energética

Objetivos que persiguen incorporar al Ministerio de Defensa en la lucha contra el cambio climático y en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas que minimicen el impacto de las operaciones militares en el medio ambiente.

6. Transformación digital

Objetivo dirigido a apoyar la transformación digital del Departamento a través de actuaciones de innovación tecnológica, aprovechando los avances en tecnologías 4.0.

7. Capacitación tecnológica inicial

Objetivos orientados al apoyo a la BTI nacional en la capacitación en ámbitos tecnológicos de importante potencial futuro para defensa y, en general, de muy elevado coste, en los que en la actualidad las capacidades nacionales son muy limitadas o inexistentes. Se busca lograr que entidades de la BTI logren desarrollar niveles de capacitación suficientes para responder a demandas futuras de sistemas incorporando esas tecnologías y a su vez favorecer que estas entidades puedan participar en proyectos de cooperación internacional.

Cada ámbito específico de actuación engloba un conjunto de objetivos tecnológicos, cuya descripción detallada se incluye en el anexo B.

Es importante resaltar que, si bien este conjunto de objetivos tecnológicos se considera de especial relevancia para defensa, el esfuerzo económico que se prevé realizar para promover el desarrollo de cada uno de ellos es diferente, en función de los ámbitos específicos en las que se encuadran. En concreto, aspectos tales como la posibilidad de uso dual de los desarrollos tecnológicos o su grado de madurez van a condicionar el nivel de esfuerzo económico que el Departamento prevé dedicar a su desarrollo.

De hecho, se espera que los avances que se logren en algunos de estos objetivos tecnológicos, tales como los relacionados con el sector espacial, energía o NRBQ, todos ellos con una fuerte componente de uso dual, se basen en gran medida en fuentes de financiación externas al Departamento.

Ámbito específico de actuación	Objetivos tecnológicos
Aplicaciones de defensa con elevada exigencia tecnológica	Tecnologías de guiado y control de municiones
	Tecnologías electrónicas de altas prestaciones
	Soluciones de guerra electrónica adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro
	Comunicaciones militares en entornos complejos
	Soluciones para ciberoperaciones
Defensa contra amenazas asimétricas	Sistemas avanzados de detección de IED terrestres
	Sistemas anti-RPAS
	Control de la amenaza NRBQ
Aprovechamiento del empuje tecnológico civil	IA - Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores
	IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa
	IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión
	Robótica - Plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa
	Robótica - Vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa
	Robótica - Aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa
	Materiales - Protección pasiva de plataformas y combatiente
	Materiales - Reducción de firma en plataformas y combatiente
Espacio - Uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa	
Potenciación de las capacidades de las personas	Tecnologías para el combatiente a pie
	Exoesqueletos para misiones de defensa
	Adiestramiento avanzado mediante simulación
Sostenibilidad energética	Generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas
	Nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados
Transformación digital	Tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento
Capacitación tecnológica inicial	Tecnologías para el desarrollo de armas láser de alta potencia
	Tecnologías para armas de energía dirigida de RF
	Sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica
	Tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa

Tabla 1. Objetivos tecnológicos centrados en los principales desafíos y retos tecnológicos de defensa.



C. Seguimiento de tecnologías emergentes con aplicación futura a defensa

En este último nivel, se incluye un único objetivo orientado a realizar vigilancia tecnológica en torno a los avances en un conjunto de tecnologías emergentes y de baja madurez tecnológica, cuyo desarrollo futuro podría abrir nuevas posibilidades para la I+D+i de defensa o tener importantes implicaciones, e incluso causar efectos disruptivos en el contexto de la seguridad y la defensa.

Al referirse a niveles de madurez muy bajos, todavía en el ámbito de la investigación básica, *a priori* no se ha previsto realizar inversiones específicas, salvo en casos particulares, si bien el Ministerio de Defensa espera actuar de vínculo entre la comunidad investigadora nacional y las oportunidades que puedan presentarse en las organizaciones internacionales de defensa en las que España participa, así como servir de apoyo y orientación para entender sus posibilidades de aplicación a defensa.

Actuaciones en el pilar de objetivos tecnológicos

ACTUACIONES
[OTEC - 1] Promover el desarrollo de actividades y proyectos de I+D+i encaminadas a la consecución de los objetivos tecnológicos definidos en la Estrategia.
[OTEC - 2] Actualizar de forma periódica el conjunto de objetivos tecnológicos y líneas de I+D+i de interés al Ministerio de Defensa, en base a los cambios que se produzcan en las necesidades operativas, las revisiones del OCM y OFLP, el empuje y las capacidades tecnológicas de la BTI.

Tabla 2. Actuaciones en el pilar de objetivos tecnológicos.

Pilar de cooperación

Son muchos los factores que hacen inviable pensar en una Estrategia basada únicamente en un conjunto de actuaciones dirigidas, promovidas, gestionadas y financiadas por el Ministerio de Defensa para conseguir los objetivos tecnológicos que este Departamento se ha marcado durante su periodo de vigencia. Por ello, la cooperación en sus dos vertientes, nacional e internacional, se erige como un pilar fundamental que sustentará las actividades de I+D+i necesarias para alcanzar estos objetivos tecnológicos.

Cooperación nacional

La motivación del Ministerio de Defensa para promover crecientes grados de cooperación nacional en I+D+i con el resto de organismos del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación es la de apoyar la capacitación tecnológica de las entidades del tejido tecnológico nacional, de cara a que en un futuro puedan ser proveedores de las soluciones que necesitan las FAS.

La visión del Departamento en relación con esta cooperación tecnológica nacional se sintetiza en la Figura 8. En ella, se asume que la financiación para el desarrollo de tecnologías a TRL bajos, en los que todas las posibilidades de aplicación civil o militar están abiertas, recaerán en los instrumentos que existen en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica de mayor con-

tenido científico, siendo el Ministerio de Defensa un observador interesado en conocer cuanto antes las repercusiones futuras que puedan tener para el ámbito de defensa. Según se avanza a niveles de madurez superiores, en los que las aplicaciones específicas toman relevancia, de nuevo el modelo contempla que la financiación de los instrumentos del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica podrá cubrir aquellos desarrollos de mayor contenido dual. Por su parte, las inversiones del Departamento se dirigirán a adaptar la tecnología desarrollada en aplicaciones civiles para que cumplan los requisitos específicos de defensa, con instrumentos como el programa COINCIDENTE, así como a promover el avance en nichos de aplicación específicamente militar.

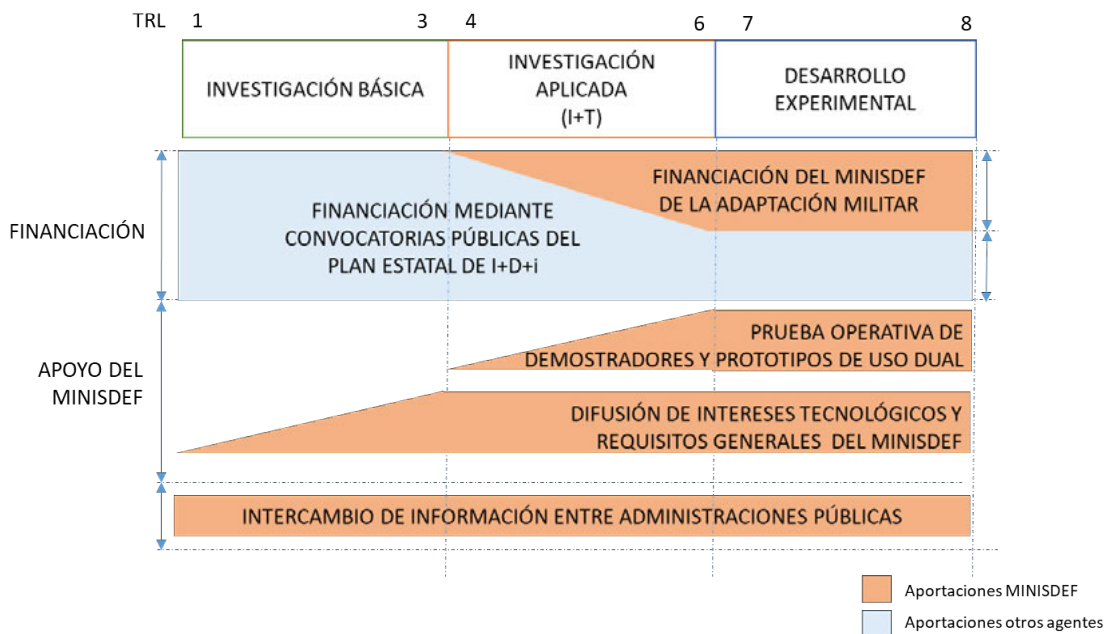


Figura 8. Visión del Ministerio de Defensa sobre la cooperación nacional en I+D+i.

Aparte del necesario recurso económico, el Ministerio de Defensa dispone de medios específicos que pueden ayudar a que todos estos proyectos financiados con fondos externos progresen a niveles mayores de madurez y finalmente al mercado. En concreto, el conocimiento como usuario final de los sistemas que tienen las FAS y su visión de las necesidades tecnológicas que serán demandadas en el largo plazo, así como la capacidad de prueba de soluciones tecnológicas en condiciones cercanas a su uso operativo, son elementos que pueden aportar un elevado valor a todos esos desarrollos tecnológicos financiados con fondos externos al Ministerio. Por ello, desde el Departamento existe la voluntad por fomentar este tipo de apoyos a los proyectos, logrando beneficios para todas las partes.

Este mismo esquema es válido para la cooperación con las CCAA, a través de contactos con sus consejerías con responsabilidad en I+D+i. Las CCAA han ido profundizando en los últimos años en sus políticas de especialización inteligente, cubriendo ámbitos tecnológicos que en muchos casos tienen un elevado carácter dual, lo que de nuevo favorece plantear esquemas de colaboración que permitan alinear actuaciones de interés común.

Cooperación internacional

La cooperación internacional se considera una herramienta clave para impulsar el desarrollo de muchas líneas de I+D+i de interés para el MINISDEF, ya que permite no solo sumar esfuerzos



y obtener resultados que estarían fuera del alcance de los países si trabajaran en solitario, sino que también tiene el potencial de generar más eficiencia evitando duplicidades. Para ello, existen diversos foros y ámbitos de cooperación, regidos por normativas, legislaciones y condiciones de financiación específicas, que permiten adaptar los objetivos perseguidos del modo más efectivo para el ministerio.

En ese sentido, se considera conveniente seguir participando en los foros tradicionales de cooperación internacional de investigación en defensa, la EDA y la STO, y también en otros acuerdos internacionales específicos establecidos con otros países de modo bilateral o multilateral para el desarrollo de proyectos determinados (similares a, por ejemplo, el NGWS).

Además de la participación en la STO, también en el ámbito de la OTAN, se deben tener en cuenta las posibilidades que ofrecen otras herramientas e iniciativas en el seno de la organización tales como el programa de Ciencia por la Paz y la Seguridad (*Science for Peace and Security*), que siendo una herramienta en el ámbito de las relaciones de la organización con países no aliados (partenariados), también ofrece oportunidades de investigación tecnológica y financia proyectos desarrollados por al menos un aliado y un país socio de la Alianza, así como talleres, actividades y cursos de investigación. También se deben considerar las oportunidades que ofrezcan aquellas herramientas e iniciativas que se puedan crear en el marco de las líneas de trabajo existentes en la OTAN sobre tecnologías emergentes y disruptivas. Adicionalmente, es necesario participar de modo decidido y con la máxima intensidad posible en el Fondo Europeo de Defensa (EDF) que la Comisión Europea va a poner en marcha en el periodo 2021-2027, incluyendo ambas dimensiones de investigación (hasta TRL 6) y de desarrollo (TRL 7-8), cuyas características y diferencias en cuanto a los niveles de madurez tecnológica que persiguen, y en cuanto a modo de financiación, requieren estrategias distintas. En cualquier caso, es fundamental aprovechar al máximo las oportunidades que va a ofrecer esta iniciativa, y para ello resulta esencial conseguir trasladar las prioridades del Departamento susceptibles de cooperación en este marco a los programas de trabajo de las dos dimensiones.

En la parte de investigación del EDF, financiada al 100 % por la CE, los proyectos se seleccionan en concurrencia competitiva, por lo que para tener posibilidades de éxito es necesario que las entidades que participen dispongan de suficiente capacidad tecnológica. En determinados casos, podría combinarse la capacitación previa a través de programas nacionales con la posterior participación en consorcios del EDF mediante una adecuada planificación.

Los proyectos canalizados a través de la sección de desarrollo de EDF obtendrán parte de su financiación de la Comisión Europea, pero también necesitarán que los Ministerios de Defensa de las entidades participantes aporten una parte de su coste, y manifiesten una cierta voluntad de adquirir conjuntamente en el futuro los desarrollos realizados, si resultan satisfactorios. Es decir, la participación en estos proyectos por parte de la BTI requerirá la conformidad previa del MINISDEF y su compromiso de cofinanciación. Por tanto, convendrá canalizar a través de esta ventana del EDF aquellos grandes proyectos de desarrollo tecnológico de alto interés para las FAS que por su coste o complejidad no puedan ser abordados nacionalmente.

Por otro lado, y también en el marco de la Comisión Europea, se debe intentar participar en las áreas del programa marco Horizonte Europa y en otros programas civiles que impliquen el desarrollo de tecnologías duales de interés para el Ministerio (especialmente en el ámbito de la seguridad), mediante la adecuada coordinación con las restantes entidades nacionales implicadas.

En resumen, se establecen los siguientes objetivos para promover el desarrollo de cada línea de I+D+i según sus particularidades:

1. Mantener la participación en las actividades de I+T de la EDA, especialmente en la parte de definición de prioridades y agendas de investigación, y abordar la participación en proyectos de cooperación en este marco cuando complementen eficazmente las actividades de I+T que se desarrollen a nivel nacional o en el foro del EDF.
2. Incrementar la participación nacional en las actividades de la STO de la OTAN que estén acordes con las líneas tecnológicas de esta estrategia, y mejorar el aprovechamiento de sus resultados, explorar y aprovechar las posibilidades que ofrecen otras herramientas de investigación y cooperación tecnológica práctica promovidas por la OTAN en ámbitos distintos de las actividades de la STO, como los partenariados, la seguridad cooperativa y los riesgos de seguridad emergentes.
3. Participar de modo adecuado en la elaboración de los programas de trabajo del EDF, realizando propuestas de interés para la colaboración europea en investigación y desarrollo de defensa.
4. Apoyar en la ventana de investigación del EDF las líneas de investigación hasta TRL 6 que estén de acuerdo con esta estrategia (incluyendo el apoyo a programas multilaterales en marcha) y en las que haya suficiente capacidad tecnológica para permitir una adecuada participación de la BTI española.
5. Apoyar en la ventana de desarrollo del EDF el lanzamiento de desarrollos tecnológicos (por encima de TRL 6) prioritarios de elevado coste y complejidad, incluyendo el apoyo a programas multilaterales en marcha, o que fomenten la estandarización e interoperabilidad de sistemas a nivel europeo.

El siguiente gráfico muestra el esquema propuesto con diversos ejemplos:

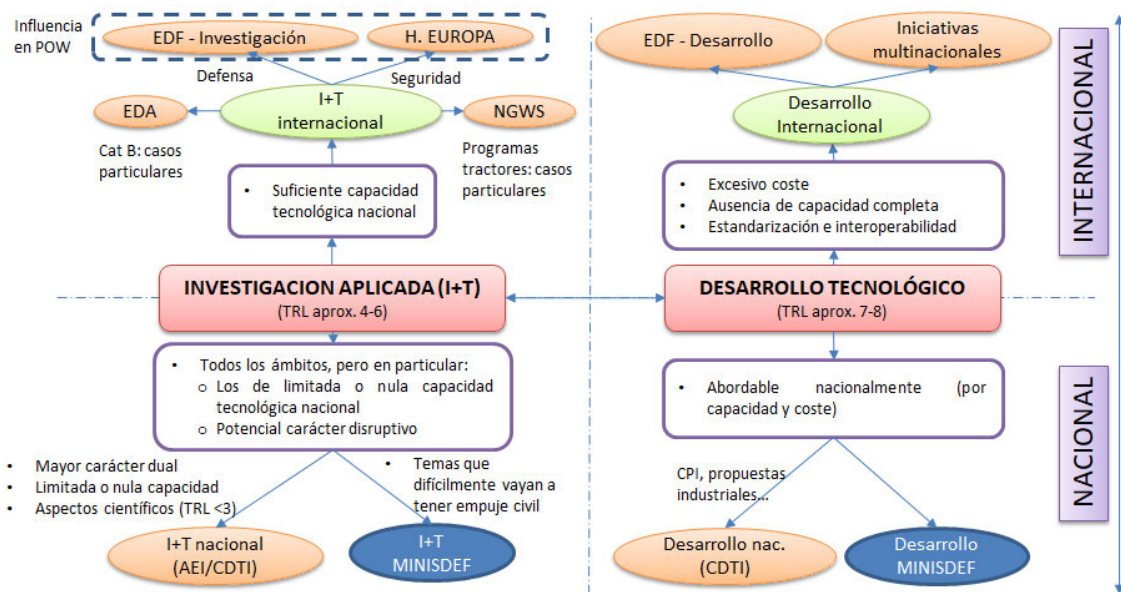


Figura 9. Esquema general con alternativas de cooperación nacional e internacional.

Actuaciones en el pilar de cooperación

ACTUACIONES	
[COOP - 1]	Promover actuaciones conjuntas en el ámbito del protocolo general de actuación entre el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia e Innovación y sus agencias de financiación, en beneficio de la capacitación del tejido tecnológico nacional en el ámbito de defensa.
[COOP - 2]	Aumentar la colaboración con el conjunto de organismos autonómicos con responsabilidad en el desarrollo tecnológico e industrial de sus regiones, aprovechando las confluencias entre sus estrategias de especialización inteligente y los intereses de defensa.
[COOP - 3]	Participar activamente en la definición de las iniciativas promovidas por la UE para el desarrollo de tecnologías de aplicación a la defensa y seguridad, especialmente en el Fondo Europeo de Defensa, promoviendo la participación de la BTI en las oportunidades que ofrecen dichas iniciativas.
[COOP - 4]	Lograr un mejor aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen la EDA y la STO como principales organismos internacionales de I+T de defensa para la colaboración en investigación científica y tecnológica.

Tabla 3. Actuaciones en el pilar de cooperación.

Pilar de mejora continua

Como se ha visto en el análisis de la situación, el Ministerio de Defensa juega su papel en el desarrollo de la I+D+i de defensa con roles diferentes, en función del organismo y de la estructura que interviene en las actuaciones. Por ello, es fundamental establecer un conjunto de iniciativas encaminadas a la mejora de la organización interna y de sus procesos, favoreciendo la coordinación entre sus organismos para lograr que el Ministerio sea un catalizador altamente eficiente de la I+D+i de defensa.

Otro ámbito para considerar se refiere a los instrumentos, es decir, el conjunto de herramientas gestionadas por el Ministerio o por otros organismos nacionales e internacionales que ayudan a alcanzar los objetivos de la política de I+D+i de defensa. Junto a la financiación, estos instrumentos constituyen las palancas que materializan las directrices y objetivos generales de la Estrategia en acciones concretas y ejecutables, cuyos efectos pueden medirse, por lo que su mejora constituye un objetivo a perseguir en la Estrategia.

Organización interna

La Orden DEF/685/2012, de 28 de marzo, por la que se regula y coordina la investigación y desarrollo de sistemas de armas y equipos de interés para la defensa nacional en el ámbito del Ministerio de Defensa, es la base sobre la que realizar este desarrollo normativo que refuerce la participación de cada organismo de la estructura del Departamento en el logro de los objetivos tecnológicos establecidos en esta Estrategia, soslayando las barreras que se han identificado y que impiden que el Ministerio de Defensa actúe como acicate del talento integrador y sea motor de todas las iniciativas de I+D+i de defensa.

Es importante también reforzar la contribución que se realiza en el proceso de obtención, definido en la Instrucción 67/2011, de 15 de septiembre, de la secretaria de Estado de Defensa, por la que se regula el proceso de obtención de recursos materiales, a la hora de determinar la alternativa de obtención, momento en el que se valoran los aspectos de la política de I+D+i para su incorporación en la alternativa de obtención más adecuada para cada necesidad.

Las alternativas de obtención propuestas deben:

- Integrar los resultados de proyectos de I+D+i financiados o apoyados por el Ministerio de Defensa.
- Contribuir al desarrollo de las capacidades industriales y áreas de conocimiento de interés para la Defensa, tal como se indica en la Resolución 420/38100/2015, de 30 de julio, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 29 de mayo de 2015, por el que se determinan las capacidades industriales y áreas de conocimiento que afectan a los intereses esenciales de la defensa y la seguridad nacional.

Instrumentos

La ETID agrupa los instrumentos para el desarrollo de la política de I+D+i en tres categorías:

- 1. Instrumentos vinculados al desarrollo de soluciones tecnológicas.** Su objetivo es promover o apoyar el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas de aplicación a defensa por el tejido tecnológico nacional, por lo que habitualmente llevan asociadas cierto nivel de financiación pública. Existen instrumentos dirigidos a los distintos niveles de madurez tecnológica (investigación básica, aplicada y desarrollo experimental) y pueden ser gestionados por el Departamento, por otros agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, o por otros organismos internacionales.
- 2. Instrumentos vinculados a la cooperación en I+D+i.** Su objetivo es el establecimiento y avance en nuevas vías de cooperación en I+D+i tanto a nivel nacional como internacional, de forma que se amplíen las posibilidades de la BTI de desarrollar proyectos de I+D+i de aplicación de defensa.
- 3. Instrumentos vinculados al conocimiento tecnológico.** Su finalidad es lograr que la información fluya en el entorno del Sistema Español de Ciencia, Tecnología, e Innovación. Por una parte, que la BTI tenga información relacionada con las tecnologías de interés para defensa y las necesidades operativas que las motivan; por otra parte, que el Ministerio de Defensa conozca los avances en tecnología de aplicación a defensa, así como las capacidades del tejido tecnológico nacional con aplicación a defensa, incluyendo los proyectos que desarrolla y los resultados que obtiene.

Si bien se trata de tres categorías de instrumentos que persiguen fines diferentes, en mayor o menor medida todos ellos se encuentran relacionados entre sí y frecuentemente se utilizan de forma coordinada.

Parte de las barreras y retos existentes para el desarrollo de la tecnología de aplicación a defensa pueden abordarse a través de la mejora o combinación de los instrumentos actualmente existentes o la creación de otros nuevos. Al hacerlo, se busca que aporten a la I+D+i de defensa las siguientes características que a continuación se describen.

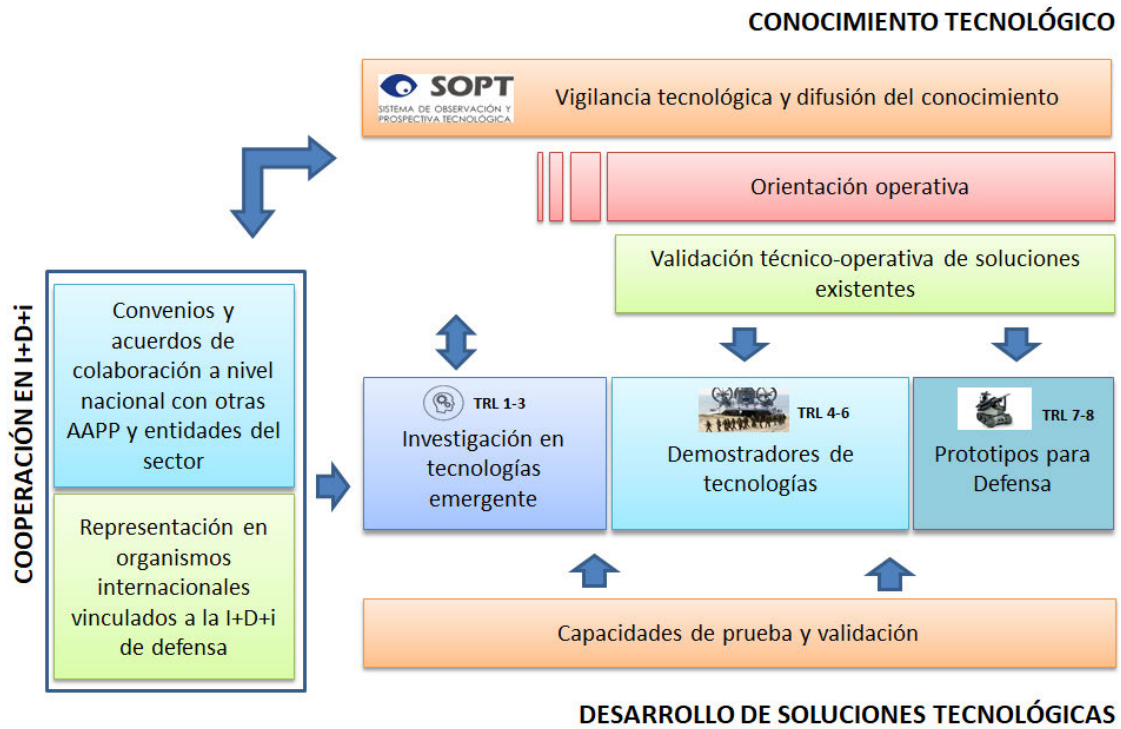


Figura 10. Mapa de instrumentos.

Flexibilidad

Se trata de que existan opciones para abordar proyectos de I+D+i adecuados a los distintos ritmos de avance de la tecnología, favoreciendo las necesidades específicas de determinados nichos tecnológicos o el abordar proyectos encaminados al uso innovador de la tecnología, de forma que dispongan de la agilidad que cada vez más se demanda.

En ese contexto, el Ministerio de Defensa gestiona el programa COINCIDENTE, el cual cuenta con una dilatada experiencia como vehículo para que la BTI aborde retos tecnológicos de aplicación a defensa. En los últimos años se ha venido adecuando este instrumento para permitir dirigirlo a temáticas específicas de interés para defensa, así como para lanzar convocatorias con periodicidad anual, facilitando que pueda ser la base sobre la que elaborar llamadas específicas más adaptadas a estos requisitos de flexibilidad, utilizando enfoques abiertos.

Asimismo, en este mismo periodo se han iniciado programas³ basados en promover campañas de experimentación técnico-operativa, que posibiliten probar las prestaciones reales de demostradores tecnológicos y prototipos bajo condiciones que permitan entender su cercanía o validez a las necesidades de defensa. Resulta especialmente interesante para soluciones tecnológicas con suficiente madurez diseñadas para su uso en aplicaciones civiles, pero que hasta ahora no han sido empleadas en defensa, así como para aquellos casos en los que exista una amplia variedad de soluciones tecnológicas alternativas en el mercado. El Ministerio financia la campaña y elabora un informe con los resultados, proponiendo las mejoras requeridas por los sistemas para su mejor adaptación a los requisitos de las FAS. Se trata de un instrumento generador de conocimiento, en torno al que es posible orquestar otras iniciativas encaminadas al desarrollo de tecnología que permitan a estas soluciones acercarse de forma más rápida al mercado de la defensa.

³ Iniciativas como RAPAZ, CONDOR y BARRACUDA, dirigidas a la validación técnico-operativa de RPAS, C-UAS y vehículos submarinos no tripulados, respectivamente.

Complementariedad

Se busca que los instrumentos que existen en el Ministerio de Defensa y los del panorama de cooperación nacional se complementen entre sí, de forma que se evite la duplicación de esfuerzos y se incremente la eficacia al combinar actuaciones.

A nivel nacional se prevé incidir en prestar apoyo a los proyectos duales que se financien en convocatorias del PEICTI o se desarrollen con financiación privada, de forma que incrementen sus posibilidades de continuación en su adaptación a defensa, en línea con los planteamientos descritos en el apartado sobre cooperación nacional.

Así, en el ámbito de la investigación en tecnologías emergentes (TRL 1-3) se tiene interés en lograr esa complementariedad con determinados instrumentos gestionados por la AEI en torno a determinadas tecnologías emergentes cuyo desarrollo futuro pueda abrir nuevas posibilidades para la I+D+i de defensa e incluso causar efectos disruptivos, tal como se explica en el objetivo tecnológico «Tecnologías emergentes con potencial aplicación futura a defensa».

A niveles superiores de madurez tecnológica, existe una variedad de instrumentos dirigidos al desarrollo de demostradores tecnológicos (TRL 4-6) o a prototipos (TRL 7-8), gestionados por distintos organismos estatales y autonómicos, que también son propicios para lograr esta complementariedad. Instrumentos del PEICTI 2021-2023 incluidos en el Programa para desarrollar, atraer y retener el talento, en el Programa para fomentar la I+D+i y su transferencia, en el Programa para catalizar la innovación y el liderazgo empresarial y en el Programa para afrontar las prioridades de nuestro entorno, ofrecen posibilidades muy interesantes para que proyectos presentados por la BTI, alineados con los objetivos tecnológicos y líneas de I+D+i de la Estrategia con carácter más dual, puedan desarrollarse.

Y en el caso de algunos de estos instrumentos, puede suponer una vía alternativa de financiación para que propuestas de proyectos presentados a convocatorias como el COINCIDENTE que, habiendo sido evaluados positivamente no han alcanzado la financiación disponible, tengan posibilidades de progresar.

Todo esto obliga, por un lado, a trabajar con los organismos responsables de gestionar estos instrumentos⁴ para diseñar mecanismos estables y continuados de colaboración que favorezcan esta complementariedad, adaptados al enfoque *bottom-up* y en concurrencia competitiva que caracteriza a estos instrumentos. Y por otro, a que el Departamento adecue y sistematice sus apoyos, de forma que sus capacidades de validación técnico-operativa y de orientación hacia defensa de los proyectos puedan ser prestados de forma eficaz y eficiente.

En concreto, en relación a esta orientación operativa para favorecer la adecuación de los proyectos a fines de defensa, se espera profundizar en la preparación de unos requisitos suficientemente detallados para que sean de utilidad a los agentes de la BTI, pero salvaguardando a su vez los requisitos de seguridad necesarios. También se prevé poner especial énfasis en iniciativas de difusión (p. ej. jornadas técnicas), encaminadas a explicar a la BTI las necesidades tecnológicas de las FAS.

⁴ En el marco del *Protocolo General de Actuación entre el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia e Innovación y sus agencias de financiación*, así como en los que pudieran suscribirse con otras entidades en el ámbito regional.



Por su parte, en relación con la validación técnica operativa, se espera hacer uso de las capacidades actualmente existentes, así como promover el desarrollo de nuevas capacidades de prueba y validación a través del INTA, en aquellos nichos específicos de interés para defensa que no estén disponibles en otros centros tecnológicos del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación o si esta resulta insuficiente para abordar los objetivos tecnológicos establecidos.

Utilidad

Se busca que el conjunto de oportunidades, que permitan desarrollar tecnología de aplicación a defensa, sean conocidas y utilizadas por un creciente número de entidades del tejido tecnológico nacional.

Para ello se ha previsto potenciar los instrumentos del Ministerio encargados de recopilar, gestionar, y explotar el conocimiento tecnológico de interés para defensa para llevar a cabo las distintas funciones de la organización, así como los relativos a la difusión de este conocimiento a todas las partes interesadas de cara a promover avances y alinear actuaciones.

En concreto, se prevé reforzar el funcionamiento del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica⁵ de forma que favorezca la implicación en temáticas de defensa de un mayor número de entidades nacionales, así como mejorar el funcionamiento de los medios de difusión de información tecnológica del Departamento (Portal de Tecnología e Innovación para la Defensa, Boletín de Observación Tecnológica en Defensa, DESEi+d, etc.) en torno a los avances tecnológicos, capacidades existentes, necesidades tecnológicas y oportunidades de colaboración en I+D+i a nivel nacional e internacional, para que sirvan de apoyo efectivo a la orientación de la BTI, complementando otras iniciativas de difusión externas al Departamento.

Financiación

El marco financiero en el que se moverá esta Estrategia es el definido en las *Previsiones del Escenario de Planeamiento del Recurso Financiero* utilizado como documento de partida en la fase de definición del ciclo de planeamiento de la Defensa.

Estos escenarios financieros han sido actualizados en línea con las sucesivas programaciones económicas realizadas hasta la fecha de elaboración de este documento.

La política de gasto 46 (I+D) en el sector de defensa (464) incluye los programas de gasto 464A (Investigación y estudios de las FAS), que gestiona el Ministerio de Defensa, así como el programa 464B (Apoyo a la innovación tecnológica en el sector de la defensa), que gestiona el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, siendo la financiación de esta política, en el último presupuesto aprobado⁶ y en la parte dedicada a inversiones del orden de 550 millones de euros.

⁵ Instrumento orientado al asesoramiento, evaluación, vigilancia y difusión tecnológica, regulado por la Instrucción comunicada número 01/2018, de 27 de febrero, del director general de Armamento y Material. Más información en <http://www.tecnologiaeinovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/SOPT.aspx>.

⁶ A fecha de elaboración de este documento, el último presupuesto aprobado corresponde al año 2018.

No obstante, la parte de la política asignada al programa 464B⁷ varía en función de los grandes programas que en ese momento se están prefinanciando por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y dependerá en todo momento de los grandes desarrollos en marcha.

Dada la situación económica que ha provocado la crisis sanitaria COVID-19, es difícil adelantar que grandes programas tractors aprobará el gobierno en el periodo de vigencia de esta estrategia y cuyos desarrollos se harán en base a los planes industriales y tecnológicos (PLANITEC) específicos que se elaboren para cada caso.

Pero sin duda, la necesidad de dinamización y recuperación de la BTI nacional hará imprescindible el diseño de un conjunto de medidas para contribuir a recuperar lo antes posible el potencial industrial, tecnológico y de empleo de antes de la crisis, teniendo en cuenta que la industria de defensa es un sector estratégico y fundamental para mitigar el impacto social de la pandemia, recuperando los empleos de alta cualificación y los equipos de trabajo que desarrollan tecnologías de alto valor añadido, así como para impulsar la I+D+i como elemento imprescindible para hacer frente a los retos y amenazas del futuro y hacer competitiva a nuestra BTI. Lo que apoyará el cumplimiento del objetivo orientado al desarrollo de tecnologías avanzadas para su incorporación en las futuras grandes plataformas y sistemas de armas.

Para los objetivos encuadrados en el desarrollo de tecnologías para los principales desafíos y retos tecnológicos de defensa, esta Estrategia cuenta con la financiación asignada al programa presupuestario 464A, así como, con el efecto multiplicador que estas inversiones puedan ejercer al verse apoyada en el pilar de cooperación y, por tanto, tener a su alcance la movilización de los recursos del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación y de la financiación de la Unión Europea y otros organismos internacionales en los mecanismos de colaboración multinacional.

Siendo una directriz de esta Estrategia el orientar las actividades de I+D+i a los objetivos tecnológicos marcados en la misma, se es consciente de que en algunos casos de oportunidad se puede financiar líneas de I+D+i de interés para defensa que no se han considerado objetivos tecnológicos.

Por ello, la ambición de esta Estrategia es dedicar el ochenta por ciento del recurso financiero disponible para el desarrollo de los objetivos tecnológicos, dejando un veinte por ciento para esas otras líneas de I+D+i de interés para defensa contempladas en el anexo A.

Todo el conjunto de actuaciones en I+D+i de aplicación a defensa financiadas con el programa presupuestario 464A se van a incluir en una Acción Estratégica en Defensa dentro del PEICTI 2021-2023, la cual además podrá incluir otras actuaciones programáticas gestionadas por unidades externas al Departamento dirigidas a fines alineados con esta Estrategia, así como, con el

⁷ Desde el programa de gasto 464B (Apoyo a la innovación tecnológica en el sector de defensa), que gestiona el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se conceden préstamos reembolsables a la industria del sector.

^{EI} objetivo inmediato de este programa es apoyar la participación de las empresas españolas en el desarrollo de proyectos tecnológicos industriales relacionados con la defensa y que tengan un carácter estratégico o internacional (normalmente asociado a los programas especiales de armamento (PEAS)).

^{Los} proyectos tecnológicos industriales acaban repercutiendo en el presupuesto del Ministerio de Defensa a través del programa de gasto 122B (Programas Especiales de Modernización), momento a partir del cual la industria del sector comienza la devolución de los préstamos al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

^{Por} consiguiente, a efectos de financiación de la I+D+i de defensa, se puede considerar que el Ministerio de Defensa también acaba asumiendo el coste de esos proyectos tecnológicos a través del programa de gasto 122B.



programa presupuestario 464B para aquellos objetivos tecnológicos incluidos en el ámbito del desarrollo de tecnologías avanzadas para su incorporación en las futuras grandes plataformas y sistemas de armas.

Seguimiento

Sin duda, una Estrategia cuyo horizonte temporal es seis años, y que marca directrices y objetivos en el ámbito tecnológico, puede verse cuestionada al poco de su promulgación, si no se dispone de los mecanismos que habiliten su revisión.

Por ello, un elemento fundamental para la mejora continua en los procesos de I+D+i desarrollados en el Departamento, es precisamente la revisión que con carácter anual se realice de la Estrategia.

Esta revisión será realizada por el Consejo Asesor y de Coordinación de I+D, regulado en la orden DEF/685/2012, de 28 de marzo, y se basará en un conjunto de análisis complementarios:

Primero, un informe de seguimiento, función que se realizará de forma continuada, a partir del conjunto de indicadores diseñados e incluidos en este documento, y cuyo objetivo es medir los avances conseguidos en la implantación de la Estrategia.

Segundo, un análisis de adecuación al contexto actual de los objetivos tecnológicos marcados en la Estrategia, sobre la base de la información recopilada por la función de vigilancia y prospectiva tecnológica, valorando para ello los avances y cambios que se vayan produciendo en los tres aspectos que han determinado su selección:

- Evolución de las amenazas y escenarios y, por tanto, de las capacidades militares, como consecuencia de las revisiones del ciclo de planeamiento de la Defensa, previstas en la orden ministerial 60/2015, de 3 de diciembre. Para llevarla a cabo, se tendrá en cuenta el Informe de Seguimiento del Objetivo de Capacidades Militares que se emite anualmente.
- Cambios en los análisis e informes tecnológicos, y resultados del seguimiento de las tecnologías emergentes y de aquellas con carácter más disruptivo.
- Progreso en el desarrollo de las capacidades tecnológicas por parte de la BTI nacional.

Tercero, una valoración de la adecuación de las directrices y actuaciones incluidas en la Estrategia, en función del contexto internacional y de los cambios que puedan producirse en el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Cuarto, cualquier otro aspecto que pueda hacer recomendable introducir cambios en la Estrategia.

Indicadores

Para facilitar el seguimiento en la implantación de esta Estrategia, se ha diseñado un modelo de medida que busca lograr un compromiso entre la necesidad de medir el avance y la realidad de disponer de datos fiables, que puedan sustentar esas mediciones y las evaluaciones que de ellos se obtengan.

Este modelo es una combinación de dos dimensiones: actuaciones promovidas durante el periodo de vigencia de la Estrategia y resultados obtenidos con los proyectos de I+D+i.

a. Actuaciones promovidas durante el periodo de vigencia de la Estrategia

La Estrategia contempla la realización de inversiones en I+D+i por parte del Ministerio de Defensa, así como un conjunto de actuaciones en los pilares de colaboración y mejora continua, las cuales no son un fin en sí mismo, sino un medio para potenciar los avances en los objetivos tecnológicos y líneas de I+D+i de interés para Defensa.

Con todas estas actuaciones se espera promover la realización de un conjunto de proyectos de I+D+i con aplicación en defensa en los que participe la BTI. Si bien el lanzar proyectos en un determinado ámbito tecnológico no asegura por sí mismo el logro de avances de calidad, constituye un primer indicador de si los esfuerzos que se están realizando con la Estrategia van en la dirección correcta y de si el volumen de proyectos iniciados es importante en magnitud.

Inversiones realizadas a nivel nacional

Se contemplan indicadores cuantitativos sobre el esfuerzo global realizado:

- *Inversión pública dedicada a I+D+i con fines para defensa (464A, 464B).* Dirigido a conocer el esfuerzo dedicado desde PGE específicamente a I+D+i con fines para defensa.
- *Número de proyectos y volumen económico movilizado en proyectos duales financiados por organismos estatales y autonómicos, asociados a actuaciones en el pilar de cooperación nacional.* Se trata de una medida aproximada, al estar muy condicionado por el conocimiento de estos proyectos y por su grado de aplicabilidad a defensa, si bien es un indicador de los avances logrados en el ámbito de la cooperación nacional.
- *Número de proyectos con financiación externa en los que el Ministerio de Defensa aporta un apoyo distinto al económico.* Se busca obtener una medida de la dimensión y grado de efectividad del modelo de apoyo indirecto planteado en el apartado cooperación nacional de esta Estrategia.

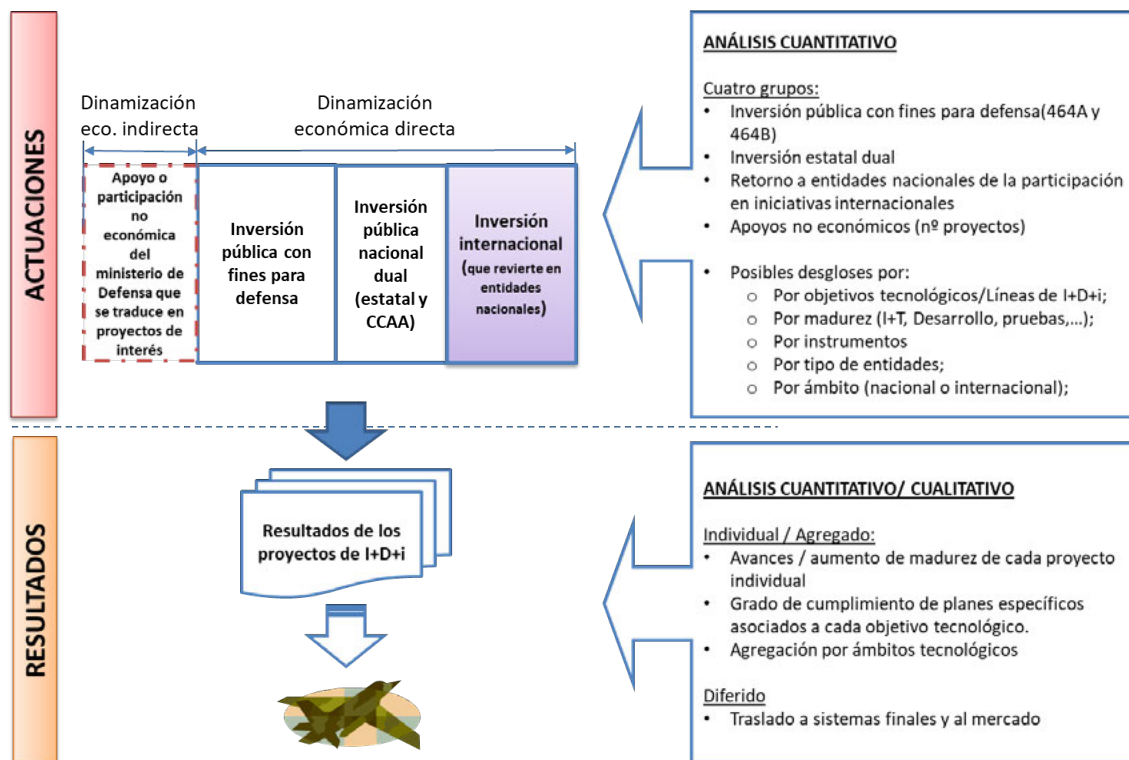


Figura 11. Medida de los avances de la I+D+i de defensa.



A partir del conjunto de proyectos individuales, se prevé obtener otros indicadores particulares según las siguientes vistas:

- En función de su contribución a objetivos tecnológicos y líneas de I+D+i.
- En función de bandas de madurez de los proyectos: I+T, de desarrollo y a la realización de pruebas técnico-operativas u otras actividades habilitadoras de la I+D+i de defensa.
- En función de si su ejecución se realiza en un contexto nacional o internacional.
- En función del tipo de entidad líder.
- En función del instrumento o llamada.

Inversiones realizadas a nivel internacional

Se contemplan indicadores cuantitativos relacionados con el grado de participación de la BTI en las distintas secciones de EDF, así como en Horizonte Europa, OTAN y otras iniciativas multinacionales:

- % de retorno en la sección investigación de EDF y número de proyectos seleccionados frente al total.
- Inversiones en la sección de desarrollo de EDF en relación al volumen económico movilizado.
- Inversiones en otras iniciativas multinacionales de desarrollo de tecnología frente al volumen económico movilizado.
- Número de proyectos aprobados en Horizonte Europa que cuenten con participación del Ministerio de Defensa.
- Número de iniciativas de la STO con participación de representantes nacionales en su organización frente al total.

A partir del conjunto de proyectos individuales, se prevé obtener indicadores particulares según las siguientes vistas:

- En función del ámbito (Comisión Europea, OTAN, multinacional, etc.), iniciativa, llamada o panel (caso de la STO).
- En función de su contribución a objetivos tecnológicos y líneas de I+D+i

b. Resultados obtenidos con las actuaciones en I+D+i

De cara a medir el interés de los resultados obtenidos con las actuaciones en I+D+i, se plantean dos escenarios temporales.

El primero, al finalizar cada proyecto de I+D+i, realizando una estimación de los avances logrados en ese proyecto (p. ej. en términos de TRL) mediante indicadores cualitativos, los cuales se van a agregar para dar periódicamente medidas de avance según líneas de I+D+i y objetivos tecnológicos, y en particular, con lo previsto en los planes específicos asociados a cada uno de esos objetivos. Se prevé realizar este tipo de medidas tanto a proyectos con financiación del Ministerio de Defensa como externos.

El segundo, a más largo plazo, en el que se espera identificar en qué medida los esfuerzos realizados con la Estrategia se traducen en avances tecnológicos incorporados a sistemas finales que lleguen al mercado y puedan ser utilizados por las FAS. En este caso, al tratarse de medidas diferidas en el tiempo, resulta complejo realizarlas en un escenario temporal de seis años. Sin embargo, durante el periodo de vigencia de la ETID se prevé profundizar en el diseño y medida de este tipo de indicadores de cara a poder valorar la efectividad de las actuaciones I+D+i en Estrategias futuras.

Actuaciones en el pilar de mejora continua

ACTUACIONES	
[MCON - 1]	Mejorar tanto los flujos de información dentro del Ministerio de Defensa como los procesos de planificación, contratación, gestión y aprovechamiento de los resultados de las actividades de I+D+i, para asegurar la utilidad y el uso eficaz y eficiente de la financiación.
[MCON - 2]	Mejorar la coordinación entre los diferentes organismos del Departamento vinculados a la I+D+i.
[MCON - 3]	Trabajar para disponer de una colección de instrumentos abiertos y adecuados para cada etapa de madurez de la tecnología, que favorezcan la participación de todo tipo de entidades del tejido tecnológico nacional y complementen a otros instrumentos del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica.
[MCON - 4]	Asegurar que exista dentro de la organización una adecuada capacidad para promover la cooperación nacional con el resto de organismos estatales y autonómicos financiadores de la I+D+i civil y dual.
[MCON - 5]	Medir de forma exhaustiva tanto las inversiones en I+D+i como los avances logrados en cada ámbito tecnológico para apoyar la toma de decisiones.
[MCON - 6]	Favorecer en el proceso de obtención de recursos materiales, alternativas de obtención que incorporen resultados de proyectos de I+D+i promovidos por el Ministerio de Defensa, y que potencien el desarrollo de los objetivos tecnológicos y líneas de interés de I+D+i definidos en la Estrategia.

Tabla 4. Actuaciones en el pilar de mejora continua.



ANEXO A. Líneas de I+D+i de interés para defensa

El conjunto de líneas de I+D+i de interés para defensa incluidas en la Estrategia están organizadas en torno a las 11 **áreas**¹ que se exponen a continuación:

1. Armas y municiones
2. Sensores y sistemas electrónicos
3. Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente
4. Bases e instalaciones
5. Plataformas terrestres
6. Plataformas navales
7. Plataformas aéreas
8. Sistemas espaciales
9. Combatiente
10. NRBQe
11. Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación

Existe un primer grupo de áreas que representan ámbitos de desarrollo de tecnologías y sistemas típicamente utilizados en defensa, los cuales pueden tener entidad propia dentro de las necesidades de defensa o estar integrados en plataformas y sistemas de armas de mayor tamaño. Así, tanto el área 1 (Armas y municiones) como el 2 (Sensores y sistemas electrónicos) representan ámbitos en el que la naturaleza de los sistemas desarrollados o las exigentes prestaciones que se requieren para su uso en aplicaciones de defensa, dan lugar a un importante número de líneas de I+D+i. Es también el caso del área 11 (Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación), con un marcado carácter horizontal al resto de las áreas, que agrupa el conjunto de Líneas de I+D+i relacionadas con los sistemas C4I, la ciberdefensa y los simuladores, todos ellos ampliamente utilizados en defensa.

Por otra parte, las áreas 4 a 9 (Bases e instalaciones, Plataformas terrestres, Plataformas navales, Plataformas aéreas, Sistemas espaciales y Combatiente) representan los principales ámbitos de aplicación de las tecnologías desarrolladas en la Estrategia, siendo a menudo en ellas en las que se desarrollan las grandes plataformas y sistemas de armas utilizados en defensa, los cuales con frecuencia adaptan e integran desarrollos tecnológicos abordados en otras áreas de la Estrategia según sus particularidades y exigencias de los entornos en los que operan. Esas áreas se complementan con un área 3 (Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente), que recopila líneas de I+D+i igualmente aplicables a la mayor parte de las áreas anteriores, evitando con ello repetir su interés en cada una de ellas. El área 9 (Combatiente) puede considerarse un caso particular de las anteriores, al agrupar desarrollos e innovaciones centrados en las personas, los cuales se trasladan a través de su equipamiento o de sus capacidades cognitivas y estado de salud.

¹ Esta estructura de áreas supone una evolución de la considerada en la ETID 2015, de forma que las áreas 3 a la 8, que en la anterior versión de la Estrategia eran parte de una misma área, han pasado a tener consideración de área, dada su especial relevancia.

Por último, el área 10 (NRBQe), centrada en el desarrollo de tecnologías de defensa ante amenazas asimétricas, supone un caso particular dentro de este conjunto de áreas, por su mayor orientación hacia **amenazas específicas de defensa**.

Cada una de estas áreas, a su vez se estructuran en un conjunto de **subáreas**² que agrupan las líneas de I+D+i que abordan retos tecnológicos relacionados (véase figura 12).

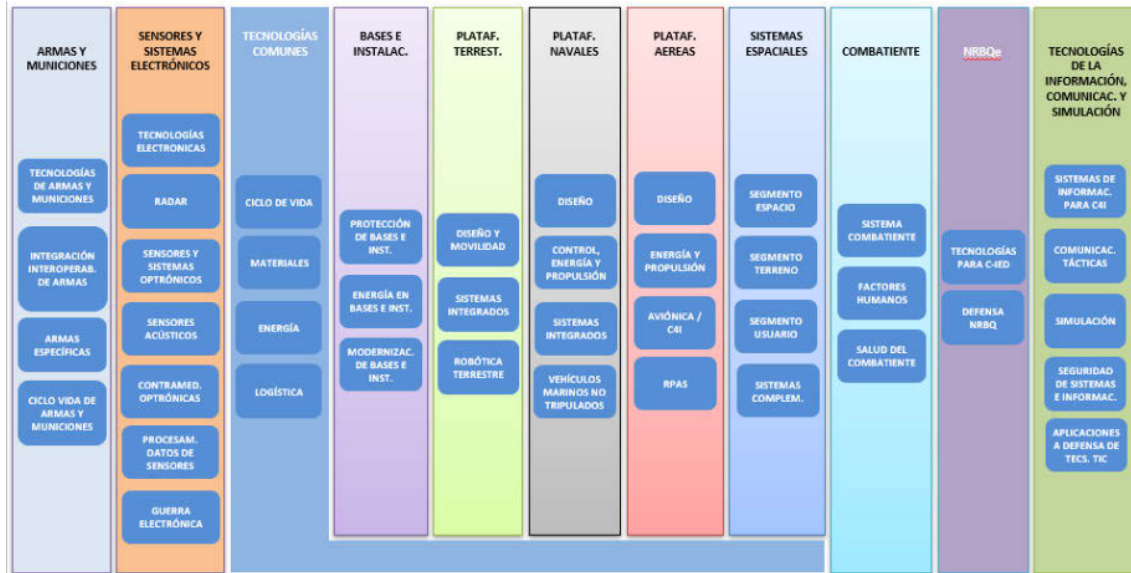


Figura 12. Áreas y subáreas de la ETID.

Si bien se trata de una organización jerárquica de la información, existen múltiples relaciones horizontales entre dichas subáreas y sus líneas de I+D+i, consecuencia de la complejidad inherente al uso de la tecnología en los múltiples tipos de sistemas y aplicaciones de defensa.

A continuación, se detallan cada una de las líneas de I+D+i de interés para defensa, resaltándose aquellas que contribuyen en mayor medida a la consecución de los objetivos tecnológicos de la ETID. El listado completo de este conjunto de líneas de I+D+i se incluye en la tabla 5.

Finalmente, en la tabla 6 se muestra la relación que existe entre cada una de las subáreas de la ETID y las áreas de Conocimiento que afectan a los intereses esenciales de seguridad y defensa (según Resolución 420/38100/2015, de 30 de julio, de la Secretaría General Técnica, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 29 de mayo de 2015). Asimismo, en la tabla 7 se incluye una relación orientativa entre las Líneas de I+D+i Estratégicas incluidas en la EECTI 2021-2027 y las líneas de I+D+i de la ETID.

² En la ETID 2015, la información tecnológica se recogía a través de metas tecnológicas, las cuales estaban organizadas en áreas y líneas de actuación funcional. Para evitar confusiones terminológicas, en esta versión se organizan a través de áreas y subáreas, las cuales incluyen un conjunto de líneas de I+D+i de interés para Defensa.

1. ARMAS Y MUNICIONES	
1.1. TECNOLOGÍAS DE ARMAS Y MUNICIONES	
1.1.1. Mejora de las prestaciones de las municiones mediante tecnologías aplicables a los efectos y su activación	Investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a las cargas de las municiones, incluyendo tanto la carga y sus efectos físicos convencionales (balística de efectos, materiales energéticos para conformar explosivos y pirotécnicos, cargas huecas, de fragmentación, etc.), o no convencionales (cargas de efecto EM, cargas de efecto acústico, etc.), como los sistemas de activación y control de efectos (espoletas, dispositivos de control, actuadores, etc.), buscando una mejora en las prestaciones, la eficiencia y en la eficacia de las mismas en lo que a letalidad y escalabilidad se refiere.
1.1.2. Mejoras de las tecnologías de propulsión de municiones	Investigación y desarrollo de tecnologías en el ámbito de los sistemas de propulsión balística convencional mediante la mejora de los propulsores (cargas de proyección, granos de propulsante sólido para motores cohete, etc.), la balística interior y exterior, así como las tecnologías de autopropulsión convencional (motor cohete, etc.), y de nuevas tecnologías de propulsión (eléctrica, electromagnética, hibridación, entre otras), con el fin de obtener mejores prestaciones, especialmente mediante un aumento en el alcance y velocidad y una reducción de los efectos térmicos y de la firma calórica o pluma.
1.1.3. Mejora de la seguridad en el uso de armas y municiones mediante sistemas de control, municiones insensibles y otras medidas específicas	Investigación y desarrollo de tecnologías para aumentar la seguridad en el empleo de las municiones mediante diferentes estrategias, que incluyen la reducción de su sensibilidad frente a estímulos diversos como municiones que emplean materiales energéticos altamente insensibles, dispositivos de control adicional en espoletas y sistemas de activación, etc., así como tecnologías de sistemas de seguridad aplicables a armas y municiones con carácter general, que pueden incorporar sistemas y medidas específicas.
1.1.4. Mejora de las prestaciones de las municiones a partir de dispositivos de guiado y de control avanzado	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías para desarrollar municiones complejas, que permitan aumentar la precisión a través de la incorporación de capacidades de guiado y control, así como aumentar su autonomía mediante la incorporación de tecnologías de procesamiento de datos de sensores, inteligencia artificial, enlaces de comunicaciones, etc. logrando ventajas operativas principalmente relacionadas con la mejora de la efectividad en el enfrentamiento, la disminución de la carga logística o la disminución de posibles daños colaterales.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «tecnologías de guiado y control avanzado de municiones».</p>



1. ARMAS Y MUNICIONES	
1.2. TECNOLOGÍAS DE INTEGRACIÓN E INTEROPERABILIDAD DE ARMAS	
1.2.1. Tecnologías para mejorar la integración e interoperabilidad de armas con el combatiente	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a la integración de armas individuales con el combatiente que contribuyan a mejorar la eficacia de fuegos siendo de especial interés la integración de dispositivos electromecánicos de control que incorporen mayor funcionalidad del arma, mejor conciencia situacional y mayor interoperabilidad con las arquitecturas C2, etc. Se consideran armas de uso individual.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías para el combatiente a pie».</p>
1.2.2. Tecnologías para mejorar la integración e interoperabilidad de armas con plataformas y sistemas de mando y control	<p>Desarrollo de tecnologías para mejorar la integración y aumentar el grado de interoperabilidad de las armas tanto en sistemas de armas y plataformas de todo tipo, tripuladas y remotamente tripuladas, como en infraestructuras basadas en tierra, con especial interés en el desarrollo de arquitecturas para la integración mecánica, eléctrica, electrónica y <i>software</i> que permitan aumentar tanto la compatibilidad, simplificando el proceso de integración, como la automatización, mediante la integración de sistemas y procesos de control remoto de armas que se integren con los sistemas de mando y control.</p>

1. ARMAS Y MUNICIONES	
1.3. ARMAS DE APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS	
1.3.1. Armas de energía dirigida mediante láser de alta potencia	<p>Diseño, desarrollo e integración de sistemas de armas de energía dirigida mediante láser de alta potencia (<i>Laser Directed Energy Weapons</i>, LDEW) para su uso en aplicaciones militares y de seguridad, proporcionando capacidades adicionales de autodefensa y respuesta.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «tecnologías para el desarrollo de armas láser de alta potencia».</p>
1.3.2. Armas de energía dirigida de RF	<p>Desarrollo de las tecnologías de armas de energía dirigida de radiofrecuencia (RF), con el objetivo de poder abordar en el futuro el desarrollo de sistemas para el ataque electrónico, capaces de generar niveles de potencia de RF lo suficientemente elevados para inutilizar temporalmente o incluso destruir los sistemas electrónicos de la amenaza.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «tecnologías para armas de energía dirigida de RF».</p>



1. ARMAS Y MUNICIONES	
1.4. TECNOLOGÍAS DE APOYO AL CICLO DE VIDA DE ARMAS Y MUNICIONES	
1.4.1. Gestión y control del ciclo de vida de municiones mediante herramientas de apoyo	Desarrollo de tecnologías que permitan una mejora en la vigilancia y control de las condiciones climáticas y fisicoquímicas de las municiones durante su ciclo de vida, para optimizar su vida útil y reducir la carga logística.
1.4.2. Mejora de la eficiencia y reducción de los efectos sobre la salud y del impacto medioambiental en la producción, desmilitarización, transporte y almacenamiento de armas y municiones	Investigación y desarrollo de tecnologías que permitan mejorar la eficiencia y/o reducir los efectos potenciales sobre la salud humana y sobre el medioambiente de los procesos relacionados con el ciclo de vida de las municiones, a partir del empleo de nuevas tecnologías, nuevos materiales o de la implantación de nuevos procesos y técnicas de producción, desmilitarización, transporte o almacenamiento.

2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.1. TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS	
2.1.1. Antenas, dispositivos y módulos de RF de altas prestaciones	<p>Mejorar las prestaciones de los dispositivos y componentes que forman parte de los sistemas de radiofrecuencia (RF) militares mediante el empleo de tecnologías y desarrollos aplicables a dichos elementos, para lograr funcionalidades avanzadas en radar, guerra electrónica (GE) y sistemas de comunicaciones.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías electrónicas de altas prestaciones».</p>
2.1.2. Aplicación de tecnología fotónica a sistemas de RF	<p>Aplicación de la tecnología fotónica para mejorar las prestaciones de los sistemas de radiofrecuencia (RF) militares mediante desarrollos a nivel de componentes, subsistemas y sistemas completos, aportando importantes beneficios en cuanto a la disminución del tamaño, peso y consumo (<i>SWaP-Size, Weight and Power</i>) de los sistemas de RF, para las plataformas donde este tipo de sistemas se embarcan.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías electrónicas de altas prestaciones».</p>
2.1.3. Arquitectura SMRF	<p>Desarrollo de una arquitectura SMRF (<i>Scalable Multifunction RF systems</i>) estandarizada para la implementación de sistemas de radiofrecuencia militares que sean modulares (basados en la interconexión de bloques <i>hardware</i> y <i>software</i>) y multifuncionales (en los que se utiliza un <i>hardware</i> común para proporcionar a la plataforma todas las funcionalidades de RF que precisa). Mediante la utilización de esta arquitectura se espera obtener ventajas en los costes de desarrollo y mantenimiento de los sistemas de RF militares, así como facilitar la rápida inserción de nuevas tecnologías y funcionalidades en dichos sistemas.</p>



2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.2. RADAR	
2.2.1. Identificación de objetivos no cooperativos (NCTI) y reconocimiento automático de objetivos (ATR)	Desarrollo de técnicas mejoradas para la identificación de objetivos no cooperativos (NCTI – <i>Non Cooperative Target Identification</i>) y de algoritmos que permitan realizar de forma automática las tareas de detección, localización, reconocimiento e identificación de objetivos (ATR- <i>Automatic Target Recognition</i>), estáticos y móviles, a partir de los datos obtenidos por los sensores radar. La mejora de estas técnicas y algoritmos presentan un importante potencial para reducir los daños colaterales y las posibilidades de fratricidio en las operaciones actuales.
2.2.2. Nuevos algoritmos de procesado y arquitecturas radar	Investigación y desarrollo de algoritmos avanzados de procesado de la señal radar para la detección y seguimiento de blancos elusivos/difíciles en entornos complejos (p. ej., con alto nivel de <i>clutter</i> e interferencias y bajo condiciones climáticas adversas) y de nuevas arquitecturas radar que puedan proporcionar ventajas significativas sobre los sistemas ya existentes o proporcionen capacidades completamente nuevas.
2.2.3. Sistemas radar de defensa aérea	Desarrollo de sistemas radar de defensa aérea en el estado del arte tanto para unidades terrestres como navales, para potenciar la capacidad tecnológica nacional adquirida y avanzar en la obtención de nuevos sistemas de última generación.
2.2.4. Sistemas SAR/MTI	Desarrollo de tecnologías HW y SW, para sistemas radar SAR/MTI (<i>Synthetic Aperture Radar / Moving Target Indicator</i>) embarcados en plataformas aéreas. La tecnología de imágenes SAR ofrece la posibilidad de «detección del cambio» en un terreno mediante la aplicación de técnicas SAR interferométricas (InSAR) y las técnicas MTI posibilitan la capacidad de discriminación de blancos móviles. Asimismo, la imagen SAR puede revelar información que se encuentra oculta en otras regiones del espectro (visual, infrarrojo, etc.), completando la información obtenida con estos sensores y aumentando la probabilidad de detección de los blancos.

2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS

2.3. SENSORES Y SISTEMAS OPTRÓNICOS

2.3.1. Sistemas basados en detectores EO/IR	Investigación y desarrollo de nuevos sistemas optrónicos basados en detectores en el rango visible (EO) e infrarrojo (IR) con prestaciones mejoradas frente a los existentes actualmente para su empleo en todo tipo de misiones ISTAR militares. En particular, el interés se dirige al desarrollo de sistemas basados en detectores SWIR (1-3 μ m), de sistemas hiperspectrales y multispectrales mediante filtros o detectores multibanda, así como de sensores que impliquen la fusión de las diferentes bandas espectrales del IR (NIR, SWIR, MWIR, LWIR) con la banda visible. Se incluye el procesamiento de la información utilizando técnicas clásicas.
2.3.2. Sistemas de visión nocturna (SVN)	Investigación y desarrollo para la mejora de los sistemas de visión nocturna (SVN) basados en tubos intensificadores de imagen o en detectores de alta sensibilidad. Es de especial relevancia la digitalización de la señal mediante el desarrollo de nuevos sistemas basados en detectores de alta sensibilidad o la integración de microcámaras en los sistemas basados en tubos intensificadores. También se consideran de alto interés la adquisición de capacidades de conectividad de los distintos sistemas, los sistemas que fusionan detectores IR con imagen basada en tubos intensificadores, así como las mejoras SWaP.
2.3.3. Sistemas basados en tecnología láser para telemetría, LIDAR, guiado y designación de objetivos	Investigación y desarrollo para la mejora de soluciones tecnológicas basadas en tecnologías láser para su uso en defensa, así como el desarrollo de nuevos sistemas. Entre otros, se contemplan actividades en torno a sistemas para telemetría, designadores de objetivos, sistemas de imagen y ayuda a la navegación mediante LIDAR (<i>Light Detection and Ranging</i>), sistemas de guiado láser u otras aplicaciones innovadoras como láseres para entornos submarinos. Se incluye el procesamiento de la información utilizando técnicas clásicas.



2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.4. SENSORES ACÚSTICOS	
2.4.1. Sensores acústicos submarinos	Investigación y desarrollo de nuevos sistemas sonar con prestaciones mejoradas frente a los existentes para todo tipo de aplicaciones militares. En particular, el interés se dirige al desarrollo de nuevos sistemas multiestáticos, compuestos por varios sonar fijos instalados y trabajando en cooperación, incluyendo el uso de redes de múltiples sistemas de alta y media frecuencia en nodos fijos y en plataformas no tripuladas para la protección de instalaciones. Además, se pretende el desarrollo de nuevos sistemas de automatización para la interpretación de las señales, así como el desarrollo de nuevos sónares de alta frecuencia (entorno de 100 KHz) para su incorporación a medida en pequeñas plataformas no tripuladas, tanto de superficie como submarinas.
2.4.2. Sensores acústicos atmosféricos	Investigación, desarrollo e integración de sistemas de acústica terrestre y el procesado de señales para aplicaciones militares, en particular para la detección de detonaciones y la localización de las bocas de fuego, así como para la estimación de trayectorias de objetivos móviles aéreos y terrestres. Se incluye el procesamiento de la información utilizando técnicas clásicas.

2 SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS DE SENSORES	
2.5.1. Fusión sensorial	<p>Desarrollos de algoritmos y técnicas mejoradas de fusión de datos procedentes de diferentes fuentes (imágenes EO/IR, multiespectrales e hiperespectrales, LIDAR, SAR, ISAR, vídeo en movimiento, firmas acústicas, trazas LINK 16/22 y datos GMTI, etc.).</p>
2.5.2. Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores	<p>Desarrollo de algoritmos que analicen los datos obtenidos por diferentes sensores utilizados en defensa de cara a detectar, reconocer o identificar de forma automática la presencia en la escena de entidades con significado e interés para las FAS, de manera que se reduzca la carga de análisis a los operadores humanos.</p> <p>El interés se dirige específicamente a la aplicación de los últimos avances en inteligencia artificial para analizar los datos proporcionados por sensores empleados en escenas de elevada complejidad, en las que hasta ahora no existían alternativas solventes para automatizar dichos análisis.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «IA – Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores».</p>
2.5.3. Procesamiento de datos de sensores para el desarrollo de sistemas de protección activa	<p>Investigación y desarrollo en soluciones tecnológicas centradas en la detección, identificación y seguimiento de amenazas aéreas de alta velocidad, con vistas a obtener sistemas con capacidad C-RAM (<i>Counter Rocket, Artillery and Mortar</i>). La detección, identificación y seguimiento de proyectiles es la etapa más crítica del proceso, al ser habilitante de las etapas posteriores (cálculo balístico y neutralización), y ha de ejecutarse con elevada precisión y unas exigencias críticas en cuanto a tiempo de respuesta.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa».</p>



2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.6. CONTRAMEDIDAS OPTRÓNICAS	
2.6.1. Protección activa DIRCM en plataformas aéreas	Investigación y desarrollo de sistemas DIRCM (<i>Directed Infra-red Counter Measures</i>) basados en láser para su integración en aeronaves militares y hacer frente al lanzamiento de misiles basados en guiado por infrarrojos, presentes en múltiples teatros de operaciones. En particular se destaca el interés por su integración con los sistemas MWS (<i>Missile Warning System</i>) y los sistemas de lanzamiento de señuelos multiespectrales.
2.6.2. Señuelos pirotécnicos, bengalas, botes de humo	Investigación y desarrollo de sistemas pirotécnicos, necesarios para la protección de plataformas aéreas, navales y terrestres, y en particular de señuelos multiespectrales, capaces de responder a la amenaza de misiles de guiado por infrarrojos, así como de sistemas de ocultación mediante cortinas de humo, que impidan el apuntamiento o guiado de municiones de pequeño y gran calibre en todas las bandas del infrarrojo, así como en el rango visible.

2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS	
2.7. GUERRA ELECTRÓNICA	
2.7.1. Sistemas de guerra electrónica de no comunicaciones	<p>Desarrollo de sistemas de guerra electrónica en la banda de no comunicaciones en el estado del arte, tanto de apoyo electrónico (ESM) como de contramedidas electrónicas (ECM), sobre los que se aplicarán los avances tecnológicos de antenas, componentes y módulos de RF, además de algoritmos avanzados específicos.</p> <p>Es parte del objetivo «soluciones de GE adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro».</p>
2.7.2. Sistemas de guerra electrónica de comunicaciones	<p>Desarrollo de sistemas de guerra electrónica de comunicaciones ESM/COMINT y ECM en el estado del arte, sobre los que se aplicarán los avances tecnológicos de antenas, componentes y módulos de RF, con las técnicas más avanzadas de alerta e inteligencia de señales, adaptadas a las nuevas comunicaciones presentes en el ambiente electromagnético (EM).</p> <p>Es parte del objetivo «soluciones de GE adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro».</p>
2.7.3. Guerra electrónica multiplataforma y cooperativa	<p>Desarrollo de tecnologías que permitan la implementación de sistemas de guerra electrónica multiplataforma y cooperativos. La utilización coordinada y cooperativa de los equipos de guerra electrónica embarcados en distintas plataformas, permitirá tanto mejorar la precisión en la detección, localización e identificación de las emisiones de RF del oponente, como aumentar la efectividad de las contramedidas electromagnéticas realizadas sobre los sistemas del enemigo.</p>
2.7.4. Inhibidores contra RC-IED	<p>Desarrollo de sistemas inhibidores de frecuencia en el estado del arte para contramedir artefactos explosivos improvisados radiocontrolados (RC-IED). Se trata de sistemas tanto personales portátiles, como para instalación vehicular y para instalaciones fijas, que ofrezcan versatilidad y capacidad multiuso, que implementen los diferentes modos de operación (activos, reactivos e híbridos) y cuenten con medios de sincronización temporal que permitan la interoperabilidad y compatibilidad con sistemas de inhibición aliados, y con comunicaciones y medios propios.</p>



3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE	
3.1. CICLO DE VIDA	
3.1.1. Mantenimiento de plataformas	<p>Desarrollo de tecnologías que faciliten las tareas de mantenimiento de las plataformas militares (terrestres, aéreas y navales), incrementen su disponibilidad y prolonguen su vida operativa desde el punto de vista tanto estructural como del funcionamiento de sus equipos y sistemas, con el objetivo de reducir las tareas dedicadas a su mantenimiento y sus costes. Se consideran las tecnologías integradas en las propias plataformas que faciliten su mantenimiento preventivo y predictivo, así como todo tipo de procesos de reparación.</p> <p>Es parte del objetivo «IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa».</p>
3.1.2. Inteligencia de datos aplicada al mantenimiento predictivo de plataformas	<p>Desarrollo de algoritmos basados en inteligencia artificial para el análisis automático de grandes volúmenes de datos obtenidos de la sensorización y labores de mantenimiento de las plataformas, de forma que sean capaces de predecir con exactitud y fiabilidad la vida útil restante de cada componente o sistema.</p> <p>Es parte del objetivo «IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa».</p>
3.1.3. Simulación como apoyo al ciclo de vida de las plataformas	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras que, haciendo uso de los últimos avances (p. ej. realidad virtual y aumentada, gemelo digital, etc.), permitan disponer de modelos y representaciones que faciliten la especificación, diseño, desarrollo o mantenimiento de plataformas o sistemas complejos de interés para defensa.</p>
3.1.4. Protección frente a procesos de corrosión y degradación	<p>Desarrollo e incorporación de tecnologías para proteger a las plataformas de los procesos de corrosión y degradación en cualquier tipo de medio agresivo, con el objetivo de reducir su deterioro y el de sus subsistemas y así prolongar su vida útil. Se cubrirá cualquier tipo de ambiente agresivo: procesos a temperatura ambiente, procesos de oxidación a altas temperaturas, ambientes salinos, incrustación de bacterias, flora y fauna marinas en los cascos de los barcos, etc.</p>

3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE	
3.2. MATERIALES	
3.2.1. Reducción del peso en plataformas	Investigación y desarrollo en materiales y estructuras ligeras que, sin disminuir las prestaciones de las plataformas en los que vayan integrados, permitan aumentar su capacidad operativa y su transportabilidad, mejorando además otros aspectos logísticos asociados (menor consumo y mayor autonomía, movilidad, etc.). Esta disminución de peso no debe suponer ni la reducción de la capacidad operativa, ni de la resistencia estructural, ni de los medios de protección pasiva de las plataformas.
3.2.2. Sistemas de protección pasiva de plataformas	Investigación y desarrollo en sistemas de protección pasiva que puedan sustituir a los actuales blindajes de las plataformas (terrestres, navales y aéreas), reduciendo su peso y manteniendo o mejorando su capacidad de protección frente a impactos balísticos y explosiones. Es parte del objetivo «materiales - protección pasiva de plataformas y combatiente».
3.2.3. Reducción de firma de plataformas a través de materiales	Investigación y desarrollo en materiales que permitan la reducción de la firma radar, IR, acústica, visible, etc. de las plataformas (terrestres, navales y aéreas), mejorando su capacidad de ocultación, sin perjudicar otras capacidades como su movilidad, navegación, etc. Es parte del objetivo «materiales - reducción de firma en plataformas y combatiente».
3.2.4. Materiales para aplicaciones a alta temperatura	Investigación y desarrollo de materiales para aplicaciones a alta temperatura (sistemas de propulsión, estructuras que trabajan bajo condiciones de alta temperatura, elementos resistentes al fuego, etc.), que puedan ir integrados en los sistemas militares y que permitan un control de las prestaciones y comportamiento de los mismos durante todo el período de uso en dichas condiciones de temperatura. Se trataría de materiales para emplear en temperaturas desde los 100 °C hasta condiciones por encima de los 1000 °C.



3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE	
3.3. ENERGÍA	
3.3.1. Sistemas de energía de alta potencia	<p>Apoyar a nivel nacional la capacitación de la base tecnológica e industrial en la investigación sobre sistemas de energía embarcados capaces de suministrar la energía necesaria para nuevos sistemas que requieren elevados pulsos de corriente eléctrica, cortos o mantenidos en el tiempo, como pueden ser armas de energía dirigida, cañones electromagnéticos o blindajes activos. Estos desarrollos comprenden tanto sistemas de almacenamiento de energía que permitan ciclos rápidos de carga y descarga, como la electrónica de potencia de control asociada.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica».</p>
3.3.2. Sistemas de captación de energía ambiental <i>(energy harvesting)</i>	<p>Adaptación y validación de tecnologías para la microgeneración de energía eléctrica a través de sistemas de pequeña escala basados en la captación de energía ambiental, para su uso en aplicaciones militares como redes de sensores desatendidas, sistema combatiente y sistemas aislados de red en instalaciones, de forma que se mejore la autonomía y se reduzcan las necesidades logísticas de estos sistemas.</p>
3.3.3. Sistemas de pilas de combustible para su uso en entorno militar	<p>Desarrollo y adaptación de sistemas basados en pilas de combustible que permitan la generación de energía eléctrica a pequeña escala en aplicaciones de combatiente, plataformas, campamentos y bases desplegadas (FOB). Las pilas de combustible podrán emplear hidrógeno u otros combustibles alternativos.</p> <p>Es parte del objetivo «nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados».</p>
3.3.4. Sistemas de microgeneración de energía eléctrica, como microturbinas o grupos electrógenos portátiles	<p>Adaptación y validación de microturbinas, grupos electrógenos portátiles y otras posibles tecnologías distintas a las de <i>energy harvesting</i> y pilas de combustible, para la generación de energía eléctrica a pequeña escala, que puedan ser usados en plataformas, apoyo al combatiente o campamentos.</p>
3.3.5. Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica para su uso en entorno militar	<p>Desarrollo de nuevos sistemas de almacenamiento de energía eléctrica basados en tecnologías electroquímicas que posean una mayor capacidad de carga, mayor flexibilidad en la entrega de potencia y menor peso y volumen que las baterías actuales, para su empleo en distintos sistemas (combatiente, plataformas, bases y campamentos). Dentro de estos sistemas se incluyen baterías de nueva generación y supercondensadores, así como sistemas integrados.</p> <p>Es parte de los objetivos «generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas» y «nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados».</p>

3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE

3.4. LOGÍSTICA

3.4.1. Sistemas de gestión del agua	Investigación y desarrollo en sistemas de gestión del agua (generación, potabilización, desalinización y depuración), tanto fijos como portátiles, adaptados a las necesidades de defensa, en particular en zonas de operaciones y sobre plataformas navales, de cara a simplificar la logística, asegurar el acceso al agua y evitar la posible contaminación del agua por causas naturales o intencionadas.
3.4.2. Sistemas de gestión de residuos	Desarrollo de sistemas de gestión de residuos para bases e instalaciones y plataformas navales, tanto para territorio nacional como para zona de operaciones. Se incluyen aspectos relacionados con la logística de la gestión de residuos, planteamientos de economía circular y valorización energética de residuos.
3.4.3. Combustibles certificados no derivados del petróleo	Apoyar a nivel nacional la capacitación de la base tecnológica e industrial para el desarrollo de combustibles alternativos a los derivados del petróleo, como biocombustibles de tercera generación o combustibles sintéticos, que puedan emplearse bajo el Concepto de Combustible Único (NATO SFC), reduciendo tanto la dependencia energética como las emisiones asociadas de gases de efecto invernadero.
3.4.4. Combustibles alternativos no SFC	Apoyar a nivel nacional la investigación y llevar a cabo la evaluación del uso de combustibles no incluidos en el Concepto de Combustible Único (NATO SFC) en aplicaciones específicas dentro del sector de defensa. Estos combustibles incluyen el gas natural, hidrógeno (procedente de hidrólisis o reformado), hidrocarburos no convencionales (para su uso en pilas de combustible) o biogás proveniente de valorización de residuos, entre otros.



4. BASES E INSTALACIONES	
4.1. PROTECCIÓN DE BASES E INSTALACIONES	
4.1.1. Redes de sensores para protección de instalaciones y despliegues terrestres	Investigación y desarrollo de tecnologías que permitan la protección de bases e instalaciones críticas en entorno terrestre, así como despliegues de tropas en zonas urbanas, puertos y áreas extensas con terreno complejo y ausencia de infraestructura. Se basarán en redes terrestres multisensor distribuidas, autónomas, cooperativas y remotas, dirigidas a la detección de vehículos, dirección de fuego, personas, objetos y actividades.
4.1.2. Redes de sensores para la protección de zonas marítimas	Investigación y desarrollo de tecnologías basadas en redes de sensores y actuadores para realizar vigilancia y proporcionar protección en zonas marítimas frente a amenazas de superficie y submarinas, en particular de puertos y entorno litoral. Se considerará el empleo de redes multisensor distribuidas, autónomas, cooperativas y remotas, con el posible apoyo de sistemas no tripulados marítimos.
4.1.3. Protección frente a amenazas explosivas en infraestructuras	Desarrollo de nuevos elementos de protección pasiva (tanto fijos como portátiles) para despliegue en zona de operaciones o para la protección de instalaciones que puedan estar sometidas a amenazas de tipo balístico y explosiones, así como de las herramientas y del conocimiento necesarios para la generación de modelos, simulación, experimentación y análisis frente a amenazas basadas en explosivos.

4. BASES E INSTALACIONES	
4.2. ENERGÍA EN BASES E INSTALACIONES	
4.2.1. Sistema integrado de generación de energía eléctrica renovable para bases en zona de operaciones	<p>Desarrollo, adaptación y validación de tecnologías de sistemas de generación de energía eléctrica para bases y campamentos en zona de operaciones e instalaciones aisladas que permitan integrar diversas fuentes de energía, incrementando la capacidad de autoabastecimiento de energía eléctrica de forma eficiente. Se consideran preferentemente sistemas basados en tecnologías de generación renovable adaptadas a zona de operaciones, apoyadas por otras tecnologías de generación y almacenamiento y control, que garanticen fiabilidad y continuidad del suministro y permitan al sistema integrado de generación actuar de forma independiente. Se consideran también aspectos complementarios (p. ej. estandarización, herramientas de planificación y simulación de recursos renovables, etc.) para lograr que estas tecnologías puedan ser desplegadas de forma efectiva en zona de operaciones.</p> <p>Es parte del objetivo «generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas».</p>
4.2.2. Redes inteligentes de energía eléctrica para defensa	<p>Desarrollo, adaptación y validación de tecnologías de sistemas de almacenamiento y de gestión de energía aplicados a microrredes eléctricas inteligentes, para mejorar la calidad, gestión y seguridad (física y ciber) de la red e incrementar su resiliencia aplicadas a instalaciones de defensa, tanto en territorio nacional como en zona de operaciones.</p> <p>Es parte del objetivo «generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas».</p>
4.2.3. Autoproducción de combustibles	<p>Apoyar a nivel nacional la investigación y desarrollo de sistemas de producción de combustibles <i>in situ</i> a pequeña escala que permitan reducir las necesidades de combustible logístico en operaciones en el exterior, principalmente basados en aprovechamiento de biomasa (incluyendo residuos), así como la generación de hidrógeno a partir de fuentes diversas.</p>
4.2.4. Climatización y ACS integrada y eficiente	<p>Adaptación y validación de sistemas de climatización y agua caliente sanitaria para bases y campamentos con una alta eficiencia energética, que permitan integrar diversas fuentes de energía térmica con una alta eficiencia energética, contribuyendo a la reducción del consumo energético total en la instalación.</p>



4. BASES E INSTALACIONES	
4.3. MODERNIZACIÓN DE BASES E INSTALACIONES	
4.3.1. Incorporación de tecnologías 4.0 a bases e instalaciones y procesos del Departamento	<p>Aprovechamiento de los avances en el ámbito civil de las denominadas tecnologías 4.0 para mejorar el funcionamiento de sus bases e instalaciones logísticas, introduciendo mejoras en todos sus procesos a través de proyectos de innovación tecnológica, así como para acelerar el proceso de transformación digital del Departamento, de acuerdo a lo contemplado en el Plan de Acción del Ministerio de Defensa para la Transformación Digital (PATD).</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento».</p>
4.3.2. Edificaciones inteligentes y eficientes para bases y campamentos	<p>Aprovechamiento de los avances en el ámbito civil para la construcción y despliegue de edificios e infraestructuras temporales que conforman las bases y campamentos, adaptados a las necesidades de defensa, facilitando además la interoperabilidad en operaciones multinacionales. Incluye tecnologías de eficiencia energética, principalmente en el ámbito de materiales e innovaciones constructivas.</p>

5. PLATAFORMAS TERRESTRES	
5.1. DISEÑO Y MOVILIDAD DE PLATAFORMAS TERRESTRES	
5.1.1. Diseño de plataformas terrestres de nueva generación	Investigación y desarrollo en los diferentes ámbitos que contribuyen al desarrollo de plataformas terrestres tripuladas de nueva generación. Se contemplan actuaciones con un carácter transversal en aquellos ámbitos que permitan avanzar en la mejora del diseño estructural de plataformas terrestres, que tengan en cuenta sus dinámicas de movimiento y características propias, incluyendo su movilidad, supervivencia (estudio de formas y simulación del comportamiento frente a explosiones e impactos balísticos), habitabilidad y capacidad de carga de las plataformas, a fin de obtener diseños que optimicen estos parámetros.
5.1.2. Sistemas de movilidad avanzados	Investigación y desarrollo en tecnologías auxiliares al tren de propulsión que mejoren la movilidad de la plataforma en términos de dominio del terreno, aumentando su capacidad para transitar por distintas zonas. Comprende sistemas complementarios a la propulsión y transmisión que están orientados a mejorar la movilidad de las plataformas terrestres, tales como tecnologías innovadoras de tracción (ruedas y cadenas), sistemas avanzados de suspensión o motores en cubo de rueda. Se contemplan también tecnologías que incrementen la fiabilidad y resistencia del tren de rodaje (como sistemas antipinchazo).
5.1.3. Propulsión híbrida y eléctrica, electrificación de plataformas terrestres	Investigación y desarrollo en la integración de nuevas tecnologías en los ámbitos de la propulsión híbrida o totalmente eléctrica, así como de arquitectura eléctrica de plataformas, incluyendo la electrificación de subsistemas. Asimismo, se contempla la integración y validación de sistemas de generación de energía eléctrica (basados en baterías, pila de combustible o renovables) que permitan el funcionamiento de determinados sistemas de la plataforma sin usar la propulsión principal. Es parte del objetivo «nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados».
5.1.4. Propulsión convencional y sistemas de transmisión	Desarrollo de tecnologías de propulsión convencional y transmisión que aumenten las prestaciones de movilidad del vehículo en términos de potencia transmitida al tren de rodaje, permitiendo incrementar su capacidad de impulsión y aptitud para portar carga. Se contemplan mejoras en las diferentes partes del sistema de propulsión (motor, escape de gases, sistemas de recuperación de energía, etc.), incluyendo mecanismos de transmisión más eficientes y ligeros.



5. PLATAFORMAS TERRESTRES	
5.2. SISTEMAS INTEGRADOS	
5.2.1. Arquitectura e integración en plataformas terrestres	Desarrollo de arquitecturas abiertas, modulares y escalables, que faciliten la integración física y lógica de nuevos sistemas o cargas útiles para adaptar las plataformas a múltiples misiones, ampliar la monitorización del estado de la plataforma y mejorar la gestión de la información y del consumo energético de los sistemas embarcados, de forma que se mejore la eficiencia del parque móvil y se simplifique su mantenimiento. Entre los sistemas y cargas útiles a integrar sobre las plataformas terrestres se incluyen también los RPAS.
5.2.2. Consciencia situacional de la tripulación de la plataforma	Investigación y desarrollo para optimizar la gestión de información en la plataforma a fin de maximizar la consciencia situacional del operador y facilitar tanto el control del vehículo como la ejecución de la misión. Se contemplan avances relacionados con la integración de sensores y sistemas C4I en la plataforma, la fusión y presentación inteligente de la información a la tripulación y el empleo de interfaces de control avanzados e inmersivos y sistemas de asistencia a la conducción (automatización de ciertas funciones, control compartido entre humano y máquina, etc.).
5.2.3. Sistemas de protección activa y reactiva	Investigación y desarrollo en tecnologías de protección activa y reactiva, que complementen a los blindajes pasivos tradicionales de cara a aumentar el nivel de protección global de la plataforma. Por una parte, se buscan blindajes reactivos tanto explosivos como no explosivos, que sean capaces de reaccionar ante el impacto de un proyectil, de cara a neutralizar o atenuar el daño causado por este sobre la plataforma. Por otra parte, se persiguen tecnologías de protección activa que permitan la detección, identificación, seguimiento o neutralización de proyectiles enemigos antes de que impacten sobre la plataforma, dando prioridad a la hibridación de sensores para detección y seguimiento de amenazas RAM (cohetes y proyectiles de artillería y mortero). Comprende también la integración o embarque de estos equipos en el sistema de autoprotección de la plataforma.

5. PLATAFORMAS TERRESTRES	
5.3. ROBÓTICA TERRESTRE	
5.3.1. Conversión de plataformas o grupos de plataformas en sistemas no tripulados	Investigación y desarrollo para convertir uno o varios vehículos militares existentes en plataformas no tripuladas, de forma que puedan controlarse remotamente a nivel individual o en forma de convoy. Los vehículos podrán funcionar por teleoperación o con mayores grados de autonomía, posibilitando la ejecución de misiones militares sin necesidad de presencia humana sobre los mismos. Se espera obtener kits de automatización estandarizados compuestos por sensores, actuadores, equipos de comunicación, electrónica de control e interfaces hombre-máquina, que puedan adaptarse fácilmente a distintos tipos de plataformas y permitan controlar el sistema desde la distancia. Para el caso particular de los convoyes, se podrán combinar plataformas no tripuladas con tripuladas, incluyendo configuraciones en las que los vehículos tripulados no marchen en cabeza del convoy, pudiendo adecuarse el rol y número de vehículos que conforman el sistema de forma flexible. Es parte del objetivo «plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa».
5.3.2. Funcionalidades avanzadas en UGV basadas en autonomía robótica	Investigación y desarrollo en soluciones tecnológicas que permitan mejorar las funcionalidades autónomas de los sistemas robóticos utilizados en defensa. En concreto, el interés se centra en lograr crecientes grados de autonomía en entornos no estructurados (p. ej. navegación y posicionamiento en ausencia de GNSS, generación automática de caminos, detección y evasión de obstáculos, maniobras complejas, entre otros), funcionamiento cooperativo entre plataformas (p. ej. seguimiento autónomo, formación de enjambres, distribución automática de tareas, maniobras coordinadas, etc.), así como aspectos de interoperabilidad en las comunicaciones y el empleo de estándares de arquitecturas robóticas adaptados a las necesidades de defensa. Es parte del objetivo «plataformas terrestres no tripuladas para misiones de Defensa».
5.3.3. Robótica para misiones específicas de defensa	Investigación y desarrollo para adaptar sistemas robóticos existentes a los requisitos de las diferentes misiones militares, adecuando las funcionalidades de la plataforma a los requerimientos específicos de cada misión. Esta adaptación afectará tanto a la plataforma como a sus cargas útiles, pudiendo incorporar sensores, actuadores, enlaces de comunicaciones, algoritmos, interfaces mejorados, etc. El interés se focaliza en aplicaciones de apoyo a C-IED/NRBQ, vigilancia y reconocimiento, apoyo logístico al combatiente, búsqueda y rescate, ingeniería/operaciones de zapadores, evacuación médica, operaciones en entornos urbanos, intervención en emergencias y combate, asegurando en este último caso que un operador humano siempre mantiene el control sobre el armamento del robot. Es parte del objetivo «plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa».



6. PLATAFORMAS NAVALES	
6.1. DISEÑO DE PLATAFORMAS NAVALES	
6.1.1. Diseño de plataformas navales de superficie	Investigación y desarrollo encaminado a apoyar el diseño de la futura generación de plataformas navales de superficie, de forma que dispongan de prestaciones operativas y de navegación mejoradas que permitan dar respuesta a las futuras amenazas. Se contemplan aspectos relacionados con sus propiedades hidrodinámicas (obra viva), aerodinámicas (obra muerta), estructurales, compartimentado, flotabilidad, estabilidad, funcionalidad de la plataforma, capacidad de carga, etc. incluyendo la incorporación de nuevos materiales, nuevas carenas (proas invertidas, trimaranes, pentamaranes, etc.) y nuevas superestructuras.
6.1.2. Diseño de plataformas navales submarinas	Investigación y desarrollo orientado al apoyo en el diseño de la futura generación de plataformas submarinas tripuladas, de forma que dispongan de prestaciones operativas y de navegación mejoradas que permitan dar respuesta a las futuras amenazas. Se contemplan aspectos relacionados con sus propiedades hidrodinámicas, estructurales, funcionalidad, sigilo, capacidad de maniobra, autonomía, resistencia ante impactos y vías de agua, incendios, etc.
6.1.3. Invisibilidad de las plataformas navales de superficie y submarinas	Investigación y desarrollo sobre aspectos relacionados con la mejora de la invisibilidad de las plataformas de superficie y submarinas de defensa de cara a reducir su exposición frente a posibles amenazas externas. Se consideran avances relacionados con el uso de sistemas de contramedidas activas y pasivas a bordo de los buques, incidiendo en la reducción de las firmas magnética, infrarroja, acústica, sísmica y de presión, a través del empleo de nuevos materiales, formas hidroaerodinámicas, aislamientos térmicos y acústicos, sistemas de amortiguación para propagación de vibraciones a bordo, etc.
6.1.4. Seguridad a bordo de las plataformas	Desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren tanto la seguridad humana a bordo, como la de las propias plataformas de la Armada en caso de averías, aumentando la efectividad operativa, la resistencia de la plataforma y la recuperación de esta en condiciones adversas.

6. PLATAFORMAS NAVALES	
6.2. CONTROL, ENERGÍA Y PROPULSIÓN NAVAL	
6.2.1. Sistemas de propulsión de plataformas navales	Investigación y desarrollo orientado al apoyo en el diseño de nuevos sistemas propulsivos con mejores prestaciones en cuanto a potencia, rendimiento y reducción de gases contaminantes (COx, NOx, etc.), que permitan mejorar la capacidad de respuesta de las plataformas. Se contemplan aspectos relacionados con la mejora en la propulsión convencional (motores diésel, gasolina, etc.), propulsión alternativa (biocombustibles, gas natural licuado, turbinas de gas), híbrida diésel-eléctrica, otras energías renovables (eólica, solar, etc.), así como propulsores (hélices convencionales, CLT, <i>water-jets</i> , propulsores <i>Voith-Schneider</i> , acimutales, etc.).
6.2.2. Maniobrabilidad de plataformas navales	Investigación y desarrollo de sistemas de control de la plataforma (posicionamiento dinámico, hélices de proa, timones, servomotores, etc.) que mejoren el posicionamiento y maniobrabilidad de las plataformas utilizadas en defensa.
6.2.3. Sistemas de generación eléctrica en plataformas navales	<p>Desarrollo de sistemas de generación y almacenamiento eléctrico a bordo de los buques, incluyendo la integración de nuevas baterías y pilas de combustible adaptados al ámbito naval. Diseño de nuevos equipos, sistemas, elementos de tendido eléctrico que permitan rediseñar la planta eléctrica de los buques mejorando la eficiencia energética a bordo del mismo. Investigación en aspectos relacionados con la superconductividad tanto en los sistemas de generación como de distribución de energía.</p> <p>Es parte del objetivo «nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados».</p>



6. PLATAFORMAS NAVALES	
6.3. SISTEMAS INTEGRADOS EN PLATAFORMAS NAVALES	
6.3.1. Evolución de los sistemas de combate de las plataformas navales	Desarrollo y evolución de la arquitectura y funcionalidades de los sistemas de combate de las plataformas navales de forma que se facilite su adaptación a la creciente variedad y sofisticación de las amenazas, al mayor volumen de datos e información que debe procesar y a los rápidos ciclos de toma de decisión y de respuesta en tiempo real requeridos, manteniendo su enfoque como sistema de sistemas y los requerimientos en cuanto a seguridad.
6.3.2. Integración de vehículos no tripulados en plataformas de superficie	Investigación y desarrollo orientado a la integración de los vehículos no tripulados en la embarcación nodriza, tanto desde un punto de vista de control (interoperabilidad), como de disposición (espacios a bordo para su almacenaje, lanzamiento y recogida). Es parte del objetivo «robótica - vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa».
6.3.3. Sistema de apoyo al conocimiento del entorno marítimo	Investigación y desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos que permitan caracterizar y prever la evolución del entorno marítimo (atmosférica, oceánica, de superficie, etc.) de forma que puedan apoyar el desarrollo de las misiones militares en estos entornos.

6. PLATAFORMAS NAVALES	
6.4. VEHÍCULOS MARINOS NO TRIPULADOS	
6.4.1. Tecnologías y sistemas orientados a vehículos navales submarinos no tripulados	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías, sensores, cargas de pago, sistemas de mando y control, sistemas de propulsión, posicionamiento y a la generación/control de energía a bordo, navegación y comunicaciones asociados a UUV (plataformas submarinas no tripuladas) como AUV (vehículos submarinos autónomos no tripulados) y ROV (vehículos submarinos remotamente operados), para uso en misiones militares.</p> <p>Es parte del objetivo «vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa».</p>
6.4.2. Tecnologías y sistemas orientados a vehículos marinos de superficie no tripulados	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías, sensores, cargas de pago, sistemas de mando y control, sistemas de posicionamiento, navegación y comunicaciones asociados a USV (vehículos marinos de superficie no tripulados), para uso en misiones militares.</p> <p>Es parte del objetivo «robótica - vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa».</p>
6.4.3. Enjambres de vehículos navales remotamente tripulados	<p>Investigación y desarrollo en tecnologías robustas de control que permitan controlar de forma fiable un conjunto de USV y UUV conectados en red, actuando de forma cooperativa en torno a una misión común (enjambre). Se contempla también el funcionamiento colaborativo de cualquiera de estos vehículos navales remotamente tripulados con cualquiera de los dominios de tierra, mar o aire.</p> <p>Es parte del objetivo «robótica - vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa».</p>



7. PLATAFORMAS AÉREAS	
7.1. DISEÑO DE PLATAFORMAS AÉREAS	
7.1.1. Desarrollo de plataformas aéreas tripuladas de nueva generación	Investigación y desarrollo en los diferentes ámbitos que contribuyen al desarrollo de plataformas tripuladas de nueva generación. Se contemplan actuaciones con un carácter transversal en aquellos ámbitos que permitan avanzar en la mejora de las capacidades de las futuras plataformas, como es el diseño de plataformas orientado al concepto de baja observabilidad, la orientación de la plataforma al concepto de sistemas de sistemas, el uso de nuevos materiales que permitan mejorar su rendimiento y la mejora de su ciclo de vida.
7.1.2. Desarrollo de plataformas de ala rotatoria	Investigación y desarrollo en los diferentes ámbitos que contribuyen tanto a la mejora como al desarrollo de nuevas plataformas de ala rotatoria. Se contemplan actuaciones con un carácter transversal en aquellos ámbitos que permitan avanzar en el diseño de plataformas de ala rotatoria integrando nuevos conceptos que, por una parte, mejoren el rendimiento de las plataformas actuales y, por otro, exploren nuevos conceptos de uso, la reducción de su firma, el aumento de la protección y la mejora del ciclo de vida.

7. PLATAFORMAS AÉREAS	
7.2. ENERGÍA Y PROPULSIÓN	
7.2.1. Aplicación de planta eléctrica avanzada y gestión electrónica de los sistemas y del estado de las plataformas	<p>Aplicación específica de los desarrollos tecnológicos en producción y almacenamiento de energía eléctrica (baterías avanzadas, pilas de combustible, supercondensadores, etc.) a plataformas aéreas, tripuladas o no tripuladas.</p> <p>Se incluye también la investigación y desarrollo de sistemas integrados de gestión y control de energía eléctrica que respondan al aumento de la demanda eléctrica de las plataformas, mejorando tanto la capacidad de transmisión como de monitorización de la red.</p> <p>Es parte del objetivo «nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados».</p>
7.2.2. Mejora de la propulsión y sistemas de energía en las plataformas aéreas	<p>Investigación y desarrollo orientado al apoyo en el diseño de nuevos sistemas propulsivos que mejoren tanto el rendimiento como las características operativas en cuanto a potencia, rendimiento y optimización del ciclo de vida de estos. Se contemplan actuaciones que contribuyan al desarrollo de nuevas arquitecturas de motor, así como al concepto de motor más eléctrico y las que contribuyan a la reducción de la firma térmica y la mejora del ciclo de vida de la planta propulsora.</p>



7. PLATAFORMAS AÉREAS	
7.3. AVIÓNICA/C4I PARA SISTEMAS AÉREOS	
7.3.1. Sistemas integrados de aviónica	Investigación y desarrollo de tecnologías relevantes para la aviónica de plataformas aéreas, tripuladas y no tripuladas, haciendo uso del concepto de aviónica modular e integral. Incluye tecnologías que permiten la integración, gestión, procesamiento y presentación de la información aeronáutica procedente de sensores, equipos de comunicaciones y equipos de navegación, guiado y control, así como de aquellas actuaciones que permitan aumentar la autonomía de las plataformas tanto tripuladas como no tripuladas.
7.3.2. Sistemas de misión aéreos	Desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren la capacidad para realizar y cumplir las misiones para las que se emplean las plataformas tanto tripuladas como no tripuladas. Se contemplan actuaciones que permitan mejorar la consciencia situacional de las plataformas, la gestión de los equipos embarcados, la toma de decisión por parte del operador y la integración hombre-máquina.
7.3.3. Sistema de sistemas aeronáuticos incluyendo el concepto de enjambre	Investigación y desarrollo de tecnologías robustas de control que apoyen la formación de enjambres de sistemas tripulados y no tripulados conectados en red, actuando de forma colaborativa para la ejecución de misiones de defensa. Se contempla también la interacción de estas plataformas con el resto de actores presentes en el campo de operaciones favoreciendo la integración de las plataformas aéreas con el entorno operacional. Es parte del objetivo «aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa».
7.3.4. Sistemas de navegación alternativos a las señales GNSS	Investigación y desarrollo de tecnologías de navegación, localización y mapeado de interiores y zonas confinadas empleando minimicro UAV (MAV), que puedan dar soporte al desarrollo de misiones de defensa (p. ej. inspección de zonas de catástrofe, vigilancia, operaciones especiales, entre otros). Se contemplan actuaciones que permitan mejorar la navegación tanto de plataformas tripuladas como no tripuladas, disminuyendo la dependencia de las señales GNSS a partir de sistemas de navegación alternativos basados en diferentes tecnologías (p. ej. imágenes, etc.). Es parte del objetivo «aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa».
7.3.5. Sistemas de gestión de tráfico aéreo tripulado, no tripulado e integración de RPAS en el espacio aéreo no segregado	Desarrollo de soluciones tecnológicas relacionadas con los sistemas de control de tráfico aéreo (ATM), tanto fijo como desplegable, incluyendo el concepto de UTM. Para ello se contemplan aquellas actividades que permitan la integración de los RPAS en el espacio aéreo no segregado, incluyendo tecnologías de <i>Sense & Avoid</i> así como los aspectos de certificación y operación.

7. PLATAFORMAS AÉREAS	
7.4. RPAS	
7.4.1. RPAS de clases II y III	<p>Desarrollo de tecnologías relacionadas con plataformas aéreas no tripuladas de clase III (estratégico-operacionales y de combate) y clase II (tácticos) contemplando en estas últimas, tanto plataformas de ala fija como de ala rotatoria. Comprende aquellas tecnologías críticas asociadas con las mejoras en capacidades requeridas a las nuevas plataformas, como aquellas relacionadas con sus procesos de diseño, desarrollo, fabricación y pruebas, así como los procesos asociados a la integración de armamento y mejora de la capacidad ISTAR en estas plataformas.</p> <p>Es parte del objetivo «aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa».</p>
7.4.2. RPAS clase I	<p>Investigación y desarrollo para la adaptación a las necesidades de defensa de plataformas aéreas no tripuladas de clase I y categoría MICRO, MINI y SMALL, tanto de ala fija como rotatoria, incluyendo tanto el vehículo aéreo con los subsistemas que incorpora (estructura, control, guiado y navegación, carga útil, etc.) y su integración, como el equipo de control y gestión de la información en tierra. Incluye también el desarrollo de componentes, subsistemas y sistemas y su validación en entornos relevantes, de forma que se amplíen los usos en los que estas plataformas son empleadas en el ámbito de las FAS.</p> <p>Es parte del objetivo «aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa».</p>



8. SISTEMAS ESPACIALES	
8.1. SEGMENTO ESPACIO	
8.1.1. Dispositivos y sistemas que componen la estructura de un satélite	Desarrollo y mejora de los subsistemas que componen un satélite, independientemente del tipo de carga útil que alberguen, de forma que se adapten a las necesidades de defensa. Se consideran aspectos relacionados con el uso de paneles solares, miniaturización de componentes, mejora de equipos de potencia, mejora de algoritmos de procesamiento a bordo y control y posible protección HANE (ante eventos nucleares).
8.1.2. Tecnologías embarcadas en satélite para SATCOM	Desarrollo y adaptación de elementos de comunicaciones para la nueva generación de satélites de comunicaciones militares (SPAINSAT NG I y SPAINSAT NG II), incluyendo el uso de frecuencias X, Ka y UHF bidireccionales y altos requisitos para protección <i>antijamming</i> y <i>antispoofing</i> , con objeto de garantizar la continuidad de las comunicaciones seguras en los teatros de operaciones.
8.1.3. Tecnologías embarcadas en satélite para SEOT	Desarrollo y mejora de las tecnologías ópticas y radar embarcadas en los satélites de observación de la Tierra (telescopios, cámaras ópticas e infrarrojas o tecnología SAR), de forma que se alcancen los niveles de resolución necesarios para las aplicaciones de defensa, así como la incorporación a bordo de capacidades avanzadas de procesamiento de datos adquiridos, con el fin de reducir la capacidad de datos enviados a Tierra y el tiempo de respuesta.
8.1.4. Pseudosatélites ubicados a elevada altitud	<p>Desarrollo de HAPS (<i>High Altitude Pseudo-Satellites</i>) adaptados a misiones de defensa, capaces de proporcionar comunicaciones y vigilancia en determinadas zonas para misiones no prolongadas en el tiempo y con una cobertura reducida o como ayuda a satélites de comunicaciones y de observación de la Tierra.</p> <p>Es parte del objetivo «espacio - uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa».</p>
8.1.5. Pequeños satélites	<p>Desarrollo de pequeños satélites adaptados a misiones de defensa para su uso en un área geográfica concreta (de forma individual, en constelaciones o como satélites distribuidos), de cara a aprovechar sus ventajas en cuanto a reducción de costes y tiempo de desarrollo y despliegue de los satélites, y en cuanto a reducción de tiempos de revisita para adquirir datos de la misma ubicación, proporcionando capacidades complementarias a las de los grandes satélites.</p> <p>Es parte del objetivo «espacio - uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa».</p>

8. SISTEMAS ESPACIALES	
8.2. SEGMENTO TERRENO	
8.2.1. Estaciones en tierra para el SEOT	Desarrollo y optimización del segmento terreno de los sistemas de observación de la Tierra, para la recepción y procesamiento de imágenes obtenidas de los satélites provenientes de sensores con tecnología óptica y radar SAR e incluir la integración de ambas para dotarlas de mayor información y disponibilidad.
8.2.2. Estaciones en tierra para los sistemas SATCOM	Desarrollo y adaptación del segmento terreno del sistema militar de comunicaciones por satélite SATCOM para aprovechar todas las capacidades de la nueva generación de satélites SPAINSAT NG. Dado que la nueva generación trabajará en banda X, banda Ka militar y banda UHF, las estaciones terrenas tendrán que estar adaptadas a estos cambios, es decir, las antenas de transmisión/recepción, de telemetría y telecontrol, situadas en los centros de control. Además, será necesario adaptar los módems para explotar las características de <i>beam hopping</i> de esta nueva generación.
8.2.3. Sistemas para vigilancia y seguimiento de basura espacial SST o SSA	Desarrollo y mejora de los sistemas para vigilancia y seguimiento espacial (radares, telescopios y todo tipo de sensores ópticos destinados la observación de los satélites y otros objetos, como basura espacial), así como de medidas mitigadoras para la retirada de basura espacial dentro del programa SST, en particular aquella que pueda tener impacto sobre activos de defensa, de forma que se evite perder capacidades o sufrir daños en los activos espaciales.



8. SISTEMAS ESPACIALES	
8.3. SEGMENTO USUARIO	
8.3.1. Receptores GNSS	Desarrollo de receptores de sistemas de navegación por satélite (GNSS) con prestaciones avanzadas que permitan que la geolocalización y radionavegación en los entornos tácticos en los que haya cobertura satelital sea altamente fiable y robusta. Se contemplan receptores embarcados en plataformas (terrestres, navales o aéreas), misiles y equipos portátiles para el combatiente, con capacidades multiconstelación y empleo de sistemas de aumentación de la señal GNSS (SBAS – EGNOS). En el caso de receptores del servicio PRS de GALILEO para su uso en defensa, se requiere avanzar en características de resiliencia, robustez, <i>antijamming</i> , <i>antispoofing</i> y <i>antimeaconing</i> , entre otras.
8.3.2. Terminales SATCOM de usuario	Desarrollo y optimización de terminales satélite de usuario SATCOM para adecuarlos a las capacidades ofrecidas por la nueva generación de satélites gubernamentales SPAINSAT NG, proporcionando las prestaciones requeridas en defensa relativas a robustez, seguridad, confidencialidad, precisión, fiabilidad, flexibilidad o navegación en ausencia de GNSS en periodos cortos de tiempo para seguir apuntado al satélite, y abordando aspectos de miniaturización o evolución hacia equipos duales. Se consideran todos los tipos de terminales, ya sean embarcados en plataformas móviles usadas en defensa (terrestres, aéreas y navales), como semiestáticos, portátiles o tipo <i>manpack</i> .
8.4. SISTEMAS COMPLEMENTARIOS	
8.4.1. Lanzadores de pequeños satélites	Desarrollo de soluciones tecnológicas capaces de poner en órbita pequeños satélites para fines de defensa, reduciendo el tiempo y el coste del despliegue frente a las soluciones actualmente existentes. Se consideran soluciones basadas en cohetes, tanto propulsados por combustible líquido o sólido, así como desde tierra, lanzamientos desde aeronaves o globos aerostáticos. Se considera también la posibilidad de realizar multilanzamientos dada la reducción de tamaño y potencia requerida. Es parte del objetivo «espacio - uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa».

9. COMBATIENTE	
9.1. SISTEMA COMBATIENTE	
9.1.1. Sistemas de protección pasiva del combatiente	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías encaminadas a mejorar la protección del soldado frente a proyectiles, fragmentos, cortes producidos por arma blanca, etc. y a reducir el trauma producido por las amenazas anteriores. Estas tecnologías serán la base para la obtención de sistemas y elementos de protección pasiva del combatiente (chaleco antibalas, casco y protección de extremidades) para su posterior integración en el sistema combatiente.</p> <p>Es parte del objetivo «materiales - protección pasiva de plataformas y combatiente».</p>
9.1.2. Sistemas de reducción de firma del combatiente a través de materiales	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías que permitan la reducción de la firma radar, IR, visible, etc. del combatiente y su mimetizado con el entorno que lo rodea, dificultando su visibilidad por parte del potencial enemigo, manteniendo un nivel aceptable de movilidad y confort.</p> <p>Es parte del objetivo «materiales - reducción de firma en plataformas y combatiente».</p>
9.1.3. Sistemas de energía del combatiente	<p>Desarrollo de una arquitectura común, con sus correspondientes interfaces y sistema de gestión inteligente, que permita incrementar la eficiencia energética de los subsistemas del combatiente a pie. Se contempla también la integración y validación de nuevos sistemas de almacenamiento y generación de energía que se adapten a los requisitos de misión del combatiente, tanto baterías de nueva generación como otras fuentes alternativas.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías para el combatiente a pie».</p>
9.1.4. Mejora del confort del combatiente	<p>Investigación y desarrollo de soluciones que permitan una mejora del confort térmico del combatiente en cualquier tipo de condición medioambiental. Se trata de soluciones que permitan liberar el calor acumulado por el combatiente en situaciones de calor extremo y de mantenerlo en condiciones de frío extremo para evitar posibles situaciones que se traduzcan en golpes de calor o episodios de hipotermia, respectivamente, sin que esto implique una reducción significativa de las capacidades operativas del soldado.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías para el combatiente a pie».</p>



9. COMBATIENTE	
9.1. SISTEMA COMBATIENTE	
9.1.5. Reducción de la carga del combatiente/ exoesqueletos	<p>Investigación en tecnologías (materiales ligeros, sistemas miniaturizados, <i>wearables</i> acoplados al cuerpo del combatiente, etc.) que alivien la carga que debe transportar el soldado (armas, munición, equipos, etc.), mejorando su movilidad y resistencia y paliando el cansancio y la fatiga, que puede derivar en bajas por lesión.</p> <p>Uno de los sistemas más representativos en este ámbito son los exoesqueletos, que pueden ser de tren superior, inferior o de cuerpo entero, para asistir al soldado en varios tipos de tareas (p. ej. trabajos que impliquen manipulación de cargas, transporte de equipamiento, asistencia a la marcha del individuo, desactivación de explosivos, manejo de armas, etc.). Debido a su mayor grado de madurez tecnológica y simplicidad, el interés se va a centrar principalmente en exoesqueletos pasivos, sin descartar sistemas de tipo activo según su evolución, siendo su desarrollo más complejo al requerir de una combinación de múltiples tecnologías (materiales, sensores, actuadores, comunicaciones, algoritmia, baterías, etc.).</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «exoesqueletos para misiones de defensa».</p>
9.1.6. Sensorización, computación y conectividad del combatiente	<p>Investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan al combatiente adquirir, procesar y proporcionar información de forma que disponga de la necesaria consciencia situacional para llevar a cabo su misión. Se incluye el desarrollo de arquitecturas abiertas estandarizadas (SOA) que faciliten esa integración y explotación de la información.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías para el combatiente a pie».</p>
9.1.7. Capacidades de navegación del combatiente en ausencia de GNSS	<p>Investigación y desarrollo en tecnologías que proporcionen capacidades de navegación al combatiente, tanto en interiores como en exteriores, en ausencia o degradación de la señal GNSS.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías para el combatiente a pie».</p>

9. COMBATIENTE	
9.2. FACTORES HUMANOS	
9.2.1. Monitorización y mejora del rendimiento del combatiente	Desarrollo de herramientas para la mejora de los aspectos psicofísicos del combatiente: entrenamiento físico personalizado, evaluación y preparación psicológica, entrenamiento operativo mediante simulación, etc., incluyendo el aprendizaje de aspectos socioculturales propios del teatro de operaciones. Se contempla también el desarrollo de biosensores para medida de parámetros fisiológicos que sean pequeños, fácilmente adaptables y de bajo coste energético, capaces de enviar datos en tiempo real para la monitorización del estado físico del combatiente tanto en su adiestramiento como en operaciones.
9.2.2. Interfaces hombre-máquina avanzados	Desarrollo de interfaces hombre-máquina que mejoren la habilidad y conciencia situacional del combatiente, que sean intuitivos y fáciles de usar, que permitan el aprendizaje con el uso y mitiguen el problema de sobrecarga de información.
9.2.3. Integración de las personas en las plataformas	Investigación y desarrollo en soluciones que mejoren todos los aspectos (ergonomía, efectos psicológicos, etc.) relacionados con la integración de las personas en las diferentes plataformas de uso militar.
9.2.4. Interacción hombre- sistema no tripulado en misiones	Investigación y desarrollo en soluciones tecnológicas que faciliten el trabajo conjunto entre humanos y sistemas no tripulados como parte de un equipo (<i>human-machine teaming</i>). El objetivo es optimizar la integración entre ambos agentes, de modo que se logre una interacción lo más eficiente posible, permitiendo a su vez una mayor introducción e implantación de estos sistemas en las misiones militares. Para ello, se debe avanzar en la autonomía de decisión y conciencia situacional de los robots a fin de que puedan comprender y ejecutar instrucciones complejas, así como en interfaces avanzados que permitan un control simplificado y eficiente, explorando nuevas tecnologías que faciliten la comunicación entre humano y máquina.



9. COMBATIENTE	
9.3. SALUD DEL COMBATIENTE	
9.3.1. Respuesta médica temprana	<p>Herramientas y metodologías de entrenamiento que permitan a personal no especializado (no sanitario) llevar a cabo una actuación médica efectiva de primera intervención (TCCC) para mitigar el impacto de lesiones graves producidas en zona de operaciones (penetración de metralla, quemaduras, traumas derivados de explosiones, etc.) y estabilizar a la víctima.</p> <p>Se contemplan también las soluciones avanzadas de evacuación médica que permitan el rescate en zonas de difícil acceso y el traslado de víctimas en las mejores condiciones fisiológicas posibles, para ser atendidas en un centro sanitario adecuado. Asimismo, el desarrollo de herramientas innovadoras de telemedicina para su empleo desde plataformas e instalaciones de las FAS, cuando el traslado inmediato no sea posible, resultan igualmente de interés.</p> <p>Finalmente, se consideran las herramientas e instalaciones modulares que faciliten la atención médica coordinada y eficiente en zona desplegada (role 2).</p>

10. NRBQe	
10.1. TECNOLOGÍAS PARA C-IED	
10.1.1. Teledetección de artefactos y sustancias explosivas en entornos terrestres	<p>Tecnologías para detección remota o a distancia de artefactos explosivos improvisados (IED) mediante la detección del dispositivo o elementos del mismo (interruptor, fuente de energía, iniciador, carga principal y contenedor), o trazas del material explosivo. Se contemplan desarrollos que puedan ser embarcados en plataformas UAV o UGV para mayor seguridad del personal operativo. Asimismo, se incluyen tecnologías para detección indirecta de IED enterrados o escondidos mediante detección de perturbaciones del entorno natural, como movimientos de tierra, cambios de la densidad del terreno, cambios en la vegetación, etc.</p> <p>Es parte del objetivo «sistemas avanzados de detección de IED terrestres».</p>
10.1.2. Teledetección de atmósferas explosivas	<p>Desarrollo de tecnologías y sistemas para detección remota o a distancia de los vapores emitidos por sustancias explosivas, que proporcionen una alerta temprana de riesgo de explosión. Se trata de sensores de muy alta sensibilidad (dada la baja presión de vapor de las sustancias explosivas). Se incluyen dispositivos y redes de sensores capaces de funcionar de manera remota para evitar la exposición del personal operativo.</p> <p>Es parte del objetivo «sistemas avanzados de detección de IED terrestres».</p>
10.1.3. Técnicas avanzadas de análisis forense	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren la obtención, análisis y explotación de toda la información asociada a un incidente con artefactos explosivos, incluyendo la selección y recogida de evidencias en un escenario postexplosión minimizando los riesgos, de forma que todo ello pueda ser utilizado en la mejora de todas las etapas del proceso de lucha contra la amenaza IED (p. ej. medidas de mitigación de daños en plataformas y personas; lucha contra las redes responsables de la colocación de los artefactos, tácticas, técnicas y procedimientos, etc.).</p>
10.1.4. Detección y neutralización de amenazas explosivas en el entorno naval	<p>Investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas relacionadas con la detección y neutralización de amenazas explosivas (<i>WBIED - Water Borne Improvised Explosive Device</i>, minas navales, buceadores portadores de explosivos, etc.) que pudieran atentar contra plataformas navales (de superficie y submarinas), infraestructuras marítimas, accesos e instalaciones portuarias, etc., ante cualquier estado meteorológico y de la mar.</p>



10. NRBQe	
10.1. TECNOLOGÍAS PARA C-IED	
10.1.5. Protección frente a amenazas tipo RPAS de pequeño tamaño	<p>Investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas encaminadas a la detección, identificación, clasificación y neutralización de amenazas derivadas del empleo de RPAS contra instalaciones fijas y móviles en los diferentes entornos en los que operan las FAS, tanto en el segmento terrestre como naval. Para ello se contemplan acciones que permitan avanzar en las acciones descritas tanto en sistemas anti-RPAS fijos como portátiles.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «sistemas anti-RPAS».</p>
10.1.6. Explotación de información para la lucha contra las redes responsables de la amenaza IED	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas dirigidas a la explotación de múltiples fuentes de información y la creación de inteligencia militar que permita neutralizar las redes responsables de la colocación de IED. Estas redes incluyen al conjunto de recursos, personas y actividades relacionadas con la financiación, organización, reclutamiento, adoctrinamiento, suministro, ejecución y detonación de un IED.</p> <p>Es parte del objetivo «IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión».</p>

10. NRBQe	
10.2. DEFENSA NRBQ	
10.2.1. Detección NRBQ remota o a distancia	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías con potencial aplicación en detección remota o a distancia de agentes NRBQ, así como de sistemas de detección basados en el uso de sensores en red, de reducido coste económico y energético, que permitan la detección y monitorización de nubes tóxicas y que transmitan al mando la información en tiempo real para monitorización continuada de áreas de operaciones o espacios críticos.</p> <p>Es parte del objetivo «control de la amenaza NRBQ».</p>
10.2.2. Detección e identificación puntual NRBQ	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías para equipos de detección e identificación NRBQ portátiles o portables que mejoren las prestaciones de los equipos actuales: mayor precisión y menor requerimiento energético para agentes radiológicos; mayor sensibilidad y capacidad de identificación y menor tamaño y requerimiento energético para agentes químicos. En el caso de la detección/identificación biológica, además de lo anterior, se precisan tecnologías rápidas y automáticas que requieran poca o ninguna manipulación de muestra. Se contempla además el diseño y desarrollo de equipos analíticos de sobremesa y laboratorios de análisis NRBQ desplegables, así como sistemas para toma y gestión de muestras NRBQ para análisis forense.</p>
10.2.3. Descontaminación NRBQ	<p>Investigación y desarrollo de nuevos sistemas para descontaminación NRBQ de zona, vehículos, equipos y personal, que resulten inocuos tanto para el personal como para el medio ambiente y permitan una recuperación rápida y segura del entorno afectado. Tecnologías de empleo universal y eficaz frente a la extensa gama de agentes NRBQ, que no requieran el empleo de líquidos, o lo minimicen, para aliviar el problema logístico que supone la dependencia de grandes volúmenes de agua o líquidos orgánicos. Tecnologías compatibles con material sensible (equipos electrónicos, trajes de protección NBQ, plataformas, etc.), que permitan su uso efectivo tras la descontaminación. Se incluyen en este concepto soluciones capaces de abatir o neutralizar atmósferas NRBQ para evitar su dispersión.</p> <p>Asimismo, se contempla el desarrollo de tecnologías o sistemas que permitan controlar la eficacia de los procesos de descontaminación.</p> <p>Es parte del objetivo «control de la amenaza NRBQ».</p>



10. NRBQe	
10.2. DEFENSA NRBQ	
10.2.4. Equipo de protección individual NRBQ inteligente	<p>Investigación y desarrollo de nuevos materiales, nuevos diseños y nuevos mecanismos para la obtención de equipos de protección individual más ergonómicos, ligeros, que ofrezcan mayor protección NRBQ e integren funciones avanzadas, como las capacidades sensoras y autodescontaminantes, sin mermar el confort del combatiente.</p> <p>Es parte del objetivo «control de la amenaza NRBQ».</p>
10.2.5. Protección colectiva NRBQ	<p>Investigación y desarrollo de sistemas de filtración o eliminación de la amenaza ambiental que protejan a grupos de personas frente a todo tipo de agentes, incluyendo tóxicos industriales, en todo tipo de ambientes. Para potenciar la capacidad de protección de los sistemas, se pretende dotarlos de funciones de sensorización o autodescontaminación frente a agentes RBQ. Asimismo, se persigue optimizar el uso de dichos sistemas mediante la integración de indicadores que monitoricen y alerten del agotamiento o saturación de los filtros para conocer su tiempo de vida útil o del grado de funcionamiento de los equipos.</p>
10.2.6. Contramedidas médicas frente a agentes NRBQ	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías para nuevos tratamientos médicos terapéuticos y profilácticos (antídotos, vacunas, agentes decorporantes, etc.) y para diagnóstico rápido y precoz de intoxicaciones y enfermedades infecciosas, principalmente contagiosas, que ayuden a frenar posibles epidemias. Tecnologías que mejoren la actuación de las contramedidas médicas existentes, como dispositivos liberadores de fármacos, etc.</p>
10.2.7. Conciencia situacional NRBQ	<p>Investigación y desarrollo de algoritmos de fusión e integración de datos en <i>software</i> de gestión de incidentes NRBQ. Desarrollo de sistemas de información para la gestión de este tipo de incidentes por parte del mando y control, herramientas de modelado y simulación que permitan predecir la evolución de una nube de contaminación y localizar el origen de la amenaza, integrando datos provenientes de factores externos como los meteorológicos. Se incluyen en esta línea sistemas de vigilancia sanitaria, sintomatológica y epidemiológica, que gestionen la información de una manera global.</p>

11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA C4I	
11.1.1. Funcionalidades avanzadas de los sistemas C2 para la planificación y conducción de operaciones militares	Investigación y desarrollo de nuevas funcionalidades de los sistemas de información para el mando y control de operaciones militares, a niveles estratégico, operacional y táctico y cubriendo las distintas funciones militares, con el fin de poder disponer de herramientas mejoradas para la planificación y conducción de las operaciones, funcionalidades automatizadas e inteligentes de apoyo a la toma de decisión, así como una mejor consciencia situacional del campo de batalla.
11.1.2. Interoperabilidad de sistemas C4I	Implantación de nuevos estándares de interoperabilidad y herramientas que permitan la integración de datos e información JISR y la interconexión entre sistemas C4I nacionales e internacionales de los distintos ejércitos. Se incluye también la creación de herramientas que permitan mantener la capacidad de interoperación entre simuladores y sistemas C2, aumentando la posibilidad de entrenamiento de fuerzas que empleen estos sistemas C2.
11.1.3. Análisis inteligente de fuentes abiertas con fines de defensa	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan el análisis y extracción automática de información a partir de fuentes abiertas de datos (OSINT), de cara a la creación de inteligencia que apoye la toma de decisiones en distintos dominios de interés para defensa.</p> <p>Es parte del objetivo «IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión».</p>
11.1.4. Explotación inteligente de múltiples fuentes de información	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan realizar una fusión a nivel cognitivo de la información de múltiples fuentes heterogéneas y la creación de inteligencia militar que ayude a la toma de decisiones en distintos dominios de interés para defensa. Se busca reproducir por medios computacionales un nivel de razonamiento cognitivo cercano al de la mente humana, para responder a preguntas complejas, más o menos abstractas o ambiguas, correlacionando múltiples variables o estableciendo relaciones entre ellas.</p> <p>Es parte del objetivo «análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión».</p>



11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.2. COMUNICACIONES TÁCTICAS	
11.2.1. Radio definida por software y radio cognitiva	<p>Investigación y desarrollo de nuevas formas de onda que mejoren la capacidad de comunicaciones tácticas inalámbricas para garantizar de forma segura los intercambios de información en el ámbito de las operaciones nacionales e internacionales, así como solventar los problemas de interoperabilidad y las limitaciones de ancho de banda provocada por las nuevas necesidades de transmisión de datos (imágenes, vídeo, etc.) desde múltiples plataformas y sensores (UAV, UGV, etc.), tanto en LOS como BLOS, junto con la gestión del espectro de frecuencias para la transmisión radio en un entorno cada vez más congestionado.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «comunicaciones militares en entornos complejos».</p>
11.2.2. Comunicaciones basadas en el empleo de enlaces tácticos digitales y su integración en las plataformas	<p>Desarrollo de soluciones e implantación de los estándares internacionales de enlaces de datos tácticos (Link 16/Link 22) para el intercambio de información y su uso en operaciones cooperativas, así como el intercambio de información táctica entre los sistemas de misión de las plataformas con el objetivo de mantener y mejorar la interoperabilidad OTAN. Proporcionar a las fuerzas una solución TDL (<i>Tactical Data Link</i>) que pueda integrarse fácilmente en las plataformas táctica, viable y alineada con la <i>Estrategia de Migración de la OTAN</i>, que facilite su integración en las redes <i>multilink</i> que se establezcan en los teatros de operaciones, consiguiendo así la interoperabilidad entre las plataformas y los aliados. Se incluyen además las soluciones basadas en el protocolo VMF para entornos tácticos y su integración con los sistemas de las plataformas (radios tácticas y sistemas de misión/información), para el intercambio de datos digitales entre las fuerzas terrestres, navales y aéreas.</p>
11.2.3. Arquitecturas de conectividad y computación	<p>Desarrollo de nuevas arquitecturas de conectividad y computación en red que favorezcan que las unidades militares puedan aprovechar en todo tiempo y lugar tanto los recursos disponibles en la nube como los desplegados a nivel táctico con el objeto de que siempre dispongan de la información precisa en el menor tiempo posible. Para ello, se buscan soluciones de red gestionables por <i>software</i>, altamente flexibles y resilientes, capaces de adaptarse y reconfigurarse a las características del medio y a las necesidades de la misión, que permitan una elevada conectividad de todo tipo de dispositivos y sistemas desplegados a nivel táctico con intercambio de información en tiempo real siendo posible realizar un procesamiento inteligente de la información en el último nivel, que complemente a la información disponible en la nube.</p>

11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.2. COMUNICACIONES TÁCTICAS	
11.2.4. Redes móviles de nueva generación	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas aplicadas a problemas militares que requieran baja latencia y transmisión de gran cantidad de información en tiempo real, basadas en sistemas de comunicaciones que hagan empleo de redes móviles de nueva generación (5G) para la transmisión de voz y datos utilizando protocolos IP de forma segura a gran distancia, con redes que permitan ser desplegadas rápida y fácilmente y con terminales de usuario pequeños y ligeros.</p> <p>Aprovechando las posibilidades que ofrece la tecnología 5G en cuanto a la virtualización de los servicios de red, se investigará la búsqueda de configuraciones de red optimizadas para cada tipo de aplicación militar que haga uso del 5G. Asimismo, se investigarán soluciones de seguridad que permitan minimizar los riesgos y las vulnerabilidades que puedan afectar a este tipo de redes.</p> <p>Es parte del objetivo «tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento».</p>
11.2.5. Comunicaciones acústicas y ópticas en el medio submarino	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías y sistemas de comunicaciones acústicas submarinas que contribuyan a la mejora de las prestaciones actuales, a través de la creación de nuevas técnicas de modulación con baja distorsión, mecanismos de supresión de interferencias, de recuperación ante desvanecimientos, etc. Se contempla también la investigación y desarrollo en tecnologías de comunicaciones ópticas submarinas, con objeto de mejorar el ancho de banda de transmisión y su alcance, reduciendo la distorsión de la señal, todo ello con el fin de mejorar la comunicación entre plataformas, redes e infraestructuras.</p> <p>Es parte del objetivo «robótica - vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa».</p>
11.2.6. Comunicaciones ópticas en el espacio libre	<p>Investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas con las comunicaciones ópticas en el espacio libre, de forma que sea posible disponer de sistemas y redes adaptadas a las necesidades de defensa y que aprovechen sus ventajas en cuanto a ancho de banda, baja detección, interceptación o resistencia a interferencias.</p>



11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.3. SIMULACIÓN	
11.3.1. Adiestramiento avanzado mediante simulación	<p>Desarrollo de soluciones innovadoras basadas en el uso de sistemas de simulación que permitan una óptima preparación y adiestramiento del personal de las Fuerzas Armadas en sus dimensiones cognitivas, físicas y psicológicas, abarcando lo relacionado con la doctrina para la ejecución de las operaciones, lo relativo a la utilización de los medios materiales (plataformas, armamento, etc.) o la recreación de condiciones cercanas a las de las operaciones reales, en los dominios de tierra, mar y aire y ciberespacio.</p> <p>Constituye el núcleo del objetivo «adiestramiento avanzado mediante simulación».</p>
11.3.2. Interoperabilidad entre simuladores	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas basadas en estándares de interoperabilidad que permitan interactuar a diferentes simuladores funcionando conjuntamente y de manera combinada en ejercicios.</p> <p>La implementación de estándares de interoperabilidad en los sistemas de simulación facilita la extensión de las capacidades de adiestramiento de los sistemas, permitiendo reunir en un único ejercicio de simulación las distintas audiencias objetivo de cada uno de esos sistemas que inicialmente operaban de forma aislada.</p> <p>Es parte del objetivo «adiestramiento avanzado mediante simulación».</p>
11.3.2. Simulación como herramienta para la toma de decisiones	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas basadas en simulación para el apoyo a la resolución de problemas y la toma de decisión en torno a la adquisición y el desarrollo de capacidades, el análisis de requisitos, el desarrollo y experimentación de conceptos y doctrina, la planificación operativa (planificación de crisis y anticipada) y estratégica o el apoyo a las operaciones y ensayo de misión, entre otros.</p>

11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.4. SEGURIDAD DE SISTEMAS E INFORMACIÓN	
11.4.1. Automatización de acciones ante ciberataques	Desarrollo de herramientas adaptadas a las particularidades de defensa que automaticen la protección ante ciberataques, tanto en los sistemas de información como en los propios sistemas de armas.
11.4.2. Ciberinteligencia para el análisis predictivo de vulnerabilidades	Desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan recopilar información sobre ciberamenazas a partir de múltiples fuentes, de forma que pueda generarse una inteligencia enfocada al reconocimiento de patrones que permitan anticiparse a ataques futuros. Es parte del objetivo «soluciones para ciberoperaciones».
11.4.3. Tecnologías en apoyo a ciberoperaciones	Desarrollo de soluciones tecnológicas para llevar a cabo una respuesta activa, equilibrada y proporcional, al ataque recibido amparado por el principio de la legítima defensa dentro del tipo de operaciones CNA (<i>Computer Network Attack</i>) cuyo objetivo es perturbar, denegar, degradar o destruir información que circula por los sistemas enemigos. Es parte del objetivo «soluciones para ciberoperaciones».
11.4.4. Dispositivos criptológicos, <i>software</i> y <i>hardware</i>, para incrementar la seguridad de las comunicaciones	Desarrollo de las tecnologías de cifrado adecuadas que permitan incrementar la seguridad y soberanía de las comunicaciones, considerando específicamente la interoperabilidad entre dispositivos criptológicos de diferentes fabricantes. Asimismo, se tendrán en cuenta los aspectos relacionados con las tecnologías de distribución de claves, incluyendo los últimos avances tecnológicos que, una vez tengan suficiente capacidad y seguridad, puedan ser desplegados en aplicaciones de defensa.
11.4.5. Desarrollo de las capacidades de interconexión segura de sistemas multinivel	Desarrollo e investigación de sistemas de información y mecanismos que permitan operar en diferentes niveles de seguridad, impidiendo la transferencia de información confidencial o clasificada a otros niveles no autorizados o menos restrictivos.



11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN	
11.5. APLICACIÓN A DEFENSA DE AVANCES EN TECNOLOGÍAS TIC	
11.5.1. Avances para mitigar los riesgos y limitaciones en el empleo de la IA en defensa	<p>Investigación y desarrollo en algoritmos y herramientas para reducir o mitigar los riesgos y limitaciones asociados al uso extensivo en los sistemas utilizados en defensa, así como al uso malintencionado que otras partes pueden hacer de estas tecnologías. Entre ellos, destacan la falta de claridad en la lógica de decisión de muchos de los algoritmos de IA, en particular los de aprendizaje profundo; la dificultad de detección de contenidos multimedia falsos, generados a partir de otros contenidos multimedia similares; la falta de robustez o la introducción malintencionada de datos de entrenamiento que alteran o sesgan el proceso de aprendizaje; el aseguramiento y la privacidad de los datos durante todo el proceso; el comportamiento impredecible de los algoritmos ante situaciones novedosas para los que no han sido preparados; los posibles fallos en cascada al incorporar múltiples módulos <i>software</i> basados en IA en un sistema complejo, como los utilizados en defensa; la necesidad de disponer de grandes volúmenes de datos para entrenar a los algoritmos o la complejidad de incorporar criterios éticos a los procesos de toma de decisión, entre otros.</p> <p>Es parte del objetivo «análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión».</p>
11.5.2. Aplicaciones de las tecnologías biométricas	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas dirigidas a aplicaciones específicas de defensa, que hagan uso de los últimos avances en tecnologías biométricas, tales como análisis forense de incidentes con IED, autenticación en sistemas de información o seguridad perimetral en las instalaciones militares.</p>
11.5.3. Aplicaciones de las tecnologías de análisis del habla y texto	<p>Desarrollo de soluciones tecnológicas dirigidas a aplicaciones específicas de defensa que hagan uso de los últimos avances en tecnologías de procesamiento del lenguaje natural.</p> <p>Es parte del objetivo «análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión».</p>

Listado simplificado de líneas de I+D

1. ARMAS Y MUNICIONES
1.1. TECNOLOGÍAS DE ARMAS Y MUNICIONES
1.1.1. Mejora de las prestaciones de las municiones mediante tecnologías aplicables a los efectos y su activación
1.1.2. Mejoras de las tecnologías de propulsión de municiones
1.1.3. Mejora de la seguridad en el uso de armas y municiones mediante sistemas de control, municiones insensibles y otras medidas específicas
1.1.4. Mejora de las prestaciones de las municiones a partir de dispositivos de guiado y de control avanzado
1.2. TECNOLOGÍAS DE INTEGRACIÓN E INTEROPERABILIDAD DE ARMAS
1.2.1. Tecnologías para mejorar la integración e interoperabilidad de armas con el combatiente
1.2.2. Tecnologías para mejorar la integración e interoperabilidad de armas con plataformas y sistemas de mando y control
1.3. ARMAS DE APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS
1.3.1. Armas de energía dirigida mediante láser de alta potencia
1.3.2. Armas de energía dirigida de RF
1.4. TECNOLOGÍAS DE APOYO AL CICLO DE VIDA DE ARMAS Y MUNICIONES
1.4.1. Gestión y control del ciclo de vida de municiones mediante herramientas de apoyo
1.4.2. Mejora de la eficiencia y reducción de los efectos sobre la salud y del impacto medioambiental en la producción, desmilitarización, transporte y almacenamiento de armas y municiones
2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS
2.1. TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS
2.1.1. Antenas, dispositivos y módulos de RF de altas prestaciones
2.1.2. Aplicación de tecnología fotónica a sistemas de RF
2.1.3. Arquitectura SMRF
2.2. RADAR
2.2.1. Identificación de objetivos no cooperativos (NCTI) y reconocimiento automático de objetivos (ATR)
2.2.2. Nuevos algoritmos de procesado y arquitecturas radar
2.2.3. Sistemas radar de defensa aérea
2.2.4. Sistemas SAR/MTI
2.3. SENSORES Y SISTEMAS OPTRÓNICOS
2.3.1. Sistemas basados en detectores EO/IR
2.3.2. Sistemas de visión nocturna (SVN)
2.3.3. Sistemas basados en tecnología láser para telemetría, LIDAR, guiado y designación de objetivos



2.4. SENSORES ACÚSTICOS
2.4.1. Sensores acústicos submarinos
2.4.2. Sensores acústicos atmosféricos
2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS DE SENSORES
2.5.1. Fusión sensorial
2.5.2. Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores
2.5.3. Procesamiento de datos de sensores para el desarrollo de sistemas de protección activa
2.6. CONTRAMEDIDAS OPTRÓNICAS
2.6.1. Protección activa DIRCM en plataformas aéreas
2.6.2. Señuelos pirotécnicos, bengalas, botes de humo
2.7. GUERRA ELECTRÓNICA
2.7.1. Sistemas de guerra electrónica de no comunicaciones
2.7.2. Sistemas de guerra electrónica de comunicaciones
2.7.3. Guerra electrónica multiplataforma y cooperativa
3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE
3.1. CICLO DE VIDA
3.1.1. Mantenimiento de plataformas
3.1.2. Inteligencia de datos aplicada al mantenimiento predictivo de plataformas
3.1.3. Simulación como apoyo al ciclo de vida de las plataformas
3.1.4. Protección frente a procesos de corrosión y degradación
3.2. MATERIALES
3.2.1. Reducción del peso en plataformas
3.2.2. Sistemas de protección pasiva de plataformas
3.2.3. Reducción de firma de plataformas a través de materiales
3.2.4. Materiales para aplicaciones a alta temperatura
3.3. ENERGÍA
3.3.1. Sistemas de energía de alta potencia
3.3.2. Sistemas de captación de energía ambiental (<i>energy harvesting</i>)
3.3.3. Sistemas de pilas de combustible para su uso en entorno militar
3.3.4. Sistemas de microgeneración de energía eléctrica, como microturbinas o grupos electrógenos portátiles.
3.3.5. Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica para su uso en entorno militar
3.4. LOGÍSTICA
3.4.1. Sistemas de gestión del agua
3.4.2. Sistemas de gestión de residuos
3.4.3. Combustibles certificados no derivados del petróleo
3.4.4. Combustibles alternativos no SFC

4. BASES E INSTALACIONES
4.1. PROTECCIÓN DE BASES E INSTALACIONES
4.1.1. Redes de sensores para protección de instalaciones y despliegues terrestres
4.1.2. Redes de sensores para la protección de zonas marítimas
4.1.3. Protección frente a amenazas explosivas en infraestructuras
4.2. ENERGÍA EN BASES E INSTALACIONES
4.2.1. Sistema integrado de generación de energía eléctrica renovable para bases en zona de operaciones
4.2.2. Redes inteligentes de energía eléctrica para defensa
4.2.3. Autoproducción de combustibles
4.2.4. Climatización y ACS integrada y eficiente
4.3. MODERNIZACIÓN DE BASES E INSTALACIONES
4.3.1. Incorporación de tecnologías 4.0 a bases e instalaciones y procesos del Departamento
4.3.2. Edificaciones inteligentes y eficientes para bases y campamentos
5. PLATAFORMAS TERRESTRES
5.1. DISEÑO Y MOVILIDAD DE PLATAFORMAS TERRESTRES
5.1.1. Diseño de plataformas terrestres de nueva generación
5.1.2. Sistemas de movilidad avanzados
5.1.3. Propulsión híbrida y eléctrica, electrificación de plataformas terrestres
5.1.4. Propulsión convencional y sistemas de transmisión
5.2. SISTEMAS INTEGRADOS
5.2.1. Arquitectura e integración en plataformas terrestres
5.2.2. Consciencia situacional de la tripulación de la plataforma
5.2.3. Sistemas de protección activa y reactiva
5.3. ROBÓTICA TERRESTRE
5.3.1. Conversión de plataformas o grupos de plataformas en sistemas no tripulados
5.3.2. Funcionalidades avanzadas en UGV basadas en autonomía robótica
5.3.3. Robótica para misiones específicas de defensa
6. PLATAFORMAS NAVALES
6.1. DISEÑO DE PLATAFORMAS NAVALES
6.1.1. Diseño de plataformas navales de superficie
6.1.2. Diseño de plataformas navales submarinas
6.1.3. Invisibilidad de las plataformas navales de superficie y submarinas
6.1.4. Seguridad a bordo de las plataformas
6.2. CONTROL, ENERGÍA Y PROPULSIÓN NAVAL
6.2.1. Sistemas de propulsión de plataformas navales
6.2.2. Maniobrabilidad de plataformas navales
6.2.3. Sistemas de generación eléctrica en plataformas navales



6.3. SISTEMAS INTEGRADOS EN PLATAFORMAS NAVALES
6.3.1. Evolución de los sistemas de combate de las plataformas navales
6.3.2. Integración de vehículos no tripulados en plataformas de superficie
6.3.3. Sistema de apoyo al conocimiento del entorno marítimo
6.4. VEHÍCULOS MARINOS NO TRIPULADOS
6.4.1. Tecnologías y sistemas orientados a vehículos navales submarinos no tripulados
6.4.2. Tecnologías y sistemas orientados a vehículos marinos de superficie no tripulados
6.4.3. Enjambres de vehículos navales remotamente tripulados
7. PLATAFORMAS AÉREAS
7.1. DISEÑO DE PLATAFORMAS AÉREAS
7.1.1. Desarrollo de plataformas aéreas tripuladas de nueva generación
7.1.2. Desarrollo de plataformas de ala rotatoria
7.2. ENERGÍA Y PROPULSIÓN
7.2.1. Aplicación de planta eléctrica avanzada y gestión electrónica de los sistemas y del estado de las plataformas.
7.2.2. Mejora de la propulsión y sistemas de energía en las plataformas aéreas
7.3. AVIÓNICA/C4I PARA SISTEMAS AÉREOS
7.3.1. Sistemas integrados de aviónica
7.3.2. Sistemas de misión aéreos
7.3.3. Sistema de sistemas aeronáuticos incluyendo el concepto de enjambre
7.3.4. Sistemas de navegación alternativos a las señales GNSS
7.3.5. Sistemas de gestión de tráfico aéreo tripulado no tripulado e integración de RPAS en el espacio aéreo no segregado
7.4. RPAS
7.4.1. RPAS de clases II y III
7.4.2. RPAS clase I
8. SISTEMAS ESPACIALES
8.1. SEGMENTO ESPACIO
8.1.1. Dispositivos y sistemas que componen la estructura de un satélite
8.1.2. Tecnologías embarcadas en satélite para SATCOM
8.1.3. Tecnologías embarcadas en satélite para SEOT
8.1.4. Pseudosatélites ubicados a elevada altitud
8.1.5. Pequeños satélites
8.2. SEGMENTO TERRENO
8.2.1. Estaciones en tierra para el SEOT
8.2.2. Estaciones en tierra para los sistemas SATCOM
8.2.3. Sistemas para vigilancia y seguimiento de basura espacial SST o SSA

8.3. SEGMENTO USUARIO
8.3.1. Receptores GNSS
8.3.2. Terminales SATCOM de usuario
8.4. SISTEMAS COMPLEMENTARIOS
8.4.1. Lanzadores de pequeños satélites
9. COMBATIENTE
9.1. SISTEMA COMBATIENTE
9.1.1. Sistemas de protección pasiva del combatiente
9.1.2. Sistemas de reducción de firma del combatiente a través de materiales
9.1.3. Sistemas de energía del combatiente
9.1.4. Mejora del confort del combatiente
9.1.5. Reducción de la carga del combatiente / exoesqueletos
9.1.6. Sensorización, computación y conectividad del combatiente
9.1.7. Capacidades de navegación del combatiente en ausencia de GNSS
9.2. FACTORES HUMANOS
9.2.1. Monitorización y mejora del rendimiento del combatiente
9.2.2. Interfaces hombre-máquina avanzados
9.2.3. Integración de las personas en las plataformas
9.2.4. Interacción hombre-sistema no tripulado en misiones
9.3. SALUD DEL COMBATIENTE
9.3.1. Respuesta médica temprana
10. NRBQe
10.1. TECNOLOGÍAS PARA C-IED
10.1.1. Teledetección de artefactos y sustancias explosivas en entornos terrestres
10.1.2. Teledetección de atmósferas explosivas
10.1.3. Técnicas avanzadas de análisis forense
10.1.4. Detección y neutralización de amenazas explosivas en el entorno naval
10.1.5. Protección frente a amenazas tipo RPAS de pequeño tamaño
10.1.6. Explotación de información para la lucha contra las redes responsables de la amenaza IED
10.2. DEFENSA NRBQ
10.2.1. Detección NRBQ remota o a distancia
10.2.2. Detección e identificación puntual NRBQ
10.2.3. Descontaminación NRBQ
10.2.4. Equipo de protección individual NRBQ inteligente
10.2.5. Protección colectiva NRBQ
10.2.6. Contramedidas médicas frente a agentes NRBQ
10.2.7. Conciencia situacional NRBQ



11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN
11.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA C4I
11.1.1. Funcionalidades avanzadas de los sistemas C2 para la planificación y conducción de operaciones militares
11.1.2. Interoperabilidad de sistemas C4I
11.1.3. Análisis inteligente de fuentes abiertas con fines de defensa
11.1.4. Explotación inteligente de múltiples fuentes de información
11.2. COMUNICACIONES TÁCTICAS
11.2.1. Radio definida por <i>software</i> y radio cognitiva
11.2.2. Comunicaciones basadas en el empleo de enlaces tácticos digitales y su integración en las plataformas
11.2.3. Arquitecturas de conectividad y computación
11.2.3. Redes móviles de nueva generación
11.2.4. Comunicaciones acústicas y ópticas en el medio submarino
11.2.5. Comunicaciones ópticas en el espacio libre
11.3. SIMULACIÓN
11.3.1. Adiestramiento avanzado mediante simulación
11.3.2. Interoperabilidad entre simuladores
11.3.3. Simulación como herramienta para la toma de decisiones
11.4. SEGURIDAD DE SISTEMAS E INFORMACIÓN
11.4.1. Automatización de acciones ante ciberataques
11.4.2. Ciberinteligencia para el análisis predictivo de vulnerabilidades
11.4.3. Tecnologías en apoyo a ciberoperaciones
11.4.4. Dispositivos criptológicos, <i>software</i> y <i>hardware</i> , para incrementar la seguridad de las comunicaciones
11.4.5. Desarrollo de las capacidades de interconexión segura de sistemas multinivel
11.5. APLICACIÓN A DEFENSA DE AVANCES EN TECNOLOGÍAS TIC
11.5.1. Avances para mitigar los riesgos y limitaciones en el empleo de la IA en defensa
11.5.2. Aplicaciones de las tecnologías biométricas
11.5.3. Aplicaciones de las tecnologías de análisis del habla y texto

Tabla 5. Listado completo del conjunto de Líneas de I+D+i.

Relación entre la ETID y la EID

	A) Mando y control, comunicaciones, información (C4i)	B) Ciberdefensa	C) Vigilancia, reconocimiento, Inteligencia y adquisición de objetivos (STAR)	D) Control de tráfico y de ayudas a la navegación	E) Sistemas críticos embarcados en plataforma	F) Sistemas espaciales, de tratamiento de datos y de misión	G) Simulación	H) Sistemas de navegación, control de guiado y carga de pago en misiles y municiones complejas	I) Sistemas complejos integrados por otros sistemas de armas avanzados
1. ARMAS Y MUNICIONES									
1.1. Tecnologías de armas y municiones									
1.2. Tecnologías de integración e interoperabilidad de armas									
1.3. Armas de aplicaciones y tecnologías específicas									
1.4. Tecnologías de apoyo ciclo de vida de armas y municiones									
2. SENSORES Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS									
2.1. Tecnologías electrónicas									
2.2. Radar									
2.3. Sensores y sistemas ópticos									
2.4. Sensores acústicos									
2.5. Procesamiento de datos de sensores									
2.6. Contramedidas ópticas									
2.7. Guerra electrónica									
3. TECNOLOGÍAS COMUNES A BASES E INSTALACIONES, PLATAFORMAS Y COMBATIENTE									
3.1. Ciclo de vida									
3.2. Materiales									
3.3. Energía									
3.4. Logística									



	A) Mando y control, comunicaciones, información (C4i)	B) Ciberdefensa	C) Vigilancia, reconocimiento, inteligencia y adquisición de objetivos (STAR)	D) Control de tráfico y de ayudas a la navegación	E) Sistemas críticos embarcados en plataforma	F) Sistemas espaciales, de tratamiento de datos y de misión	G) Simulación	H) Sistemas de navegación, control de guiado y carga de pago en misiles y misiones complejas	I) Sistemas complejos integrados por otros sistemas de armas avanzados
4. BASES E INSTALACIONES									
4.1. Protección de bases e instalaciones									
4.2. Energía en bases e instalaciones									
4.3. Modernización de bases e instalaciones									
5. PLATAFORMAS TERRESTRES									
5.1. Diseño y movilidad de plataformas terrestres									
5.2. Sistemas integrados									
5.3. Robótica terrestre									
6. PLATAFORMAS NAVALES									
6.1. Diseño de plataformas navales									
6.2. Control, energía y propulsión naval									
6.3. Sistemas integrados en plataformas navales									
6.4. Vehículos marinos no tripulados									
7. PLATAFORMAS AÉREAS									
7.1. Diseño de plataformas aéreas									
7.2. Energía y propulsión									
7.3. Aviónica/C4I para sistemas aéreos									
7.4. RPAS									
8. SISTEMAS ESPACIALES									
8.1. Segmento espacio									
8.2. Segmento terreno									
8.3. Segmento usuario									
8.4. Sistemas complementarios									

	A) Mando y control, comunicaciones, información (C4i)	B) Ciberdefensa	C) Vigilancia, reconocimiento, inteligencia y adquisición de objetivos (STAR)	D) Control de tráfico y de ayudas a la navegación	E) Sistemas críticos embarcados en plataforma	F) Sistemas espaciales, de tratamiento de datos y de misión	G) Simulación	H) Sistemas de navegación, control de guiado y carga de pago en misiles y municiones complejas	I) Sistemas complejos integrados por otros sistemas de armas avanzados	J) Sistemas de navegación, control de guiado y carga de pago en misiles y municiones complejas
9. COMBATIENTE										
9.1. Sistema combatiente										
9.2. Factores humanos										
9.3. Salud del combatiente										
10. NRBQe										
10.1. Tecnologías para C-IED										
10.2. Defensa NRBQ										
11. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, COMUNICACIONES Y SIMULACIÓN										
11.1. Sistemas de información para C4i										
11.2. Comunicaciones tácticas										
11.3. Simulación										
11.4. Seguridad de sistemas e información										
11.5. Aplicaciones a defensa de avances en tecnologías TIC										

Tabla 6. Trazabilidad de las subáreas de la ETID con las áreas de conocimiento que afectan a los intereses esenciales de seguridad y defensa.



Relación entre la ETID y las líneas de I+D+i estratégicas de la ECCTI 2021-2027

	1. Armas y municiones	2. Sensores y sistemas electrónicos	3. Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente	4. Bases e instalaciones	5. Plataformas terrestres	6. Plataformas navales	7. Plataformas aéreas	8. Sistemas espaciales	9. Combatiente	10. NREQe	11. Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación
SALUD											
Medicina de precisión											
Enfermedades infecciosas											
Nuevas técnicas diagnósticas y terapéuticas											
Cáncer y gerociencia: envejecimiento, enfermedades degenerativas											
CULTURA, CREATIVIDAD Y SOCIEDAD INCLUSIVA											
Evolución humana, antropología y arqueología											
Cognición, lingüística y psicología											
Filología y literaturas hispánicas											
SEGURIDAD PARA LA SOCIEDAD											
Dimensión espacial de las desigualdades, migraciones y multiculturalidad											
Monopolios y poder de mercado: medición, causas y consecuencias											
Ciberseguridad											
Protección ante nuevas amenazas para la seguridad											

	1. Armas y municiones	2. Sensores y sistemas electrónicos	3. Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente	4. Bases e instalaciones	5. Plataformas terrestres	6. Plataformas navales	7. Plataformas aéreas	8. Sistemas espaciales	9. Combatiente	10. NREQe	11. Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación
MUNDO DIGITAL, INDUSTRIA, ESPACIO Y DEFENSA											
Inteligencia artificial y robótica											
Fotónica y electrónica											
Internet de la próxima generación											
Modelización y análisis matemático y nuevas soluciones matemáticas para ciencia y tecnología											
Astronomía, astrofísica y ciencias del espacio											
Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación											
CLIMA, ENERGÍA Y MOVILIDAD											
Cambio climático y descarbonización											
Movilidad sostenible											
Ciudades y ecosistemas sostenibles											
ALIMENTACIÓN, BIOECONOMÍA, RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE											
Exploración, análisis y prospectiva de la biodiversidad											
Cadena agroalimentaria inteligente y sostenible											

Tabla 7. Trazabilidad de las áreas de la ETID con las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027.



ANEXO B. Objetivos tecnológicos

En este anexo se describe con más detalle el alcance de cada uno de los objetivos tecnológicos incluidos en la ETID, así como el tipo de actuaciones que se ha previsto desarrollar durante los próximos años en torno a cada uno de ellos (ver tabla 8).

Como se ha explicado en el capítulo 3 de la Estrategia, estos objetivos tecnológicos se organizan en tres niveles, en función de la dimensión y características de los sistemas y tecnologías involucradas y el tipo de actuaciones previstas para su consecución (ver Figura 13).

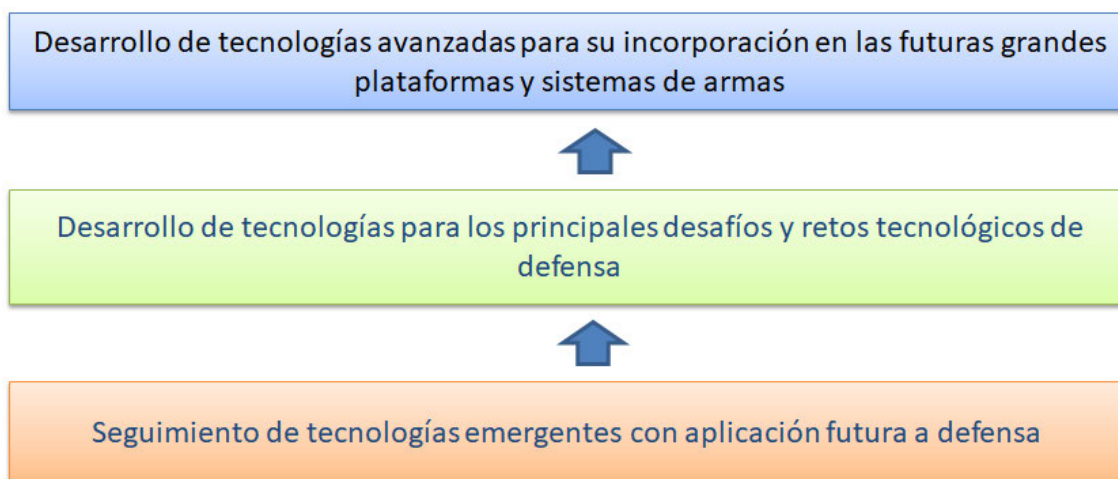


Figura 13. Niveles de organización de los objetivos tecnológicos.

Mientras que en el primer y tercer nivel se ha incluido una sola ficha descriptiva (la primera y última respectivamente), la cual sintetiza el alcance y finalidad de los objetivos tecnológicos considerados en cada nivel, en el caso del nivel intermedio, dada la mayor heterogeneidad de los objetivos que incluye, se ha incluido una ficha por cada uno de ellos.

La siguiente tabla incluye el conjunto de objetivos tecnológicos incluidos en este anexo.



Nivel / Ámbito específico de actuación	Objetivos tecnológicos
Desarrollo de tecnologías para las futuras grandes plataformas y sistemas de armas de defensa	Tecnologías para el desarrollo de las futuras grandes plataformas y sistemas de armas utilizados por las FAS en los dominios terrestre, naval, aéreo y espacial
Aplicaciones de defensa con elevada exigencia tecnológica	Tecnologías de guiado y control avanzado de municiones
	Tecnologías electrónicas de altas prestaciones
	Soluciones de guerra electrónica adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro
	Comunicaciones militares en entornos complejos
Defensa contra amenazas asimétricas	Soluciones para ciberoperaciones
	Sistemas avanzados de detección de IED terrestres
	Sistemas anti-RPAS
Aprovechamiento del empuje tecnológico civil	Control de la amenaza NRBQ
	IA - Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores
	IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa
	IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión
	Robótica - Plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa
	Robótica - Vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa
	Robótica - Aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa
	Materiales - Protección pasiva de plataformas y combatiente
Potenciación de las capacidades de las personas	Materiales - Reducción de firma en plataformas y combatiente
	Espacio - Uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa
	Tecnologías para el combatiente a pie
Sostenibilidad energética	Exoesqueletos para misiones de defensa
	Adiestramiento avanzado mediante simulación
Transformación digital	Generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas
Capacitación tecnológica inicial	Nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados
	Tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento
	Tecnologías para el desarrollo de armas láser de alta potencia
	Tecnologías para armas de energía dirigida de RF
Seguimiento de tecnologías emergentes con aplicación futura a defensa	Sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica
	Tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa

Tabla 8. Objetivos tecnológicos según ámbitos específicos.

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LAS FUTURAS GRANDES PLATAFORMAS Y SISTEMAS DE ARMAS DE DEFENSA

Tecnologías para el desarrollo de las futuras grandes plataformas y sistemas de armas utilizados por las FAS en los dominios terrestre, naval, aéreo y espacial

Desarrollo de tecnologías avanzadas para su incorporación en las futuras grandes plataformas y sistemas de armas utilizados por las FAS en los ámbitos terrestre, naval, aéreo y espacial, los cuales se derivan de necesidades incluidas en el Objetivo de Capacidad Militar (OCM) y el Objetivo de Fuerza a Largo Plazo (OFLP), y cuyo desarrollo actúa como elemento tractor de la capacitación tecnológica de sectores industriales muy amplios, así como motor de empleo de calidad en estos sectores.

Dada las características de las amenazas a las que las FAS deben hacer frente, es necesario disponer de grandes plataformas y sistemas de armas en los dominios terrestre, naval, aéreo y espacial, que incorporen avances tecnológicos de muy elevada complejidad, los cuales a menudo se llevan a cabo en cooperación internacional, implicando grandes inversiones económicas y plazos de desarrollo muy extensos.

Al tratarse de sistemas pensados para estar en servicio durante décadas, se requiere acometer programas tecnológicos con una serie de años de anticipación, en los que se aborde la incorporación de las últimas tecnologías a las funciones más críticas del sistema a través de demostradores tecnológicos, los cuales permiten validar la madurez de estos desarrollos y el riesgo de trasladarlos a los sistemas finales.

El programa más representativo en la actualidad es el FCAS entendido como la próxima generación de capacidades del combate aéreo, que combinará componentes tripulados, plataformas remotamente tripuladas, efectores y otros elementos cooperantes integrados en una arquitectura de sistema de sistemas, operando en red como una única entidad funcional. Así, el concepto nacional de FCAS contempla, fundamentalmente, el NGWS como elemento principal, junto con el avión tripulado sustituto del EF-18MLU y la evolución de los aviones Eurofighter (EF Long Term Evolution); siendo el objeto del programa NGWS la renovación de las actuales flotas de Eurofighter (Alemania y España) y Rafale (Francia) en el entorno temporal de 2040. El programa está estructurado en un conjunto de siete pilares tecnológicos; avión de combate futuro (NGF), operadores remotos no tripulados (RC), nuevos sistemas avanzados de sensores (SENSORS), nube de combate (CC), simulación (SIMLAB), propulsión (ENGINE) y baja observabilidad (ELOT).

En este mismo ámbito aeronáutico existen otras oportunidades relacionados con el desarrollo de los futuros sistemas de ala rotatoria, que se suman a otros en el dominio terrestre (tecnologías para los futuros sistemas terrestres de combate, Brigada 2035, para los futuros sistemas de defensa antiaérea de baja cota, etc.), en el naval (tecnologías para los futuros sistemas navales de combate) y en el espacial (tecnologías para los futuros sistemas satelitales).

En el marco de este objetivo se contemplan tanto los proyectos en los que participe España que se desarrollen en el marco de programas de cooperación internacional, como aquellos proyectos desarrollados a nivel nacional que sean de aplicación a esas futuras grandes plataformas o sistemas de armas.



APLICACIONES DE DEFENSA CON ELEVADA EXIGENCIA TECNOLÓGICA

Tecnologías de guiado y control avanzado de municiones

Mejora de las prestaciones de las municiones a partir de la incorporación de dispositivos de guiado y navegación, y sistemas control, incluyendo tanto dispositivos de actuación y control como sistemas C4I, lo que permite un aumento de la precisión y del control avanzado de la misión, con el objeto de maximizar la eficacia en el apoyo de fuegos y minimizar los efectos innecesarios y los daños colaterales.

El empleo de municiones guiadas e inteligentes es uno de los aspectos que más relevancia y prioridad están adquiriendo en los últimos tiempos en el ámbito de la defensa. La mejora de la precisión en las municiones mediante la incorporación de sistemas de guiado y navegación y actuación y control, además de permitir la reducción de los daños colaterales, produce una disminución de la carga logística, al necesitarse menos disparos para batir un blanco, y permite disminuir el tamaño de la cabeza de guerra y mejorar sus efectos. Asimismo, la incorporación de funciones de control avanzado mediante C4I abre un abanico de nuevas opciones como la capacidad de abortar la misión en vuelo, la obtención de información sobre el objetivo y sobre la efectividad de la misión, etc. Finalmente, el dotarlas de inteligencia y autonomía permite el cumplimiento de la misión en entornos degradados, o la readaptación en tiempo real en función de nueva información obtenida tras la acción de fuego.



El lograr implementar este conjunto de funcionalidades lleva asociado un importante número de retos tecnológicos, tanto en relación a las propias tecnologías de guiado y navegación, actuación y control, algoritmos de procesamiento y aprendizaje, sistemas de comunicaciones, etc., que permitan obtener vehículos aéreos de alta dinámica aplicables al ámbito de las municiones, como a su adaptación a las particularidades de cada tipo de municiones y su integración en municiones concretas, siendo además un ámbito intensivo en pruebas.

Por ello, durante los próximos años se ha previsto combinar actuaciones a distintos niveles de madurez tecnológica y en distintos entornos de cooperación, siendo para ello necesario compatibilizar inversiones del Departamento con otras externas al mismo.

Así, a menor nivel de madurez tecnológica, se prevé apoyar actuaciones en I+T relativas a tecnologías de plataformas de alta dinámica, habilitadoras de futuros desarrollos de municiones guiadas. Adicionalmente, el conjunto de proyectos iniciados principalmente a través de convocatorias del programa COINCIDENTE, relativos a distintos tipos de munición guiada, previsiblemente requerirán fases posteriores de aumento de madurez tecnológica, a los que se podrán sumar otros nuevos relacionados con necesidades de las FAS con el objetivo de obtener prototipos de prestaciones de elevada madurez tecnológica. Finalmente, se contempla la posible participación en proyectos europeos para investigar y desarrollar soluciones de sistemas de armas complejos que incorporen munición guiada o inteligente que, debido al nivel de complejidad, difícilmente podrían ser abordados con medios estrictamente nacionales.

APLICACIONES DE DEFENSA CON ELEVADA EXIGENCIA TECNOLÓGICA

Tecnologías electrónicas de altas prestaciones

Mejorar las prestaciones de los dispositivos y componentes que forman parte de los sistemas de radiofrecuencia (RF) militares mediante el empleo de tecnologías y desarrollos aplicables a dichos elementos para lograr funcionalidades avanzadas en radar, guerra electrónica (GE) y sistemas de comunicaciones.

Los sistemas de RF proporcionan capacidades esenciales para los modernos sistemas de defensa, implicando normalmente una exigencia en cuanto a requisitos técnicos muy superior a las aplicaciones civiles. Las mejoras en las características de los dispositivos se traducen directamente en una mejora de las prestaciones de los sistemas completos, proporcionando una ventaja tecnológica que puede llegar a resultar decisiva en el teatro de operaciones.

Además, la implementación de dichas tecnologías tiene un importante impacto en la disminución del tamaño, peso y consumo (SWaP) de los sistemas de RF, lo cual resulta especialmente crítico en las plataformas aéreas (principalmente RPAS) y terrestres, donde el tamaño, peso y consumo juegan un papel muy relevante.



Dentro del alcance del objetivo se contemplan actuaciones de I+D+i principalmente para el desarrollo de antenas de apuntamiento electrónico AESA, módulos de transmisión/recepción (T/R), amplificadores de estado sólido (principalmente basados en nitruro de galio, GaN), componentes/subsistemas basados en tecnología fotónica, además de tecnologías avanzadas de antenas (compactas de baja frecuencia, conformables) y metamateriales (aplicados a componentes de RF), etc. que aunque actualmente presentan un nivel de madurez tecnológica bastante bajo, tendrán a más largo plazo una repercusión importante en los sistemas militares.

Los retos tecnológicos de las antenas AESA están relacionados con lograr capacidad multihaz y simultánea para el seguimiento de múltiples blancos, gran agilidad en el apuntamiento (casi instantáneo) e incluso capacidad adaptativa para la cancelación de interferencias. Por su parte, los módulos T/R) integrados en ellas deben ser compactos, de alta potencia y gran ancho de banda, por lo que en el futuro previsiblemente deberán estar basados en amplificadores de GaN. Por otra parte, los componentes/subsistemas de RF basados en tecnología fotónica tendrán un impacto considerable en las prestaciones de los sistemas, al superar fronteras tecnológicas hasta el momento limitadas por el ancho de banda, las pérdidas, el tamaño o las interferencias de los actuales sistemas electrónicos.

Durante el periodo de vigencia de la ETID, van a coexistir desarrollos en el ámbito de las antenas AESA / módulos TR / GaN, principalmente en el marco de los programas tecnológicos de la F-110, así como de menor madurez en torno a la tecnología GaN y los metamateriales, en el ámbito de la EDA, con otros futuros desarrollos que se espera promover relacionados con los retos tecnológicos antes mencionados, compatibilizando para ello inversiones del Departamento con otras externas al mismo.

APLICACIONES DE DEFENSA CON ELEVADA EXIGENCIA TECNOLÓGICA

Soluciones de guerra electrónica adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro

Desarrollo de sistemas de guerra electrónica en el estado del arte en las bandas de no comunicaciones y de comunicaciones, tanto de apoyo electrónico (ESM) como de contramedidas electrónicas (ECM), sobre los que se aplicarán los avances tecnológicos en antenas, componentes y módulos de RF, además de algoritmos avanzados de alerta e inteligencia adaptados a las señales presentes en el ambiente electromagnético (EM).

El objetivo principal de la guerra electrónica (GE) es el control del espectro electromagnético para garantizar a las fuerzas amigas el uso del espectro, así como poder desplegar todo su potencial de combate e impedir la utilización del espectro por parte de las fuerzas enemigas. Si no se dispone de superioridad electromagnética como paso previo a la acción, las posibilidades de éxito son escasas por potentes que sean los medios de maniobra y fuego empleados. Dada la creciente relevancia que se le atribuye a este ámbito en los próximas décadas, resulta crítico mantener actualizados los sistemas de GE y de autoprotección de todas las plataformas utilizadas en defensa, disponiendo de autonomía nacional.

Debido a que la evolución de la amenaza es cada día más compleja, la tendencia apunta hacia sistemas de GE tanto de no comunicaciones como de comunicaciones, con bandas de frecuencia compartidas, lo que se traduce en retos tecnológicos relacionados con las aperturas compartidas (*shared aperture*) entre los distintos sistemas de RF y su adaptación a las plataformas, dando lugar al inicio de sistemas multifuncionales. Las funciones y características propias de los sistemas de no comunicaciones y comunicaciones hacen además que cada uno tenga retos tecnológicos específicos y diferentes. Es también reseñable que la aplicación de la inteligencia artificial (*RF machine learning*) en los futuros desarrollos deberá jugar un papel importante en los próximos años para dar lugar a una GE cognitiva.



En concreto, en plataformas aéreas se necesita impulsar la modularidad de los sistemas a través del desarrollo de POD tanto de reconocimiento como de perturbación electrónica que eviten el uso de plataformas dedicadas.

El desarrollo de este objetivo se va a beneficiar de los avances que se logren a nivel de componente o subsistema en el objetivo «tecnologías electrónicas de altas prestaciones», lo que permitirá dirigir los esfuerzos de este objetivo a lograr desarrollos completos con niveles de madurez tecnológica medios o altos.

En los próximos años se tiene previsto compatibilizar la ejecución de un conjunto de proyectos de I+D+i ya iniciados en los tres dominios, terrestre, naval y aéreo, para sistemas tripulados y no tripulados (incluidos los de pequeño porte), con el desarrollo de nuevos proyectos de sistemas de GE sobre los que se aplicarán los últimos avances HW/SW que mejoren las prestaciones de los mismos o incorporen nuevas capacidades.

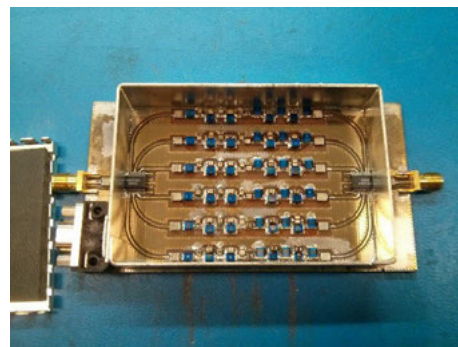
APLICACIONES DE DEFENSA CON ELEVADA EXIGENCIA TECNOLÓGICA

Comunicaciones militares en entornos complejos

Mejorar la interoperabilidad y limitaciones del ancho de banda generadas por las nuevas necesidades de transmisión radio en el ámbito de las operaciones nacionales e internacionales, tanto en LOS (*line of sight*) como en BLOS (*beyond line of sight*), así como la gestión del espectro de frecuencias para la transmisión radio en un entorno cada vez más congestionado.

Durante los últimos años, el entorno operativo ha evolucionado dando paso a nuevos tipos de plataformas y sensores desplegados (UAV, UGV, IoT, etc.), cada uno de los cuales con capacidades y requisitos de transmisión diferentes, lo que ha desencadenado nuevas necesidades de transmisión de gran cantidad de información con baja latencia a cortas o grandes distancias.

Del mismo modo, las operaciones militares habitualmente tienen lugar en entornos densos en el uso de radiofrecuencia lo que puede generar interferencias entre los diferentes sistemas radio de los aliados o en la posibilidad de sufrir denegaciones de servicio por parte de los adversarios. Por ello se requiere que las comunicaciones no interfieran con las de los aliados en misiones conjuntas, donde el espectro puede congestionarse requiriéndose tecnologías que se amolden a esta circunstancia desfavorable. El modelo de licencia del espectro tradicional dejará de ser sostenible con la aparición de nuevos nodos y tecnologías que hagan uso del mismo, por lo que se deberá pasar a compartir el espectro para maximizar su uso.



Los últimos avances tecnológicos sitúan a la SDR (*Software Defined Radio*) como la tecnología habilitadora para solventar los problemas de interoperabilidad entre distintos niveles en misiones y las limitaciones de ancho de banda generadas por las nuevas necesidades, así como la complicada coexistencia de las radios actuales con los inhibidores gracias al uso de plataformas multibanda y multicanal.

Dentro del alcance de este objetivo, se contemplan actuaciones dirigidas al desarrollo de nuevas formas de onda SDR que permitan lograr rangos de comunicación con mayor alcance y alta tasa de transmisión de datos. También se potenciará el desarrollo de sistemas de radio cognitiva que permitan mejorar y gestionar de forma dinámica el espectro electromagnético con el objetivo de incrementar la interoperabilidad en las comunicaciones durante las operaciones con aliados así como permitir una gestión más efectiva del espectro mediante la asignación de frecuencias de radio de forma cooperativa y consensuada.

Con el desarrollo de este objetivo, se prevé seguir impulsando las inversiones en proyectos de I+D+i que el Ministerio de Defensa ha venido realizando con el objetivo de adquirir autonomía y soberanía nacional en materia de radiocomunicaciones tácticas.

En los próximos años, se prevé la puesta en marcha de actividades de I+D+i dirigidas a potenciar este objetivo tecnológico, compatibilizando inversiones del Departamento con otras externas al mismo, tanto a través de cooperación nacional como internacional, atendiendo a los requisitos y necesidades específicas de las aplicaciones militares.

APLICACIONES DE DEFENSA CON ELEVADA EXIGENCIA TECNOLÓGICA

Soluciones para ciberoperaciones

Desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan recopilar, analizar y visualizar información sobre ciberamenazas y sobre ciberincidentes y generar inteligencia para anticiparse a ataques futuros, así como llevar a cabo una respuesta activa, equilibrada y proporcional al ataque recibido amparado por el principio de la legítima defensa.

La ciberseguridad es una capacidad militar implícita y exigible en cualquier sistema o red de uso militar, teniendo las operaciones en el ciberespacio un carácter permanente, debido a la propia naturaleza de la amenaza en este ámbito. El Ministerio de Defensa necesita potenciar sus capacidades de ciberdefensa de cara a fortalecer su resiliencia y sus posibilidades para operar de forma continua, ágil y eficaz en un escenario cada vez más exigente como es el ciberespacio. Asimismo, necesita poder evolucionar y adaptarse al ritmo que lo hacen las tecnologías y las propias amenazas, dentro de la legalidad y la legitimidad, en constante colaboración con el resto de actores civiles y militares.



Este objetivo tecnológico se centra en el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas que ayuden a generar una ciberinteligencia que asegure la libertad de acción de las fuerzas propias en el ciberespacio y permita limitar esa misma libertad de acción al adversario, como respuesta proporcional y equilibrada a un ataque recibido.

Entre otros fines, se busca utilizar lo ocurrido en el pasado y la información sobre el presente para anticiparse a lo que podría ocurrir en el futuro, intentando predecir los efectos y mitigarlos o evitarlos por completo antes de que ocurran, dando un enfoque proactivo a las acciones que se deben llevar a cabo. Se trata además de una inteligencia que proporciona superioridad no solo en el ciberespacio, sino que se extiende al resto de dominios físicos (tierra, mar, aire, espacio) y cognitivo.

No obstante, el disponer de ese tipo de inteligencia lleva asociados numerosos retos tecnológicos. Implica la obtención, análisis y correlación de datos procedentes de múltiples redes en el ciberespacio para poder responder a preguntas complejas (p. ej. saber quién puede atacar y en qué momento, qué técnicas y procedimientos utiliza, desde dónde lanza los ataques, a quién se dirige primero, qué grado de sofisticación tiene, qué antecedentes de ataques similares existen, etc.). A su vez, mostrar al comandante de una operación cómo las amenazas del ciberespacio pueden afectar a los dominios físicos no es una tarea trivial y también supone un reto. Si bien existen herramientas comerciales que pueden servir de ayuda, es necesario llevar a cabo actuaciones específicas en I+D+i para abordar estos retos.

En los próximos años, se tiene previsto promover o apoyar el desarrollo de actividades de I+D+i que impulsen la generación de ciberinteligencia mediante el análisis de la información disponible y que permita contrarrestar o responder a los ataques enemigos en el ciberespacio.

DEFENSA CONTRA AMENAZAS ASIMÉTRICAS

Sistemas avanzados de detección de IED terrestres

Desarrollo de tecnologías para sistemas de detección remota o a distancia de artefactos explosivos improvisados (IED), con prestaciones operativas para la protección de las unidades militares frente a la guerra asimétrica.

La capacidad de detección de IED, es decir, dispositivos colocados o fabricados de manera improvisada que incorporan material destructivo, letal, pirotécnico o incendiario, resulta de vital importancia para la protección de la Fuerza y de la población civil en escenarios de guerra híbrida. Si se dispone de la adecuada capacidad de detección, será posible identificar, evitar, neutralizar o mitigar la amenaza, así como obtener información que permita identificar, perseguir y derrotar al adversario.



Si bien la detección de explosivos es una amenaza abordada en el ámbito de seguridad, en defensa existen varios escenarios de especial interés, entre los que destacan principalmente la limpieza de rutas, no solo contra IED, sino contra minas terrestres convencionales y municiones no detonadas (UXO). La limpieza de rutas utiliza sistemas de detección cada vez más complejos, multisensor con procesamiento y fusión de datos, para aportar una mayor fiabilidad. Además de equipos portátiles (*hand-held detectors*), se requiere el desarrollo de detectores que puedan ser integrados en vehículos militares en movimiento, especialmente sobre plataformas robóticas terrestres o aéreas (RPAS), que permitan detectar indicios y confirmar la presencia de un IED de forma remota, minimizando el riesgo para el personal operativo, por lo que dichos detectores deben ser ligeros, compatibles con las capacidades de carga de pago de las plataformas y de uso remoto.

Son muchos los retos tecnológicos asociados a la detección de un IED, el cual habitualmente se encuentra enterrado o camuflado por elementos naturales o artificiales. En general, se intenta detectar el sistema o elementos del mismo (interruptor, fuente de energía, iniciador, carga principal y contenedor), trazas del material explosivo o cualquier otro elemento o condición del entorno que haga sospechar de la presencia de un IED (p. ej. variaciones en la densidad del medio, movimientos de tierra, etc.).

Así, se distinguen tecnologías de detección directa, que bien tratan de detectar el artefacto o la sustancia explosiva contenida en cantidad considerable (*bulk detection*) o bien las emisiones de vapor del explosivo o de residuos sólidos o líquidos del explosivo a nivel de traza (*trace detection*). Adicionalmente, existen otras de detección indirecta basadas en descubrir cualquier otro elemento, rastro o indicio de la presencia de un IED, como elementos metálicos, anomalías en la densidad del medio o movimientos de tierras.

Durante el periodo de vigencia de la ETID, se prevé la puesta en marcha de actividades de I+D+i dirigidas a potenciar esta capacidad tecnológica, compatibilizando inversiones del Departamento con otras externas al mismo, tanto a través de cooperación nacional como internacional. En concreto, se plantea combinar actuaciones de consolidación de actividades ya iniciadas para acercar las soluciones en desarrollo al entorno operativo, con el apoyo a nuevos proyectos de I+D+i, en particular aquellos centrados en la hibridación de métodos y tecnologías de detección, con actuaciones de evaluación de demostradores tecnológicos y prototipos existentes bajo condiciones realistas, aportando criterio técnico a los demostradores.



DEFENSA CONTRA AMENAZAS ASIMÉTRICAS

Sistemas anti-RPAS

Desarrollo y adaptación a requisitos militares de sistemas anti-RPAS con capacidad de detección, identificación y neutralización de RPAS empleados contra instalaciones, vehículos y personas, para su uso tanto en zona de operaciones como en territorio nacional.

La mejora de prestaciones de los RPAS de menor tamaño y su abaratamiento ha permitido un acceso al público mayoritario, provocando en algunos casos incidentes al invadir espacios protegidos o ser aprovechados por grupos terroristas que emplean estos sistemas en actividades de vigilancia o para la realización de atentados. Este tipo de amenazas se han visto reforzadas por el avance tecnológico y la innovación, siendo previsible que en los próximos años también evolucionen en cuanto a sofisticación y complejidad.

Aspectos tales como la reducción de tamaño de los RPAS, su creciente autonomía energética, la mejora de los enlaces de comunicaciones y el uso de nuevas frecuencias, la menor dependencia de los sistemas tanto de navegación como de mando y control, el empleo de cargas de pago más peligrosas, el funcionamiento en enjambre, etc. complicarán notablemente las posibilidades de detección, identificación y neutralización de estos sistemas, lo que obliga a desarrollar actividades de I+D+i que mejoren las prestaciones de los sistemas anti-RPAS actuales.



Por ello, se requieren actuaciones que permitan mejorar las capacidades de detección, seguimiento e identificación de objetivos de pequeño tamaño en entornos complejos, adaptadas al mayor número posible de escenarios, basadas principalmente en el empleo combinado de distintos tipos de sensores y el desarrollo de nuevos algoritmos avanzados de procesamiento de señal y fusión que minimicen el número de falsos positivos. Asimismo, se requieren soluciones de neutralización adaptadas a diferentes escenarios que minimicen la posibilidad de daños colaterales. Es necesario también avanzar en la modularidad de las soluciones tanto a nivel *hardware* como *software*, de modo que puedan actualizarse, integrar nuevas funcionalidades y adaptarse a nuevos requisitos de forma sencilla, flexible y con un coste asequible.

Se trata de sistemas con un potencial de uso dual muy importante, dadas las similitudes entre las necesidades de las FAS y FCSE, lo que favorece la combinación de inversiones del Ministerio de Defensa con otras externas para avanzar en este objetivo.

De cara a los próximos años, se ha previsto combinar actuaciones a distintos niveles de madurez tecnológica y en distintos entornos de cooperación. En particular, se prevé continuar con las actuaciones de evaluación técnico-operativa de soluciones tecnológicas existentes, extendiendo la evaluación de sistemas portátiles a sistemas fijos, así como a las tecnologías que permitan ampliar las capacidades de los sistemas anti-RPAS de acuerdo a las necesidades de defensa. Asimismo, se tiene previsto promover y apoyar proyectos de desarrollo tecnológico que mejoren las capacidades de los sistemas actuales, en relación a su uso por defensa. Finalmente, se tiene interés por avanzar en el desarrollo de capacidades de validación técnica de sistemas anti-RPAS en condiciones representativas de las amenazas actuales y futuras de cara a establecer un marco de evaluación propio.

DEFENSA CONTRA AMENAZAS ASIMÉTRICAS

Control de la amenaza NRBQ

Desarrollo de tecnologías de detección, identificación y monitorización (DIM), protección y descontaminación NRBQ, para evitar o remediar situaciones de crisis por ese tipo de amenazas de forma rápida y eficaz, reduciendo al máximo el impacto sobre el personal y el entorno.

La capacidad actual para preservar un área determinada de amenazas NRBQ o para actuar en una situación de crisis tiene ciertas limitaciones. Las tecnologías de detección NRBQ en campo están lejos de poder realizar actividades DIM eficaces para alertar a tiempo. Por otra parte, los sistemas de descontaminación actuales están basados en el uso de grandes volúmenes de líquidos corrosivos y dañinos para el hombre, el medio ambiente y el material electrónico, que además conllevan una gran carga logística operativa. Además, resulta necesario potenciar la capacidad de protección de nuestras FAS, tanto individual (EPI) como colectiva, principalmente frente a agentes epidemiológicos.



Los avances logrados en tecnologías de sensores posibilitan el desarrollo de dispositivos de tamaño y peso muy reducidos que, combinados con tecnologías de las comunicaciones y en algunos casos de inteligencia artificial, permiten obtener sistemas de detección remota de muy altas prestaciones, necesarias para la detección e identificación de atmósferas NRBQ. A nivel nacional, existe capacidad para el desarrollo de algunas de estas tecnologías, como son los sensores basados en semiconductores específicos o CdZnTe, la resonancia de superficie de plasmones, las tecnologías basadas en láser, los detectores ópticos, puntos cuánticos, redes metalorgánicas, biosensores basados en la secuenciación de ADN, entre otras.

Igualmente, se están desarrollando tecnologías de descontaminación NRBQ inteligente que evitan o reducen enormemente el uso de líquidos. Se trata de tecnologías muy novedosas que podrían cambiar completamente el modo de afrontar un escenario contaminado, como la generación de plasma frío, la generación de nieblas para abatimiento de nubes tóxicas, los materiales catalíticos o los fluidos supercríticos.

En cuanto al desarrollo de EPI avanzados, se busca la integración de las nuevas tecnologías de sensorización en el traje NRBQ o en los filtros, con objeto de detectar la presencia de agentes o el agotamiento del material adsorbente, bien en el traje o en la protección respiratoria. Asimismo, la incorporación de materiales autodescontaminantes proporcionaría una mayor protección y evitaría que el EPI expuesto a la amenaza constituya un foco secundario de contaminación.

Durante el periodo de vigencia de la ETID se ha previsto promover o apoyar actuaciones en I+D+i en torno a los retos antes mencionados. Dado el interés dual de estas tecnologías se prevé apoyar la I+T de este objetivo a través de programas nacionales con financiación externa, así como a través de cooperación internacional. La aportación del MINISDEF irá dirigida principalmente a la adaptación de las tecnologías al entorno militar y a actividades de prueba y ensayo en ejercicios a nivel nacional o en colaboración internacional, donde se puedan emplear agentes RBQ reales, para alcanzar TRL 8-9.

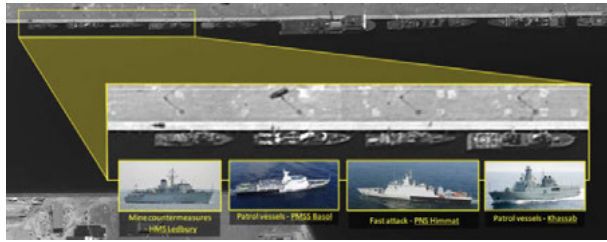


APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

IA - Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores

Desarrollo de algoritmos que sean capaces de detectar, reconocer o identificar de forma automática la presencia de entidades con significado e interés para las FAS en los datos proporcionados por sensores utilizados en defensa, de forma que se reduzca la carga de análisis a los operadores humanos. El interés se dirige específicamente a la aplicación de los últimos avances en inteligencia artificial (IA) para explotar los datos proporcionados por sensores empleados en escenas de elevada complejidad, en las que hasta ahora no existían alternativas solventes para automatizar dichos análisis.

Durante los últimos años se ha producido un gran crecimiento de la capacidad de las FAS para adquirir enormes cantidades de datos procedentes de todo tipo de sensores desplegados (embarcados en todo tipo de plataformas terrestres, navales, aéreas y espaciales, o ubicaciones fijas), así como para intercambiarlos con otros sistemas a través de redes y enlaces de comunicaciones. No obstante, todavía resulta muy complicado extraer de forma automática la información de interés incluida en esos datos, obligando en muchos casos a que sea un operador humano quien realice esa tarea, lo que constituye un cuello de botella de creciente importancia, que limita las posibilidades de aprovechamiento por las FAS de la información sensorial.



En paralelo a esto, en el ámbito de la IA se han producido avances muy significativos en el desarrollo y utilización de nuevas técnicas y algoritmos, que han permitido abordar problemas hasta ahora inviables. Se trata de soluciones que, a partir de grandes cantidades de datos, previamente etiquetados con el conocimiento del usuario, son capaces de analizar problemas muy específicos, normalmente relacionados con la identificación de la presencia de varios tipos de entidades en la escena y su clasificación según varias categorías (p. ej. presencia de vehículos, personas, buques, instalaciones, etc.). Este tipo de algoritmos todavía están lejos de proporcionar la inteligencia general que un humano es capaz de aportar, pero supone un paso adelante que puede sentar las bases para poder realizar análisis más complejos en el futuro.

Dado que dentro del alcance del objetivo tienen cabida todo tipo de sensores para múltiples aplicaciones, inicialmente se van a enfocar las actuaciones en aquellos que proporcionen información sobre escenas de elevada complejidad, en las que hasta ahora, no existían alternativas solventes para automatizar los análisis, y de los cuales se disponga de suficiente cantidad de datos etiquetados para iniciar el entrenamiento de los algoritmos. Se excluyen de este objetivo el análisis automático de datos de sensores dirigidos al guiado y navegación de plataformas remotamente tripuladas, por estar incluidas en sus objetivos específicos.

En los próximos años, se espera poder llevar a cabo un conjunto de proyectos de I+D+i representativos de distintas misiones militares, que permitan entender el potencial y limitaciones de estas nuevas tecnologías y sienten las bases para un uso más extensivo en defensa, además de clarificar la manera de dar soporte al ciclo de vida de este tipo de sistemas basados en IA. En paralelo, se ha previsto promover la puesta en marcha de actividades de recopilación/etiquetado de datos, en aquellas aplicaciones no preparadas para ello, que habiliten su análisis futuro. Se contempla la posibilidad de promover parcialmente estos desarrollos con financiación externa al Ministerio de Defensa.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa

Desarrollo de tecnologías que puedan ir integradas en las propias plataformas en relación a los conceptos de mantenimiento predictivo orientado a la previsión de averías y a optimizar el mantenimiento de las plataformas militares (sensorización, generación de datos, análisis de fallos, etc.) y de aplicaciones válidas para la gestión de los datos utilizando métodos basados en *Big Data*, IoT, Inteligencia Artificial y visualización analítica.

La necesidad de prolongar la vida operativa de las plataformas para el ahorro de costes y el aumento de su disponibilidad obliga al desarrollo de soluciones que aseguren su buen funcionamiento y prestaciones desde el momento de su entrada en servicio y durante toda su vida operativa. Esto requiere un eficaz y eficiente apoyo al ciclo de vida, ya que con el uso y el tiempo, la tendencia natural es reducir las prestaciones o capacidades de las plataformas y sistemas, tanto por la degradación natural de estos debidos al uso, como por las obsolescencias tecnológicas.



Actualmente, las tecnologías de mantenimiento están más dirigidas a las tareas de mantenimiento programado o preventivo. Las plataformas pasan regularmente las revisiones recomendadas por los fabricantes, que generalmente son muy conservadoras y adelantan el cambio de piezas cuando a lo mejor no es realmente necesario. La incorporación de nuevas tecnologías a las tareas de mantenimiento de las plataformas, puede llevar a cambiar esta tendencia hacia un mantenimiento predictivo, detectando por anticipado las posibles averías de los componentes de las plataformas militares en los tres dominios: tierra, mar y aire. Ello supondría un avance significativo en la gestión logística de las FAS, a la vez que reduciría el número de paradas e incrementaría la disponibilidad de los sistemas militares.

Los principales retos tecnológicos están relacionados con lograr una correcta sensorización de las partes de las plataformas más susceptibles de fallos o de aquellos elementos considerados como críticos para el correcto funcionamiento del sistema, los relacionados con la recopilación, gestión y adecuación de los grandes volúmenes de datos generados por las distintas plataformas, así como los relativos al desarrollo del conjunto de algoritmos inteligentes de análisis automático de esos datos, de forma que efectivamente sean capaces de predecir con exactitud y fiabilidad la vida útil restante de cada componente o sistema.

En los próximos años, van a coexistir un conjunto de proyectos de I+D+i ya iniciados, dirigidos a plataformas de los tres dominios, con otros futuros desarrollos que se espera promover o apoyar, que continúen estos esfuerzos o que aborden otro tipo de plataformas hasta ahora no cubiertas. Para ello, se contempla hacer compatibles las inversiones del Departamento con otras fuentes de financiación externa al Ministerio de Defensa.



APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión

Desarrollo de soluciones tecnológicas que, aprovechando los últimos avances en tecnologías de IA, *Big Data* y analítica de datos, permitan el análisis eficaz y eficiente de múltiples fuentes de datos de todo el espectro de información, incluyendo las fuentes abiertas, de cara a ayudar a los analistas en la creación de inteligencia que apoye la toma de decisiones en distintos dominios de interés para defensa.

La creciente cantidad de fuentes de datos procedentes de sensores o fuentes abiertas, combinado con la rápida aparición y evolución de nuevas amenazas para defensa y la necesidad de acelerar los ciclos de toma de decisión, obliga a disponer de herramientas avanzadas que permitan analizar de forma automática e inteligente todo ese enorme conjunto de datos, de forma que se pueda obtener información utilizable para la toma de decisión.

Si bien en los últimos años se han dado importantes pasos para integrar múltiples fuentes de datos para su análisis, existen todavía ámbitos en los que se requiere realizar avances. Por un lado, se necesita disponer de capacidades de procesamiento del enorme volumen de datos procedente de fuentes abiertas para obtener inteligencia de gran valor para proporcionar conciencia situacional, predecir y detectar amenazas, detectar patrones, anomalías de comportamiento y contextualización demográfica, económica, social, política y religiosa durante las operaciones. Se trata además de la necesidad que está adquiriendo una creciente importancia dado el papel preponderante que está adquiriendo el dominio cognitivo como entorno de confrontación permanente, en el que los medios sociales actúan como vehículo de comunicación instantánea. Por otro, se necesita desarrollar herramientas capaces de analizar todo el conjunto de datos disponibles de forma automática, estableciendo nuevas interrelaciones entre datos aislados y añadiendo información de contexto en los análisis, de forma que se logre inferir significado de alto valor para la toma de decisión.

Los numerosos avances en las tecnologías de IA, *Big Data* y analítica de datos que se viene produciendo en el ámbito civil pueden constituir el soporte tecnológico de base, al facilitar la recopilación, almacenamiento y representación de estas enormes cantidades de datos. No obstante, son muchos los retos tecnológicos existentes que limitan las posibilidades de las FAS para explotar todo este conjunto de fuentes de datos de acuerdo a sus necesidades.

En concreto, aspectos tales como el enorme volumen de datos a procesar; la definición de taxonomías y ontologías exhaustivas, completas y adecuadas para cada problema particular, que acoten el rango de búsqueda a un conjunto finito de fuentes y apoyen el proceso de toma de decisión; la multiplicidad de idiomas y formatos de la información (p. ej. vídeo, imagen, audio, etc.); la propia indefinición del lenguaje natural; la ausencia de geolocalización en parte de estas fuentes; la veracidad de la información; la necesidad de propagar incertidumbres según se avanza en los procesos de correlación y fusión; los múltiples enfoques algorítmicos que es posible utilizar en cada problema particular; la necesidad de combinar fuentes de datos abiertas, con otras propias e incluso clasificadas o la necesidad de explicar las decisiones frente a la opacidad de algunos algoritmos basados en IA, son solamente algunos de estos retos. A todo ello, se suma que el análisis debe articularse en torno a la determinación por el usuario final del problema concreto a resolver y la especificación de las variables más relevantes, siendo frecuente que se necesite dar respuesta a preguntas relativamente abstractas o ambiguas.

Para abordar estos retos, en los próximos años se prevé llevar a cabo un conjunto de proyectos de I+D+i representativos de distintos casos de uso de interés para defensa, que permitan entender el potencial y limitaciones de la tecnología existente, así como abordar problemas más complejos. Se contempla la colaboración con otros organismos financiadores a nivel nacional, para abordar proyectos en este ámbito que tengan un mayor uso dual.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Robótica – Plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa

Desarrollo de nuevos sistemas terrestres robotizados que permitan llevar a cabo misiones en modo no tripulado, dotándoles de funcionalidades específicas según las particularidades de la misión y el grado de autonomía deseado, con vistas a minimizar la exposición del personal a los riesgos presentes en los escenarios de operación y liberarle de tareas monótonas o de elevada exigencia física y mental.

En los últimos años, se han producido enormes avances en los campos de la robótica y la inteligencia artificial, lo que ha permitido el desarrollo y la proliferación de numerosos robots con crecientes niveles de autonomía de decisión. La posibilidad de aprovechar estos avances civiles y trasladarlos al ámbito militar permitiría obtener sistemas robóticos para la realización de misiones en modo no tripulado, con las consiguientes ventajas que ello conllevaría, fundamentalmente relacionadas con la eliminación del riesgo para el personal que participa en la misión, así como la reducción de su carga física y el incremento de la eficiencia operativa, en casos específicos.

La aplicación militar de los desarrollos civiles no es inmediata, por cuanto existe una serie de condicionantes relacionados con los entornos de operación y características de las misiones que elevan notablemente la complejidad del problema (p.ej.: entornos de conducción no estructurados, posible ausencia de señal GNSS, seguridad y robustez de las comunicaciones, potencial presencia de otras unidades aliadas, neutrales o enemigas, etc.), lo que motiva que esta adaptación deba ser muy progresiva.



Los principales retos tecnológicos en este ámbito incluyen, por un lado, el desarrollo de un conjunto de funcionalidades técnicas que permitan tanto la conversión de vehículos militares tripulados en no tripulados, como dotar de funcionalidades autónomas avanzadas a una o varias plataformas (bien sean vehículos en servicio que han sido robotizados o robots de menor tamaño), de forma que puedan guiarse y operar en entornos no estructurados con mayor autonomía. Y, por otro lado, esos retos se refieren igualmente a la adaptación de plataformas robóticas existentes a los requisitos específicos de las diferentes misiones militares, lo que comprende también las cargas de pago. En esta adaptación se consideran de especial relevancia las siguientes misiones: C-IED/NRBQ, vigilancia y reconocimiento, combate, apoyo logístico al combatiente, búsqueda y rescate, ingeniería, evacuación médica, operaciones en entornos urbanos e intervención en emergencias.

Durante el periodo de vigencia de la ETID, van a coexistir desarrollos ya iniciados (p. ej.: la automatización de un convoy de vehículos o la adaptación a requisitos de defensa de un vehículo militar automatizado) con la realización de pruebas de validación técnico-operativa sobre demostradores o prototipos existentes en entornos realistas, así como con otros futuros desarrollos dirigidos a abordar los retos tecnológicos antes mencionados. El elevado carácter dual de las tecnologías implicadas hace que se contemple financiación externa al Departamento para llevar a cabo parte de estos desarrollos.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Robótica - Vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa

Diseño y desarrollo de plataformas marinas no tripuladas tanto de superficie como submarinas, autónomas o teleoperadas remotamente (UMS), así como integración de sensores, sistemas y equipos que les dote de las capacidades demandadas por las FAS.

El avance tecnológico en los últimos años en el ámbito de la robótica está propiciando una evolución significativa de los vehículos y robots marinos, que cada vez resultan más indispensables tanto en aplicaciones civiles (p. ej. identificación de especies marinas, análisis hidrológicos, medidas contra incendios, etc.) como militares (p. ej. vigilancia, detección y neutralización de artefactos, etc.).

El uso de este tipo de sistemas en defensa involucra numerosas ventajas relacionadas con el apoyo a los buques de la Armada, que podrán mejorar su capacidad de detección y la neutralización de la amenaza (MCM - Medidas contra minas) o su capacidad REA (*Rapid Environmental Assessment*), reduciendo el esfuerzo necesario para ello y minimizando los riesgos personales y materiales. Asimismo, involucra ventajas relacionadas con la reducción de costes de adquisición de embarcaciones tripuladas de mayor envergadura, de la dotación destinada a las mismas, así como la minimización de errores producidos por la fatiga o el estrés.



Los principales retos tecnológicos presentes en este ámbito se refieren al diseño de la plataforma no tripulada (tanto submarina como de superficie), así como con la mejora de su carga útil, sus sistemas de actuación y control, propulsión y generación de energía a bordo, maniobrabilidad y sistemas de comunicaciones con la plataforma o estación de control principal. A ellos se suma la introducción de autonomía, tanto para la navegación como para la realización de las misiones específicas. Asimismo, la creación de enjambres de este tipo de plataformas, así como sistemas colaborativos con plataformas aéreas, sonoboyas o boyas subacuáticas estáticas, hace necesario avanzar en aspectos de planificación de rumbos, sincronización de misión e interoperabilidad. Por último, otros aspectos como el desarrollo de mecanismos automatizados de lanzamiento e izado de estos vehículos desde su plataforma base, o la reglamentación operativa de los mismos puede facilitar su uso extensivo en defensa.

En los próximos años van a coexistir los proyectos de desarrollo de tecnología actualmente en curso, tanto en plataformas de superficie como submarinas, con las campañas de validación técnico-operativa de demostradores y prototipos desarrollados por la base tecnológica e industrial nacional, en el marco del programa BARRACUDA. A su vez, se prevé promover o apoyar el desarrollo de otros proyectos futuros dirigidos a abordar los retos tecnológicos antes mencionados.

El elevado uso dual de estas plataformas hace que se contemple que una parte importante de estos avances se realicen sobre la base de fuentes de financiación externas al Ministerio de Defensa, de forma que los esfuerzos inversores del Departamento se focalicen fundamentalmente en la realización de pruebas, en aportar criterio técnico a los desarrollos y en desarrollos tecnológicos que incidan en aspectos exclusivos del uso por defensa de este tipo de sistemas.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Robótica - Aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa

Desarrollo y adaptación a requisitos militares de RPAS existentes con el fin de habilitar nuevas maneras innovadoras de abordar las misiones en defensa, ampliando las posibilidades operativas actuales.

En los últimos años, el desarrollo de los vehículos aéreos remotamente tripulados (RPAS) está siendo muy notable tanto en el ámbito civil como en el militar, donde su empleo se está extendiendo a diferentes unidades de las FAS. Las barreras existentes a la hora de desarrollar tecnología que pueda ser embarcada en estas plataformas son relativamente bajas, en comparación con el resto del sector aeronáutico, lo que abre interesantes posibilidades para defensa, al aprovechar el importante empuje del sector civil.



No obstante, dada la variedad de misiones que deben llevar a cabo las FAS y los continuos avances e innovaciones en tecnologías embarcables en RPAS, son muchas las posibilidades operativas que todavía están pendientes de ser desarrolladas.

Para lograr un uso más extensivo de este tipo de sistemas en defensa, son todavía muchos los retos tecnológicos que es necesario abordar, dados los exigentes requisitos de operación que demandan los escenarios actuales. Aspectos tales como las limitaciones en cuanto a autonomía energética de las plataformas, especialmente las de propulsión eléctrica; su vulnerabilidad frente a *jamming* de las comunicaciones o derivada de su alta dependencia de las señales GNSS; la capacidad de sus sistemas de comunicaciones en términos de alcance, robustez y ancho de banda; la necesaria reducción de peso y tamaño de las cargas de pago y la mejora de la gestión de potencia; su empleo en entornos confinados; la reducción de su firma o su funcionamiento en enjambre, entre otros.

De cara a los próximos años, se prevé la puesta en marcha de un conjunto de actividades de I+D+i dirigidas a potenciar este objetivo, compatibilizando inversiones del Departamento con otras externas al mismo, tanto a través de cooperación nacional como internacional.

En concreto, aprovechando el empuje tecnológico que existe a nivel civil, así como el uso dual de estos sistemas, se tiene previsto continuar con la evaluación técnico-operativa de demostradores y prototipos, así como apoyar desarrollos que faciliten su adaptación y uso en nuevas aplicaciones para defensa.

Muy en particular, se prevé incidir en el ámbito de los enjambres de RPAS, de forma que se facilite la definición de requisitos y su adaptación a las futuras necesidades de defensa.

Adicionalmente, se tiene previsto promover y apoyar desarrollos tecnológicos específicamente militares, como es el desarrollo de sistemas de *loitering* y el armado de RPAS entre otros, siempre que su empleo se realice bajo control y supervisión humano (*human-in-the loop*), la mejora de las capacidades ISTAR y la adaptación de estas plataformas a misiones GE (SIGINT, COMINT) y EOD, entre otras.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Materiales - Protección pasiva de plataformas y combatiente

Desarrollo de nuevos materiales para la obtención de sistemas de protección pasiva más efectivos frente a todo tipo de proyectiles, armas punzantes, fragmentos y esquirlas, fuego, etc. que puedan ir integrados en los equipos de protección individual del combatiente y en los blindajes empleados por las plataformas militares (terrestres, navales y aéreas).

Mientras existan bajas por causa de daños producidos por amenazas de tipo balístico, explosiones, arma blanca, etc. es necesaria la búsqueda de soluciones para garantizar la protección de los soldados y que esta cifra de bajas se reduzca lo máximo posible. Una de ellas pasa por incrementar el nivel de protección frente a dichas amenazas tanto del soldado a nivel individual como el de las plataformas en las que van como tripulantes.

Actualmente, las plataformas que requieren un alto nivel de protección suelen ser bastante pesadas, en gran parte debido al elevado peso del sistema de protección pasivo que integran. Para el combatiente, aunque se han mejorado bastante los materiales empleados en chalecos, cascos y otras protecciones, se siguen empleando otros de elevado peso, que dificultan la movilidad o la ergonomía y confort del soldado, sin olvidar que aún no son capaces de evitar las lesiones derivadas del trauma producido por los impactos de los proyectiles.



La mayor dificultad desde un punto de vista tecnológico es el desarrollo en sí mismo de materiales que sean ligeros y que al mismo tiempo presenten mejores prestaciones mecánicas que los actuales. También supone un reto la fabricación de estos materiales a escala macroscópica y su integración en sistemas más grandes como son los de protección individual para el soldado o la estructura de una plataforma.

En los últimos años se han producido notables avances en las tecnologías de materiales. Así, cabe destacar el desarrollo de materiales compuestos nanoestructurados o nuevas cerámicas de altas prestaciones como materiales a incorporar a corto y medio plazo, y otros como son las estructuras auxéticas o los fluidos no newtonianos, que se encuentran en una fase de desarrollo menos madura y su inclusión podría llegar (si fuera viable) a más largo plazo. De manera más exclusiva, para plataformas se prevé a corto y medio plazo el empleo de estructuras laminares multimaterial (híbridas), y para el combatiente, el de fibras sintéticas de altas prestaciones e incluso del de tejidos tridimensionales.

Durante el periodo de vigencia de la ETID se ha previsto continuar con la ejecución de proyectos en desarrollo o recientemente finalizados dirigidos a desarrollar e integrar algunas de las tecnologías anteriores en el sistema combatiente y en plataformas militares específicas, así como promover o apoyar nuevos desarrollos de I+D+i, que permitan ir incorporando o validando nuevos materiales para su uso en defensa. Dado que la tecnología de materiales tiene un importante uso dual, se espera una elevada contribución de financiación externa de cara al desarrollo de estos proyectos, en particular a niveles de madurez bajos y medios. Por ello, los esfuerzos del Ministerio de Defensa se van a focalizar en las etapas de desarrollo e integración en combatiente y sistemas militares, incluyendo su prueba y validación.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Materiales - Reducción de firma en plataformas y combatiente

Desarrollo de nuevos materiales para mejorar la supervivencia de plataformas y personal militar a través de la reducción de su detectabilidad. Estos materiales permitirían la reducción de la firma (radar, IR, acústica, visible, etc.) de las plataformas (terrestres, navales y aéreas) y del combatiente, mejorando su capacidad de ocultación y dificultando su visibilidad por parte del potencial enemigo.

Desde un punto de vista estratégico, la reducción de la detectabilidad de las plataformas y los soldados es muy importante, tanto para aumentar las probabilidades de supervivencia en los escenarios de operaciones como para emplear el factor sorpresa sobre el potencial enemigo y maximizar la efectividad de un ataque.

Aunque muchas plataformas militares han reducido mucho su detectabilidad, existen sistemas cada vez más avanzados capaces de detectarlas: sensores con prestaciones mejoradas empleados en la detección de distintos tipos de sistemas y personal, algoritmos usados para procesar los datos recibidos por dichos sensores, etc.

Se plantea necesario reducir la firma de las plataformas y del soldado en todas sus variantes (radar, infrarroja, visible, acústica, etc.) para dificultar su detectabilidad o para generar confusión a la hora de determinar el tipo de objeto que se está detectando. En lo que se refiere al soldado, ya no solo basta con mimetizar a las tropas para que «sean confundidos» en los ambientes donde son desplazados.



Hay que tener en cuenta las firmas IR y radar generadas debidas a que la cantidad de equipos electrónicos empleados es cada vez mayor. El desarrollo de nuevos materiales supone una oportunidad para su integración y aplicación en las futuras plataformas militares y en los futuros sistemas del combatiente. Estos nuevos materiales darán lugar a plataformas y soldados más difíciles de detectar frente a distintos tipos de sensores ópticos, IR, acústicos o radar.

La mayor dificultad desde un punto de vista tecnológico es el desarrollo de materiales que presenten capacidades de reducción de firma en un rango de frecuencias lo más amplio posible (incluso se habla de que un mismo material sea capaz de reducir distintos tipos de firma). Además, estos materiales deben presentar otras propiedades, como resistencia mecánica, frente a la degradación, etc. que permitan su integración en un sistema más complejo y sean compatibles con otros elementos del sistema en el que vayan incorporados.

En los próximos años, se tiene previsto promover el desarrollo de un conjunto de proyectos de I+D+i, que permitan el desarrollo de nuevos materiales y su incorporación como elementos de reducción de firma aplicables en plataformas militares y para el combatiente.

Se contempla que parte de estos desarrollos se apoyen en financiación externa al Ministerio de Defensa.

APROVECHAMIENTO DEL EMPUJE TECNOLÓGICO ACTUAL

Espacio - Uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa

Desarrollo de pequeños satélites y pseudosatélites adaptados a los requerimientos de las misiones de defensa, así como de sistemas capaces de poner en órbita estos pequeños satélites, reduciendo globalmente el tiempo y el coste de su despliegue frente a las soluciones actualmente existentes.

Debido al largo periodo de desarrollo, fabricación y puesta en marcha de los satélites en el espacio, así como el coste requerido y la vida útil de los mismos, resulta necesario buscar soluciones tecnológicas alternativas que complementen a las grandes misiones satelitales que están prestando servicio a las FAS en sus diferentes ámbitos de interés (comunicaciones, observación de la tierra, navegación, posicionamiento y *timing*, conciencia situacional espacial).

En este contexto, la tecnología de pequeños satélites y de pseudosatélites o HAPS (*High Altitude Pseudo Satellites*), desarrolladas en el contexto del denominado *New Space*, ofrecen nuevas posibilidades ya sea como apoyo a misiones convencionales de grandes satélites, para formación tipo enjambres o constelaciones, e incluso el empleo de otros rangos del espectro electromagnético, tanto para comunicaciones tierra-satélite o satélite-satélite, para conformar satélites distribuidos, o como satélites unitarios para misiones concretas y localizadas en un área determinada. También pueden ser utilizados como plataformas de experimentación de componentes y cargas útiles en órbita, para misiones futuras.



Adicionalmente, se requiere disponer de capacidad para poner en órbita estos pequeños satélites mediante pequeños lanzadores (p. ej. cohetes, tanto propulsados por combustible líquido o sólido, ya sean lanzamientos desde tierra, desde aeronaves o desde globos aerostáticos, etc.), reduciendo globalmente el tiempo y el coste de su despliegue frente a las soluciones actualmente existentes.

Si bien la propia tecnología de pequeños satélites y HAPS tiene un elevado nivel de madurez tecnológica, existen retos tecnológicos asociados a su empleo en defensa relacionados con el empleo de cargas útiles de observación V/IR (visible/infrarrojo) que requieren una muy alta resolución, mantenimiento de energía, nanotecnología, paneles solares desplegados de gran eficiencia, incorporación a bordo de capacidades de procesamiento de los datos adquiridos, etc., así como estudios previos para el desarrollo de constelaciones o lanzamientos desde plataformas aéreas o globos aerostáticos en lugar de lanzamientos desde tierra.

El elevado uso dual de estas tecnologías favorece que una parte muy importante de estos desarrollos se apoyen en financiación externa al Ministerio de Defensa. Por ello, de cara a los próximos años se prevé aprovechar los desarrollos de pequeños satélites, HAPS y lanzadores que se están realizando para aplicaciones civiles y promover su adaptación a las necesidades de defensa, combinando inversiones puntuales en desarrollos de cargas útiles, con actividades de prueba y validación de soluciones, así como con la aportación de criterio técnico y medios para promover avances en este ámbito.

POTENCIACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LAS PERSONAS

Tecnologías para el combatiente a pie

Desarrollo de tecnologías que mejoren las prestaciones de los distintos equipos y sistemas avanzados que porta el combatiente a pie, de forma que se incrementen sus capacidades, principalmente en lo que se refiere a eficacia de fuegos, conocimiento de la situación e integración con sensores y sistemas externos, supervivencia, sostenimiento, movilidad y capacidad de entrenamiento.

En la actualidad, el combatiente a pie tiene que hacer frente a una amplia variedad de misiones, a menudo desarrolladas en entornos extremos que implican riesgo o elevada demanda física o cognitiva, lo que le obliga a disponer de equipos y sistemas avanzados que le ayuden a desarrollar sus funciones de forma efectiva y segura. El avance tecnológico actual ofrece numerosas posibilidades de mejora de las características y prestaciones de estos sistemas, lo que hace que sea un objetivo de esta Estrategia el incorporarlos para su uso por las FAS.

Debido a la variedad de misiones que es necesario atender, se requiere que estos sistemas se integren fácilmente en una arquitectura común y escalable, en función de las necesidades de la operación. Se trata de arquitecturas que están siendo definidas y desarrolladas en un contexto internacional, de cara a disponer de estándares que faciliten la actualización de cada uno de esos módulos, imponiendo restricciones a los interfaces. Además de la arquitectura, se requieren mejoras en el resto de subsistemas, tanto en términos de reducción de peso, volumen y consumo, como en cuanto a sus prestaciones específicas. Si bien parte de estas mejoras se abordan en otros objetivos tecnológicos (p. ej. protección pasiva, reducción de firma, exoesqueletos, etc.), en este se prevén avances en algunos de los demás subsistemas, tales como:



- La mejora de la conciencia situacional del soldado y su conectividad rápida y segura con todo tipo de sensores, sistemas C2 y sistemas no tripulados, su posicionamiento y localización en entornos sin GNSS, la fusión de información local, el uso de interfaces gráficos avanzados y empleo de realidad aumentada.
- La utilización de visores y sensores de alta definición y la explotación local de la información.
- La mejora de la alimentación energética, empleando nuevas baterías, células solares, pilas de combustible que permitan, mediante gestión centralizada, la reducción de la carga física.
- La mejora de la eficacia de fuego, a través de las prestaciones del arma y su integración con el combatiente
- El empleo de textiles inteligentes con la incorporación de sensores, electrónica y otros dispositivos (*wearables*) o los empleados para la regulación corporal térmica del combatiente en zonas con condiciones climatológicas y ambientales más extremas.

Debido al elevado uso dual de una parte importante de los subsistemas anteriores, de cara a los próximos años, se prevé combinar el apoyo desde el Ministerio de Defensa a algunos de estos subsistemas con otros financiados con fuentes externas, incidiendo en la integración en la arquitectura del sistema y la prueba de estos avances bajo condiciones cercanas a las de su uso final.

POTENCIACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LAS PERSONAS

Exoesqueletos para misiones de defensa

Desarrollo de exoesqueletos de apoyo al combatiente para su empleo en misiones que demanden un alto grado de esfuerzo físico, de cara a facilitar tanto la movilidad del individuo durante su marcha como el transporte y la manipulación de cargas, reduciendo el cansancio físico y previniendo posibles lesiones.

El número de sistemas que porta el combatiente se ha ido incrementando con el paso del tiempo, y se prevé que siga aumentando a medida que surjan nuevos equipos y tecnologías, lo que se traduce en un aumento de la carga que tiene que transportar. Ante el desafío tecnológico que supone reducir el peso de estos equipos (introducción de nuevos materiales más ligeros, redimensionamiento de componentes, etc.), se plantea la necesidad de disponer de sistemas innovadores que alivien la carga física soportada por el soldado y proporcionen a la tropa capacidades de movilidad aumentada. Adicionalmente, se buscan también sistemas que puedan asistir al individuo en actividades relacionadas con el movimiento de cargas, como trabajos de mantenimiento o montaje y desmontaje de instalaciones.



En este contexto, se propone desarrollar exoesqueletos que asistan al individuo en su movimiento y reduzcan el esfuerzo que realiza. En términos físicos, los exoesqueletos aportan ventajas relacionadas con un incremento de la fuerza, la resistencia e incluso de la velocidad y la capacidad de movimiento en terrenos difíciles. En términos operativos, los beneficios serían varios: mayor capacidad de carga, menores tiempos de desplazamiento, mayor rango de alcance de las marchas, reducción del cansancio y la fatiga del combatiente, mayor fuerza para mover elementos pesados, capacidad para operar durante más tiempo, etc. El empleo de estos sistemas no solamente facilitaría el transporte de equipamiento por el combatiente, sino también el manejo de cargas pesadas y la marcha en sí del individuo.

Los exoesqueletos están siendo implantados en diversos ámbitos del sector civil, siendo necesario adaptar dichos desarrollos para las aplicaciones específicas de defensa, para lo cual se habrá de optimizar aspectos clave como el peso, resistencia, ergonomía, nivel de asistencia prestado o capacidad de regulación del sistema. Por otra parte, los exoesqueletos robóticos o activos cuentan con un grado de madurez tecnológica todavía bajo, existiendo importantes retos tecnológicos que resolver (p. ej. funcionamiento óptimo y en sincronía con el individuo, miniaturización e integración de sensores, actuadores, baterías, sistemas de comunicaciones, etc.).

El elevado carácter dual de este tipo de sistemas favorece que una parte importante de los avances en este ámbito puedan apoyarse en financiación externa al Ministerio de Defensa dirigida a fines duales. Por ello, de cara a los próximos años, los esfuerzos del Departamento van a dirigirse a probar desarrollos de exoesqueletos pasivos, así como a promover proyectos específicamente dedicados a su adaptación a fines de defensa. Por otra parte y en función de cómo evolucione la tecnología, podría contemplarse el desarrollo de demostradores tecnológicos de exoesqueletos robóticos aplicados a casos prácticos concretos del entorno de defensa. Adicionalmente, se prevé aportar criterio de usuario final al conjunto de desarrollos pasivos o activos, de diferente tipo y prestaciones, que puedan ser aplicados al ámbito militar. Se contempla igualmente participar en posibles iniciativas europeas que aborden esta temática.

AVANCES TECNOLÓGICOS CON POTENCIAL DISRUPTIVO PARA DEFENSA

Adiestramiento avanzado mediante simulación

Desarrollar medios de simulación LVC (*Live/Virtual/Constructive*)¹ multiusuario que permitan conseguir un nivel de instrucción y adiestramiento de las FAS lo más realista posible, que incorporen mecanismos de monitorización del comportamiento del personal para su posterior análisis, y que les posibilite llevar a cabo las misiones que se les encomienden en los escenarios previstos con eficiencia y seguridad.

La Preparación de la Fuerza está considerada como una capacidad transversal. Los medios de adiestramiento individual y colectivo de unidades deben permitir instruir al personal en el empleo de los sistemas de armas y frente a las amenazas presentes en los escenarios de operación para poder llevar a cabo con eficacia y seguridad las misiones y cometidos encomendados.



La simulación en vivo (*live*), virtual inmersiva y la simulación constructiva son disciplinas que pueden aportar grandes beneficios a las FAS, entre las cuales se puede citar el ahorro de costes frente al empleo de sistemas reales (p. ej. munición, combustible, vidas humanas, prolongación de la vida operativa de los sistemas de armas, etc.), la posibilidad de repetir el entrenamiento hasta realizarlo de forma correcta o la de crear alternativas en los eventos que se producen en los ejercicios a través de una variedad de escenarios y situaciones simuladas. Estos beneficios son de aplicación a todos los dominios, incluida la ciberdefensa.

Los principales retos tecnológicos asociados a este objetivo están relacionados con lograr un elevado grado de inmersión (p. ej. empleo de dispositivos hápticos, salas multiusuario para adiestramiento colectivo, realismos de la simulación proyectada entre otros), con alcanzar un alto grado de interoperabilidad entre usuarios federados en la misma simulación (p. ej. uso extensivo de estándares, empleo de recursos reutilizables, etc.), con potenciar la realidad aumentada e híbrida para poder dotar al combatiente de información de contexto del escenario, combinando elementos reales y simulados, así como con conseguir reproducir de forma realista la lógica de los comportamientos de las entidades y grupos tanto en las simulaciones virtuales como en las constructivas.

El elevado uso dual de la simulación permite aprovechar los avances en el ámbito civil en simulación, especialmente los relativos a conducción de plataformas (aéreas, terrestres y marinas), los desarrollos realizados en la industria de los videojuegos y en los bancos de pruebas de la industria de ciberdefensa.

En los próximos años, las actuaciones en defensa se van a dirigir a apoyar proyectos de I+D+i dirigidos a adiestramiento en situaciones específicamente militares, en donde se aproveche al máximo las posibilidades que proporciona la simulación distribuida (mediante el uso de estándares de interoperabilidad), así como la incorporación de otras tecnologías (IA, dispositivos hápticos, etc.), que permitan mejorar las capacidades de adiestramiento de estos sistemas, así como en el realismo inmersivo y lógico de las simulaciones individuales y multiusuario, combinando para ello inversiones del Departamento y externas al mismo.

¹ **Live:** una simulación que involucra a personas reales que operan sistemas reales. Los eventos de entrenamiento militar con equipo real son simulaciones en vivo.

Virtual: una simulación que involucra a personas reales que operan sistemas simulados. Las simulaciones virtuales sumergen a un humano en un escenario simulado. La realidad aumentada e híbrida se encontraría en un terreno intermedio entre las dos anteriores.

Constructive: una simulación que involucra a personas simuladas que operan sistemas simulados. Las personas reales estimulan (hacen aportes a) tales simulaciones, pero no participan en la determinación de los resultados.

SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

Generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas

Disminución de la dependencia energética y mejora de la seguridad energética en bases, campamentos y otras infraestructuras aisladas de redes energéticas mediante el desarrollo de tecnologías y su adaptación y validación para el uso en entorno militar.

Actualmente, la generación de energía eléctrica en bases y campamentos en zona de operaciones se realiza, en la mayoría de las ocasiones, mediante grupos de electrogeneradores diésel ante la inexistencia o escasa fiabilidad de redes eléctricas locales. Pese a sus ventajas tácticas, su uso implica una elevada huella logística con importantes costes asociados a nivel económico y de protección, necesidades de mantenimiento y reducida eficiencia energética. Otras infraestructuras aisladas tienen una dependencia energética similar.

La mejora de la eficiencia energética en estas instalaciones debe abordarse desde varios ámbitos. La integración de sistemas de generación de energía basados en recursos renovables disponibles *in situ* pueden reducir de forma significativa la necesidad de consumo de combustible en los grupos electrógenos. Por otro lado, es necesaria una mejora en la gestión de redes de distribución a través de tecnologías de redes inteligentes. Su uso puede permitir la integración de



grupos electrógenos, nuevas fuentes de energía y sistemas de almacenamiento que garanticen la estabilidad de la red y la mejora de la gestión energética al centralizar y automatizar la gestión de cargas eléctricas no críticas. Otros ámbitos de mejora de la eficiencia y la resiliencia en zona de operaciones pasan por lograr la capacidad de producir combustibles *in situ* a pequeña escala, la mejora de la eficiencia de sistemas de climatización y agua caliente o el desarrollo de sistemas constructivos y materiales que reduzcan la demanda de energía en climatización.

Se trata de un ámbito de elevado uso dual, en el que las tecnologías involucradas tienen niveles de madurez muy elevados y están siendo ampliamente desarrolladas en el ámbito civil, existiendo una importante capacidad tecnológica a nivel nacional. No obstante, se requiere de cierta adaptación al entorno militar debido a una mayor exigencia en cuanto a condiciones ambientales y de integración en zona de operaciones (p. ej. transportabilidad, vulnerabilidad, etc.). Cabe señalar la necesidad de que en el desarrollo de sistemas de redes inteligentes se ponga especial énfasis en aspectos como la interoperabilidad y seguridad frente a distintas amenazas (ciberataques, GE, etc.)

Por ello, en los próximos años, las actuaciones en defensa se van a dirigir a promover la realización de validaciones técnico-operativas, así como adaptaciones de desarrollos finalistas en casos específicos para su uso en zona de operaciones, principalmente sistemas de almacenamiento, redes inteligentes y sistemas integrados de generación. En otros ámbitos se llevarán a cabo actividades de vigilancia tecnológica para disponer de un conocimiento de la amplia investigación aplicada en el ámbito civil junto con el impulso de desarrollos duales mediante instrumentos externos al Departamento. Se va a promover también las actividades de cooperación internacional, al ser las capacidades nacionales complementarias a otras existentes en países europeos, existiendo un amplio interés por desarrollar capacidades conjuntas.

SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

Nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados

Desarrollo de sistemas de propulsión híbrida y eléctrica en plataformas tripuladas y en sistemas no tripulados de forma que se reduzca la dependencia de combustibles fósiles en la propulsión de plataformas, mejorando además las capacidades de movilidad y furtividad de los sistemas.

Las necesidades de mejora de los sistemas de propulsión de las plataformas tripuladas son cada vez más exigentes, debido a distintos factores que dependen del tipo y entorno de operación de la plataforma. El incremento de peso de las protecciones pasivas, la mejora de capacidades en movilidad, la mayor flexibilidad en la generación de energía para alimentar sistemas electrificados, el mayor número de cargas de pago, algunas con elevado consumo energético, o la necesidad de algunas plataformas de operar en modo furtivo, con firmas térmica y acústica reducidas, son algunos de esos factores.

Respecto a los sistemas no tripulados de todos los dominios, existe un importante nicho para desarrollar sistemas híbridos o eléctricos con nuevas tecnologías de almacenamiento, que cubran el espacio entre los pequeños sistemas con propulsión eléctrica y los grandes sistemas de propulsión mediante combustible fósil.

Por último, es necesario considerar el desarrollo de sistemas desplegados para la recarga de los distintos vectores energéticos para estas plataformas, de forma que permitan mantener una operatividad similar a las plataformas convencionales.

A nivel tecnológico, el rápido desarrollo de tecnologías duales con un fuerte impulso en el ámbito civil, tanto de almacenamiento electroquímico como mediante pilas de combustible, pueden suponer un factor determinante en la consecución de este objetivo tecnológico. Cabe señalar el importante impulso para programas de desarrollo para aplicaciones civiles previsto en el siguiente marco presupuestario de la UE.

La mayor parte de las actividades previstas para los próximos años están centradas en el desarrollo de demostradores que evalúen la viabilidad de nuevas tecnologías de propulsión en el ámbito militar. En el sector de las plataformas terrestres tripuladas, se tomará como base la experiencia de proyectos previos realizados en el marco del programa COINCIDENTE. Respecto a plataformas no tripuladas, se impulsará el desarrollo de plataformas aéreas y navales con sistemas de propulsión híbrida de baterías avanzadas o mediante pilas de combustible. Por último, se estudiará la conveniencia de desarrollar demostradores de estaciones de recarga de electricidad, hidrógeno u otros combustibles en caso de identificar cuellos de botella en la adaptación de estándares civiles al entorno militar. Asimismo, se impulsarán actividades de desarrollo de tecnologías con un grado de madurez más bajo, que podría realizarse mediante instrumentos externos, como el desarrollo de la capacidad nacional de tecnologías pilas de combustible para uso dual en diferentes aplicaciones o, en el caso específico de plataformas navales, el estudio de la aplicación de la superconductividad en la propulsión.



TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento

Aprovechamiento de los avances en el ámbito civil de las denominadas tecnologías 4.0 para apoyar el proceso de transformación digital del Departamento a través de iniciativas con un alto grado de innovación tecnológica.

La aplicación de las nuevas tecnologías que componen el concepto de la Industria 4.0 (inteligencia artificial, *Big Data*, *blockchain*, internet de las cosas, simulación virtual, realidad aumentada, mantenimiento predictivo, robótica, fabricación aditiva, gemelo digital, hiperconectividad, etc.) ha dado lugar a una profunda transformación de los procesos y servicios que proporcionan las organizaciones y de la sociedad en general.

El Ministerio de Defensa no es ajeno a ese cambio y desde hace tiempo la transformación digital del Departamento constituye una prioridad, tal como se refleja en el Plan de Acción del Ministerio de Defensa para la Transformación Digital (PATD). El rápido y constante avance de las tecnologías TIC empujado por el sector civil, combinado con las particularidades que pueden derivarse de su aplicación a las necesidades específicas del Departamento, motivan el promover actividades de innovación tecnológica que aceleren ese proceso de transformación digital.

En concreto, la gran variedad de avances en el ámbito de la inteligencia artificial, incluyendo los relativos a *Big Data* y análisis de datos, representación avanzada del conocimiento o aprendizaje y razonamiento automático, así como tecnologías para incrementar la transmisión de datos seguro dentro del Ministerio, el procesamiento de datos en la nube y la hiperconectividad, focalizan una parte importante del interés de este objetivo.

En este contexto, un ámbito de especial relevancia es el de la modernización de las bases e instalaciones logísticas, cuya operación puede verse muy beneficiada por la incorporación de estas nuevas tecnologías para la mejora de la planificación y automatización de sus procesos, conectividad, gestión del conocimiento, seguridad de las instalaciones y de la propia operación o el sostenimiento de sistemas. En esta dirección se han venido moviendo distintas iniciativas de los ejércitos (p. ej. COLCE en ET; BACSI en el EA o Apoyo Logístico Integrado en la AR, entre otras).

Este objetivo tecnológico complementa a otros objetivos que también aprovechan las tecnologías 4.0 (p. ej. mantenimiento predictivo de plataformas de defensa, análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores, etc.), si bien persigue su aplicación con una visión integral, para lograr una mayor eficiencia de los servicios y procesos más críticos del Departamento.

De cara a abordarlo, en los próximos años se prevé centrar las actuaciones en aquellas actividades con un mayor contenido tecnológico y carácter innovador y cuya aplicación en defensa presente diferencias significativas frente a las del ámbito civil.

El elevado uso dual de muchas de estas tecnologías hace que se contemple que una parte importante de estos avances se realicen sobre la base de fuentes de financiación externas al Ministerio de Defensa.

CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA INICIAL

Tecnologías para el desarrollo de armas láser de alta potencia

Diseño, desarrollo e integración de sistemas de armas de energía dirigida mediante láser de alta potencia (*Laser Directed Energy Weapons, LDEW*) para su uso en aplicaciones militares y de seguridad, proporcionando capacidades adicionales de autodefensa y respuesta.

Todas las previsiones apuntan a que la aplicación de las armas láser en defensa, una vez maduras, podrían sustituir a una parte relevante del armamento convencional, con lo que podrían tener un carácter disruptivo.

En particular, las armas láser tienen múltiples aplicaciones en defensa: destrucción de plataformas aéreas, principalmente RPAS (especialmente operando en enjambre), CRAM (contra-medidas frente a cohetes, artillería y morteros), misiles, autoprotección de buques y puertos de ataques suicidas desde pequeñas embarcaciones, autoprotección plataformas terrestres e instalaciones críticas (bases en operaciones) de ataques suicidas desde vehículos terrestres, destrucción de plataformas navales o terrestres, aplicaciones no letales como la inutilización de plataformas terrestres o navales mediante la destrucción de ruedas, motores, detonación de explosivos, inutilización de IED, destrucción de todo tipo de sistemas como sensores, radares, sistemas de armas, etc.

Existen múltiples retos tecnológicos para el desarrollo de los sistemas, entre los que destacan la determinación del medio activo de la fuente láser, la obtención de la potencia necesaria manteniendo un tamaño, peso y alimentación adecuados, la optimización de factores para obtener la máxima capacidad de destrucción (p. ej. longitudes de onda, duración de los pulsos, materiales, etc.) o la calidad del haz, entre otros. No obstante, al estar todos los retos tecnológicos extremadamente relacionados, para el desarrollo de un sistema final solo tiene sentido abordar el sistema en su conjunto y partiendo del tipo de objetivo, lugar de instalación y necesidad de distancia y tiempo de destrucción. También son de especial relevancia las necesidades de suministro de energía, que son abordadas en el objetivo tecnológico «sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica».

En los próximos años, contando con financiación propia como externa al Departamento, se ha previsto continuar con el desarrollo del proyecto SIGILAR², dirigido principalmente a aplicaciones de C-RPAS y contra pequeñas embarcaciones, así como apoyar el desarrollo de otros demostradores tecnológicos, que permita capacitar al tejido tecnológico nacional en el diseño y desarrollo de sistemas de medio alcance, así como para participar en consorcios europeos que desarrollen sistemas completos con características avanzadas.

² Sistema de guiado láser pulsado de alta potencia para el ámbito militar, de la convocatoria 2018 del programa COINCIDENTE.



CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA INICIAL

Tecnologías para armas de energía dirigida de RF

Desarrollo de las tecnologías de armas de energía dirigida de radiofrecuencia (RF), con el objetivo de poder abordar en el futuro el desarrollo de sistemas para el ataque electrónico, capaces de generar niveles de potencia de RF lo suficientemente elevados para inutilizar temporalmente o incluso destruir los sistemas electrónicos de la amenaza.

Las DEW-RF (*Directed Energy Weapon*) podrían introducir cambios profundos en los futuros escenarios operativos, proporcionando nuevas capacidades o ejerciendo un efecto multiplicador sobre las ya existentes. Se trata de sistemas capaces de generar niveles de potencia de RF lo suficientemente elevados para inutilizar temporalmente o incluso destruir los sistemas electrónicos de la amenaza. Este tipo de armas que podrían dejar inutilizados o destruir los sistemas electrónicos de guiado de plataformas (aeronave, carro de combate, entre otros) provocando que se comporten de manera errática o que se vuelvan inoperativas o se dirijan hacia los sistemas de mando, control y comunicaciones, degradando su capacidad de combate.

Entre las posibles aplicaciones de este tipo de armas destacan la lucha contra artefactos explosivos improvisados (C-IED), la detención a distancia de vehículos suicidas, la protección de aeronaves contra misiles o la neutralización de vehículos aéreos no tripulados.

Los principales retos tecnológicos se refieren al desarrollo de los dispositivos electrónicos para la generación de señales de radiofrecuencia de alta potencia (osciladores, amplificadores, moduladores, etc.), para la generación de los altos niveles de voltaje necesarios para el funcionamiento de estos dispositivos (generadores Marx, etc.), así como otros relacionados con la generación y emisión de pulsos de RF de elevado ancho de banda o UWB (antenas, etc.).

En la actualidad, la capacidad del tejido tecnológico para el desarrollo de tecnologías de energía dirigida de RF es muy reducida. Sin embargo, diversas empresas nacionales presentan un alto nivel de capacitación en las tecnologías de radiofrecuencia de alta potencia de aplicación a sistemas de defensa (radar, ECM, etc.), lo que facilitaría el eventual desarrollo de las primeras.

Por ello, el nivel de ambición en este ámbito para los próximos años es el de promover el desarrollo de proyectos que impulsen la capacitación nacional en las tecnologías clave que forman parte de los distintos dispositivos electrónicos o subsistemas de un sistema de DEW-RF, de forma que puedan abordarse proyectos más ambiciosos a nivel nacional o en un contexto europeo.

Dado que parte de las aplicaciones de este tipo de sistemas son comunes al ámbito de seguridad, se contempla que parte de estos desarrollos se apoyen en financiación externa al Ministerio de Defensa dirigida a fines duales.

CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA INICIAL

Sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica

Investigación sobre sistemas de energía embarcados capaces de suministrar la energía necesaria para nuevos sistemas que requieren elevados pulsos de potencia eléctrica, como armas de energía dirigida láser, cañones electromagnéticos o blindajes activos. Estos desarrollos comprenden tanto sistemas de almacenamiento de energía que permitan ciclos rápidos de carga y descarga como la electrónica de potencia asociada.

El desarrollo de armas de energía dirigida (p. ej. microondas, láser, etc.), railgun o sistemas de protección activa incrementa de forma sustancial la presión sobre el sistema eléctrico de plataformas, dado que requieren pulsos muy elevados de potencia durante intervalos muy breves. La conexión directa de estos sistemas al sistema eléctrico de la plataforma podría causar caídas de tensión que afecten a equipos electrónicos sensibles embarcados en la plataforma. Por ello, es necesario desarrollar nuevos sistemas de potencia eléctrica que den respuesta a estos nuevos requerimientos de energía sin que afecte al resto de la plataforma, habilitando a medio plazo capacidades de defensa frente a amenazas asimétricas como RPAS mini o a largo plazo desarrollos de otras armas de energía dirigida más exigentes.

Dentro de estos sistemas se puede señalar volantes de inercia de respuesta rápida, supercondensadores de gran escala o sistemas mixtos de almacenamiento eléctrico, así como los sistemas de electrónica de potencia capaces de soportar dichas cargas. Este tipo de tecnologías se encuentra actualmente en desarrollo para aplicaciones civiles como gestión de redes eléctricas y mejora de la calidad de la red. Dado que su estado de madurez es en muchos casos bajo o medio se trata de tecnologías duales cuyo desarrollo vendrá impulsado desde el sector civil, aunque su integración en plataformas supone un importante desafío, considerando el elevado nivel de potencia requerido por algunas de las mencionadas aplicaciones de defensa.

Dada la escasa capacidad nacional en este ámbito, el nivel de ambición del Ministerio de Defensa asociado al desarrollo de sistemas de almacenamiento para estas aplicaciones se centra en la vigilancia tecnológica de posibles usos de estas tecnologías, el apoyo a la investigación aplicada en desarrollos duales mediante instrumentos externos y de un posible proyecto de desarrollo de demostrador a medio plazo. Respecto a la electrónica de potencia, el nivel de ambición consiste en promover cierto grado de capacitación nacional para el desarrollo de componentes a medida o a nivel de laboratorio, además de promover la participación en desarrollos multinacionales, que habiliten desarrollos duales futuros.

CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA INICIAL

Tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa

Desarrollo de tecnologías de detección y seguimiento de proyectiles orientadas a formar parte de sistemas de protección activa con capacidad de defensa antiaérea C-RAM (Counter Rocket, Artillery and Mortar), para su utilización en la protección de bases y campamentos, plataformas terrestres y plataformas navales de superficie.

La aparición de nuevos tipos de proyectiles cada vez más efectivos y letales (cabezas perforantes de alta energía cinética, cabezas tándem y triples, nuevos conceptos de diseño de cargas huecas y vectores de ataque en picado, etc.) ha provocado que las medidas de protección pasiva y reactiva utilizadas de forma extensiva no siempre sean eficaces, dejando en una situación de vulnerabilidad a la Fuerza desplegada. Ante esta amenaza, la aproximación que está demostrando ser más efectiva es la incorporación de medidas de protección activa, entendidos como sistemas capaces de detectar y neutralizar proyectiles dirigidos contra las fuerzas propias antes de su impacto.



En un sistema de protección activa, dada la naturaleza de la amenaza, tienen lugar varios procesos secuenciales dependientes unos de otros, que han de ser ejecutados con elevada precisión y con unas exigencias críticas en el tiempo de respuesta. Estos procesos se organizan en cuatro etapas: detección e identificación de amenazas, seguimiento de la trayectoria del objetivo; cálculo balístico y, por último, interceptación. De ellas, la primera etapa es la más crítica, al ser habilitante de las etapas posteriores, que demandan a su vez un procesado muy potente y actuadores adecuados para hacer frente a la amenaza.

Algunos de los retos tecnológicos asociados a estos sistemas son la hibridación de diferentes sensores (EO/IR, radar, acústicos, etc.), su capacidad de operar en tiempo real y bajo diferentes condiciones ambientales, el radio de cobertura, la capacidad de detección e identificación del tipo de amenaza, la capacidad de respuesta a amenazas concurrentes, la frecuencia de refresco para monitorización de trayectorias, el tratamiento de redundancia de señal multifirma, el empleo de medios de actuación eficaces, su adaptación a los requerimientos de las plataformas sobre las que irán embarcados, etc.

Dada la alta complejidad técnica y la diversidad de tecnologías que intervienen en un sistema de estas características, este objetivo se va a centrar en promover una capacitación inicial en el tejido tecnológico nacional que le permita participar en posteriores proyectos de mayor envergadura, bien a nivel nacional o en cooperación internacional. Por ello, en los próximos años, se tiene previsto promover el desarrollo de proyectos que inicialmente se van a centrar en torno a las primeras etapas de las cuatro antes mencionadas, esto es, las de detección y seguimiento de proyectiles, con vistas a disponer de demostradores portátiles que, en periodos posteriores, puedan completarse y adaptarse a los requerimientos específicos de la protección de bases y campamentos, plataformas terrestres y plataformas navales de superficie, pudiendo formar parte de un sistema C-RAM completo.

SEGUIMIENTO DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Tecnologías emergentes con potencial aplicación futura a defensa

Vigilancia tecnológica en torno a los avances en tecnologías emergentes o de baja madurez tecnológica, cuyo desarrollo futuro podría abrir nuevas posibilidades para a I+D+i de defensa o tener importantes implicaciones, incluso causar efectos disruptivos, en el contexto de seguridad y defensa.

Existe un amplio abanico de tecnologías que en la actualidad están todavía en una fase emergente, si bien existen importantes posibilidades de que en un futuro den lugar a importantes cambios en el sector de defensa. Se trata de tecnologías que se están desarrollando fundamentalmente en el ámbito académico e investigador.

Al tratarse de tecnologías con baja o muy baja madurez tecnológica, sus posibilidades de uso dual son completas. En este sentido, en principio el Ministerio de Defensa no tiene previsto realizar inversiones específicas para potenciar su desarrollo, salvo casos particulares, existiendo instrumentos en el Plan Estatal de I+D+i pensados para ello. El nivel de ambición en torno a estas tecnologías es realizar vigilancia tecnológica de los avances del tejido investigador nacional, de cara a servir de vínculo entre la comunidad investigadora nacional y las oportunidades que puedan presentarse en las organizaciones internacionales dedicadas a I+D+i de defensa, en las que España participa. Asimismo, se espera poder prestar apoyo y orientación a todo este conjunto de entidades en relación a sus posibilidades de aplicación en defensa.

A continuación, se apuntan las ya conocidas, siendo importante tener en cuenta que esta lista previsiblemente se irá ampliando durante el periodo de vigencia de la Estrategia:

- **Computación cuántica.** Utiliza propiedades de la mecánica cuántica para procesar información, siendo posible hacer varias operaciones de manera simultánea, lo que aporta a la computación cuántica una potencia exponencial. Esta capacidad proporcionará la posibilidad de romper las claves criptográficas actuales en poco tiempo, conociéndose este uso como **criptoanálisis cuántico**. Para resistir ataques de este tipo, que pondrían en peligro la información altamente sensible de la nación, será necesario el desarrollo e implantación de la **criptografía poscuántica**, considerándose importante comenzar a invertir esfuerzos en esta área. El desarrollo de nuevos algoritmos permitirá la resolución de problemas complejos asociados a la planificación de misiones y logística (optimización de procesos, cadena de suministros), inteligencia artificial, o la simulación cuántica, entre otras. Los principales retos a los que se enfrenta la computación cuántica hoy en día se encuentran en el *hardware*: la inestabilidad de los cúbits, altamente sensibles a las perturbaciones del entorno y que generan errores en las operaciones, hace necesario el avance en la corrección de errores cuánticos, así como en la calidad de los propios cúbits. También es necesaria la investigación en materiales, como superconductores, con el fin de aumentar la temperatura de funcionamiento de estos sistemas que actualmente trabajan cerca del cero absoluto. Otro de los problemas principales es la escalabilidad, que permita aumentar el número de cúbits, para ganar capacidad computacional, sin que estos pierdan calidad. Asimismo, es importante avanzar en la parte del *software*, en el desarrollo de la algoritmia necesaria para poder utilizar en estos computadores.
- **Comunicación e información cuántica.** El uso de **criptografía cuántica**, que incluye el intercambio de claves cuánticas (**Quantum Key Distribution - QKD**), se puede aplicar en



los diversos canales de comunicación para asegurar una muy alta confidencialidad de la información transmitida, además de impedir que esta sea interceptada. Dotar a los satélites de capacidad QKD puede hacer posible la comunicación entre usuarios a largas distancias, en distintos medios (tierra, mar, aire, satélites). Entre los retos para garantizar el canal de transmisión se debe trabajar en la creación de repetidores cuánticos con procesadores cuánticos integrados que permitan el envío de la información, manteniendo el cifrado cuántico, entre nodos a una distancia que impida la atenuación de los fotones que se usan normalmente como cúbits en medios como la fibra óptica o el espacio libre. También es importante el avance en los generadores cuánticos de números aleatorios, que aseguran que la clave compartida entre emisor y receptor sea totalmente impredecible. Por otro lado, también debe investigarse en la comunicación basada en el entrelazamiento cuántico (conocido como teletransporte o teleportación cuántica), que permitiría el envío directo de los datos en estado cuántico, ganando sustancialmente en seguridad. En este caso, el mayor reto consistiría en generar de forma segura fotones entrelazados bajo demanda y mantener su entrelazamiento, sobre todo a largas distancias.

- **Sensores y metrología cuántica.** El desarrollo de los sensores y la metrología cuántica se aplicará para realizar mediciones de parámetros físicos de alta resolución, altamente sensibles y con una mayor precisión, utilizando la mecánica cuántica. Se traduce en sensores cuánticos de gravedad, magnetómetros, acelerómetros, giroscopios o relojes cuánticos, entre otras cosas. El desarrollo de una metrología a nivel nanoscópico servirá de apoyo a las tecnologías de miniaturización. Aplicaciones clave serán la detección de espacios subterráneos, como minas o túneles; la sincronización entre múltiples sistemas de armas, aeronaves o constelaciones de satélites; la creación de redes de sensores cuánticos / heterogéneos para el análisis de escenarios complejos, como la defensa de misiles o el seguimiento de objetivos subacuáticos, que incrementa las capacidades en la guerra antisubmarina; la creación de herramientas independientes de GPS, que permiten su funcionamiento dentro de estructuras o en ambientes con contramedidas (*jamming*, *spoofing*) de modo que sean inalterables por un enemigo; el análisis de materiales en la industria de los semiconductores. De forma más disruptiva y a largo plazo, la posibilidad de creación de radares cuánticos permitiría identificar objetivos aéreos ocultos sin ser descubiertos.
- Afecta en gran medida al campo de la fotónica, donde los dispositivos cuánticos de este ámbito operan con un único fotón (con aplicación en microsistemas, nanotecnología, telecomunicaciones), lo que implica un desarrollo de nuevas métricas, referencias, métodos e instrumentos para cuantificar las medidas, comportamiento y características de dichos dispositivos.
- **Simulación cuántica.** Es un sistema cuántico controlable que se usa para simular o emular otros sistemas cuánticos. Puede ayudar a estudiar o desarrollar materiales con propiedades físicas inusuales, así como en problemas de simulación de sistemas complejos y también de optimización. Aplicable a simulaciones de moléculas y reacciones químicas para la investigación y diseño de nuevos fármacos, catalizadores industriales o materiales, como bioproductos para contramedidas NRBQ, superconductores a temperatura ambiente o aislantes térmicos y magnéticos, entre otros; la evaluación del rendimiento y características de carga y descarga en nuevas baterías diseñadas, más eficientes y con mayor densidad energética para su uso en plataformas sería otra de sus posibles aplicaciones. Esta tecnología depende a su vez de la evolución en la tecnología de computación cuántica, enfrentándose a sus mismos retos: aislamiento del entorno, para evitar problemas de decoherencia, enfriamiento del sistema o fiabilidad, entre otros.
- **Propulsión en régimen hipersónico.** Varios países están haciendo esfuerzos importantes en desarrollar tecnologías de propulsión hipersónica, la cual precisa de dos etapas de propulsión:

una, que permite alcanzar régimen supersónico, y otra, basada en el empleo de estatorreactores o *scramjet* en los que la combustión tiene lugar en el flujo de aire supersónico. Aunque no es una tecnología de reciente aparición, existen diversos problemas técnicos, como el empleo de materiales adecuados para resistir los fuertes efectos que sobrecalentamiento, que se están solventando recientemente debido a un importante esfuerzo en I+D+i por parte de algunos países. Esta tecnología dará lugar a plataformas aéreas, tripuladas o no, con múltiples misiones entre las que se encuentran el lanzamiento de satélites al espacio, pero también podrán sustituir los misiles balísticos intercontinentales como armas estratégicas, que tienen muchas más posibilidades de supervivencia ante los sistemas de defensa antiaérea de media y alta cota debido a que no utilizan una trayectoria balística en la fase terminal.

- **Propulsión electromagnética.** Durante los últimos años se están intensificando los desarrollos tecnológicos en los sistemas de propulsión electromagnética como alternativa a la propulsión balística convencional basada en materiales energéticos o propulsantes. La tecnología de propulsión electromagnética permite un aumento considerable de la velocidad en boca así como del rango de empleo de la artillería. Además, la alta velocidad que es posible alcanzar permite el diseño de cargas basadas en efectos puramente cinéticos, que evitan también el empleo de cargas bélicas basadas en alto explosivo convencional. Por ello, además de las mejores prestaciones en cuanto a eficacia y eficiencia, aporta otras mejoras en relación a la seguridad en el uso al evitar el uso de materiales energéticos y a la huella logística. El empleo de esta tecnología requiere de diseños específicos de balística interior, así como del desarrollo de fuentes de energía que sean capaces de generar pulsos de energía de una potencia muy elevada en un periodo muy corto de tiempo. Por otra parte, pese a tratarse de una tecnología de uso militar, existe una componente dual en TRL bajos con la propulsión EM ferroviaria de alta velocidad civil.
- **Propulsión por supercavitación.** Existe una tendencia notoria a la aparición de nuevas plataformas submarinas que emplean sistemas de propulsión por supercavitación, que permite alcanzar grandes velocidades en base a evitar el rozamiento de la plataforma con el agua a partir de la generación de una burbuja de gases. Aunque no es una tecnología novedosa, plantea varios inconvenientes a nivel técnico como la dificultad en los cambios de rumbo o la implementación de sistemas de guiado, pero que se están solventando a partir de nuevas inversiones en I+D+i por parte de algunos países que están dando lugar a nuevos sistemas cada vez más sofisticados. La propulsión por supercavitación, unida a los sistemas de propulsión nuclear, dan lugar a armas submarinas estratégicas que permiten alcanzar objetivos a gran velocidad y cubriendo grandes distancias. Algo que antes solo era posible mediante el empleo de misiles.
- **Radar cognitivo.** Desarrollo de tecnologías de arquitecturas radar cognitivas, definición de formas de onda de radar cognitivas adaptativas y análisis cognitivo del entorno electromagnético que den lugar a un sistema radar cognitivo. La inteligencia artificial (IA) y el autoaprendizaje desempeñan un papel clave para la definición de técnicas en procesado de señal, así como para la gestión de recursos. Estos sensores podrán actuar más autónomamente, mejorar su capacidad de detección y localización de amenazas, y su robustez frente a las contramedidas electrónicas del adversario.
- **Nanofotónica.** Consiste en la manipulación de la luz, a escala nanométrica. Es de especial interés debido a las propiedades de los componentes fabricados en esta escala, como los detectores cuánticos QWIP (*Quantum Well Infrared Photodetectors*) que poseen un tiempo de respuesta muy corto, y pueden servir para la fabricación de cámaras de alta velocidad en el infrarrojo. Además de los detectores EO/IR, la nanofotónica aplica a otro tipo de componentes como ópticas, recubrimientos, espejos, etc. A nivel nacional hay capacidad de I+D+i en varios ámbitos, pero no de fabricación industrial de detectores.



- **Detectores de alta sensibilidad en el rango visible y NIR (Near-infrared) para el desarrollo de nuevos sistemas de visión nocturna.** La existencia de nuevos detectores de muy alta sensibilidad en los rangos visible y NIR está suponiendo el desarrollo de nuevos sistemas de visión nocturna sin necesidad de tubos intensificadores de imágenes. Actualmente sus prestaciones no cumplen las exigencias necesarias operativas para la mayoría de aplicaciones militares debido principalmente a la iluminación mínima necesaria, pero en caso de conseguirlo, podría suponer un salto en la visión nocturna, en particular debido a la alta relevancia de la digitalización de la señal. También se consideran de alto interés la adquisición de capacidades de conectividad de los distintos sistemas.
- **Biología sintética.** Disciplina de la biotecnología que consiste en la ingeniería y fabricación o rediseño de componentes o sistemas biológicos multicelulares con características y capacidades específicas que no se encuentran en la naturaleza. Esto implica la manipulación del ADN y la explotación de las moléculas resultantes para escalar los procesos biológicos y producir cantidades significativas de nuevos organismos y sus productos. El objetivo final es crear material biológico programable para cumplir ciertas funciones. La biología sintética se encuentra activa en diversos sectores, desde la industria química y farmacéutica hasta fabricación de nuevos materiales y la producción de bioenergía (hidrógeno, etc.). En el campo de la biomedicina se esperan desarrollos que pueden mejorar notablemente la atención sanitaria a las bajas y el entrenamiento del combatiente, como la producción de fármacos inteligentes y personalizados (vacunas y tratamientos específicos CBRN), la reparación y regeneración de tejidos y órganos, la reprogramación celular, por ejemplo, del sistema inmune para combatir enfermedades infecciosas, y la fabricación de biosensores para monitorización fisiológica y cognitiva. También es posible el diseño de biosensores de detección e identificación de agentes CBRN, o la fabricación de *microarrays* de diagnóstico presintomático que permita una rápida respuesta frente a patógenos naturales o sintéticos o agentes químicos. Todos estos avances se plantean dentro de estrictos marcos éticos, morales, legales y reglamentarios, que aseguren un adecuado uso de la tecnología.
- **Nuevos materiales.** Los materiales avanzados son tecnologías que permiten la mejora de las capacidades y prestaciones de los sistemas de los que forman parte. La obtención de nuevos materiales con mejores propiedades mecánicas y funcionales pasa por un control de la estructura desde su escala nanométrica y la reproducción de estas hasta la escala macro-métrica. Esto pasa por disponer de herramientas que permitan diseñar y simular fielmente el comportamiento de los mismos y por nuevos procesos de fabricación (fabricación aditiva, biología sintética, etc.) que faciliten la manipulación de las estructuras en ambas escalas. Esto facilitará la obtención de materiales más resistentes y ligeros, con múltiples funcionalidades (térmicas, eléctricas, etc.) y capacidades que hasta ahora no era posible conseguir (p. ej. autorreparación, autolimpieza, etc.).
- **Arquitecturas robóticas complejas.** A pesar de que los mayores avances tecnológicos en el campo de la robótica militar vendrán dados por la evolución en los niveles de autonomía de decisión de los sistemas, se esperan avances particulares en sistemas autónomos con arquitecturas complejas que darán pie al surgimiento de nuevas aplicaciones y funcionalidades. En este ámbito destacan los robots de tamaño micro (principalmente UAV), que podrán operar en entornos hasta ahora ingobernables por los sistemas no tripulados actuales. Destacan también los robots humanoides, cuadrúpedos o con diseños que imitan la locomoción de los animales, con prestaciones avanzadas en cuanto a movilidad en entornos terrestres. Otra disciplina emergente dentro de la robótica son los sistemas trans o multi dominio, que contarán con estructuras híbridas que les permitirán actuar en más de un dominio de operación (p. ej. sistemas UGV-UAV, USV-UAV, UGV-USV, *hovercrafts*, etc.).

Relación entre los objetivos tecnológicos de la ETID y las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027

Nivel / Ámbito específico de actuación	Objetivos tecnológicos	Relación principal con las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027
Aplicaciones de defensa con elevada exigencia tecnológica	Tecnologías de guiado y control avanzado de municiones	<ul style="list-style-type: none"> – Protección ante nuevas amenazas para la seguridad – Inteligencia artificial y robótica
	Tecnologías electrónicas de altas prestaciones	<ul style="list-style-type: none"> – Fotónica y electrónica
	Soluciones de guerra electrónica adaptadas al ambiente electromagnético actual y futuro	<ul style="list-style-type: none"> – Protección ante nuevas amenazas para la seguridad – Fotónica y electrónica
	Comunicaciones militares en entornos complejos	<ul style="list-style-type: none"> – Internet de la próxima generación
	Soluciones para ciberoperaciones	<ul style="list-style-type: none"> – Ciberseguridad – Internet de la próxima generación
Defensa contra amenazas asimétricas	Sistemas avanzados de detección de IED terrestres	<ul style="list-style-type: none"> – Protección ante nuevas amenazas para la seguridad
	Sistemas anti-RPAS	<ul style="list-style-type: none"> – Protección ante nuevas amenazas para la seguridad
	Control de la amenaza NRBQ	<ul style="list-style-type: none"> – Protección ante nuevas amenazas para la seguridad
Aprovechamiento del empuje tecnológico civil	IA - Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica
	IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica – Internet de la próxima generación
	IA - Análisis inteligente de múltiples fuentes de información para apoyo a la decisión	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica
	Robótica - plataformas terrestres no tripuladas para misiones de defensa	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica
	Robótica - vehículos submarinos y de superficie no tripulados para misiones de defensa	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica
	Robótica - aplicaciones innovadoras de los RPAS en defensa	<ul style="list-style-type: none"> – Inteligencia artificial y robótica
	Materiales - protección pasiva de plataformas y combatiente	<ul style="list-style-type: none"> – Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
	Materiales - reducción de firma en plataformas y combatiente	<ul style="list-style-type: none"> – Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
Espacio - uso de pequeños satélites y pseudosatélites en aplicaciones de defensa	<ul style="list-style-type: none"> – Astronomía, astrofísica y ciencias del espacio 	



Nivel / Ámbito específico de actuación	Objetivos tecnológicos	Relación principal con las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027
Potenciación de las capacidades de las personas	Tecnologías para el combatiente a pie	<ul style="list-style-type: none"> - Ciberseguridad - Protección ante nuevas amenazas para la seguridad - Inteligencia artificial y robótica - Internet de la próxima generación - Fotónica y electrónica - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación - Cambio climático y descarbonización
	Exoesqueletos para misiones de defensa	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación - Inteligencia artificial y robótica
	Adiestramiento avanzado mediante simulación	<ul style="list-style-type: none"> - Internet de la próxima generación
Sostenibilidad energética	Generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas	<ul style="list-style-type: none"> - Ciberseguridad - Protección ante nuevas amenazas para la seguridad - Cambio climático y descarbonización - Ciudades y ecosistemas sostenibles
	Nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio climático y descarbonización - Movilidad sostenible
Transformación digital	Tecnologías 4.0 para la transformación digital del Departamento	<ul style="list-style-type: none"> - Inteligencia artificial y robótica - Internet de la próxima generación - Ciberseguridad
Capacitación tecnológica inicial	Tecnologías para el desarrollo de armas láser de alta potencia	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica
	Tecnologías para armas de energía dirigida de RF	<ul style="list-style-type: none"> - Protección ante nuevas amenazas para la seguridad - Fotónica y electrónica
	Sistemas de energía para aplicaciones de defensa que requieran altos pulsos de potencia eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio climático y descarbonización
	Tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa	<ul style="list-style-type: none"> - Inteligencia artificial y robótica - Fotónica y electrónica

Nivel / Ámbito específico de actuación	Objetivos tecnológicos	Relación principal con las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027
Seguimiento de tecnologías emergentes con aplicación futura a defensa	Computación cuántica	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica - Ciberseguridad
	Comunicación e información cuántica	<ul style="list-style-type: none"> - Ciberseguridad
	Sensores y metrología cuántica	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica
	Simulación cuántica	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica
	Propulsión en régimen hipersónico	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
	Propulsión electromagnética	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
	Propulsión por supercavitación	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
	Radar cognitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Inteligencia artificial y robótica
	Nanofotónica	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica
	Detectores de alta sensibilidad en el rango visible y NIR (Near-infrared) para el desarrollo de nuevos sistemas de visión nocturna	<ul style="list-style-type: none"> - Fotónica y electrónica
	Biología sintética	<ul style="list-style-type: none"> - Medicina de precisión - Enfermedades infecciosas - Nuevas técnicas diagnósticas y terapéuticas - Protección ante nuevas amenazas para la seguridad
	Nuevos materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación
	Arquitecturas robóticas complejas	<ul style="list-style-type: none"> - Inteligencia artificial y robótica

Tabla 9. Trazabilidad de los objetivos tecnológicos de la ETID con las líneas de I+D+i estratégicas de la EECTI 2021-2027.



ET-98947-VE

ANEXO C. Definiciones

A lo largo de esta estrategia se utilizan términos de uso tan general que es conveniente acotar su definición, y como deben ser entendidos en este documento.

Así, y dentro del concepto **investigación y desarrollo (I+D)**¹ se incluye el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento y concebir nuevas aplicaciones a partir del conocimiento disponible.

El término I+D comprende a tres tipos de actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La *investigación básica* consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin intención de otorgarles ninguna aplicación o utilización determinada. La *investigación aplicada* consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. El *desarrollo experimental* consiste en trabajos sistemáticos fundamentados en los conocimientos existentes obtenidos a partir de la investigación o la experiencia práctica, que se dirigen a producir nuevos productos o procesos, o a mejorar los productos o procesos que ya existen.

El carácter aplicado y finalista de la I+D+i de defensa hace que en general, el interés e inversiones se dirijan normalmente hacia las etapas de investigación aplicada y desarrollo experimental. No obstante, el creciente ritmo acelerado de avance tecnológico está dando lugar a que en muchos casos exista un creciente interés en defensa en relación a actividades de investigación básica, por sus importantes implicaciones futuras para defensa y seguridad.

En el marco de la I+D+i de defensa se suelen considerar dos tipos de actividades:

- **Investigación y tecnología (I+T).** Actividades de investigación aplicada cuyo objetivo es la capacitación en nuevas tecnologías que puedan ser utilizadas en los futuros sistemas de armas y equipos, así como la verificación de dichas tecnologías por medio de demostradores tecnológicos.
- **Desarrollo (D).** Aplicación de los conocimientos y resultados obtenidos en las investigaciones al desarrollo de nuevos productos o a la mejora de las prestaciones de los productos ya existentes, obteniéndose prototipos de sistemas con funcionalidades próximas a los sistemas finales.

De cara a entender si un proyecto de I+D puede considerarse como parte de una de estas dos categorías, normalmente se suele medir la madurez de los principales retos tecnológicos presentes en dicho proyecto, siendo los retos de menor madurez los que se toman como referencia. Para ello, a menudo se utiliza la escala de TRL (*Technology Readiness Levels*), descrita en el apartado siguiente, que establece niveles de acuerdo al grado de madurez de una tecnología

¹ Estas definiciones resumen o reproducen literalmente las incluidas en el *Manual de Frascati*, OCDE, 2015.



en su aplicación a un sistema para lograr una funcionalidad determinada. Tomando esta escala como referencia orientativa, las actividades de I+T se mueven en la banda que varía entre un TRL 3-4 y no suele superar un TRL 6, mientras que las de desarrollo lo hacen en la banda de TRL 7-8, niveles en los que los principales retos tecnológicos deberían haber sido ya superados. En términos de plazos temporales, los resultados de las actividades de desarrollo suelen llevarse a cabo pensando en su incorporación a los sistemas finales en el medio plazo (entre dos y seis años), mientras que en el caso de las actividades de I+T se realizan con vistas a más largo plazo, extendiéndose con frecuencia a periodos que van más allá de una década.

Por otro lado, al hablar de **innovación tecnológica**² se está haciendo referencia al conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados. La I+D no es más que una de estas actividades y puede ser llevada a cabo en diferentes fases del proceso de innovación, siendo utilizada no solo como la fuente de ideas creadoras sino también para resolver los problemas que pueden surgir en cualquier fase hasta su culminación.

En el ámbito de defensa, el concepto de innovación tecnológica a menudo se relaciona con la creación de nuevas tecnologías, productos, procesos o servicios aplicados de una manera que aporten novedad y valor al usuario final, permitiéndole evolucionar y mejorar la manera que lleva a cabo sus operaciones o incluso sentar las bases para desarrollar nuevos conceptos operativos. Si bien en sentido estricto, esta cualidad «innovadora» puede estar presente tanto en proyectos de I+T como de desarrollo, a menudo se vincula al uso novedoso en defensa de tecnologías maduras desarrolladas en el sector civil.

Otro de los elementos que merece la pena destacar es el interés de la I+D+i en relación a las capacidades de la BTI. Cuando se habla de **capacidades tecnológicas de la BTI** se está haciendo referencia a la capacidad de las entidades para abordar proyectos novedosos con una componente de investigación o innovación importante. Este tipo de capacidades, frecuentemente presentes en los departamentos universitarios o en los centros de investigación, en PYME y en empresas grandes con una vocación innovadora, centran el interés de la I+D+i de defensa. Al hablar de **capacidades industriales de la BTI** se está considerando también sus capacidades de producción, puesta en servicio y mantenimiento de sistemas finales, así como la prestación de servicios.

Niveles de madurez tecnológica

El término TRL (*Technology Readiness Levels*) o nivel de madurez tecnológica, hace referencia a una métrica que permite cuantificar de una manera aproximada el nivel de madurez de una tecnología (materiales, componentes, dispositivos, sistemas, etc.) con el objeto de valorar su posible incorporación en un sistema complejo. La utilización de esta métrica servirá de apoyo en la toma de decisiones ante la utilización de nuevas tecnologías o sistemas al determinar que se encuentran en un estado de investigación, experimentación y desarrollo adecuado para la totalidad del proyecto o misión.

² Si bien el *Manual de Oslo* (OCDE, 2018) incluye una definición más amplia del concepto de innovación, en el ámbito de la I+D+i de defensa se suele hacer referencia al término innovación tecnológica de producto y proceso, utilizada en la segunda edición del *Manual de Oslo*.

Aunque existen diferentes definiciones que han sido realizadas por diferentes agencias, casi todas de ellas son similares, siendo las más importantes las realizadas por el Departamento de Defensa Estadounidense (DoD) y por la Agencia Espacial Norteamericana (NASA). Los niveles definidos por la NASA son los que se muestran en la figura anterior y se describen en la tabla de la página siguiente.



Figura 14. Niveles de madurez tecnológica (TRL).



Nivel TRL (Technology Readiness Level)	Descripción
TRL1. Están identificados y se han observado los principios básicos de la tecnología.	Se empiezan a identificar los principios básicos de la tecnología y su aplicación en la I+D
TRL2. Se ha formulado el concepto o la aplicación de la tecnología.	Una vez que se han identificado los principios básicos, se pueden definir las aplicaciones prácticas. La aplicación de la tecnología es teórica y no dispone de experimentación o análisis detallado con la que se pueda demostrar.
TRL3. Existe una analítica y experimentación de la funcionalidad crítica o una prueba del concepto característica.	Este nivel incluye estudios analíticos y pruebas en laboratorio para validar de manera tangible que las predicciones analíticas son correctas. Estos estudios y experimentaciones deberían formar parte de la validación mediante «prueba de concepto» de las aplicaciones/conceptos formulados en el TRL-2.
TRL4. Los componentes de la tecnología son validados en un entorno de laboratorio.	Después del éxito obtenido con la realización de la «prueba de concepto», los elementos tecnológicos básicos deben ser integrados para comprobar que funcionan correctamente todos juntos para lograr el concepto que establezca los niveles de rendimiento deseados para un determinado componente. Esta validación debe diseñarse para apoyar el concepto que se formuló anteriormente, y también debería ser afín con los requisitos de aplicaciones de un potencial sistema que utilice dicha tecnología.
TRL5. Los componentes de la tecnología son validados en un entorno relevante.	En este nivel, la fidelidad del componente que se está probando tiene que aumentar de forma significativa. Los elementos tecnológicos básicos deben integrarse de forma razonablemente realista con elementos de apoyo a fin de que la tecnología pueda ser probada en un entorno simulado o en un entorno realista.
TRL6. Se realiza una demostración de un modelo o prototipo de sistema/subsistema en un entorno relevante.	En este nivel ha de existir un modelo o prototipo representativo del sistema/subsistema, que va mucho más allá del modelo testeado en el TRL 5, se pondrá a prueba en un entorno más realista. Para poder representar un TRL 6, la prueba ha de ser totalmente satisfactoria.
TRL7. Se realiza una demostración de un prototipo de sistema en un entorno operativo.	Es un paso significativo con respecto a TRL 6 que requiere la demostración de un prototipo del sistema real en un entorno operativo, como pueda ser una plataforma o como parte integrante de un sistema complejo.
TRL8. El sistema real es probado mediante test y demostraciones.	La tecnología ha sido probada en su forma final bajo condiciones controladas. En casi todos los casos, este nivel representa el final del desarrollo del sistema real para la mayoría de los elementos de una tecnología. En este nivel se podría realizar la integración de la nueva tecnología en sistemas existentes.
TRL9. El sistema real es probado satisfactoriamente en operaciones reales.	La tecnología ha sido probada en su forma final en misiones reales. En casi todos los casos, este nivel es el resultado de la última «corrección de errores» del desarrollo del sistema real. En este nivel se podría realizar la integración de la nueva tecnología en sistemas existentes.

Tabla 10. Descripción de los niveles TRL.

ANEXO D. Glosario de términos

Término	Descripción
AEI	Agencia Estatal de Investigación
BTI	Base Tecnológica e Industrial
CapTech	<i>Capability Technology</i>
CARD	<i>Coordinated Annual Review on Defence</i>
CCAA	Comunidades autónomas
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
CMRE	<i>Centre for Maritime Research and Experimentation</i>
COINCIDENTE	Cooperación en Investigación Científica y Desarrollo en Tecnologías Estratégicas
COVID	<i>Coronavirus disease</i>
CPoW	<i>Collaborative Programme of Work</i>
C-UAS	<i>Counter Unmanned Aerial System</i>
CUD	Centro Universitario de la Defensa
DDN	Directiva de Defensa Nacional
DPD	Directiva de Política de Defensa
EDA	<i>European Defence Agency</i>
EDAP	<i>European Defence Action Plan</i>
EDF	<i>European Defence Fund</i>
EDF-R	<i>European Defence Fund - Research</i>
EDIDP	<i>European Defence Industrial Development Programme</i>
ECTI	Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación
EMAD	Estado Mayor de la Defensa
ESIF	<i>European Structural and Investment Funds</i>
ETID	Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa
EUGS	<i>European Union Global Strategy</i>
FAS	Fuerzas Armadas
FCAS	<i>Future Combat Air System</i>
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
IA	Inteligencia artificial
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
JEMAD	Jefe del Estado Mayor de la Defensa
KSA	<i>Key Strategic Activity</i>



Término	Descripción
LAR	<i>Lethal Autonomous Robots</i>
MCIN	Ministerio de Ciencia e Innovación
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
NGF	<i>Next Generation Fighter</i>
NGWS	<i>New Generation Weapon System</i>
NRBQ	Nuclear, Radiológica, Biológica y Química
OB Studies	<i>Operational Budget Studies</i>
OCM	Objetivo de Capacidad Militar
OFLP	Objetivo de Fuerza a Largo Plazo
OPI	Organismo Público de Investigación
OSRA	<i>Overarching Strategic Research Agenda</i>
PADR	<i>Preparatory Action on Defence Research</i>
PEA	Programa Especial de Armamento
PEICTI	Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación
PLANITEC	Plan Industrial y Tecnológico
PNT	Posicionamiento, Navegación y sincronismo
RC	<i>Remote Carrier</i>
RF	Radio-Frecuencia
S3	<i>Smart Specialisation Strategies</i>
RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i>
STO	<i>Science & Technology Organization</i>
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TRL	<i>Technology Readiness Levels</i>
UE	Unión Europea
VUCA	<i>Volatility, Uncertainty, Complexity y Ambiguity</i>

