

Anexo I: Áreas y tecnologías prioritarias Cervera vinculadas a la seguridad y defensa.

- ❖ Gemelos digitales avanzados para el refuerzo de capacidades de defensa
- ❖ Sensores cuánticos aplicados a defensa
- ❖ Tecnologías habilitadoras para vehículos en vuelo hipersónico
- ❖ Tecnologías para sistemas electromagnéticos cinéticos
- ❖ Metamateriales y nanomateriales avanzados para aplicaciones en defensa y seguridad

A continuación, se detalla el contenido de cada área y la descripción de las tecnologías prioritarias Cervera incluidas en dicha área.

Gemelos digitales avanzados para el refuerzo de capacidades de defensa

Los gemelos digitales representan una herramienta estratégica para la transformación digital del sector de la Defensa, al permitir la creación de modelos virtuales dinámicos de plataformas, sistemas, infraestructuras y procesos críticos. Su capacidad para integrar sensorización avanzada, simulación multifísica, datos operativos e inteligencia artificial permite analizar, anticipar y optimizar el comportamiento de sistemas en escenarios reales y simulados. En el ámbito militar, estas tecnologías contribuyen a mejorar la disponibilidad de las capacidades, aumentar la resiliencia frente a entornos degradados, facilitar la toma de decisiones y reducir riesgos tanto en operación como en mantenimiento.

Los gemelos digitales permiten, además, reforzar el concepto de Industria 5.0 en defensa, fomentando la interacción entre operadores humanos, sistemas inteligentes y procesos automatizados en contextos de alta complejidad. Su integración en la cadena de valor de plataformas militares y en infraestructuras críticas incrementa la seguridad, eficiencia y trazabilidad del ciclo de vida, y acelera la generación de conocimiento necesario para la mejora continua de capacidades.

Las tecnologías prioritarias contempladas son:

- ❖ Gemelos digitales para plataformas y sistemas militares (aéreos, navales, terrestres o espaciales) que permitan modelar su comportamiento estructural, energético, cinemático o funcional, así como evaluar su rendimiento bajo diferentes escenarios operativos, condiciones extremas o amenazas.
- ❖ Gemelos digitales orientados al mantenimiento predictivo y a la gestión avanzada del ciclo de vida (CBM+/HUMS), integrando datos procedentes de sensores embarcados, sistemas logísticos, inspecciones, telemetrías y registros de operación, con el fin de reducir fallos, optimizar intervenciones y aumentar la disponibilidad de las capacidades.

- ❖ Gemelos digitales de infraestructuras críticas de defensa, como bases, arsenales, centros logísticos, microredes energéticas, instalaciones de mantenimiento o redes de comunicaciones, que permitan analizar flujos operativos, mejorar la eficiencia energética, monitorizar riesgos y reforzar la resiliencia física y cibernética.
- ❖ Integración de IA y análisis avanzado para la automatización del diagnóstico, la estimación del estado y la predicción de degradación, incluyendo modelos híbridos (físicos-data-driven) aplicados a sistemas donde el comportamiento es complejo o no lineal.
- ❖ Gemelos digitales para el apoyo a la decisión y la simulación operativa, permitiendo recrear escenarios tácticos, logísticos o estratégicos, evaluar cursos de acción, analizar la interacción entre sistemas propios y amenazas, y facilitar la planificación de misiones o despliegues.
- ❖ Federación y composición de gemelos digitales multisistema, que permita combinar modelos de diferentes plataformas, sensores, procesos o infraestructuras bajo arquitecturas seguras, facilitando análisis integrados, interoperabilidad y capacidades multi-dominio.
- ❖ Integración con tecnologías de simulación inmersiva, realidad aumentada y robótica, permitiendo entrenamientos realistas basados en datos reales del sistema, apoyo a operaciones complejas, inspecciones asistidas y mejora de la seguridad del personal. (En coherencia con el enfoque de simulación y sistemas digitales de Industria 5.0).

Sensores cuánticos aplicados a defensa

Los sensores cuánticos representan una de las capacidades emergentes con mayor potencial transformador para el ámbito de la defensa, al permitir mediciones ultraprecisas de magnitudes físicas, como campos electromagnéticos, fuerzas inerciales, propiedades ópticas o el tiempo, con niveles de precisión no alcanzables mediante tecnologías clásicas. Su funcionamiento, basado en la sensibilidad extrema de los sistemas cuánticos a variaciones mínimas del entorno físico, posibilita la navegación resiliente en ausencia de GNSS, la vigilancia pasiva altamente sensible, la sincronización precisa y la caracterización fina del entorno operativo, incluso en condiciones degradadas o denegadas. Estas prestaciones resultan esenciales para mejorar la anticipación, la protección de la fuerza y la superioridad de la información en escenarios complejos.

En este contexto, resulta fundamental impulsar desarrollos que permitan avanzar en la madurez tecnológica, la integración en sistemas reales y la demostración operativa de estas capacidades cuánticas emergentes. Su desarrollo requiere un ecosistema de tecnologías habilitadoras que incluyen electrónica de control en tiempo real, estabilización de referencia, arquitecturas compactas con reducción de tamaño, peso y consumo, así como robustecimiento ambiental, aislamiento vibracional y térmico, y estrategias avanzadas para la mitigación del ruido y la decoherencia. También son esenciales la distribución y sincronización precisa de señales de referencia y procesamiento avanzado de señal. Además, resulta crítico

garantizar la compatibilidad electromagnética y la integración en plataformas y sistemas complejos, junto con la calibración y validación de su rendimiento en entornos representativos del campo de operaciones.

Las tecnologías prioritarias contempladas son:

- ❖ Sensores cuánticos para PNT (Position, Navigation and Timing), basados en tecnologías inerciales y de medida cuántica, con el potencial de habilitar navegación autónoma de alta precisión, discreta y resistente a interferencias en plataformas militares que operan en entornos donde las señales GNSS pueden ser degradadas, bloqueadas o falsificadas. Incluyen también sensores gravimétricos cuánticos, capaces de detectar variaciones del campo gravitatorio que podrían revelar la presencia de cavidades, túneles o estructuras subterráneas ocultas. Asimismo, los relojes atómicos cuánticos proporcionan una sincronización extremadamente precisa, esencial para redes tácticas, comunicaciones seguras, sistemas de mando y control y sensores distribuidos.
- ❖ Sensores cuánticos de radiofrecuencia (RF), con potenciales aplicaciones en detección, vigilancia y guerra electrónica gracias a su capacidad para medir campos electromagnéticos extremadamente débiles con alta sensibilidad. Estos sensores podrían permitir la detección pasiva de emisiones radar y comunicaciones enemigas, la detección de emisiones débiles asociadas a plataformas con baja firma electromagnética (contribuyendo a su posterior identificación mediante sistemas de fusión de datos), así como contribuir a la identificación y caracterización de señales en entornos complejos, incluyendo escenarios con interferencias, señuelos o intentos de engaño electrónico. Además, pueden proporcionar la monitorización avanzada del espectro electromagnético, reforzando la protección de las comunicaciones propias y mejorando el conocimiento situacional en el entorno operativo.
- ❖ Sensores cuánticos optrónicos, basados en la detección y el procesamiento avanzado de la luz, que tienen el potencial de mejorar de manera significativa las capacidades de percepción, imagen y medición en entornos complejos al operar con un número muy reducido de fotones. Su alta sensibilidad aporta ventajas competitivas en escenarios de muy baja iluminación o señal, largas distancias o condiciones degradadas, ofreciendo ventajas en aplicaciones como visión nocturna de alta sensibilidad, vigilancia, identificación de objetivos, seguimiento de drones y misiles. Además, facilitan el desarrollo de soluciones específicas como el LIDAR cuántico que permiten avanzar hacia sistemas de mayor precisión para la medición de distancias y reconocimiento de formas, reduciendo la detectabilidad del propio sistema.

Tecnologías habilitadoras para vehículos en vuelo hipersónico

El desarrollo de tecnologías asociadas al vuelo hipersónico representa un desafío estratégico con un alto potencial de impacto en las capacidades avanzadas de defensa. La operación en regímenes superiores a Mach 5 implica enfrentarse a fenómenos extremos como la aerodinámica y aerotermodinámica de alta entalpía, las fuertes interacciones choque-capas límite, la necesidad de control robusto ante

dinámicas altamente no lineales, o la integración eficiente de sistemas de propulsión específicos.

Todo ello requiere generar nuevas capacidades científico-técnicas que permitan avanzar en el diseño, simulación, verificación y operación segura de vehículos en vuelo hipersónico, impulsando la autonomía tecnológica nacional en un ámbito altamente competitivo.

Las tecnologías prioritarias contempladas son:

- ❖ Tecnologías de propulsión para vuelo hipersónico, abarcando configuraciones avanzadas capaces de mantener combustión estable en flujos de muy alta energía, sistemas mixtos que permitan la transición fluida entre diferentes modos de operación, estrategias de inyección y mezcla eficaces en régimen supersónico, y el diseño de tomas de aire, cámaras intermedias y toberas adaptadas a condiciones extremas. Incluye también la integración entre motor y estructura del vehículo y la gestión térmica de los componentes sometidos a cargas muy elevadas.
- ❖ Modelos, herramientas y tecnologías de aerodinámica, aerotermodinámica y comportamiento estructural para vehículos hipersónicos, considerando efectos de gas real, regímenes fuera del equilibrio, interacción entre ondas de choque y capa límite, y procesos de separación y transición. Incluye el modelado acoplado de los fenómenos aero-termo-elásticos, el diseño de estructuras ligeras y multifuncionales capaces de soportar cargas combinadas, técnicas de unión entre materiales con propiedades muy distintas, y conceptos de estructura adaptable para mejorar el rendimiento en cada fase de la misión.
- ❖ Tecnologías de guiado, navegación y control para gestionar perfiles de misión hipersónicos con dinámicas fuertemente no lineales, fuertes acoplamientos estructura-flujo y variaciones rápidas en las condiciones de vuelo. Incluye técnicas de control avanzadas, superficies y actuadores capaces de operar en entornos térmicos severos, y sistemas de navegación inercial de alta precisión resistentes a la pérdida o degradación de señales durante los periodos de bloqueo por plasma.
- ❖ Sistemas y arquitecturas de comunicaciones que permitan mantener enlaces fiables durante el vuelo hipersónico, mitigando los efectos del apantallamiento por plasma mediante el uso de frecuencias altas, enlaces ópticos a través de ventanas espectrales del plasma, antenas resistentes integradas en la propia estructura del vehículo y protocolos que aseguren la continuidad del mando y control incluso con interrupciones temporales. Incluye asimismo requisitos de seguridad reforzada, como formas de onda de baja detectabilidad y cifrado resistente a computación cuántica.
- ❖ Instrumentación avanzada y metodologías de validación específicas para el entorno hipersónico, incorporando sensores embarcados de alta respuesta y baja carga térmica, técnicas de medida no intrusivas en flujos de muy alta energía y sistemas de adquisición y transmisión de datos resistentes a perturbaciones térmicas y electromagnéticas. Incluye, además, metodologías

de validación basadas en la combinación de modelos de distintos niveles de fidelidades y técnicas de correlación entre ensayo y simulación que permitan reproducir de forma fiable condiciones representativas sin necesidad de crear nuevas infraestructuras de ensayo.

Tecnologías para sistemas electromagnéticos cinéticos

Los sistemas electromagnéticos cinéticos, comúnmente conocidas como railguns, emplean fuerzas electromagnéticas para acelerar proyectiles a velocidades extremadamente elevadas, sin necesidad de propelentes químicos. El desarrollo de este tipo de sistemas exige un conjunto de tecnologías maduras y robustas en campos como la electrónica de potencia, la gestión y almacenamiento de energía, la generación de pulsos eléctricos de muy alta intensidad, el electromagnetismo aplicado, el control avanzado del disparo y la integración segura del sistema en plataformas terrestres o navales.

Su avance permitiría disponer en el futuro de capacidades de defensa con mayor alcance efectivo, menor coste por disparo y mayor velocidad de respuesta, contribuyendo a la autonomía estratégica en tecnologías emergentes de alto impacto.

Las tecnologías prioritarias contempladas son:

- ❖ Sistemas de almacenamiento y gestión de energía de alta potencia, capaces de suministrar pulsos eléctricos de muy alta intensidad y corta duración, incluyendo bancos de condensadores, sistemas de carga rápida y electrónica de potencia para la conmutación y control del disparo.
- ❖ Tecnologías asociadas a la aceleración electromagnética, incluyendo el diseño y modelización de configuraciones de rieles, circuitos eléctricos de alta corriente, dinámica del arco electromagnético y sistemas de monitorización y protección del sistema durante el disparo.
- ❖ Electrónica de control y sistemas de mando para el funcionamiento seguro del railgun, que permitan gestionar la secuencia de disparo, el control de potencia, la sincronización del impulso electromagnético, la protección frente a sobrecorrientes y la actuación en modos degradados.
- ❖ Tecnologías de simulación multifísica, que integren electromagnetismo, termodinámica, dinámica del proyectil, interacción eléctrica-mecánica y análisis del comportamiento del sistema en ciclos repetidos de disparo, permitiendo validar diseños en fases tempranas.
- ❖ Técnicas de instrumentación y diagnóstico para sistemas electromagnéticos de muy alta potencia, incluyendo sensores de corriente, tensión y campo magnético para pulsos extremos, telemetría resistente a interferencias y sistemas de registro sincronizado de alta frecuencia.
- ❖ Integración del railgun en plataformas terrestres o navales, que contemplen sistemas de alimentación, disipación térmica, interfaces mecánicas, seguridad operativa, compatibilidad electromagnética y control de retroceso o esfuerzos inducidos por el disparo.

Metamateriales y nanomateriales avanzados para aplicaciones en defensa y seguridad

Los metamateriales y los nanomateriales constituyen una categoría estratégica de materiales avanzados caracterizados por estructuras diseñadas para obtener propiedades físicas, mecánicas, térmicas o electromagnéticas no alcanzables mediante materiales convencionales. Su desarrollo es esencial para mejorar el rendimiento, la sostenibilidad y la eficiencia de sistemas y plataformas que operan en entornos exigentes, ofreciendo capacidades diferenciales en ámbitos críticos para la defensa y seguridad.

Las tecnologías prioritarias contempladas son:

- ❖ Metamateriales y estructuras con funcionalidad electromagnética. Incluyen materiales y superficies diseñadas para controlar la propagación de ondas electromagnéticas, optimizar la absorción o dispersión radar, mejorar la inmunidad frente a interferencias y habilitar capacidades avanzadas de comunicaciones y sensorización en escenarios complejos. Tendrán especial interés las soluciones aplicables a la reducción de firma y la protección selectiva de sistemas terrestres, navales, aéreos o espaciales.
- ❖ Nanomateriales multifuncionales de altas prestaciones. Comprenden nanocomposites, nanopartículas funcionales, estructuras grafénicas, cerámicas avanzadas y materiales híbridos orientados a mejorar propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas o de resistencia a radiación y corrosión, especialmente en aplicaciones sometidas a condiciones extremas de operación. Estas tecnologías deberán facilitar su integración en componentes estructurales, recubrimientos multifuncionales, blindajes ligeros y elementos de protección individual.
- ❖ Materiales avanzados para la reducción de firma multiespectral. Incluyen materiales y recubrimientos dirigidos a reducir la detectabilidad en bandas radar, infrarroja, térmica, acústica o visible, tanto en plataformas como en equipamiento personal, contribuyendo a mejorar la supervivencia, la discreción operacional y la eficacia táctica.
- ❖ Materiales funcionales orientados a la durabilidad, mantenimiento y ciclo de vida. Se contemplarán los materiales auto reparables, las soluciones con sensorización embebida para monitorización estructural, y las estructuras optimizadas para la absorción de vibraciones e impactos, contribuyendo a una mayor disponibilidad de sistemas, reducción de costes de mantenimiento y mejora global del ciclo de vida.
- ❖ Tecnologías de fabricación, caracterización y certificación de materiales avanzados. Incluyen técnicas de fabricación aditiva multimaterial, procesado avanzado de meta estructuras, caracterización electromagnética, mecánica y térmica en condiciones operativas, y el empleo de metodologías digitales (gemelos digitales, diseño inverso, ingeniería basada en modelos) que faciliten la reproducibilidad, la escalabilidad y la certificación de materiales avanzados

aplicados a defensa, de acuerdo con los retos señalados en la presente convocatoria.

PROVISIONAL NO VINCULANTE

Anexo II: Áreas y tecnologías prioritarias Cervera civiles

- ❖ Economía circular
- ❖ Transporte inteligente

A continuación, se detalla el contenido de cada área y la descripción de las tecnologías prioritarias Cervera incluidas en dicha área.

Economía circular

Tecnologías que permitan una disminución del consumo de materias primas y recursos naturales, procesos químicos más eficientes, el reaprovechamiento de residuos y la recuperación de suelos o la reducción del impacto medioambiental. Concretamente, las tecnologías prioritarias son:

- ❖ Obtención, a partir de fuentes renovables, de compuestos químicos de interés industrial no provenientes del petróleo y que, en la actualidad, no tengan una alternativa sostenible que sea económicamente viable.
- ❖ Sistemas de reciclado y valorización eficientes y sostenibles que permitan reducir la gama de residuos enviados a vertedero.
- ❖ Contribución a la reducción de la dependencia de materias primas críticas mediante la búsqueda de recursos naturales nacionales alternativos y/o la recuperación de materiales valiosos a partir de residuos.
- ❖ Tecnologías in situ de remediación de suelos, diseñadas para detectar, caracterizar, confinar o degradar las sustancias contaminantes.
- ❖ Tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas que permitan la recuperación de recursos hídricos y/o componentes de interés contenidos en ellas.

Transporte inteligente

El concepto tradicional de transporte evoluciona hacia el más novedoso de movilidad.

- ❖ Desarrollo de sensórica avanzada e instrumentación digital embarcada aplicable a la conducción asistida para el aumento de la seguridad mediante sistemas sensoriales anticolidión y redes inteligentes (VANET) que incluyan como nodos de red a los vehículos y que respondan al reto de incremento de vehículos autónomos y autoguiados.
- ❖ Sistemas de conducción remota y teleoperación segura. Comunicaciones V2X. Ciberseguridad, interoperabilidad y seguridad funcional.
- ❖ Tecnologías avanzadas de conectividad para la movilidad, incluyendo arquitecturas de comunicación basadas en redes de nueva generación (5G/6G), *edge computing* y plataformas de intercambio seguro de datos entre

vehículos, infraestructuras y centros de gestión, que faciliten la prestación de servicios de movilidad conectada y la evolución hacia la conducción autónoma.

PROVISIONAL NO VINCULANTE