

Boletín

DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA



SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Boletín de Observación Tecnológica en Defensa n.º 77 • 2.º trimestre de 2023

Sistema SAFETERM: *Safe Flight Termination System*

El Fondo Europeo de Defensa

Acelerador de Innovación en Defensa del Atlántico Norte (DIANA)

COINCIDENTE 2023



MINISTERIO DE DEFENSA



Edita:



Paseo de la Castellana 109, 28046 Madrid
NIPO 083-15-183-4 (edición en línea)
NIPO 083-15-182-9 (impresión bajo demanda)
ISSN 2444-4839 (edición en línea)
ISSN 2444-4847 (impresión bajo demanda)
Depósito legal M 8179-2009

Autor: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). Paseo de la Castellana, 109, 28046 Madrid; teléfonos: 91 395 52 14 (Dirección), 91 395 52 80 (Redacción); observatecno@oc.mde.es.

Director: Óscar Jiménez Mateo.

Consejo Editorial: José Agrelo Llaverol, Cte. Carlos Calderón. Stte. José María Martínez Benítez. María Isabel Pérez-Cerdá Herrero.

Asistencia técnica de apoyo a la redacción: Nodo Gestor: David García Dolla, Rosalía Vindel Román; Observatorio de Armamento (OT ARM): Óscar Rubio Gutiérrez; Observatorio de Electrónica (OT ELEC): Yolanda Benzi Rabazas; Observatorio de Energía y Propulsión (OT ENEP): Carlos Garrido Sánchez (OT MAT): Luis Miguel Requejo Morcillo; Observatorio de Defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica (OT NBQR): Nuria Aboitiz Cantalapiedra; Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR): Pedro Carda Barrio; Observatorio de Plataformas Navales (OT PNAV): Cristina Mateos Fernández de Betoño, Jaime de la Parra Díaz; Observatorio de Plataformas Terrestres (OT PTER): Pablo Monasterio Albuerno; Observatorio Plataformas Aéreas (OT. PAER) Victoria Maceda; Observatorio de Satélites y Espacio (OT SATE): Ana Belén Lopezoza Ríos; Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación (OT TICS): Bernardo Martínez Reif, Isabel Iglesias Pallín.

Portada:

Foto gratuita primer plano de un dron de alta tecnología y su dispositivo de control remoto en piedras grises.

Fuente: imagen de wirestock en Freepik.

https://www.freepik.es/foto-gratis/primer-plano-dron-alta-tecnologia-su-dispositivo-control-remoto-piedras-grises_7901171.htm

El *Boletín de Observación Tecnológica en Defensa* es una publicación trimestral en formato electrónico del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica orientado a divulgar y dar a conocer iniciativas, proyectos y tecnologías de interés en el ámbito de Defensa. El boletín está abierto a cuantos deseen dar a conocer su trabajo técnico. Los artículos publicados representan el criterio personal de los autores, sin que el *Boletín de Observación Tecnológica en Defensa* comparta necesariamente las tesis y conceptos expuestos. Ningún material publicado en esta revista podrá ser reproducido, copiado o publicado sin el consentimiento por escrito de los autores, legítimos propietarios de los contenidos.

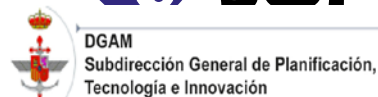
Colaboraciones, suscripciones y dudas:

observatecno@oc.mde.es

Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) (defensa.gob.es)

Catálogo de Publicaciones de Defensa:

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



CONTENIDOS

Editorial

Actualidad

- 4 ¿Dónde hemos estado?
- 6 El Fondo Europeo de Defensa
- 10 Acelerador de Innovación en Defensa del Atlántico Norte (DIANA)
- 13 Convocatoria Programa COINCIDENTE 2023

En Profundidad

- 14 Sistema SAFETERM: *Safe Flight Termination System*

Tecnología¹ ¿dual?

El paso del tiempo ha venido en dar por aceptado, de forma generalizada, que las tecnologías que son concebidas, desarrolladas y aplicadas tanto en los sectores de la defensa como de la seguridad, este predominantemente civil, se pueden denominar como tecnologías duales o de uso dual. El hecho de separar, clasificar o adjetivar unas determinadas tecnologías debe responder a una motivación concreta que ha llevado a establecer este concepto.

Pudiera pensarse, por sugerir alguna de las posibles causas, en el grado de aceptación social del empleo de recursos públicos a la investigación y el desarrollo del armamento y de los materiales de defensa y a la capacitación de la base tecnológica e industrial que proporcionen la necesaria superioridad tecnológica a nuestras Fuerzas Armadas (FAS) para el eficaz cumplimiento de las misiones que tienen asignadas. Pudiera ser, igualmente, que el paradigma de cultura de defensa de la sociedad no estuviera plenamente alineado con la necesidad y los beneficios de invertir en defensa. Si bien esta divergencia no es el objeto de esta reflexión, sí que contribuye a entender de dónde pudiera surgir la necesidad de acotar mejor la definición del concepto de tecnología dual.

En realidad, ya es ampliamente asumido que no existe nada más que una tecnología; o dicho de otra forma, que todas las tecnologías serían duales si se discriminase su aplicación al sector de la defensa del resto de posibles aplicaciones. Pero entonces, en contraposición y para ser coherentes, también se debería contemplar el concepto de tecnología singular o de uso singular cuando se circunscribe a uno de los dos ámbitos, civil o militar. Evidentemente, esto último es cada vez más difícil, ya que limitar los avances tecnológicos, sean cuales sean, a un único ámbito solo es posible en casos muy específicos.

El hecho de que se utilice el concepto de tecnologías de uso dual tendría, como se ha dicho anteriormente, una finalidad. Los flujos bidireccionales de conocimiento tecnológico entre los ámbitos de defensa, si todavía lo consideramos diferenciado, y de seguridad y civil son tan intensos que la frontera entre ellos tiende, en cualquier

caso, a difuminarse. Toda inversión en I+D+i en defensa es, de esta manera, inversión indirecta en I+D+i civil, y viceversa. Es lo que ha permitido la fusión de la I+D+i de defensa en el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación y en uno de sus principales productos, la Estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación, o, a nivel europeo, la fusión del Fondo Europeo de Defensa en el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea.

La tecnología, tal y como la define la Real Academia Española en su primera acepción, es el «conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico». Una forma de aplicarla es mediante el desarrollo de armamento y material que contribuya a conseguir la superioridad en el enfrentamiento a nuestras FAS. Teniendo unas FAS que dispongan de sistemas de armas tecnológicamente avanzados fruto de nuestra I+D+i y producidos por la industria nacional, se contribuye decididamente a la adquisición de las capacidades militares necesarias, a la soberanía sobre ellas y, con ello, paradójicamente, a la paz a través de la disuasión.

En el año 1933, ante las quejas de muchos pilotos de avión por los deslumbramientos producidos por el sol, el Cuerpo Aéreo del Ejército de Estados Unidos encargó a Bausch & Lomb, empresa especializada en tecnología óptica, el desarrollo de unas lentes polarizadas para proteger los ojos de la luminosidad a elevada altitud. Surgieron las gafas conocidas como «Ray-Ban», contracción en inglés de *ray* *banner* (barrera contra los rayos). En 1937 se autorizó la venta al público, comercializándose las míticas gafas de sol Ray-Ban Aviator. Este es un ejemplo histórico de cómo la tecnología aplica el conocimiento científico para solucionar los problemas o para mejorar las condiciones de vida de las personas, inicialmente de los aviadores.

El ámbito militar, por desarrollar su actividad generalmente en condiciones exigentes y en continua evolución, es una fuente de situaciones que requieren soluciones tecnológicamente avanzadas, que pueden ser de aplicación a otros campos.

¹ Tecnología (RAE).

Del gr. *τεχνολογία* *technología*, de *τεχνολόγος* *technólogos*, de *τέχνη* *téchnē* 'arte' y *λόγος* *lógos* 'tratado'.

(1) f. Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

(2) f. Tratado de los términos técnicos.

(3) f. Lenguaje propio de una ciencia o de un arte.

(4) f. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

Actualidad

¿Dónde hemos estado?

22 al 24 de
marzo de
2023

- **SYMDEX 2023 «Innovación y Eficiencia»**

La edición de 2023 del Congreso SYMDEX 2023 que se celebró en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid) convocó a expertos en sostenimiento y mantenimiento de las FF AA y de la Base Tecnológica e Industrial de la Defensa.

El objetivo de SYMDEX fue compartir conocimiento sobre nuevas tecnologías y sistemas que pueden ayudar a corto y medio plazo a llevar a cabo las tareas de sostenimiento y mantenimiento en Defensa.



19 al 21 de
abril de
2023

- **10th Military Sensing Symposium (MSS) SET-311**

El evento tuvo lugar en Londres de manera presencial. Se trataron todo tipo de sistemas y tecnologías relacionadas con sensores en el ámbito militar por parte de universidades, empresas, ministerios de Defensa y operativas, como sistemas multiespectrales, imagen en los rangos visible e infrarrojo, cámaras de ondas milimétricas 3D en tiempo real o sistemas radar adaptativos activos y pasivos, entre otros. Las ponencias y trabajos cubrieron todo el rango de los *Technology Readiness Levels* (TRLs).



25 de abril
de 2023

- **IV Seminario de Operaciones Permanentes
Incorporación al MOA de cometidos de control,
coordinación y defensa contra UAS-LSS en la
capa baja. Procedimiento de mando y control y
coordinación de capacidades**

En el seminario se comentó la necesidad de establecer la base de los procedimientos para la coordinación y control de capacidades C-UAS. Se trataron múltiples cuestiones relacionadas con C-UAS como la categorización y análisis de las amenazas más frecuentes, las consideraciones legales y la zonificación de espacios. También se trabajó sobre casos reales de proliferación de drones y de intrusión en aeropuertos y bases aéreas.



¿Dónde hemos estado?

17 al 19 de mayo de 2023

● Feria Internacional de Defensa y Seguridad (FEINDEF)

Entre los días 17 y 19 de mayo, la Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la DGAM asistió en pleno a la tercera edición de la Feria Internacional de Defensa FEINDEF, que en esta edición ocupó los pabellones 8 y 10 del recinto ferial del IFEMA de la capital española.

Esta edición constituyó un evento exitoso y dio un paso más para igualarse a otras ferias similares, como Eurosatory, Le Bourget, DSEI, AUSA, IDEX o el Dubai Air Show.

Como novedad, este año se sumaron a FEINDEF 23 los ministerios de Universidades, Asuntos Exteriores y Cooperación, Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y organismos y entidades como CDTI e ICEX e INTA.

El evento contó además con la participación de personal de la SDG PLATIN en mesas redondas y conferencias.



6 de junio de 2023

● 6.º Taller sobre la Base Logística del ET

Este taller se celebró en las instalaciones del Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros (PCMHEL) en Madrid. Su objeto fue profundizar en la estrategia tecnológica que permita impulsar la implantación de las nuevas tecnologías 4.0 más adecuadas para que la futura Base Logística constituya una verdadera transformación del sostenimiento de alta especialización del ET.

Participaron representantes del ET, de empresas portadoras de tecnologías de interés y otras que contaron su experiencia en la implantación de dichas tecnologías.



16 de junio de 2023

● Comunicaciones por satélite de alto ancho de banda y baja latencia

El 16 de junio de 2023, la SDG PLATIN asistió a la demostración de servicios de comunicaciones por satélite de alto ancho de banda y baja latencia de la mano de Eutelsat, sobre el servicio LEO OneWeb y a través del nuevo terminal SGoPack LEO desarrollado por Instar en España. Se trata de un sistema de comunicaciones por satélite en órbita baja que permite un mayor ancho de banda y una menor latencia que los basados en órbita GEO. Los terminales son de desarrollo nacional y, en su conjunto, proporcionan un servicio casi global complementario a los ya proporcionados por los sistemas de comunicaciones gubernamentales.



El Fondo Europeo de Defensa

Autor: Pedro Vallespín Gómez, Unidad de Planificación y Programación de I+D Internacional, SDG PLATIN.

Palabras clave: defensa, investigación, innovación, tecnología, desarrollo.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Introducción

Durante la reunión del Consejo Europeo de 2020, la Comisión Europea tomó la decisión de dotar el Marco Financiero Plurianual 2021-2027 con 13.185 millones de euros, incluyendo una contribución de 7.014 millones destinada a financiar el Fondo Europeo de Defensa (en adelante EDF, por sus siglas en inglés, *European Defence Fund*) en materia de seguridad y defensa.

El EDF está destinado a promover la cooperación entre los Estados miembro en la producción de equipos y tecnología de defensa interoperables y de última generación, complementando las inversiones nacionales y fomentando, en el caso español, la participación de las entidades del tejido tecnológico e industrial, con especial participación de pymes, en proyectos de colaboración y soluciones innovadoras de vanguardia.

El EDF tiene como objeto impulsar la competitividad, la eficiencia y la capacidad de innovación de la base tecnológica e industrial de la defensa, mediante el desarrollo de acciones colaborativas y de cooperación transfronteriza en todas las etapas del ciclo industrial de las tecnologías y productos de defensa, contribuyendo así al Plan de Desarrollo de Capacidades y, por tanto, a la autonomía estratégica de la Unión Europea, y apoyando proyectos alineados con las prioridades en materia de capacidades incluidas en la Política Común de Seguridad y Defensa.

El EDF se implanta a través de Programas de Trabajo anuales que incluyen diferentes convocatorias de propuestas, que empezaron en 2021 y terminarán en 2027, con la última convocatoria anual. Para este 2023 se han publicado quince convocatorias

de acciones de investigación (RA, por sus siglas en inglés) y dieciocho de acciones de desarrollo (DA, por sus siglas en inglés).

Implementación del Fondo

El Reglamento del EDF se propuso en el seno de la Comisión en junio de 2018 y se basó en la experiencia de dos programas precursores, la Acción Preparatoria de Investigación en Defensa (PADR) y el Programa Europeo de Desarrollo Industrial de Defensa (EDIDP). En comparación con sus antecesores, el EDF es más ambicioso, está mejor dotado (7.900 millones de euros), tiene una duración

institucionales interesadas. Todas estas cuestiones no se han resuelto en su plenitud y se pondrán encima de la mesa en futuras reuniones de los distintos comités de redacción de los programas de trabajo y la selección de proyectos correspondientes a las distintas convocatorias.

Gobernanza del Fondo, programas de trabajo y proceso de selección

Los Estados miembro y la Comisión afinan el funcionamiento del Fondo mediante instrumentos, tales como las normas contenidas en el Reglamento del EDF para su gobernanza, la implantación del programa de trabajo

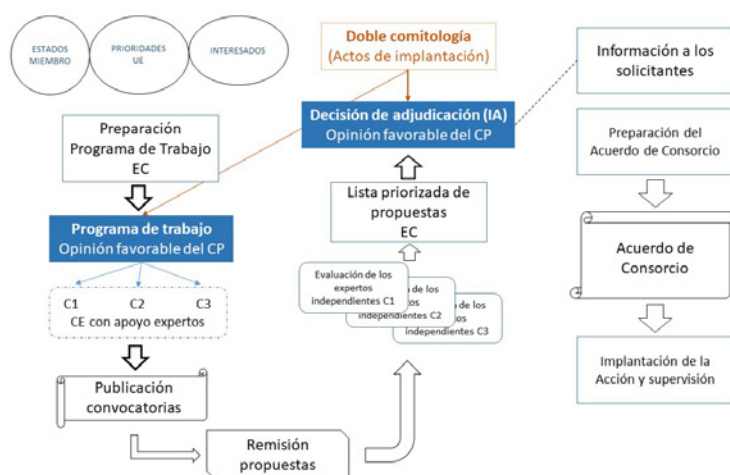


Figura 1. Comitología. (Fuente: propia)

mayor (funciona dentro del Marco Financiero Plurianual 2021-2027), y podrá propiciar una mejora decisiva de las capacidades de defensa de Europa.

Del presupuesto de 7.953 millones de euros, se destina un tercio (2.651 millones de euros) a financiar proyectos de investigación competitivos y colaborativos (I+T) y dos tercios (5.302 millones de euros) a complementar las inversiones de los Estados miembro, mediante la cofinanciación de los costes de desarrollo de capacidades de defensa tras la fase de investigación (I+D).

El largo período empleado en discutir el Reglamento entre la Comisión y los Estados Miembro, antes de su aprobación dos años y medio después, refleja el intenso debate sobre aspectos clave del Fondo entre las partes

y el proceso de selección de convocatorias que obedecen al llamado sistema de doble comitología. Esta comitología y el papel del Comité del Programa (CP) se ilustran en la figura 1 y se describen a continuación.

Aprobación de los programas de trabajo

Los programas de trabajo se adoptan mediante actos de ejecución regidos por el artículo 291 del TFUE y un reglamento específico (Reglamento del acto de ejecución-IAR) (22). En este marco, la adopción de los programas de trabajo anuales se rige por los artículos 27 y 28 del Reglamento. Para la adopción de los actos de ejecución, la Comisión está asistida por un comité del programa compuesto por representantes de los Estados miembro (artículo 3 (2) IAR). En el caso del EDF, el artículo 27 del Reglamento

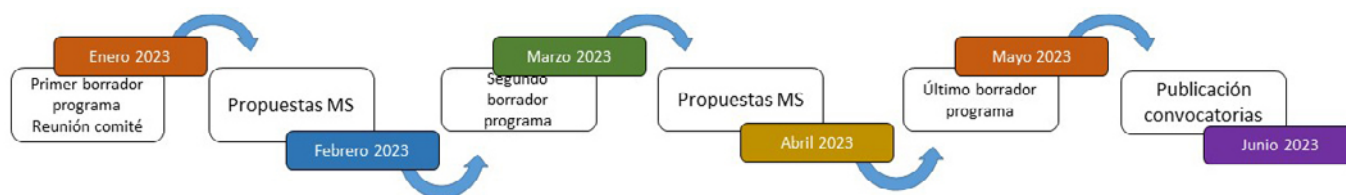


Figura 2. Adopción del programa de trabajo. (Fuente: propia)

establece que la EDA y la ESA sean invitados como observadores a las reuniones del Comité; pueden intervenir en los debates, pero no participan en las decisiones del mismo.

La Comisión preside el comité y presenta el primer proyecto de acto de ejecución y, aunque cada miembro puede proponer enmiendas a este proyecto, solo la Comisión puede proponer al comité versiones modificadas. Por lo tanto, la Comisión tiene una función directiva crucial en la construcción de las mayorías, o de consenso. Esto es importante, ya que el papel del comité está lejos de ser neutral: aunque la Comisión adopta el programa de trabajo anual, solo puede hacerlo sobre la base de un dictamen positivo del comité. Los dictámenes se adoptarán por mayoría cualificada, sin participación de la Comisión en la votación. Dado que el programa de trabajo solo puede aprobarse una vez que alcance una mayoría cualificada entre los Estados miembro, estos tienen un poder significativo en las decisiones que se adoptan. En la figura 2 se puede observar el esquema de la adopción del programa de trabajo.

Una de las cuestiones principales, por lo que respecta al contenido de los programas de trabajo, es si reflejan las prioridades identificadas en los documentos de la UE existentes y, en particular, en el Plan de Desarrollo de Capacidades (CDP, por sus siglas en inglés).

Adjudicación de las subvenciones

La segunda fase del sistema de doble comitología se produce después de la evaluación de las propuestas y funciona como validación de los resultados. En una primera fase, de conformidad con los artículos 12 y 29 del Reglamento del EDF, las propuestas recibidas por la Comisión deben evaluarse con la ayuda de expertos independientes. Estos expertos, ciudadanos europeos de la mayor

variedad posible de Estados miembro, se seleccionan en función de sus competencias, experiencia y conocimientos, de manera muy similar al que se realiza en proyectos de alta tecnología (es decir, *Horizon Europe*, HE). La particularidad del EDF es que los expertos deben de disponer de habilitaciones personales de seguridad para el manejo de información clasificada.

Dado el alto grado de especialización requerido, el número de expertos en un campo preciso puede ser muy bajo y pueden encontrarse en situaciones de conflicto de intereses, lo que dificulta la creación de los grupos.

La Comisión ha publicado una convocatoria de expertos independientes y se ha abierto la convocatoria de manifestaciones de interés para el período de programación 2021-2027, que estará abierta hasta el 1 de diciembre.

Los criterios de adjudicación de la Comisión para calificar y clasificar las propuestas es otro punto esencial a la hora de seleccionar los proyectos y están definidos por el Reglamento del EDF y difieren en varios aspectos de los definidos a efectos del HE, ya que el HE contempla tres criterios de adjudicación mientras que el EDF tiene en cuenta seis tal como se observa en la figura 3.

Los criterios (a) y (f) del Reglamento del EDF son similares a los criterios (a) y (c) del HE, mientras que los criterios (b) a (e) del EDF desarrollan el contexto de la defensa. Los componentes del impacto esperado de las acciones se refieren a la estructura misma de la industria de defensa europea, destacando tres de sus principales retos: 1) seguir siendo competitiva y, por tanto, innovadora; 2) poder hacer frente a una demanda militar que tiende a acumularse a escala europea; y 3) europeizar sus cadenas de valor y de suministro. Estos tres objetivos reflejan también el compromiso alcanzado entre los intereses y objetivos de los Estados miembro y las partes interesadas de la industria.

Además de estos criterios generales, en las convocatorias de propuestas los requisitos técnicos de alto nivel se detallan de acuerdo con las necesidades operativas y la búsqueda de rendimiento.

Al final del proceso de evaluación técnica, el artículo 12 del Reglamento del EDF establece que las decisiones de adjudicación serán adoptadas por la Comisión mediante actos de ejecución. Una vez más, en caso de que la Comisión no pueda llegar a un dictamen positivo, no se puede adoptar la decisión de adjudicación.

HORIZONTE EUROPA Artículo 25	FONDO EUROPEO DE DEFENSA Artículo 13
a) Excelencia	a) Excelencia y potencial disruptivo
b) Impacto	b) Contribución a la innovación y desarrollo tecnológico de la Industria Europea de Defensa
c) Calidad y eficiencia de la implementación	c) Contribución a la competitividad de la Industria Europea de Defensa
	d) Contribución a la autonomía de la Base Tecnológica e Industrial Europea
	e) Contribución a la creación de una cooperación transfronteriza (en especial entre PYMES y MIDCAP)
	f) Calidad y eficiencia de la implementación

Figura 3. Criterios EDG vs HE. (Fuente: propia)

Convocatoria de propuestas 2023

A 2023 corresponde el tercer programa de trabajo organizado en ocho áreas temáticas que incluyen un total de quince convocatorias, de las cuales una está dedicada a propuestas de pequeñas y medianas empresas (SME) y otra a tecnologías disruptivas (EDT, por sus siglas en inglés), incluyendo treinta y cuatro distintos temas en total.

Entre las acciones de investigación hay siete convocatorias con un importe de 318 millones de euros distribuidos en quince temas, lo que supone una pequeña reducción de temas respecto a años anteriores, así como una reducción del presupuesto asignado en el Acto de Implementación, aunque aumenta el presupuesto de las convocatorias no temáticas (SME y EDT), dado su éxito en 2021. En cuanto a las acciones de desarrollo se incluyen dieciocho

temas y un presupuesto de 860 millones de euros, lo que es similar a anteriores ejercicios. La figura 4 muestra las distintas convocatorias correspondientes a 2023.

Este año se ha publicado un nuevo tipo de convocatorias, denominadas «spin-in», que deberán basarse en resultados previos de convocatorias de los programas de trabajo de los programas de investigación de la CE Horizonte Europa y Horizonte 2020 del ámbito civil.

También como novedad, en la convocatoria de 2023, se introduce una nueva denominada *Specific Grant Agreement* (SGA), a la que solo podrán licitar las entidades adjudicatarias de la convocatoria de 2022.

El plazo de presentación de propuestas se abrió el 22 de junio y se cerrará el 22 de noviembre.

El EDF y la cooperación con la OTAN y sus aliados

Las relaciones entre la OTAN y los servicios de la UE han mejorado drásticamente desde 2016, y apenas pasa una semana sin que algún grupo de ambas instituciones se reúna. Los flujos de información son fluidos y las relaciones colaborativas. Sin embargo, cuando se trata de la cuestión clave de manejo de información clasificada sigue imponiendo muchos conflictos y el personal de la UE no tiene acceso a datos sensibles de la OTAN que necesita para la planificación de la defensa.

A pesar de estas limitaciones, se han logrado avances concretos en la alineación del Proceso de Objetivos de Alto Nivel (HLGP) y el Proceso de Planificación de la Defensa (NDPP) de la OTAN que se muestran en la figura 5. En marzo de 2019 se publicó una *Guía Política* (PG), a la que le siguió en octubre un nuevo *Catálogo de Requisitos de la UE*. A principios de 2023 se publicó una nueva PG de la UE, simultánea a la de la OTAN.

De conversaciones con grupos de gestión de la OTAN se desprende que el EDF es muy valorado en la OTAN, ya que se interpreta como la prueba de que los miembros europeos de la Alianza se comprometen a hacer más colectivamente por su defensa y a aumentar sus gastos.

Sin embargo, funcionarios de Defensa de la Administración norteamericana expresaron formalmente su reservas a la hora de que las iniciativas del EDF y de la PESCO supongan prohibir el acceso de las industrias estadounidenses al mercado de defensa europeo y la potencial de competencia entre la OTAN y la UE en I+T y I+D en materia de defensa sigue existiendo, incluso si el personal de ambas organizaciones colabora fácilmente.

Conclusiones

Una de las decisiones más prometedoras entre la gama de las que han surgido en el ámbito de la defensa europea desde 2014 es el EDF, pero por sí solo no resolverá todos los problemas relacionados con la fragmentación y la ineficiencia de los mecanismos europeos de defensa

CATEGORÍA	TEMA	Presupuesto Estimado
 Defence medical response, Chemical Biological Radiological Nuclear (CBRN)	Federating CBRN systems - European CBRN system (D)	40 M€
	Defence medical countermeasures Alliance (R)	
 Information superiority	Detect and Avoid (D)	99 M€
	Laser Communications (D)	
	Tactical RPAS (D)	
 Sensors	Sensor grid (D)	69 M€
	Electromagnetic signal propagation (R)	
	Optronics detector technologies (R)	
 Cyber	Cyber situational awareness (D)	60 M€
	Deployable autonomous AI Agent (D)	
	Automation of security penetration tests (R)	
 Space	Initial operational capacity for Space situational awareness C2 and sensors (D)	125 M€
	Threat surveillance and protection of space-based assets (R)	
 Digital transformation	Human language technologies for defence - Preparation of a technological challenge (R)	45 M€
	Human language technologies for defence - Organisation of a technological challenge (R)	
	Dedicated hardware architectures for energy-efficient AI (R)	
 Materials and components	Technologies and processes for maintenance, joining and repair through an innovation test hub (D)	50 M€
	High-performance materials (R)	
 Energy and environmental	Innovative propulsion systems for defence applications (R)	25 M€
 Air combat	Smart technologies for next generation fighter systems (D)	63 M€
	Self-protection systems (D)	
 Air & missile defence	Counter-UAS capabilities (D)	123 M
	Endo-atmospheric interceptor (D)	
 Ground combat	Main battle tank platform systems (D)	47 M€
	Long-range indirect fire support capabilities for precision and high efficiency strikes (D)	
 Force protection and mobility	Demonstrators and technologies to defeat UXOs and IEDs (R)	45 M€
	Strategic air transportation of outsized cargo (R)	
 Naval combat	Modular and multirole patrol corvette (D)	154,5 M€
 Underwater warfare	Unmanned anti-submarine and seabed warfare (D)	90 M€
	Mine counter-measures capabilities (D)	
 Disruptive technologies for defence applications	Laser-based directed energy weapons (R)	41 M€
	Non-thematic research (R)	
 SME calls	Non-thematic research focused on SMEs & research organisations (R)	72 M€
	Non-thematic development for SMEs (D)	

Figura 4. Convocatorias. (Fuente: propia)

y solo los Estados miembro, trabajando de buena fe con la Comisión para decidir el programa de trabajo y las asignaciones de financiación, pueden hacerlo. Será esencial no confundir los fines –creación de una Base Industrial Europea de Defensa y Tecnológica (EDTIB) fuerte y competitiva–, las formas –inclusividad a través de una cooperación fronteriza ampliada y la voluntad de conseguir la autonomía estratégica– y los medios –los proyectos de investigación de defensa–.

Para que se cumplan los objetivos del Fondo han de concurrir una serie de condiciones.

En primer lugar, los Estados miembro y la Comisión tendrán que trazar una fina línea entre la promoción de la excelencia en la innovación, que es esencial para fomentar la competitividad, la eficiencia y la capacidad de innovación de la base tecnológica e industrial europea de defensa, y el fomento de la cooperación transfronteriza, que es vital para la legitimidad del Fondo, pero también para aprovechar el potencial de innovación de las PYME y las Organizaciones de Investigación y Tecnología de países sin base industrial de defensa y tecnológica.

En segundo lugar, el fondo solo tendrá éxito si la Comisión y los Estados miembro hacen un uso eficiente de sus recursos. Por un lado, las capitales nacionales deben evitar la tentación de utilizarlo para sustituir sus propias inversiones en I+D de defensa y, por otro, la Comisión debe elaborar el programa de trabajo con proyectos que cuenten con una fuerte aceptación por parte de los Estados miembro. De lo contrario, se corre el riesgo de que se financie una investigación que no tendrá aceptación en forma de desarrollo de sistemas de armamento (como ocurrió con la acción de investigación sobre seguridad en Horizonte 2020).

En tercer lugar, la eficacia de la investigación en materia de defensa (especialmente la I+D) depende en gran medida de su relación con la planificación de la defensa y de la capacidad de esa planificación para anticiparse a futuras amenazas, es decir, el éxito del Fondo está relacionado con una

mejora del proceso de planificación de la defensa de la UE. En este sentido, la Brújula Estratégica de 2020 tiene una gran responsabilidad a la hora de establecer prioridades de defensa y seguridad de Europa.

En cuarto lugar, hay que tener cuidado con la complejidad. Es necesario crear normas y salvaguardias para garantizar la integridad del proceso. Sin embargo, existe el riesgo de que los requisitos burocráticos desalienten a los más innovadores o ambiciosos. Las convocatorias de propuestas de la UE son engorrosas y el requisito de que en cualquier licitación de consorcio para los contratos del EDF participen entidades de al menos tres Estados miembro aumenta la complejidad. Un factor importante a este respecto es la duración de las asignaciones de fondos. El EDF está legalmente obligado a establecer programas de trabajo anuales. Sin embargo, los programas de trabajo anuales no ofrecen la perspectiva necesaria para desarrollar proyectos significativos de investigación y desarrollo y de I+D en el ámbito de la defensa y son difíciles de gestionar, tanto para la Comisión como para los solicitantes. La Comisión ha dado señales de que será posible la programación plurianual en el marco del Fondo. Sin embargo, todavía no existen garantías.

Los Estados no habrían podido desarrollarse por sí solos y ello contribuiría a [la] autonomía estratégica y la libertad de acción de la Unión, tal como establece el Reglamento del Fondo. Esto es esencial para que el EDF gane la «propiedad militar». Al mismo tiempo, si los grandes contratistas de los llamados cuatro grandes (Francia, Alemania, Italia y España) no

son capaces de abrir sus cadenas de valor y suministro, no habrá una titularidad política compartida por todos los Estados miembro y, por tanto, no habrá interés en defender una BTID europea autónoma. Entre estas dos vías, la propiedad política y la propiedad militar, la Comisión tendrá que mantener el rumbo para alcanzar la competitividad, según el mandato del artículo 173 del TFUE.

Bibliografía

- (1) ASD. (2017). *Position Paper Providing a Concept For The European Defence Research Programme (EDRP)*. 22 septiembre. The AeroSpace and Defence Industries Association of Europe.
- (2) ASD. *Justification of full EU funding of costs for the European Defence Research Programme*. The AeroSpace and Defence Industries Association of Europe.
- (3) EDA Steering Board. (2019). *pMS General Common Position Informing a Scoping Paper for the Capability Dimension of The European Defence Fund*. 20 de noviembre.
- (4) *Thematic Clusters and EDF Priorities*. Annex to the Non-Paper on the Preparation of the European Defence Fund (EDF) Work Programmes 2021-2027. 5 de junio de 2020
- (5) European Commission. (2022). *EDF Guidance Note on the principles and processes governing the relations between the Commission, Project Coordinators, and Project Managers in relation to the implementation of the reporting obligations under the EDIDP/EDF Grant Agreements*. European Commission. 12 de octubre.
- (6) European Parliament. (2021). *Review of the Preparatory Action on Defence Research (PADR) and European Defence Industrial Development Programme (EDIDP): lessons for the implementation of the European Defence Fund (EDF)*. Mayo.

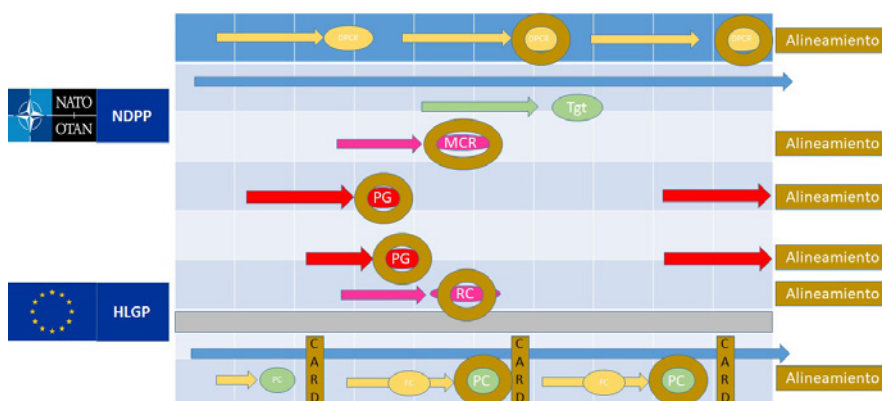


Figura 5. Cooperación con la OTAN. (Fuente: propia)

Acelerador de Innovación en Defensa del Atlántico Norte (DIANA)

Autor: José Agrelo Llaverol, Pedro Vallespin Gómez, Unidad de Planificación y Programación de I+D Internacional, SDG PLATIN.

Palabras clave: defensa, investigación, innovación, tecnología, desarrollo.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Introducción

La capacidad de disuasión y defensa de la OTAN ha descansado siempre en el mantenimiento de la ventaja tecnológica respecto a los adversarios. En el Consejo Atlántico de 10 de marzo de 2021 se debatió un tema del documento de prioridades sobre el proceso de reflexión OTAN 2030, relativo al mantenimiento de esa ventaja tecnológica, en el que se presentó una propuesta de creación de un ente civil y militar catalizador que impulsase la innovación en materia de defensa en el ámbito de la Alianza, insistiendo en el hecho de que la innovación es clave, sin olvidar que para poder operar conjuntamente entre los aliados es necesario mantener un nivel de interoperabilidad mínimo.

El *Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic* (DIANA, por sus siglas en inglés) quedó plasmado en una iniciativa conjunta de la OTAN en junio de ese mismo 2021, en la que acordó impulsar el lanzamiento de un mecanismo del tipo acelerador de innovación. La iniciativa DIANA tiene como objeto acelerar soluciones basadas en tecnologías disruptivas y emergentes y, particularmente, aquellas desarrolladas para el sector comercial que tengan potencial aplicación en el ámbito de la Seguridad y Defensa aprovechando los elementos ya existentes en las naciones OTAN (aceleradoras y centros de ensayo). DIANA funcionará a través de programas de retos, con el objetivo de incorporar soluciones tecnológicas innovadoras para cubrir necesidades de seguridad y defensa.

De esta forma, se ha creado DIANA como un nuevo Cuerpo de la OTAN,

siendo supervisado por los aliados a través de una Junta Directiva y administrado por un Grupo Ejecutivo dirigido por un director gerente y se ha organizado con elementos afiliados y constitutivos.

Los elementos afiliados a DIANA son:

- una red de centros de pruebas tecnológicas que permita a los innovadores participar en el desarrollo conjunto con los usuarios finales operacionales y llevar a cabo pruebas, evaluaciones, verificaciones y validación de las soluciones propuestas; y
- una red transatlántica de aceleradores, que aproveche los emplazamientos nacionales existentes para impulsar el desarrollo de soluciones tecnológicas por parte de los innovadores a través de un programa competitivo, complementado por la educación sobre la protección de las soluciones tecnológicas frente a posibles actividades contradictorias.

Los elementos constitutivos de DIANA incluyen:

- un Servicio de Adopción Rápida, que apoye el desarrollo ágil y rápido y la adopción de soluciones DIANA por los aliados y la OTAN;
- una base de datos de capital de confianza para facilitar o equiparar a los innovadores aliados con inversores de confianza;
- Oficinas Regionales en Europa y América del Norte para albergar al personal ejecutivo de DIANA y coordinar e impulsar todas las actividades de DIANA. Las Oficinas Regionales también acogerán Equipos de Asesoramiento en Innovación civil-militar, que pueden facilitar la cooperación tecnológica y los intercambios entre las naciones de la OTAN, al conectarse con entidades de innovación aliadas y extender la aplicación de este trabajo a toda la Alianza.

Implementación del Programa

La adopción de Tecnologías Emergentes y Disruptivas (EDTs) en la defensa y seguridad aliada es fundamental para el mantenimiento de su

ventaja tecnológica. Sin embargo, el desarrollo de las EDT no viene normalmente impulsado por el sector público o por las organizaciones de investigación de defensa tradicionales; por el contrario, la mayoría de las EDT son financiadas y desarrolladas como tecnologías comerciales por los sectores académico y privado para los mercados civiles y de «doble uso». Por lo tanto, a menudo se pierde la oportunidad de utilizar esas tecnologías para resolver los problemas críticos de defensa y seguridad.

A la hora de seleccionar las EDT que se deben desarrollar, la Alianza se enfrenta a varias deficiencias estratégicas, en relación con los equipos de expertos, entre ellas:

- una desconexión entre el ecosistema de innovación civil y las necesidades de defensa y seguridad, lo que impide la identificación, desarrollo y/o adopción de soluciones tecnológicas disruptivas para abordar las necesidades de defensa y seguridad;
- una brecha entre los aliados en sus respectivas capacidades para adoptar soluciones tecnológicas nuevas e interoperables para los ejércitos aliados y la OTAN;
- una brecha para proteger estos EDT contra transferencias de tecnología indeseables a adversarios y competidores potenciales.

La iniciativa DIANA tiene como finalidad resolver los retos críticos de doble uso (civil y de defensa), derivados de las necesidades de defensa y seguridad de todos los países de la Alianza, surtidos por el estado de desarrollo de las tecnologías comerciales y diseñados para innovadores de tecnología punta. Se implantará mediante la publicación anual de retos, comenzando con una convocatoria competitiva de propuestas dirigida a tres áreas estratégicas: resiliencia energética, intercambio seguro de información y detección y vigilancia.

Los innovadores que sean aceptados en los retos recibirán subvenciones para apuntalar el desarrollo tecnológico y realizar las pruebas correspondientes, participar en un programa de

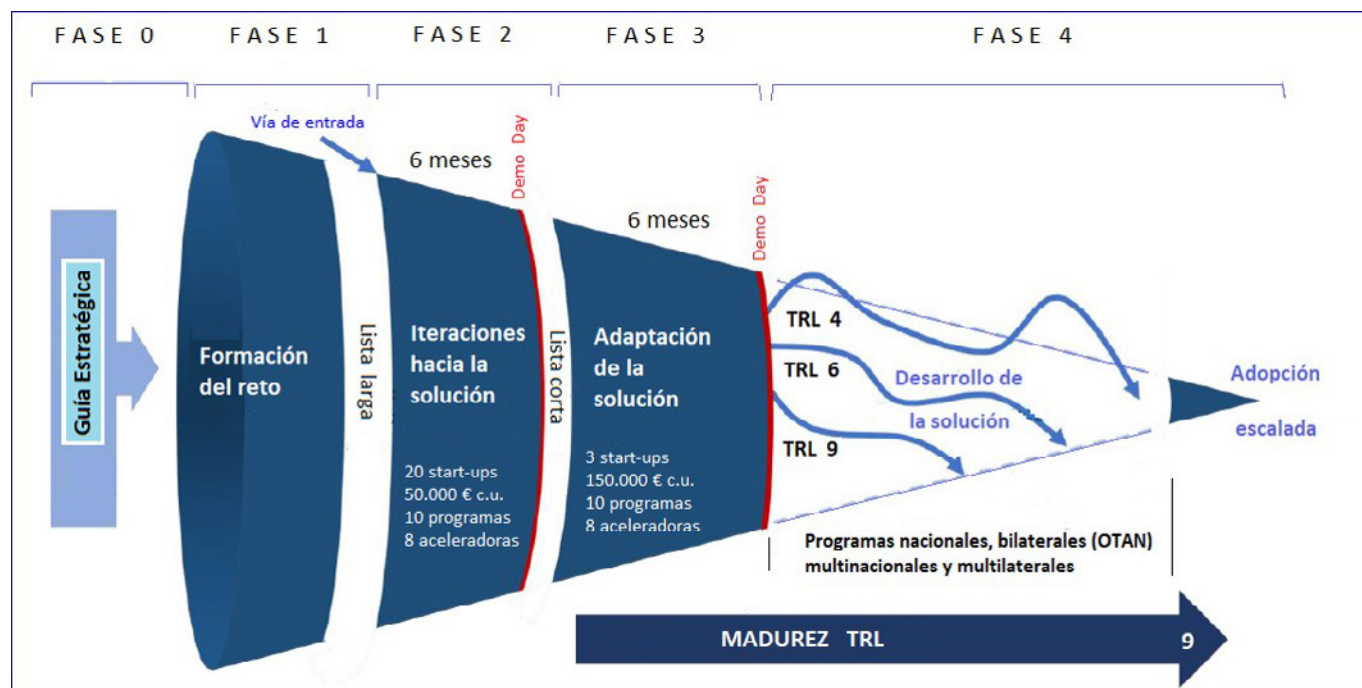


Figura 1. Fases de los retos. (Fuente: OTAN)

aceleración comercial personalizado, obtener acceso a centros de ensayo y evaluación de toda la Alianza y beneficiarse de la exposición orientada a los inversores y usuarios finales para apoyar la transición y adopción de tecnología.

Todos los países de la Alianza se comprometen a financiar los costes de las actividades principales de DIANA, que se especifican en las fases de 0 a 3 de la figura 1. La fase 4 –desarrollo de la solución– y 5 –adopción– se financian mediante un acuerdo a parte por los países interesados en financiarla.

Bajo los parámetros de la Carta DIANA, la Junta Directiva Aliada (BoD), compuesta por representantes de todos los aliados, aprobará la Dirección Estratégica de DIANA, a propuesta del director general y de su estado mayor. La Dirección Estratégica definirá conjuntos de problemas a nivel estratégico y campos de innovación para la exploración basados en los desafíos críticos a los que se enfrentan los usuarios finales operacionales, así como las prioridades a largo plazo que encajen en la política de la Alianza. El resto de organismos de la OTAN apoyarán la formulación y el cotejo de conjuntos de problemas para garantizar la coherencia de los retos y prevenir la duplicación.

Gobernanza y programa de trabajo

Cada reto se establecerá inicialmente para tres años y responderá a un reto específico de interés para los usuarios finales operativos. Cada Programa puede ser suspendido o ampliado según las necesidades de estos usuarios finales, su potencial de adopción y el progreso tecnológico de las soluciones propuestas.

La convocatoria de propuestas para los retos de 2023 se abrió el 19 de junio y estará abierta durante dos meses hasta el 25 de agosto. Las empresas cuyas propuestas muestren un potencial excepcional serán invitadas a una entrevista (en línea) y a un evento de presentación, del que resultará una selección de alrededor de treinta empresas elegidas. Estas empresas recibirán subvenciones de 100.000 euros y entrarán en la primera fase del programa acelerador DIANA denominado *Boot-camp*. Los participantes se sumarán a una cohorte de innovadores de toda la Alianza, en uno de los cinco centros regionales de aceleradores, para construir un programa de defensa y seguridad y acelerador de doble uso. Durante estos primeros seis meses, las empresas trabajarán en la evolución o adaptación de sus soluciones tecnológicas, de acuerdo con las soluciones propuestas por ellos mismos.

Al final de la primera fase se ofrecerá a un número menor de empresas una subvención adicional de hasta 300.000 euros, invitándoles a participar en la segunda fase del programa denominado «Scale». Durante este segundo semestre, las entidades se centrarán en demostrar su solución tecnológica, desarrollar estrategias de transición y trabajar con inversores y usuarios finales para identificar vías de adopción.

En lugar de limitarse a los tres retos piloto en 2023, existe la previsión de lanzar un número creciente de retos cada año, hasta que se alcance la capacidad operativa plena en 2025. Las áreas tecnológicas y los temas de los retos específicos cambiarán cada año.

Proceso de selección

Al final del período de la convocatoria de propuestas, comenzará la primera fase de selección de todas las propuestas admisibles a cargo de un grupo de evaluación. El panel de la etapa 1 estará compuesto por miembros del equipo de DIANA, expertos técnicos provenientes de las comunidades de Ciencia y Tecnología de los aliados y usuarios finales de defensa y seguridad de la OTAN. Los candidatos seleccionados serán invitados a participar en la segunda etapa del

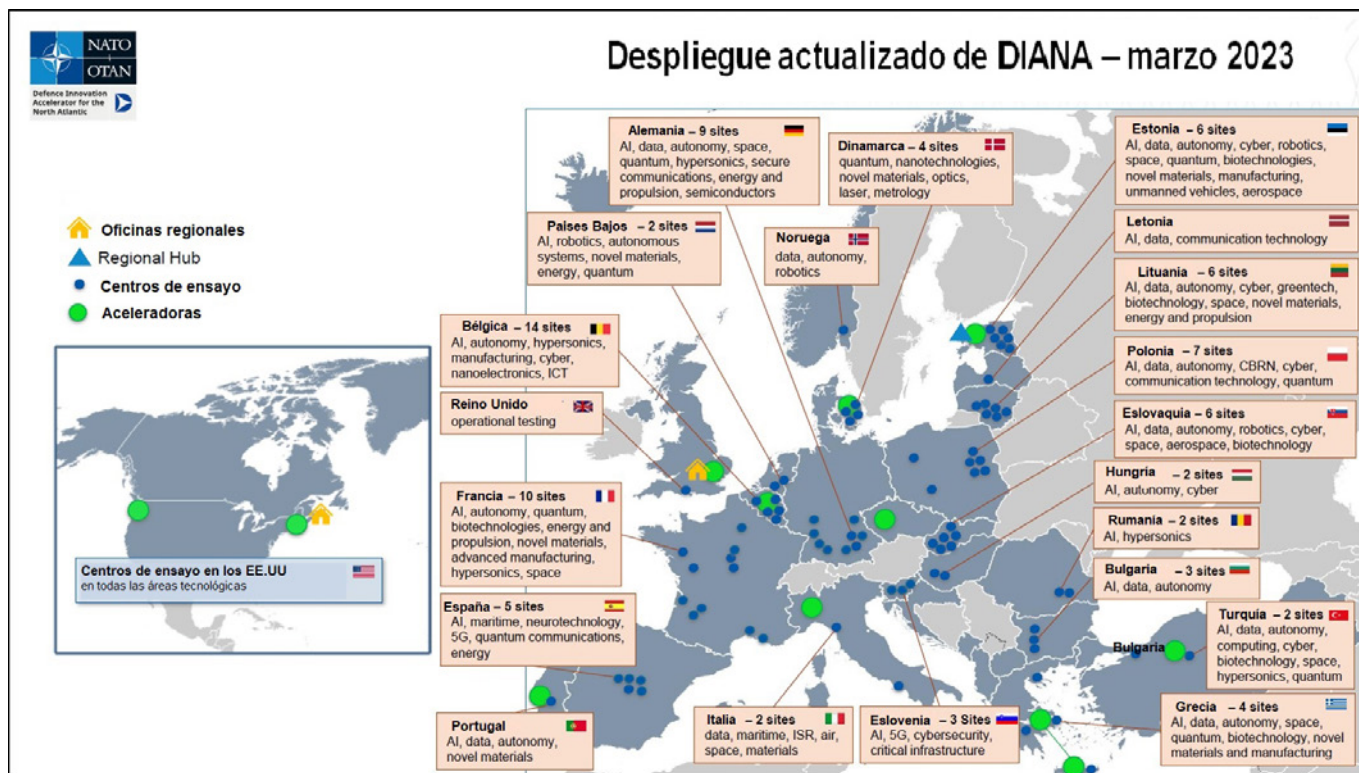


Figura 2. Despliegue DIANA. (Fuente: OTAN)

proceso, una entrevista en línea de 30 minutos, consistente en una presentación de 10 minutos, seguida de un período de preguntas y respuestas de 20 minutos. El panel de evaluación de la fase 2 estará compuesto por miembros de los mismos grupos que en la fase 1, con la adición de miembros de la red de inversores de confianza de DIANA y completará su selección en dos semanas adicionales. La selección se realizará aproximadamente un mes después del cierre del período de la convocatoria de propuestas.

Las propuestas se evaluarán en función del mérito técnico (viabilidad, estado de desarrollo y novedad), la pertinencia de las aplicaciones de defensa y seguridad, el potencial comercial y la viabilidad empresarial, el impacto disruptivo y la solidez de la propuesta del uso de la financiación.

Despliegue órganos de DIANA

La red de DIANA ha quedado formada por las aceleradoras y centros de ensayo que se muestran en la figura 1, que coincide con su capacidad operativa inicial. En el curso de los próximos meses y finalizando en 2025, se espera que obtenga su capacidad operativa final, de la que todavía no

se tiene idea fija de su composición, estando en marcha el proceso de aceptación de nuevas aceleradoras y centros de ensayo para cubrir la más amplia red de centros de innovación posible.

Por lo que respecta a organismos españoles, actualmente están integrados en la red de DIANA el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo del INTA, el Centro Logístico de Experimentación (CLAEX) y el Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial (CIMA) pertenecientes al Ejército del Aire y del Espacio, y el Centro de Neurotecnología e Inteligencia Artificial y de Comunicaciones Cuánticas pertenecientes a la UPM.

El Fondo de Innovación de la OTAN

Con objeto de complementar la iniciativa DIANA, los líderes y los ministros de Defensa de veintidós países de la OTAN firmaron un compromiso para el lanzamiento de un fondo de capital riesgo multisoberano en la Cumbre de Madrid del mes de octubre de 2021: el Fondo de Innovación de la OTAN.

Este fondo servirá para fomentar el nacimiento de tecnologías emergentes que tengan la capacidad de transformar

la seguridad durante las próximas décadas, reforzando el ecosistema de innovación de la Alianza y robusteciendo la seguridad de la OTAN.

El fondo invertirá 1.000 millones de euros en empresas de nueva creación en sus primeras etapas de desarrollo en los campos de IA, procesamiento de grandes masas de datos, tecnologías cuánticas, autonomía, biotecnología y perfeccionamiento humano, energía, nuevos materiales, propulsión y espacio durante un período de 15 años.

Bibliografía

- (1) Estado Mayor Internacional. Oficina del Secretario General. (2021). PO(2021)0082. *Food for Thought Paper: NATO 2030: Preserve our technological Edge: Greater Support for Transatlantic Defence Innovation and Interoperability*. 4 de marzo.
- (2) DIANA Vision FFT. 22 de octubre de 2021.
- (3) NATO. (2030). PO(2021)0248.
- (4) Estado Mayor Internacional. Oficina del Secretario General. (2021). *DIANA And the NATO Innovation Fund. A Way Forward*. 6 de julio de 2021.
- (5) DPRC-WP(2022)0007-REV1. *Charter of the NATO Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic*. 10 de marzo de 2022.

Convocatoria Programa COINCIDENTE 2023

**Autor: Rosalía Vindel Román, Nodo
Gestor, SDG PLATIN.**

Palabras clave: COINCIDENTE,
Baterías estructurales,
almacenamiento de energía, datos
sintéticos, IA, entrenamiento de
algoritmos, aprendizaje automático,
neutralización amenazas aéreas, muy
baja cota, C-RAM/C-RPAS.

Líneas I+D+i ETID relacionadas:
2.5.2, 3.3.3, 3.3.5, 5.1.3, 6.2.3, 7.2.1, 10.1.5.

Introducción

El 3 de mayo de 2023 se publicó en el *Boletín Oficial del Estado (BOE)* N.º105 la Resolución 320/38174/2023, de 21 de abril, de la DGAM, por la que se convoca proceso de selección de proyectos de I+D de interés para Defensa, susceptibles de ser incluidos en el ámbito del Programa de Cooperación en Investigación Científica y Desarrollo en Tecnologías Estratégicas (COINCIDENTE).

El programa tiene por objeto aprovechar las tecnologías desarrolladas en el ámbito civil que puedan ser de aplicación en proyectos de interés para el Ministerio de Defensa, facilitando la participación de pequeñas, medianas y grandes empresas, centros de investigación y universidades, pertenecientes a toda la geografía nacional.

Temáticas

En la presente convocatoria 2023, las tres temáticas de I+D que se pretenden abordar, descritas en el anexo V de la convocatoria a través de fichas explicativas, son las siguientes:

Desarrollo de baterías estructurales para su aplicación en plataformas militares

El objetivo de esta temática es el desarrollo de demostradores tecnológicos de baterías estructurales capaces de actuar como un sistema de almacenamiento de energía, disponiendo de la suficiente integridad mecánica como para ser un elemento resistente a las diferentes tensiones mecánicas a las

que pueda ser sometido. Se busca el desarrollo de baterías estructurales que aligeren la plataforma e incrementen su autonomía con respecto a las actuales soluciones 100 % eléctricas.

El límite máximo de la aportación del MINISDEF para los proyectos que se lancen en esta temática es de 750.000 euros (IVA incluido).

Generación de datos sintéticos para el entrenamiento de algoritmos de IA en aplicaciones de defensa

El objetivo de esta temática es el desarrollo de demostradores tecnológicos que integren capacidades de generación de datos sintéticos y sus metadatos asociados para su empleo en el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automático en aplicaciones de defensa. Se espera que los conjuntos de datos generados de forma sintética sean realistas, diversos, capaces de reflejar la complejidad inherente a las situaciones reales presentes en las operaciones de defensa, consecuentes con la privacidad y la sensibilidad de la información de los datos tratados, tener un alto grado de calidad, libres de errores o inexactitudes, así como no estar sesgados o influenciados, lo que puede conducir a que la precisión y efectividad de los algoritmos que los utilicen no sea la deseable.

El límite máximo de la aportación del MINISDEF a cada proyecto será de 750.000 euros (IVA incluido).

Sistemas de neutralización para aplicaciones de defensa antiaérea de muy baja cota

El objetivo de esta temática es el desarrollo de demostradores de sistemas de neutralización de amenazas aéreas basados en artillería cañón/misil, sobre las que se priorizarán aquellas soluciones para escenarios C-RPAS (contra aeronaves remotamente tripuladas) y C-RAM (contra proyectiles de artillería/mortero y cohetes). Se espera que los demostradores puedan ser integrados posteriormente en una plataforma que cuente con sus propios sensores radar y sistemas ópticos de detección, seguimiento e identificación, y que en su conjunto proporcione defensa contra aviones, helicópteros, RPAS e incluso misiles

cohetes y proyectiles balísticos, constituyendo una estación de armas remota (RWS) que aporte capacidad C-RAM/C-RPAS a las Fuerzas desplegadas en zonas de operaciones.

El límite máximo de la aportación del MINISDEF a cada proyecto será de 950.000 euros (IVA incluido).

Estas temáticas están alineadas con tres de los objetivos tecnológicos de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID 2020): Nuevas formas de propulsión para plataformas tripuladas y sistemas no tripulados, IA-Análisis automático e inteligente de grandes volúmenes de datos de sensores y Sistemas anti-RPAS, que da continuidad al objetivo «Tecnologías de detección para el desarrollo de sistemas de protección activa».

Otras consideraciones

La Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN), junto con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), organizaron el 22 de mayo una jornada informativa en la que se expusieron los objetivos de la convocatoria, el proceso administrativo y el procedimiento de contratación de las propuestas seleccionadas, para facilitar a las entidades interesadas la presentación de sus propuestas.

El plazo para la presentación de propuestas se ha establecido en sesenta días naturales a partir del día siguiente a la fecha de publicación de la convocatoria en el *BOE*.

La DGAM comunicará, mediante la oportuna publicación en el *BOE*, las propuestas que hayan sido seleccionadas en el plazo de seis meses, a partir de la finalización del plazo de presentación. Igualmente, será comunicado a las entidades cuyos proyectos hayan sido seleccionados y se le dará publicidad en la [página web del Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa](#).

Adicionalmente, se incluirá una lista de propuestas de reserva por temática que podrán ser consideradas para el Programa, en el caso de que exista financiación adicional o alguna de las inicialmente seleccionadas no llegue a contratarse.

En Profundidad

Sistema SAFETERM: Safe Flight Termination System

Autor: Javier Ferrero Micó, GMV Aerospace and Defence.

Palabras clave: inteligencia artificial, estandarización, UAS, emergencia, visión por computador, aprendizaje profundo, terminación del vuelo.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 2.5.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.5, 7.4.1, 7.4.2.

Introducción

GMV ha desarrollado, bajo contrato con la Agencia de Defensa Europea (EDA) y con la colaboración de AERTEC, el sistema SAFETERM (*Safe Autonomous Flight Termination*) para la mejora de los actuales sistemas de terminación de vuelo de aeronaves pilotadas por control remoto (UAS) de media altitud y larga duración y el concepto general de recuperación de emergencia (ER). El sistema SAFETERM se fundamenta en el uso de tecnologías de inteligencia artificial de última generación para aumentar el nivel de seguridad en situaciones específicas de emergencia, que conducen a una terminación de vuelo. Este concepto es especialmente beneficioso para emergencias que se produzcan en el modo de enlace de datos de pérdida de mando y control (C2). Es un proyecto piloto que ha sido utilizado por autoridades de estandarización, como caso de uso para el diseño de las guías para la certificación y aeronavegabilidad de sistemas basados en inteligencia artificial embarcados en Vehículos Aéreos No Tripulados (UAS por sus siglas en inglés) y en aviación tripulada.

Contexto y objetivo

Los Sistemas de Recuperación de Emergencia (ER) y de Terminación de Vuelo (FTS) de los UAS de mediana altitud y larga duración (MALE, por sus siglas en inglés), que actualmente gestionan los fallos del sistema en el modo de pérdida del enlace C2, se basan en procedimientos preprogramados en

función de posibles sucesos adicionales (es decir, condiciones de fallos combinados con la pérdida del enlace C2). Se requerirá, por tanto, una predefinición de Áreas de Terminación de Vuelo (FTAs) durante las actividades de planificación de la misión, teniendo en cuenta los posibles escenarios de fin de vuelo. Aunque en algunos casos esta información puede actualizarse durante el vuelo, esto limita la capacidad de los UAS para reaccionar ante sucesos imprevistos. Además, si se produce una situación imprevista y no se puede alcanzar una FTA planificada, se producirá un accidente incontrolado en el terreno. En la figura 1 se puede ver una representación gráfica del caso de uso.

El centro de vuelo dispone de una pista primaria de asfalto de 600 m de longitud y 18 m de anchura y una secundaria de hierba de 400 m de longitud y 15 m de anchura, con orientación 07-25 y elevación de 443,8 m (1456 pies). Está equipado con un radar primario para rastrear las operaciones de los vehículos aéreos no tripulados y detectar posibles intrusos, tripulados o no, en la zona de operaciones.

Las instalaciones de ATLAS están rodeadas por una TSA (*Temporary Segregated Area*) de 1.000 km², conocida como TSA30, que puede ser activada por el personal de ATLAS mediante la emisión de un NOTAM (*Notice To Air Missions*), y permite

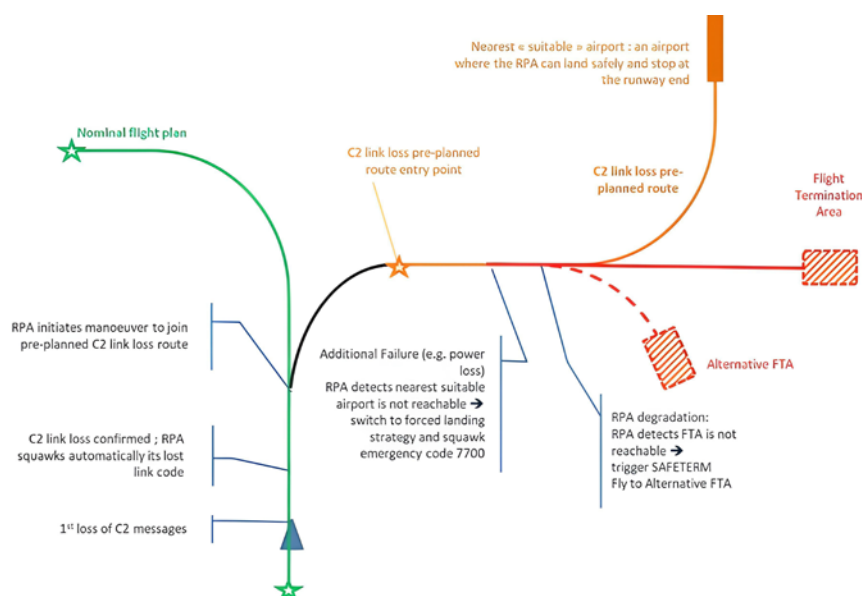


Figura 1. Representación gráfica del caso de uso. (Fuente: Consorcio GMV-AERTEC)

El SAFETERM pretende resolver esta carencia calculando áreas de terminación de vuelo alternativas basadas en la autonomía de vuelo y en el reconocimiento de patrones mediante inteligencia artificial, visión por computador y aprendizaje profundo.

Los vuelos de captación de datos y validación se realizaron en el Centro Atlas, en Villacarrillo, Jaén. Estas instalaciones han sido concebidas para la operación de sistemas RPA de clase I y II, de hasta 650 kg de MTOW.

realizar operaciones de vuelo más allá de la línea visual.

Esta será la zona de estudio, tanto para el entorno sintético como para las pruebas con datos captados por sensores embarcados en un RPAS. El SAFETERM podría desplegarse en escenarios semejantes y se podría esperar resultados equivalentes. Aquí entra una de las premisas fundamentales del proyecto, de cara a plantear que un sistema basado en inteligencia artificial se pueda certificar: ¿un dato de entrada produce de manera

determinista el mismo dato de salida? De ser demostrable, tendríamos solucionado uno de los primeros escollos respecto a la implementación de este tipo de sistemas en aviación, su certificabilidad. A este efecto, el SAFETERM se está usando como caso de uso por las autoridades de estandarización.

Además, si para una misma entrada obtenemos la misma salida, tendremos que adaptar el sistema, *off-line*, para que pueda responder adecuadamente a los distintos escenarios de despliegue. Un ejemplo claro sería: querer desplegar SAFETERM, entrenado en ATLAS, en Europa del norte. La distribución de los datos del entrenamiento inicial será diferente de los de despliegue y, por tanto, el sistema tendrá un funcionamiento limitado. La pregunta entonces sería: ¿qué coste tiene una adaptación del SAFETERM a un escenario cuyos datos captados tengan una distribución diferente del escenario de entrenamiento?

Desarrollo

Para solventar las preguntas anteriormente planteadas, el SAFETERM se ha desarrollado en cuatro etapas, todas supervisadas por *Stakeholders* de las diversas entidades implicadas

en la estandarización y potencial certificabilidad de los sistemas basados en inteligencia artificial a nivel europeo.

Tras el establecimiento del concepto de operaciones, se diseñó un entorno de entrenamiento y validación basado en bases de datos públicas, compuestas por imágenes satelitales en blanco y negro. Dichos datos sirvieron para dimensionar y estudiar las distintas arquitecturas punteras del momento y obtener modelos entrenados que permitieran comparar los distintos resultados. Este conjunto de datos se acercaba al caso de uso, pero la distribución de los datos no era la misma. Al ser imágenes satelitales tienen una vista cenital que no se correspondería con el caso de uso. En el caso del UAS, la cámara irá apuntando hacia adelante para poder tener información de contexto y hacer una previsión con cierto margen de maniobra de las zonas hábiles para aterrizar.

Por este motivo, a partir de la segunda fase, ya se planteó el uso de datos con una distribución equivalente a la que tendría un UAS desplegado, generados sintéticamente. Mediante herramientas de simulación de entornos sintéticos, se diseñó todo el entorno

alrededor de las instalaciones del centro de pruebas ATLAS, donde más tarde se obtendrían imágenes reales para la tercera fase y finalmente se volaría el UAS TARSIS 75, con el SAFETERM embarcado.

A lo largo de las distintas fases se realizaron pruebas para la optimización de los tiempos de ejecución, se desplegó el sistema sobre plataformas *hardware* certificables (arquitectura ARM) y se probaron plataformas *hardware* de aceleración (*Graphical Processing Units*).

Tal y como vemos en la figura 2, se presenta un resumen de las fases 2, 3 y 4, realizadas con el conjunto de datos con una distribución adecuada. En dichas fases, se trabajó tanto con imágenes RGB, como con imágenes FWIR.

En las distintas fases se utilizaron combinaciones de datos sintéticos y reales. En la primera, datos puramente sintéticos se emplearon para probar la arquitectura (fase 1 de validación). También se confrontó el algoritmo entrenado con datos puramente sintéticos, a un conjunto de datos real de validación, para cuantificar la capacidad de generalización.

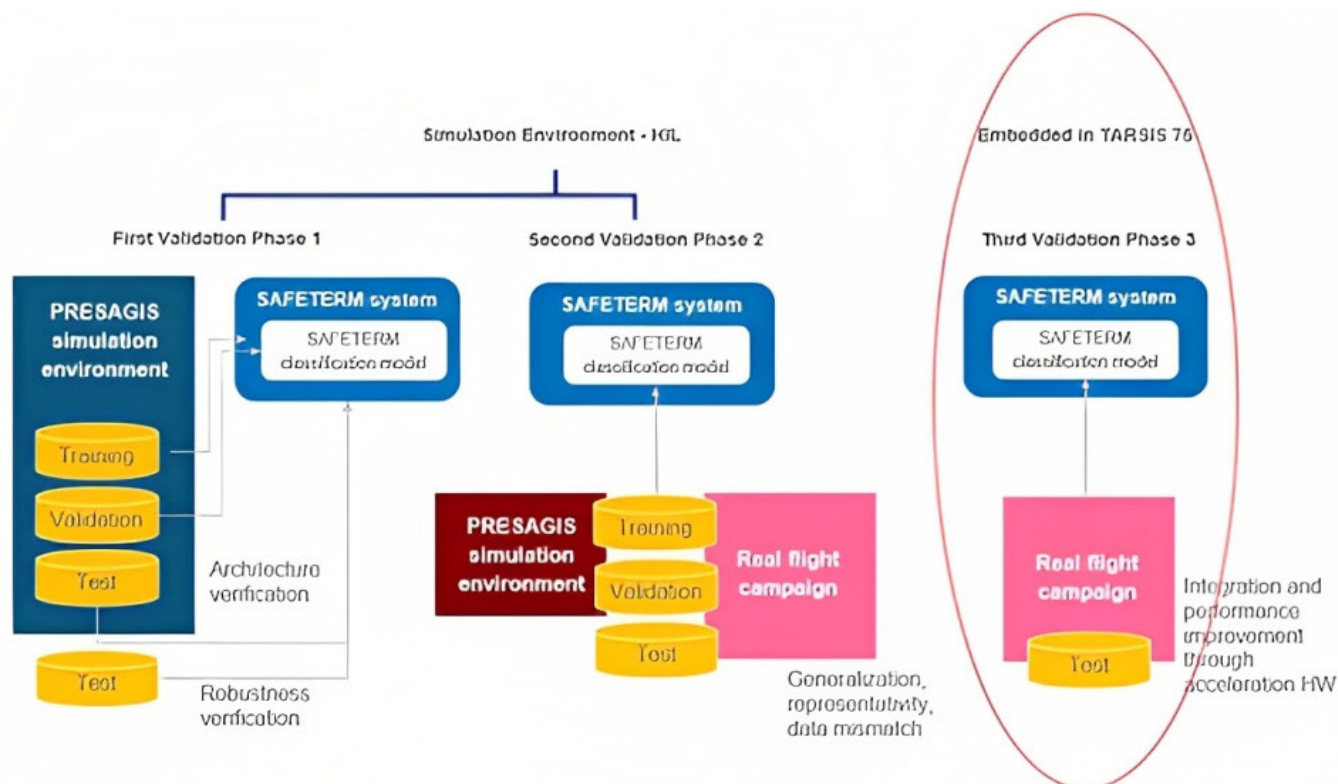


Figura 2. Fases de validación. (Fuente: Consorcio GMV-AERTEC)

En profundidad

Como cabría esperar, la representación sintética del centro ATLAS, aun siendo de calidad, dista en nivel de detalle a la representación real del entorno. Esto es entendible, puesto que, al hablar de imágenes, detalles tales como el nivel de luminosidad, los destellos del sol sobre la superficie del agua o la configuración de las sombras de los árboles son detalles trascendentales para el modelo y muy difíciles de plasmar adecuadamente, sin incurrir en costes que superasen con creces el alcance del proyecto.

En nuestro caso, a efectos de un entorno operacional real, se requiere una adaptación mediante la incorporación de datos reales, para terminar de encajar el modelo con la distribución de datos final.

Esta combinación de datos de distintas procedencias es interesante. Se utilizaron distintas técnicas de aprendizaje para tratar de mitigar esta singularidad: aprendizaje profundo –automático tradicional y de transferencia– y se ha estudiado el impacto

en la generalización y corrección de errores.

El aprendizaje automático requiere un entrenamiento desde cero, que es computacionalmente caro y requiere una gran cantidad de datos para lograr un alto rendimiento. Sin embargo, el aprendizaje por transferencia es un método automático en el que reutilizamos un modelo preentrenado como punto de partida para un modelo en una nueva tarea. Como ya se ha dejado intuir anteriormente,



Figura 3. Ejemplos y preproceso de datos reales vs sintéticos de paisaje urbano y masas de agua. (Fuente: Consorcio GMV-AERTEC)

SAFETERM es un sistema que, para ser operativo, debe ser fácilmente adaptable y con impacto y costes relativamente reducidos. La utilización del aprendizaje de transferencia y la evaluación de los resultados tuvo como finalidad ver hasta qué punto era posible optimizar los procesos de despliegue en distintos escenarios al de entrenamiento.

A través del aprendizaje de transferencia se pretendía adaptar el modelo preentrenado con datos sintéticos, mediante datos reales.

En el entrenamiento tradicional se emplearon distintas proporciones de datos reales y sintéticos. De esta forma, se contrastaron diferentes distribuciones con el fin de localizar las proporciones óptimas para el problema de SAFETERM. Esta sería la opción empleada para la versión final del sistema.

Para la cuarta fase (Fase de Validación 3), el sistema se integró y embarcó en el UAS TARSIS 75 de AERTEC. El modelo se optimizó para que el tiempo de ejecución de todo el algoritmo se ejecutase en tiempo real y se pudieran extraer predicciones con una frecuencia suficiente para que el piloto automático tuviera datos constantemente actualizados.

Una vez expuestos los pasos y la estructura, debemos destacar las tecnologías utilizadas y los objetivos con respecto a qué se pretendía validar con SAFETERM. En este proyecto se han parametrizado, entre otros, para el caso de uso particular, la influencia que tiene el origen de los datos (real *versus* sintético), el tipo de sensores y su efecto en los resultados. Esto se analizó, de cara a un despliegue real, para minimizar costes a la hora de conseguir datos de una zona de difícil acceso (al ser operaciones militares, no siempre vamos a poder hacer campañas de captación de datos).

Debemos resaltar que, para garantizar un aprendizaje adecuado, los conjuntos de datos para entrenamiento y validación deben estar desacoplados. Aun teniendo la misma distribución, una imagen no deberá estar presente en ambos conjuntos. Asimismo deberemos garantizar un cierto nivel de complejidad, variabilidad y

representatividad de estos: zonas geográficas reservadas, cambios orográficos, distintas horas del día o distintas condiciones meteorológicas han sido algunas de las medidas adoptadas.

En la figura 3 se pueden ver ejemplos de los distintos tipos de datos reales y sintéticos utilizados en el entrenamiento y validación del sistema. En estas imágenes se muestra un ejemplo de dato real y sintético de entorno urbano (par superior de imágenes), otro ejemplo de datos real y sintético de masas de agua (par intermedio) y una simulación de cómo se preprocesaría tanto una imagen real como una imagen sintética (último par inferior). Mientras que la zona de entorno urbano se trata de un entorno restringido para realizar un aterrizaje seguro, la zona de agua será la categoría deseable, por la baja probabilidad de obstáculos. Otras zonas evaluadas fueron terrenos llanos y boscosos, donde el UAS sí podría aterrizar, y zonas con carreteras, que también se deberían evitar para no causar daños a personas, vehículos o infraestructuras.

¿Cómo se han trabajado los datos? Para empezar, estas imágenes que vemos en la figura anterior han necesitado ser preprocesadas. El modelo final transforma las capturas del vídeo de tres canales a un único canal de luminancia, y, posteriormente, dichas imágenes se descomponen en pequeños recortes de 100x100 píxeles. Cada recorte corresponderá a una única categoría o clase: agua, llanura, bosque, carretera o urbano. Esto permite que las inferencias sean mucho más rápidas, puesto que el modelo tiene una entrada más pequeña y, por tanto, un número de operaciones más reducido. Asimismo, este peso reducido facilita el despliegue del modelo entrenado en plataformas *hardware* con reducida potencia computacional y memoria, acercándonos a unas especificaciones de SWaP realistas para embarcar el sistema en un UAS.

Tras categorizar cada imagen como una matriz de predicciones, se realiza una consolidación mediante algoritmo basada en reglas, para reconstruir un mapa de segmentación. Esta estrategia se pensó así por varios motivos: aislar al máximo las funciones de la inteligencia artificial, reducir el peso al máximo de dicha partición

y simplificar el tipo de operaciones. Por supuesto, hay herramientas hoy que pueden solventar este problema mucho mejor, pero debemos tener en cuenta que estamos trabajando en un entorno donde la potencia computacional es escasa y el volumen de datos en memoria no puede ser excesivo. Algunas alternativas, si el *hardware* certificable fuera más potente, serían: redes neuronales mucho más complejas que segmentan directamente las imágenes, pero requieren de datos etiquetados más complejos y mucha más capacidad de cómputo. También se podría preparar una capa de entrada que trabajase como una ventana flotante *convolucional*, pero Tensorflow para Microcontroladores no daba soporte a dicha funcionalidad. Posteriormente se darán más detalles acerca de esta herramienta.

Finalmente, tras entrenar y desplegar el modelo en el entorno de inferencia, se realizaron pruebas con vídeos grabados durante operaciones reales, dentro y fuera de la zona ATLAS y los expertos evaluaron la tasa de precisión del algoritmo a la hora de detectar zonas alternativas de terminación de vuelo.

En la figura 3 se ha planteado el entrenamiento y verificación por clases, donde cada dato de entrada tiene una única clasificación. Sin embargo, los recortes son parte de un todo más grande que, tras pasar por todo el proceso, debe ser reconstruido para componer una imagen del tamaño original, pero con más información: una imagen segmentada semánticamente. Para construir dicho mapa de clases, es necesario contextualizar los recortes y consolidar mediante un algoritmo basado en reglas, cuyo principal dato de entrada es el solape entre recortes, las predicciones realizadas por el algoritmo.

En la figura 4, un experto categoriza aquellas áreas que un piloto humano consideraría como hábiles. En verde, aquellas áreas disponibles para el aterrizaje seguro, por tipología y tamaño; en rojo, las que *a priori* no podrían ser utilizadas para la terminación del vuelo (carretera y entorno con edificios). En naranja pueden verse áreas consideradas como demasiado pequeñas para ser una zona segura. A la derecha, el resultado final que

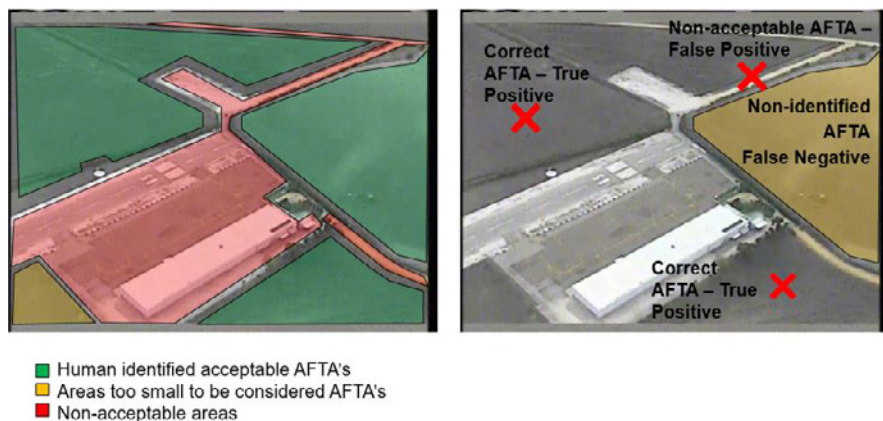


Figura 4. Ejemplo de consolidación de métricas. (Fuente: Consorcio GMV-AERTEC)

podría arrojar el sistema SAFETERM: una serie de puntos o centroides, cuyas coordenadas se establecen como los centros de las áreas disponibles para aterrizar.

Como vemos, hay un área que no fue detectada, pintada de naranja, aunque debería haberlo sido. Observamos dos «Verdaderos Positivos», donde el algoritmo provee dos puntos de aterrizaje aptos y que coinciden con el criterio del experto. Observamos también un punto sobre la carretera, que sería un «Falso Positivo», puesto que el experto ha categorizado dicha zona como no apta para la terminación del vuelo.

Finalmente, ni el área de la esquina inferior izquierda ni la zona con edificios han sido detectadas como zona segura y, por tanto, no se ha colocado un punto para el aterrizaje sobre ellas.

De aquí se pueden extraer diversas métricas: la ratio de verdaderos positivos respecto al total de zonas aptas para el aterrizaje, la ratio de falsos positivos, la ratio de áreas no detectadas o ratio de falsos negativos y la ratio de verdaderos negativos. La métrica crucial será la ratio de falsos positivos, puesto que podemos tardar más o menos en encontrar una zona apta para el aterrizaje, pero jamás debemos aterrizar en una zona prohibida, puesto que pondremos en riesgo a personas e infraestructuras.

Para asegurar la solidez del modelo, se realizará un elevado número de pruebas para parametrizar la capacidad de generalización, así como de ataques adversarios, con imágenes equivalentes a las anteriormente mostradas, pero con efectos de emborronamiento

o ruidos gaussianos, simulando una entrada defectuosa de las cámaras. Los resultados obtenidos fueron realmente interesantes, con tasas de falsos positivos reducidas.

Durante las pruebas en vuelo, los resultados también fueron remarcables. En la página web del proyecto^[1], el vídeo *SAFETERM-Real Flight Demonstration* muestra los resultados obtenidos en tiempo real durante un vuelo del RPAS TARSIS 75, con SAFETERM embarcado e integrado.

Unidad de aceleración del procesamiento y marco de ejecución

Uno de los principales aprendizajes de este proyecto, ha sido el despliegue de un modelo de inteligencia artificial, que tuviera que ser ejecutado en tiempo real, en un *hardware* embarcable. En las primeras iteraciones, se desplegó entero en una FPGA sin aceleración, donde se utilizó una arquitectura ARM tanto para la gestión del código basado en reglas y las funcionalidades I/O, como para el tratamiento de las imágenes. Se trabajó con las librerías de Tensorflow, Tensorflow Lite y Tensorflow para Microcontroladores, para que todo el sistema estuviera desplegado en C/C++.

Tras computar la capacidad de la CPU, se decidió probar otro tipo de *hardware*, dado que las métricas temporales no eran viables para un despliegue en tiempo real. Conociendo las dificultades de la certificación de hardware para aviónica, se decidió utilizar una GPU embarcable para medir la mejora en tiempos y resultados, que fueron notables. Siendo

viable, en términos de SWaP, embarcar un SAFETERM potenciado con GPU, los siguientes pasos, para GMV, serán estudiar la posibilidad de incorporar este tipo de algoritmos a FPGAs que puedan dar las prestaciones necesarias. Si se consigue demostrar que un *software* basado en inteligencia artificial es determinista, no adaptable durante inferencia y, por tanto, seguro, tendrá que ser desplegado en una plataforma capaz de realizar los cálculos necesarios, de forma igualmente determinista.

Conclusiones

Las conclusiones del proyecto SAFETERM pueden ser aplicadas a proyectos con alcances y objetivos similares, pero proyectos muy diferentes pueden requerir procedimientos distintos.

El objetivo principal de las campañas de validación era asegurar un cierto nivel de complejidad que hiciera que las lecciones aprendidas fueran fiables y escalables a aplicaciones más reales, dentro del mismo contexto.

En la medida de lo posible, los métodos se aproximaron a aquellos que se utilizarían en un entorno de aplicaciones certificables. Contestando a la primera pregunta expuesta en la introducción, se mantuvo un contacto estrecho con diversas organizaciones estandarizadoras, así como otras entidades como la EASA^[2], ^[3] que han participado en los talleres organizados para evaluar el avance del proyecto. Su intervención y monitorización aportó gran valor a la hora de aterrizar los conceptos y los procesos y avanzar hacia la definición de una «Inteligencia Artificial Determinista». SAFETERM, además, se ha utilizado como ejemplo de caso de uso para las primeras guías de estandarización desarrolladas por SAE/EUROCAE, para sistemas embarcados basados en inteligencia artificial, para aviación^[4], ^[5], ^[6].

En general, se han obtenido unos resultados realmente prometedores, tanto en relación con la ejecución en tiempo real de algoritmos basados en inteligencia artificial, como en relación con la aplicación de esta tecnología en el campo aeronáutico. A este particular, el tiempo de ejecución con una superposición de los

recortes (ver figura 3) del 50 % (88 inferencias) alcanzó una tasa óptima de 1,5 segundos, que para un entorno de ejecución en tiempo real es muy aceptable. Esta tasa se consiguió al incorporar la GPU dentro del proceso. Sin GPU, la tasa era de nueve segundos al ejecutar SAFETERM sobre la FPGA, usando solamente CPU y con todo el sistema basado en Tensorflow para Microcontroladores. La diferenciación de capacidades de cómputo se vuelve más evidente al ejecutar

electroóptico, además, obtuvo mejores métricas generales que el flujo FWIR. Este fue un primer paso para contestar la segunda pregunta planteada en la introducción: mediante datos sintéticos y una pequeña proporción de datos reales, se podrá adaptar SAFETERM, con un coste relativamente reducido, a distintos tipos de escenarios operacionales.

El proyecto culminó con una campaña de vuelo, donde SAFETERM se inte-

En la figura 5, se puede ver la foto del sistema embarcado.

Con una tasa de falsos positivos muy cercana a cero, el sistema es lo suficientemente robusto como para ser considerado una prueba de concepto exitosa. Este tipo de sistemas tienen un gran potencial que, a futuro, GMV espera poder aprovechar iterando sobre esta base, mejorando las prestaciones, incorporando *hardware* más avanzado y



Figura 5. Fotografía SAFETERM embarcable. (Fuente: Consorcio GMV-AERTEC)

para un 80 % de superposición (256 inferencias) La GPU necesitó dos segundos, mientras que la combinación de FPGA con Tensorflow para Microcontroladores necesitó casi nueve minutos para completar el análisis de una imagen completa. Es evidente, por tanto, que se necesita una FPGA, certificable, que soporte la paralelización de procesos para obtener tiempos razonables.

Otro tipo de métricas reseñables fue la proporción óptima de datos sintéticos y reales para la fase de entrenamiento. En el flujo electroóptico, se necesitó un 25 % de datos reales para captar una distribución de los datos cercana a la realidad, mientras que con el flujo FWIR solamente se requería el 15 %. Aumentar el número de datos reales no incrementa la precisión del sistema. El flujo

gró en el TARSIS 75 de AERTEC, y se realizaron diversos vuelos a lo largo de una semana en las dependencias del centro ATLAS, para demostrar las capacidades del sistema embarcado al procesar, mediante inteligencia artificial, un flujo de vídeo continuo y analizar el entorno, segmentando en tiempo real las imágenes captadas. Se llevaron a cabo dos planes de vuelo diferenciados. Uno, en el que UAS iba directo hacia una ciudad y, al activarse las condiciones de inicio, se obtuvieron áreas alternativas de aterrizaje fuera del entorno urbano. El segundo plan de vuelo permitió ver cómo el sistema inicialmente detectaba áreas de aterrizaje en zonas boscosas y de campo despejado y, al aparecer masas de agua, les daba ponderaciones mayores, superponiéndose en tiempo real a las anteriores y actualizando el estado para encontrar la zona más segura.

ampliando su espacio de aplicación, para desplegarlo en nuevos escenarios tácticos y para distintos tipos de misiones.

Bibliografía

- [1] Consorcio GMV-AERTEC. Página web oficial del proyecto.
- [2] EASA. (2020). EASA. *Artificial Intelligence Roadmap 1.0* EASA.
- [3] EASA. (2021). EASA. *Concept Paper: First Usable Guidance for Level 1 Machine Learning Applications*.
- [4] EUROCAE. (2019). ED-253. *OSD for Automation and Emergency Recovery*.
- [5] EUROCAE. (2020). ED-281. *MASPS for RPAS Automation and Emergency Recovery*.
- [6] EUROCAE. (2021). ER-022 *Artificial Intelligence in Aeronautical Safety-Related Systems Statement of Concerns*.

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

Disponible en

<http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/Publicaciones.aspx?cat=BOLETINES TECNOLÓGICOS>

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



SOPT
SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

