

CAPÍTULO SEGUNDO

LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ERA DE LA INFORMACIÓN, SITUACIÓN ACTUAL

LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ERA DE LA INFORMACIÓN. SITUACIÓN ACTUAL

Por ENRIQUE HERRERA CORTÉS

Introducción

El Diccionario de la Lengua Española nos define “tecnología” como:

“Conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial.// 2. Tratado de los términos técnicos.// 3. Lenguaje propio de una ciencia o arte // 4. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto”.

El número de tecnologías que se enmarcan en esta definición es muy amplio, de ahí la necesidad de definir unos criterios de clasificación y una jerarquía en la que encuadrar las tecnologías de interés para la defensa. En este sentido, el Plan Director de Investigación y Desarrollo (PDID) nos dice:

“Las tecnologías de interés militar son aquellas que contribuyen a que las Fuerzas Armadas se doten con los sistemas de armas y equipos lo más avanzados que sea posible para cumplir sus misiones.”

Asimismo, identifica una taxonomía de referencia “taxonomía tecnológica del PDID”.que distingue dos grandes grupos de tecnologías: tipo A y tipo B.

Las tecnologías tipo A, denominadas “subyacentes” o “capacitadoras”, son tecnologías de carácter más básico o multisectorial que sirven de fundamento a las tecnologías orientadas a sistemas de defensa. Se trata de tecnologías duales en las que el Investigación y Desarrollo (I+D) está liderado por el sector civil. Se estructuran en dos niveles: área y tecnología, con un total de 11 áreas y 81 tecnologías. Las 11 áreas “subyacentes” son:

- A01 Materiales estructurales y análisis de efectos estructurales.

- A02 Materiales relacionados con la firma y materiales para estructuras inteligentes.
- A03 Materiales electrónicos.
- A04 Materiales y dispositivos fotónicos/ópticos.
- A05 Dispositivos electrónicos y eléctricos.
- A06 Tecnologías para materiales energéticos y plasma.
- A07 Materiales químicos y biológicos.
- A08 Tecnologías informáticas.
- A09 Proceso de señal y tratamiento de la información.
- A10 Ciencias humanas.
- A11 Tecnologías del entorno físico.

Las tecnologías tipo B “orientadas a sistemas” son aquellas tecnologías que de manera directa facilitan el diseño, la fabricación y las pruebas de sistemas de armas y equipos. Abarcan un total de 141 tecnologías, agrupadas bajo 34 subáreas y 16 áreas. Estas áreas son:

- B01 Letalidad.
- B02 Protección de plataformas.
- B03 Propulsión.
- B04 Generación de energía y combustibles.
- B05 Plataformas.
- B06 Armas.
- B07 Guerra electrónica y armas de energía dirigida.
- B08 Sistemas sensores, control y reducción de firma.

- B09 Sistemas de guiado, presentación, proceso y control.
- B10 Simuladores, entrenadores y entornos sintéticos.
- B11 Integración de sistemas.
- B12 Tecnologías de comunicación.
- B13 Tecnologías CIS.
- B14 Tecnologías del combatiente.
- B15. Técnicas y herramientas de diseño ensayos, experimentación y procesos de fabricación.
- B16 Técnicas de Infraestructura y medio ambiente.

Las tecnologías tipo B son las que presentan un mayor interés desde el punto de vista de la defensa y por lo tanto las que se van a tener en consideración en el estudio. Estas tecnologías están continuamente vigiladas, para conocer su evolución y asegurarse de que cuando tengan que ser utilizadas por las Fuerzas Armadas se empleen de la forma más eficaz y eficiente posible. De ello son responsables los observatorios tecnológicos, que constituyen el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, órgano de asesoramiento creado por la Dirección General de Armamento y Material (DGAM).

Áreas tecnológicas

Letalidad

El objetivo fundamental en este área siempre ha sido disponer de tecnología para las cabezas de guerra y penetradores con la finalidad de obtener municiones más eficaces, más seguras y al menor coste posible, teniendo en cuenta su ciclo de vida.

Las tecnologías que actualmente se utilizan en España en relación con las cabezas de guerra son las siguientes:

- La tecnología por colado en munición convencional, que es la más extendida en bombas de aviación y proyectiles de artillería, está basada en el trinitrotolueno

(TNT) como único componente o como ligante energético de otras sustancias explosivas (hexogeno para obtener Hexolita, octógeno para Octolita, aluminio para Tritonal). En algunos países se está cambiando la carga de TNT por otro explosivo que proporciona a la munición menor sensibilidad a los estímulos externos:

- La tecnología de explosivos de naturaleza plástica (PBX) colados, que es comparable a la utilizada por los países de nuestro entorno.
- Las tecnologías de prensado para explosivos (prensado de simple acción, prensado de doble acción y prensas con platos calientes) son dominadas por la industria nacional.
- La tecnología para la obtención de los sistemas de armado. La tecnología de estos sistemas es dominada por la industria nacional. El problema surge cuando hay que utilizar explosivo PBX, de una gran insensibilidad, para ello se está utilizando el detonador de impacto *slapper* del que tenemos cierta experiencia y disponemos de la capacidad suficiente para su fabricación.
- Los elementos pirotécnicos (detonadores, multiplicadores, retardos, etc.) se encuentran totalmente desarrollados por la industria nacional.
- Tecnologías específicas de espoletas electrónicas utilizadas en diversos tipos de armas para mejorar las prestaciones de las cabezas de guerra y dotarlas de mayor seguridad y fiabilidad. En España las espoletas electrónicas que han sido desarrolladas y puestas en servicio por las Fuerzas Armadas han sido básicamente de funcionamiento al impacto o con tiempo de retardo y se han realizado avances importantes en las espoletas opto electrónicas, por lo que las necesidades están cubiertas y la tecnología está al nivel de los países de nuestro entorno.
- Tecnología de revestimientos Liner ⁽⁶⁾ para el cono metálico que recubre el explosivo de la cabeza de carga hueca. Actualmente se está aplicando esta

⁶ Es una lámina metálica curva, que sufre un complejo proceso de deformación para convertirse en el proyectil a partir de la explosión.

tecnología a materiales de altas densidades (níquel, molibdeno, wolframio y tantalio), estando la industria española capacitada para realizarlos.

- La tecnología Follow-Through es una tecnología combinada, de cargas huecas y penetradores, que se aplica principalmente a bombas o dispensadores aire-tierra de penetración y que, para un mismo peso de la carga, duplica la capacidad de penetración. La industria española está en condiciones de desarrollar esta tecnología.
- Tecnologías para optimizar la preparación de nuevos materiales energéticos, que tienen una baja sensibilidad y mantienen una alta energía, mediante materias primas comerciales de bajo coste. Estos nuevos materiales no están comercializados y para disponer de ellos es necesario sintetizarlos. Con este objetivo, el Laboratorio Químico Central de Armamento (LQCA) ha puesto en marcha un laboratorio de síntesis con material y personal formado al efecto.

En relación con los penetradores, los proyectiles perforantes por energía cinética, de calibre igual al del arma que los dispara, han sido totalmente sustituidos por proyectiles subcalibrados (munición flecha). Estos proyectiles subcalibrados alcanzan mayores prestaciones y son capaces de perforar los blindajes compuestos, reactivos o no, gracias a la alta velocidad con que son disparados. España dispone de la tecnología necesaria para fabricar este tipo de munición.

Protección de plataformas

La protección de las plataformas sigue siendo un elemento importante para asegurar la supremacía en el campo de batalla, considerando la protección, directa e indirecta de la plataforma, no como un elemento añadido, sino formando parte de la estructura resistente del vehículo. La pugna tradicional entre el proyectil y la coraza, desnivelada hacia uno u otro lado a lo largo de la Historia, sigue estando presente como motor del desarrollo militar.

La protección directa para vehículos terrestres, basada en “blindajes activos”, está suficientemente desarrollada en la industria española, que tiene capacidad para el diseño, desarrollo, producción y pruebas de este tipo de sistemas de protección, y dispone de los materiales necesarios para su fabricación. Sin embargo, para la

protección directa basada en “blindajes pasivos” hay una fuerte dependencia exterior en relación con la producción de los materiales empleados (aleaciones de titanio, cerámicos avanzados y fibras avanzadas).

En relación con la protección directa de las plataformas navales que, independientemente de donde proceda la amenaza, dependen de: la compartimentación del buque, la utilización de determinados tipos de materiales, el empleo de refuerzos estructurales y de determinados grosores de plancha (blindaje). En cuanto a la compartimentación del buque, no se dispone de ningún programa para el análisis de su vulnerabilidad. La contratación es exterior, por no considerarse rentable el desarrollo de un programa para realizar este tipo de análisis. Para la elección del espesor del material de blindaje, que da la protección conjuntamente con la plancha de acero del buque, se dispone de información de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y especificaciones militares. Asimismo, los equipos que se montan en los buques de guerra deben probarse al choque, según la norma MIL-S-901-D (⁷), para ello estos equipos se montan sobre tacos elásticos homologados cuya tecnología es conocida por nuestra industria.

La protección directa de plataformas aéreas consiste básicamente en la utilización de paneles de blindaje en las zonas críticas de dichas plataformas y más concretamente en la cabina de la tripulación. Estos paneles, fabricados en Kevlar y compuestos cerámicos, van unidos a los compartimentos y asientos de la tripulación mediante *fasteners* que permiten la fácil retirada del mismo cuando el tipo de misión no requiera esta protección. Para la tecnología de estos paneles es aplicable lo comentado anteriormente para los vehículos terrestres.

La protección indirecta para vehículos terrestres está basada en diferentes artificios (ocultación, señalización, iluminantes, incendiarios, señuelos, etc.), en los que somos autosuficientes y son fabricados por la Fábrica Nacional de la Marañosá (FNM).

⁷ Norma que recoge las especificaciones militares sobre la resistencia a los impactos ocasionados por el choque del buque.

La protección indirecta para plataformas navales concibe a la plataforma como una defensa espacial y en profundidad en las que de una forma secuencial y automatizada se llevan a cabo las siguientes acciones: evitar la detección por el enemigo; detectar, localizar y mantener el seguimiento de la amenaza; clasificar la amenaza y alertar de su presencia y evitar el impacto. Para cada una de estas acciones se adoptan distintas medidas como: empleo de técnicas *stealth* ⁽⁸⁾, reducción de firmas, sistemas de apantallamiento, sensores y señuelos. Estas tecnologías serán estudiadas en otros apartados del capítulo.

En relación con la protección indirecta de las aeronaves, en esta área vamos a considerar solamente los señuelos en sus diferentes tipos (chaff y bengalas). La tecnología que se utiliza para producir estos señuelos se encuentra disponible en la industria nacional.

Propulsión

Para el estudio del área tecnológica de sistemas de propulsión vamos a considerar las tecnologías siguientes:

- Turbina de gas.
- Motores alternativos y rotativos de combustión interna.
- Propulsión eléctrica rotativa.
- Transmisión y elementos cinemáticos finales.
- Motores cohete. Propulsante sólido.
- Motores cohete híbridos.
- Estatorreactores.
- Propulsión en tubos armas.

⁸ Técnicas que se utilizan para control y reducción de firma.

La turbina de gas sigue siendo crucial en la propulsión de plataformas militares aéreas, sin tener sustituto a corto plazo, y desempeñando asimismo un importante papel en la propulsión de plataformas militares navales y terrestres. Para tener la turbina de gas es necesario disponer de la correspondiente tecnología de diseño de componentes, de definición de sistemas, de materiales, de procesos de fabricación, de integración y de ensayos. En este sentido, en España la dependencia del exterior es fuerte, a excepción de las dos últimas tecnologías citadas, pero incluso en éstas estamos supeditados al suministro de piezas y repuestos.

Salvo raras excepciones, todas las plataformas militares, terrestres y navales, son equipadas con máquinas de combustión interna, desarrolladas y fabricadas expresamente para esta finalidad, y basadas en el motor de ciclo diesel. En general, todos los desarrollos tratan de concentrar el máximo de potencia en las mínimas dimensiones y peso. En la actualidad, salvo la serie de motores Bravo, desarrollada por Navantia (antigua Bazán) junto con Caterpillar, el resto de motores utilizados en aplicaciones militares son fabricados con licencia de tecnologías extranjeras y algunos elementos importantes de estos motores son adquiridos en el exterior.

Dentro del apartado de propulsión eléctrica rotativa se consideran aquellos equipos que, accionados por una máquina de combustión interna, generan energía eléctrica aplicable a la propulsión de buques o vehículos. La tecnología relacionada con la propulsión eléctrica rotativa es de fabricación extranjera, contando con la industria nacional solamente para los generadores de corriente continua y corriente alterna.

Los componentes que transmiten la potencia desde el motor hasta el elemento final (elemento cinemático) que genera el empuje para el movimiento, son diferentes dependiendo del tipo de plataforma, teniendo cada tipo una transmisión y un elemento cinemático característicos. En las plataformas aéreas y marítimas son las hélices y en plataformas terrestres las ruedas, cadenas, etc. Actualmente, no existe en España capacidad de desarrollo de un sistema de transmisión completo para una plataforma aérea y la dependencia exterior es prácticamente total. Solamente existe capacidad de participación en el desarrollo de algunos elementos integrantes del sistema de transmisión (sistemas de lubricación) o capacidad de fabricación de componentes del sistema ya diseñado.

Los sistemas de propulsión para cohetes se basan en propulsantes sólidos con cargas de una forma geométrica determinada, en función de la misión. En España se ha realizado un gran esfuerzo en esta área y hay una serie de organismos y empresas, el LQCA, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), etc., con capacidad para desarrollar y fabricar los componentes y subsistemas correspondientes, por lo que las necesidades militares actuales pueden ser perfectamente cubiertas por la industria española.

El interés por los motores cohete híbridos, como sistema de propulsión, aumenta debido a las ventajas inherentes a dichos motores frente a los motores cohete de propulsante líquido, incorporando sus tecnologías. A nivel europeo varias instituciones, entre las que cabe citar al INTA, han trabajado juntos, con un contrato de la Agencia Europea del Espacio, en la investigación de las aplicaciones de este tipo de motores. En lo relativo al diseño conceptual del sistema, la dependencia del exterior puede considerarse prácticamente nula, pero es elevada a la hora de proceder al desarrollo real de un motor cohete híbrido, especialmente al referirnos a la disponibilidad de las materias primas para la fabricación del bloque de combustible sólido y de los materiales termoestructurales habitualmente utilizados en el desarrollo de los sistemas de propulsión para estos motores.

Los aerorreactores representan una tecnología madura que se está proponiendo como sistema de propulsión de la próxima generación de misiles. Podemos clasificarlos como estatorreactores (*ramjet*), estatocohetes (*ramrocket*) y estatorreactores de combustión supersónica. Actualmente, debido a la gran cantidad de tecnologías involucradas en un dispositivo Ramjet (aerodinámica, tomas dinámicas, sistema de combustión, estructura, combustible, motor de aceleración, dispositivos de detección y guiado, etc.), sería complicado abordar un sistema completo por parte de la industria española, sin embargo es importante significar que el LQCA dispone de una instalación experimental, desarrollada conjuntamente con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSI Aeronáuticos), para pruebas de motores tipo estatocohete y estatorreactor de propulsante sólido. La línea de investigación que se sigue en el LQCA pretende desarrollar todas las tecnologías del estatorreactor (*ramjet*) y del estatocohete (*ramrocket*), por lo que es posible obtener sus tecnologías básicas.

La propulsión en tubos armas incluye toda la gama de cañones convencionales, eléctricos y los de propulsante líquido. Los cañones son, y seguirán siendo en el futuro, ampliamente utilizados. Todos ellos responden al concepto clásico y utilizan tecnologías semejantes. Esto no quiere decir que esta tecnología esté estancada, ya que continuas mejoras han llevado a una clara superioridad de unos sistemas frente a otros. Estas mejoras se han centrado en la aplicación de nuevos materiales para disminuir peso; en la mejora de los diseños de los proyectiles, permitiendo obtener mejores alcances y eficacias, disminuir la vulnerabilidad del sistema ante un impacto; disminuir las posibilidades de detección y obtener mejoras en la balística de las cargas propulsoras. La tendencia principal es la que pretende disminuir la vulnerabilidad de las municiones ante impactos externos y de este modo disminuir también la vulnerabilidad de las plataformas. En este sentido, España participa en un programa internacional sobre “pólvoras de baja vulnerabilidad LOVA”. La consecuencia principal, en relación a la tecnología de la vulnerabilidad de las municiones, será que nuestra dependencia exterior, cuando finalice este programa internacional, se limitará a alguna de las materias primas. Por otra parte, aunque en España se perdieron capacidades importantes como consecuencia de la casi nula inversión de los años noventa, el desarrollo del cañón de 155 milímetros para el Ejército de Tierra, que es el primer sistema de artillería completo que se fabrica después de un lapso de tiempo de casi 40 años, unido a la adquisición de la tecnología de fabricación del cañón de 120 milímetros del *Leopardo E 2*, han supuesto un impulso tecnológico importante.

Generación de energía y combustibles

El conocimiento actual de las fuentes energéticas y su potencialidad de uso para la explotación es muy preciso. Ello incluye los mecanismos de conversión de energía y el desarrollo tecnológico que se requiere para llevarlos a la práctica.

En relación con los generadores eléctricos en buques, la industria auxiliar española está perfectamente capacitada para el suministro de las plantas eléctricas que sean necesarias, cumpliendo con las especificaciones de choque, vibraciones y ruido que se determinen, incluida la normativa de contaminación ambiental. Por lo que se refiere a los generadores eléctricos en aeronaves, aunque la tecnología de cualquier sistema de generación de potencia eléctrica está bastante madura, todos

los elementos de los sistemas eléctricos son fabricados por tecnología extranjera por lo que la dependencia del exterior es completa. En cuanto a los microgeneradores eléctricos que incorpora la munición hay que señalar que las tecnologías implicadas en los dispositivos, fundamentalmente electromecánicas, son clásicas y accesibles para la industria española.

Las aplicaciones militares de las baterías son muy variadas, tales como la tracción de vehículos (submarinos), arranque de motores (carros de combate y aeronaves), alimentación de equipos electrónicos espaciales, de emergencia, transmisores y señalización, misiles y munición. La posición de la industria española de baterías eléctricas, es relativamente aceptable, pues la producción de baterías para submarinos y carros de combate es nacional, pero en las baterías de armamento, aeronaves y equipos electrónicos (litio, plata-cinc), se depende totalmente del exterior. Los sistemas eléctricos o electrónicos que incorpora la munición, ya sea para el guiado de ésta (detectores, circuitería de proceso y actuadores en misiles) o para la detección de blancos e iniciación de la cabeza de guerra (sensores y circuitos de proceso y disparo en espoletas) requieren fuentes de energía eléctrica embarcada y segura. En los casos donde no es posible obtener energía eléctrica a partir de los diversos parámetros dinámicos presentes en el entorno balístico, la fuente empleada es una batería capaz de generar energía mediante un proceso electroquímico. Los principales tipos de baterías que actualmente se emplean son las de formación y las térmicas. España dispone de industrias con acceso a las tecnologías implicadas en estos dispositivos, pero lo específico de las aplicaciones unido al reducido volumen de la demanda hace que existan muy pocos fabricantes en el mundo, siendo todos ellos extranjeros. Esta circunstancia, unida al hecho de que la mayoría de los fabricantes son a la vez responsables del sistema que las incorpora, determina que la dependencia exterior sea absoluta.

Las aplicaciones Eléctricas de Radiofrecuencia (RF) son muy variadas, por lo general están ligadas a las comunicaciones y a las señales electromagnéticas, si bien tienen un importantísimo campo de uso en los aceleradores de partículas, que es donde se encuentran las fuentes de RF de mayor potencia. Actualmente existen dos grandes familias de dispositivos para este tipo de aplicaciones: tubos de vacío y de estado sólido y aunque la madurez industrial internacional de este sector es muy sólida está dominada por los países más avanzados. En España no existe ningún

acelerador de porte alto o medio, y la industria nacional para la fabricación de estas fuentes es de tamaño reducido.

En relación con los generadores de potencia acústica, si se exceptúan las instalaciones de megafonía sobradamente conocidas, que usan el aire como medio de transmisión y que son fabricadas en prácticamente todas las naciones, el resto de los dispositivos, (correderas acústicas, sondadores, sistemas de detección usando sonoboyas, balizas, teléfonos submarinos, contramedidas acústicas, productores de ruido, torpedos activos y sonares) usan el agua de mar como medio de transmisión. La industria nacional no dispone de las tecnologías aplicadas a los dispositivos que usan el agua como medio de transmisión, aunque están desarrolladas por otros países.

Las pilas de combustible son una familia de tecnologías que utilizan distintos electrólitos, elemento que determina su clasificación y que operan a diferentes temperaturas. Con carácter general puede decirse que, para aplicaciones militares, la naturaleza silenciosa de las pilas de combustible y la baja firma de infrarrojo de las de baja temperatura son sus características más significativas. En la mayoría de los casos, el combustible y su almacenamiento son los principales problemas para la penetración de esta tecnología. Para la fabricación de *stack* (módulo de células apiladas) dependemos totalmente del exterior. Sin embargo, la ingeniería del reformado del combustible y la conversión de corriente continua a alterna es fácilmente abordable por diversas compañías españolas.

La tecnología de combustibles y lubricantes son conocimientos maduros que sufren procesos de aceleración periódicos a medida que los sectores tecnológicos asociados, es decir vehículos y motorizaciones, se desarrollan. A su vez, esos sectores asociados son impulsados por factores tecnológicos (los nuevos materiales, la computerización de los sensores y las exigencias medio ambientales). Puesto que la tendencia generalizada es que las motorizaciones militares sean cada vez más similares a las civiles, no parece adecuado el desarrollo generalizado de combustibles y lubricantes específicos de uso militar, con la excepción de aquéllos para determinados sistemas de armas. Las industrias presentes en el mercado español están en una posición tecnológica que podemos calificar de suficiente para afrontar los cambios a corto plazo.

Plataformas

La industria naval española, tanto civil como militar, tiene un gran peso específico en el concierto internacional, disponiendo de grandes astilleros así como centros de investigación. Navantia, que desde hace 50 años es el contratista principal de nuestra Armada, ha construido la practica totalidad de nuestras unidades, tanto de superficie como submarinas .El ejemplo más significativo son las fragatas clase F100. Además, España cuenta con el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR), con instalaciones adecuadas para la experimentación fiable con modelos físicos. El CEHIPAR posee unos laboratorios y canales perfectamente preparados y equipados para desarrollar una amplia gama de investigaciones en este campo, y con una amplia experiencia en el campo de la Mecánica de Fluidos Computacional (CFD). Podemos decir que el binomio Navantia-CEHIPAR es perfectamente competitivo frente al exterior en el campo del diseño hidrodinámico de buques y cuenta con los conocimientos y los medios necesarios para realizar los proyectos de los buques que necesite nuestra Armada.

El factor movilidad y su repercusión en la supervivencia de las plataformas móviles terrestres, sometidas a diferentes agentes (terreno, tiempo de exposición, etc.), focalizan la atención prioritaria de requerimientos operativos para estas plataformas. La situación actual de la movilidad, en lo que se refiere a vehículos blindados, no es la que se contempla como necesaria para el futuro. Se requiere pues el estudio de un nuevo vehículo que reemplace al actual y que deberá disponer de los últimos adelantos en materia de suspensiones interactivas. Esto no es problema para la industria española que cuenta con gran parte del capital humano que desarrolló la suspensión del Vehículo Blindado sobre Ruedas (BMR) y la del vehículo de combate de Infantería (VCI *Pizarro*).

En relación con las aeronaves, las guerras recientes (guerras del Golfo, Bosnia, Kosovo, Afganistán) han vuelto a demostrar la importancia de la superioridad aérea, que necesita de aeronaves muy ágiles con altas prestaciones en misiles y radar. Al mismo tiempo, la disminución de los presupuestos de Defensa obligan a disponer de aeronaves multimisión, y multifunción siendo requisitos clave la capacidad de penetraciones con mayor alcance y gran agilidad o bien, una agilidad determinada con mayor tiempo de combate. En el futuro todos los aviones de combate avanzados

estarán basados en la tecnología llamada de empuje vectorizado. Esta tecnología es el elemento clave para facilitar a los aviones de caza el sobrevivir en un combate aéreo y la superioridad en los combates dentro y fuera del alcance visual del enemigo. En este sentido la Industria de Turbo Propulsores S.A. (ITP) ha desarrollado una tobera vectorial, basada en patentes españolas, que hace previsible que la industria española sea líder en este sector. Por otra parte, la experiencia obtenida por la compañía EADS-CASA ⁽⁹⁾ en el desarrollo y la producción del *Eurofighter* (EF-2000), junto con su fusión con la compañía alemana *DASA (Daimler Chrysler Aerospace)* permiten prever un puesto relevante para la industria aeronáutica española.

En relación con las plataformas de entrenamiento, exponer que la introducción en España de modernos sistemas de armas tales como el F-18 y el EF-2000 ha implicado la necesidad de un entrenamiento avanzado de pilotos sobre plataformas con unas características muy específicas. El desarrollo del EF-2000 ha significado un importante salto cualitativo y cuantitativo en el proceso de adquisición de tecnología y ha contribuido decisivamente al posicionamiento industrial español en el sector aeronáutico europeo.

En lo referente a Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV), el INTA tiene desarrollado un sistema completo de vigilancia electroóptica por medio de estos vehículos, de uso civil y militar, aunque la dependencia exterior es muy grande. No obstante, como en el desarrollo de los UAV las tecnologías aerodinámicas y estructurales utilizadas son muy parecidas a las utilizadas en el resto de las aeronaves, la base tecnológica existente en la industria española en las áreas de navegación, control, guiado y transmisión de datos, así como en las de gestión de vuelo y misión, permitiría abordar los desarrollos indicados con un riesgo técnico aceptable.

El panorama español, en relación con las plataformas espaciales, ha experimentado un notable cambio en las dos últimas décadas donde las industrias españolas están desarrollando productos espaciales de alto valor añadido, aunque en gran medida estos productos están orientados hacia un entorno de aplicaciones civiles. El INTA

⁹ European Aeronautic Defense and Space Company – Construcciones Aeronáuticas S.A.

posee una serie de laboratorios de I+D con gran capacitación técnica en casi todas las áreas tecnológicas implicadas en el sector. Por otra parte, en el Programa de Pequeños Satélites (MINISAT 01, CESAR, ISHTAR, MINISAT 21, etc.), se ha adquirido experiencia tanto en la gestión como en la ingeniería de sistemas de programas espaciales. El INTA cuenta con una serie de instalaciones para integración y ensayos de vehículos espaciales donde se llevan a cabo programas de pequeños satélites. También, aunque a una escala mucho menor, hay que citar ciertos institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y a las universidades. Así pues, aunque todavía el sector espacial nacional no tiene el tamaño crítico necesario para poder abordar en su totalidad el desarrollo de un satélite de tamaño medio, como puede ser un satélite de comunicaciones comercial, sí se dispone de la capacidad tecnológica precisa para llevar a cabo proyectos de menor envergadura.

Armas

La situación actual es compleja por la diversidad de armas que, con la misma finalidad, utilizan nuestras Fuerzas Armadas, teniendo ello escasa justificación técnica, pues se encarece la adquisición y el mantenimiento, y limita la participación de las empresas españolas en su diseño, desarrollo y suministro.

Para realizar el estudio vamos a agrupar los diferentes tipos de armas en los siguientes grupos:

- Cohetes, cohetes de dispersión reducida y lanzacohetes.
- Portadores de submunición.
- Armas ligeras.
- Armas antiblindados.
- Obuses.
- Armas antimisil.
- Armas antitorpedo.

– Bombas guiadas.

Las armas del grupo de cohetes, en dotación en las Fuerzas Armadas, están obsoletas o tienen su vida útil excedida. Aunque en este campo, el LQCA está trabajando en un demostrador tecnológico, cuyo objetivo final es disponer de un cohete de dispersión reducida con capacidad para portar municiones inteligentes con cabezas de guerra tipo EFP ⁽¹⁰⁾. Dentro del mismo programa se están estudiando mejoras en los lanzadores en línea para: disminución de peso, protección de sirvientes, automatización de operaciones, etc.

La situación actual de las armas portadoras de submunición se reduce a las bombas cluster que tiene de dotación el Ejército del Aire. Otros desarrollos, en grado diferente de avance, son las cabezas dispersoras del cohete Teruel (con munición bivalente contra carro y contra personal), las minas contra carro y la munición de mortero MAT-120 ⁽¹¹⁾ (portadora de granadas anticarro y antipersonal).

En relación con las armas ligeras, aunque han evolucionado muy poco durante los últimos decenios, la industria española tiene una gran experiencia en este campo habiendo diseñado y fabricado distintos tipos de fusiles y ametralladoras. Los conceptos de fusil de asalto y la ametralladora de apoyo siguen siendo empleados en la actualidad de forma similar a como se empleaban hace 35 años. La evolución de las armas de Infantería se ha reducido a la incorporación de materiales más modernos (plásticos), mejoras de los materiales tradicionales y a la incorporación de sistemas de visión. Puede decirse que la única innovación significativa es el lanzagranadas automático de 40 milímetros, que está desplazando progresivamente a las ametralladoras medias y pesadas, debido a su gran potencia de fuego y a su capacidad de saturación de zona.

En el grupo de armas antiblindados dos son los procedimientos utilizados para el ataque a este tipo de vehículos: proyectil de carga hueca o similar y proyectil de energía cinética. Entre los medios del primer tipo, disponibles en la actualidad, nos

¹⁰ (Explosively Formed Projectiles). También conocidos por SFF (Self Forged Fragment) y Misznay Schardin. En ocasiones, la P de la sigla se refiere a Penetrator, la F a Forged.

¹¹ Munición de 120 mm, de tipo “carga”, que transporta 21 submuniciones y cada una de ellas produce efectos tanto de penetración como de fragmentación.

encontramos con el material C90 ⁽¹²⁾ para una defensa próxima hasta 300 metros y con el *Alcotan 100* ⁽¹³⁾ para una defensa a mayor alcance (hasta 500 – 600 metros). La industria española en la munición correspondiente a sistemas contracarro de carga hueca presenta un nivel medio competitivo. El campo de la munición de energía cinética ya fue tratado en el apartado letalidad.

La Artillería de Campaña (ACA) ha llevado a cabo un proceso de renovación con la incorporación del obús de 105 milímetros *lightgun*, los nuevos obuses de 155 milímetros o la modernización de las Baterías Autopropulsadas (ATP). La modularidad de los diseños permite añadir *kits* que incorporan, entre otros: sistemas de navegación inercial, computadores balísticos o su integración en redes computerizadas de mando y control de fuego. Esto va a posibilitar que la renovación acometida mantenga su validez en los próximos años. Asimismo, la industria nacional, alentada por el proceso de renovación de materiales, debe tomar posiciones que le permitan, a medio plazo, mantener un nivel tecnológico equiparable al resto de los países de nuestro entorno.

En la actualidad las armas antimisil son, en su mayoría, evoluciones de la artillería antiaérea clásica y podemos agruparlas en:

- Cañones multitubos (*Vulcan Phalanx, Samos, Meroka*, etc.).
- Sistemas misil antimisil. (*Crotale, Ram*, etc.).
- Sistemas de señuelos. (*Dagaie, Barricade*, etc.)

El único desarrollo de la industria española ha sido el arma multitubo *Meroka* naval. Actualmente es posible abordar, con recursos nacionales, la modernización de este sistema de armas y colaborar en la actualización de sistemas similares que fueran de interés para las Fuerzas Armadas. Asimismo, se está en condiciones de desarrollar un afuste terrestre que soporte el *Meroka* naval. En relación con los sistemas misil antimisil y de señuelos, nuestro país no tiene conocimiento suficiente

¹² Lanzagranadas contracarro que, dependiendo del modelo, utiliza distintas municiones.

¹³ Sistema de arma que bate distintos objetivos con distintas municiones: antitanque, antibunker y antimaterial (doble propósito)

para abordar su desarrollo a medio plazo, a no ser que se decida iniciar el despegue tecnológico en esta materia con la colaboración de las empresas extranjeras de nuestro entorno que ya lo poseen. En todo caso, el grado de dependencia exterior es elevado, en lo que se refiere al material electrónico y materias primas básicas para la elaboración de componentes.

En relación con las armas antitorpedo, podemos decir que actualmente las formas de combatir la amenaza submarina se centran en sistemas perturbadores acústicos, remolcados por el propio buque. La industria española no ha participado en los desarrollos de los sistemas actuales, por lo que la dependencia exterior es total.

Las bombas de guiado están siendo uno de los elementos más utilizados en los últimos conflictos en los que se han visto envueltas las fuerzas de la OTAN (Irak, Bosnia, Kosovo y Afganistán). La ausencia de una fuerza aérea enemiga de interceptación ha hecho que la única amenaza sea la defensa antiaérea de baja cota (artillería, misiles SAM, etc.), lo que ha motivado cambios tácticos, evitando en lo posible los vuelos a baja cota y realizando lanzamientos desde alta cota. Por otro lado, en los conflictos actuales se pretende minimizar no sólo las bajas propias, sino evitar en la medida de lo posible los daños colaterales, lo que exige la mejora de precisión frente a las bombas convencionales. No existe actualmente ningún sistema de bomba guiada de desarrollo español en servicio, aunque hay empresas capaces de fabricarlas si reciben apoyo para el diseño y desarrollo de algunos subsistemas.

Guerra Electrónica (EW) y armas de energía dirigida

El empleo masivo de las tecnologías con base en la microelectrónica para el control, dirección y mando de los sistemas de combate, ha convertido a la EW en un campo en constante evolución, que debe responder a los cambios continuos de unas amenazas que también se aprovechan del rápido desarrollo de las mismas tecnologías. De hecho, los recientes conflictos avalan el principio militar, aceptado desde hace décadas, de que la victoria, en cualquier futuro conflicto, será del que controle el espectro electromagnético.

Según el tipo de tecnología empleado en sus sensores los diferentes equipos de EW se clasifican en: electroópticos, de radiofrecuencia, magnéticos, eléctricos y acústicos. La utilización de esta tipología se justifica porque las características

operativas de los equipos (precisión, alcance, tamaño, peso y coste) están muy condicionadas por su pertenencia a cada grupo. Sin embargo, las diferencias tecnológicas las determina el subsistema sensor ya que el resto de los sistemas comparten las mismas técnicas y tecnologías de procesado de señal y datos, integración, etc.

Las naciones, entre ellas España, han tratado hasta el momento de permanecer lo más independientes posible en el desarrollo de Sistemas EW. Esta situación, en el caso de las naciones europeas, tiende a cambiar, por motivos fundamentalmente presupuestarios, y se vislumbra un planteamiento de I+D, dentro de un entorno europeo, en el que los grandes consorcios serán la norma y en los que debe estar la industria nacional.

Actualmente, la industria nacional en sistemas de EW de comunicaciones, frente a otros suministradores internacionales, presenta graves deficiencias. Podemos decir que a nivel de componentes de proceso y en una gran mayoría de subconjuntos se depende completamente del exterior.

En relación con los Sistemas de EW radar, la empresa INDRA Sistemas ha conseguido una capacidad industrial con niveles similares a otras industrias del mundo, sobre todo en el ámbito naval (sistema Aldebarán) ⁽¹⁴⁾ y aéreo (Sistema Dass) ⁽¹⁵⁾, por lo que el grado de madurez de la tecnología en la industria nacional y la dependencia respecto a los suministradores externos, se restringe principalmente a la adquisición de componentes para la fabricación de sistemas.

Para los sistemas acústicos, utilizados únicamente en unidades de la Armada, la dependencia exterior es absoluta.

En lo que se refiere a los Sistemas IR/visible/UV ⁽¹⁶⁾, las tecnologías empleadas por la industria nacional, en los señuelos de infrarrojos (IR) de protección de plataformas aéreas y buques, son capaces de generar cortinas de ocultación sólo para la región

¹⁴ Sistema de Defensa electrónica utilizado por la Armada Española y marinas de otros países

¹⁵ Sistema de auto-defensa electrónico utilizado por el Ejército del Aire y realizado por INDRA en consorcio con otras empresas europeas.

¹⁶ Tres regiones del espectro electromagnético, Infrarroja, Visible y Ultravioleta.

del espectro visible e infrarrojo cercano (VNIR), no habiéndose desarrollado ningún artefacto con características multispectrales. La dependencia exterior en relación con perturbadores activos capaces de interferir en el proceso de adquisición, seguimiento y guiado de misiles y armas inteligentes dotadas de buscadores IR, es absoluta. Otro tanto cabe decir de las tecnologías de los Sistemas de Energía Dirigida (láseres, microondas de alta potencia y armas de haces de partículas cargadas).

Sistemas sensores, control y reducción de firma

Actualmente, la integración y trabajo combinado de múltiples y diferentes sensores (activos y pasivos) permite operar en periodos prolongados, en condiciones todo tiempo y en ambientes de contramedidas y de saturación electromagnética. Asimismo, para mantener la superioridad militar, es fundamental disponer de sensores cada vez más sofisticados y de los medios necesarios para reducir al máximo su detectabilidad. Estos sensores necesitan de una gran diversidad de tecnologías para las que la industria nacional tiene diferente capacidad de respuesta. En líneas generales podemos decir que la industria nacional dispone de capacidades en determinadas subáreas tecnológicas, donde trata de ser competitiva, e intenta adquirir tecnología en aquellas subáreas en las que se dispone de menores capacidades, con aportaciones de terceros países.

Las tecnologías en las que, existe mayor potencialidad, bien por existir un mayor conocimiento, o por haber industrias capacitadas con interés en desarrollarlas, son las siguientes:

- Sensores y antenas activas y pasivas de radiofrecuencia.
- Sensores de ondas milimétricas y micromilimétricas activos y pasivos.
- Sensores láser, IR, visibles y UV.
- Control y reducción de firmas radar y de ondas milimétricas y micromilimétricas.
- Control y reducción de firmas IR, visibles y UV.

Las tecnologías en las que existe una cierta potencialidad y se tiene un gran interés por disponer de ellas son:

- Sensores químicos.
- Sensores de explosivos.
- Sensores inerciales.
- Control y reducción de firmas láser.

En relación con el control y reducción de firma, la tecnología *stealth* utilizada es multidisciplinar y necesita conjugar distintas áreas tales como diseño, aerodinámica, materiales, medidas y cálculo electromagnético, utilizando potentes computadores. Estas tecnologías son aplicables a todas las plataformas para reducir su vulnerabilidad, por lo tanto de gran interés para las Fuerzas Armadas. En España se es consciente de la importancia de que los sistemas de armas posean firmas bajas frente a todos los sensores utilizables y se están haciendo grandes esfuerzos para adquirir un nivel tecnológico que nos permita ser menos dependientes.

En los temas de control y reducción de la firma Radar hemos realizado algunos progresos y podemos decir que: disponemos de métodos de cálculo electromagnético y modelización; se realiza investigación de materiales absorbentes al radar (RAM) y se está participando en programas y proyectos europeos. No obstante, la dependencia exterior es elevada sobre todo en la realización de ensayos y en la disponibilidad de materiales y pinturas RAM. Referente al control y reducción de firmas IR/UV/Visible, láser, magnéticas y acústicas, el retraso es aún mayor que en la firma Radar, aunque se debe significar que el INTA, FNM y el LQCA han realizado trabajos de determinación de firma IR/UV/Visible. En cuanto al control y reducción de firmas eléctricas y electromagnéticas podemos decir que la empresa española Saes Gamesa es una de las pocas compañías en el mundo que disponen de la tecnología adecuada y probada para los sensores eléctricos.

Sistemas de guiado, presentación, proceso y control

Las tecnologías de guiado y control están jugando un papel fundamental en la mejora de la precisión de las armas, lo cual tiene dos implicaciones inmediatas: por un parte

el ahorro económico, al necesitar menor número de proyectiles para neutralizar un blanco, y por otra un aumento de la moral de las tropas propias, al comprobar que se dispone de un armamento eficaz que produce grandes efectos sobre el enemigo y muy pocas bajas en el bando propio, por lo que su empleo, en los ejércitos modernos, va creciendo en cada conflicto bélico.

Para el estudio de esta área vamos a tener en cuenta las tecnologías utilizadas en los siguientes sistemas:

- Navegación y guiado.
- Control y estabilización.
- *Hardware.*
- *Software.*
- Interfaz hombre-máquina

Las tecnologías usadas para los sistemas de Navegación y Guiado dependen enormemente de los sensores en los que se basan. Se ha alcanzado un alto grado de desarrollo en muchos de ellos, pero el progreso previsible en ciencias como la óptica o la física de estado sólido, entre otras, nos auguran una evolución muy significativa en los próximos años. Las tecnologías utilizadas por estos sistemas son: inercial, radioeléctrica por satélite, doppler, ayudas radioeléctricas desde tierra, ondas milimétricas, autoguiado con radar de microondas, teleguiado, sonido, etc. La situación actual, excepto en ayudas radioeléctricas desde tierra y teleguiado, es de una gran dependencia exterior, que es mayor si nos referimos a componentes.

En los Sistemas de Control y Estabilización la industria española ha tenido relativamente poca demanda para la realización de sistemas de control aeroespaciales, esto no quiere decir que no esté capacitada para afrontar programas avanzados de investigación y desarrollo. En el campo de las aplicaciones navales, la industria nacional dispone de las capacidades necesarias para el diseño e implementación de sistemas integrados de control de buques. En el campo de control del tiro se dispone de la capacidad necesaria para el desarrollo y fabricación de direcciones de tiro terrestres y navales, para todo tipo de artillería, utilizando

sensores de seguimiento activos (radar, telémetros láser) y/o pasivos (seguidores automáticos de vídeo con imágenes del espectro visible o infrarrojo).

En relación con el *hardware*, la industria nacional ha desarrollado un procesador digital de señal de altas prestaciones, para radares militares tridimensionales, de largo alcance. También ha desarrollado un sistema de control que permite la gestión de los elementos que constituyen un sistema complejo, por medio de redes de área local y con capacidad para conectarse con redes externas. En resumen, podemos decir que la industria nacional tiene capacidad suficiente para el diseño y fabricación de tarjetas procesadoras de propósito general, que necesitan la mayoría de los sistemas actuales, pero existe una dependencia total en cuanto a componentes básicos: microprocesadores y memorias.

En cuanto al *software*, dado que el mercado civil se ha convertido en el motor de desarrollo de tecnologías para estos sistemas, el sector militar, cada vez más, se comporta como un usuario de estos desarrollos, adaptando, en la medida de lo posible, los productos comerciales a sus requisitos. La industria española posee, por lo general, un alto grado de capacidad en el diseño/ desarrollo de *software*. Esta capacidad es diferente dependiendo del tipo de *software* (base, aplicación) utilizado. Para el *software* de base se suele utilizar el diseñado y desarrollado por el fabricante (sistemas operativos, controladores, etc.), sin embargo, para el software de aplicación se tiende a ser independientes y diseñar/ desarrollar soluciones propias (EF-2000, F-18, etc.).

Por último, en relación con los componentes, *hardware* y *software*, que tienen por objetivo seleccionar o generar información, presentarla a los usuarios del sistema y permitir su interacción (interfaz hombre-máquina), podemos decir que la industria nacional tiene capacidad tecnológica suficiente para desarrollar este sistema, aunque en el *hardware* utilizado, como ya se apuntó anteriormente, hay una gran dependencia a nivel de componentes básicos: microprocesadores y memorias.

Simuladores, entrenadores y entornos sintéticos

La necesidad de los Sistemas de Simulación ha sido sentida en las Fuerzas Armadas desde hace muchos años, aunque fue a partir de la década de los noventa cuando se avanzó mucho en la mentalización de todos los escalones de mando

sobre la necesidad de la simulación para conseguir un adecuado nivel de adiestramiento con un coste ajustado.

Los campos que se van a considerar, en relación con los Sistemas de Simulación, son los siguientes:

- Ayudas a la enseñanza, instrucción y adiestramiento.
- Campos de tiro y maniobra instrumentalizados y simuladores de campo.
- Blancos simulados.
- Entrenadores y simuladores de misión (simuladores tácticos).
- Juegos de guerra.

Como ayudas a la enseñanza, instrucción y adiestramiento, actualmente, las maquetas y elementos inertes constituyen una importante área de aplicación de las técnicas básicas de la simulación. Los sistemas multimedia, en sus diferentes niveles (vídeos, programas interactivos, etc.), también están incluidos en este tipo de ayudas. En este campo somos autosuficientes.

De los diferentes modos de empleo de los campos de tiro: fuego real, puntería con fuego simulado y combate entre unidades, es en los dos últimos donde la simulación tiene su aplicación. La utilización de estos modos de empleo nos permite reducir considerablemente el entrenamiento con fuego real. En la actualidad se dispone de diferentes sistemas de simuladores tácticos de combate, de una y doble vía, pero con una servidumbre importante, no son compatibles y por lo tanto no pueden ser interoperables. Esta falta de integración reduce sensiblemente las capacidades de operación de tales sistemas. La versión aérea de los campos de tiro instrumentalizados la constituyen los Sistemas ACMI (¹⁷) que permiten el empleo de aviones reales en maniobras de combate con determinación en tiempo real de los efectos del fuego simulado.

¹⁷ (Air Combat Maneuvering Instrumentation) es un sistema implementado en aviones de combate para analizar el vuelo en tres dimensiones y poder estudiar las maniobras realizadas.

Tradicionalmente los blancos simulados, para las prácticas de fuego real o simulado, se basan en la presentación de una diana con diferentes apariencias y aspectos. Generalmente, el blanco lleva algún tipo de sensor que permite determinar, con un elevado grado de precisión, el impacto del proyectil y sistemas de control para el reposicionamiento de los blancos y su presentación de forma variable en el tiempo. Un caso especial de blancos simulados son los simuladores de escenarios, para la práctica de tiro con armas ligeras. El Ejército de Tierra dispone de este tipo de blancos simulados. Por otra parte, también pueden ser considerados blancos simulados todos los sistemas de presentación de blancos, radar y sonar, empleados en la Armada y en Ejército del Aire. La Armada dispone de un simulador que reproduce el sistema de combate de las fragatas y del portaaviones *Príncipe de Asturias*. Igualmente, el Ejército del Aire y la flotilla de aeronaves de la Armada disponen de un simulador para el entrenamiento de controladores aéreos.

En la actualidad las Fuerzas Armadas disponen de un amplio conjunto de entrenadores, simuladores y juegos de guerra que cubren gran parte de sus necesidades. Estos sistemas se mejoran periódicamente con la adaptación de las nuevas tecnologías que van irrumpiendo en el mercado, como la interconexión vía HLA ⁽¹⁸⁾ entre simuladores.

Por último decir que, en el diseño, desarrollo y producción de sistemas de entrenamiento basados en la simulación, la industria española presenta un alto grado de madurez, dando muestras en innumerables ocasiones de su capacidad para la concepción, desarrollo y producción de los sistemas, partiendo de los requisitos operacionales, incluso para mercados exteriores, como es el caso del AV8Bplus para las Armadas norteamericana e italiana. Sin embargo, hay que significar la fuerte dependencia de la industria española al nivel de componentes para: sistemas de presentación de imagen, plataformas de movimiento, generadores de imagen, etc.

Integración de sistemas

¹⁸ (High Level Architecture) es la arquitectura técnica de referencia para la interoperabilidad entre simuladores.

Los costes derivados de problemas de integración (económicos, temporales, funcionales e incluso humanos) pueden superar, en los sistemas de cierto nivel de complejidad, a los costes de desarrollo de los propios subsistemas. Esto nos lleva a pensar que la Integración de Sistemas (IS) es un área a tener muy en cuenta y es necesario vigilar su evolución. Para su estudio la vamos a desglosar en las subáreas siguientes:

- Ingeniería de sistemas.
- Diseño y desarrollo integrado.

En general, la complejidad de los sistemas actuales va en aumento, con la aparición de nuevas tecnologías, en un entorno que cambia sin cesar. Esto, unido a la falta de un método disciplinado para la obtención de nuevos sistemas, ha provocado, en numerosas ocasiones, que los resultados hayan sido excesivamente costosos por no haber definido adecuadamente los requisitos al inicio del proceso, por no haber efectuado el necesario análisis para evaluar los riesgos asociados con las decisiones adoptadas en las primeras fases, y por no haber adoptado un procedimiento metódico y estructurado en el diseño y desarrollo de los sistemas. El problema se está corrigiendo y actualmente podemos decir que, por parte del ministerio de Defensa, se presta especial atención a la integración de los sistemas ya existentes con aquellos que se están adquiriendo o se prevé adquirir en el futuro.

Desde la perspectiva del diseño y desarrollo integrados cabe decir que la capacidad de la IS para desarrollar sistemas complejos, con la funcionalidad necesaria, en coste y plazo adecuados, pasa a través de la utilización de tecnologías de integración. Es por ello que este tipo de tecnologías son críticas para los sistemas militares, pues permiten flujos de información más simples, predecibles y explotables, que facilitan el desarrollo de sistemas complejos.

La dependencia exterior de esta área tecnológica es nula, pues en España hay suficiente conocimiento en estas disciplinas y no es necesaria la participación de técnicos o empresas extranjeras para su desarrollo. Las carencias de esta área provienen más de una utilización inadecuada de los conocimientos disponibles que de la necesidad de importar conocimiento de otros países. No obstante, es necesario coordinar su desarrollo en España con el de los países aliados, sobre

todo, teniendo en cuenta las perspectivas futuras de concentración de la industria de defensa y los posibles proyectos internacionales.

Actualmente el ministerio de Defensa cuenta con una empresa pública, Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S. A. (ISDEFE), creada específicamente para prestar servicios de consultoría y asistencia técnica en ingeniería de sistemas y tecnologías avanzadas a organismos y empresas del sector público, con especial dedicación al propio Ministerio.

Tecnologías de comunicación

El área de tecnologías de comunicación comprende las tecnologías necesarias para comunicar o transmitir información de diversa naturaleza (voz, datos, texto, gráficos, imágenes y vídeo) de un punto a otro, mediante diversos tipos de medios (aire, agua, cable o fibra) y formas (electromagnéticas, acústicas, y luminosas), y todo ello con la confidencialidad adecuada. Para su estudio se ha tenido en cuenta la siguiente división:

- Transmisión/Recepción:
 - Comunicaciones de RF.
 - Comunicaciones láser.
 - Comunicaciones acústicas.
 - Redes y servicios de comunicación.
- Seguridad de las Comunicaciones:
 - Criptología.

En relación con las tecnologías utilizadas en los equipos de comunicación RF la dependencia exterior es total, a excepción de algún equipo en la banda de UHF ⁽¹⁹⁾, en los que la industria nacional está participando en consorcios internacionales encargados de su desarrollo y fabricación. En cuanto a las tecnologías de

¹⁹ (Ultra High Frequency) Frecuencia Ultra Alta.

comunicaciones de microondas y ondas milimétricas, que principalmente utilizan bandas de frecuencias destinadas a las comunicaciones vía satélite, la dependencia en repetidores embarcados y elementos de la plataforma de los satélites es elevada. En estaciones de comunicaciones la dependencia exterior se limita a componentes y prácticamente somos autosuficientes en el campo de la integración, fabricación, apoyo logístico de equipos y sistemas y en el equipamiento auxiliar.

En las tecnologías de comunicaciones láser, acústicas y redes y servicios de comunicación tenemos una dependencia exterior absoluta, aunque el número de fabricantes y su distribución mundial aseguran la disponibilidad de los dispositivos necesarios.

El conjunto de tecnologías que proporcionan confidencialidad, autenticidad e integridad a las comunicaciones conforman la criptología. Aunque en este campo hemos evolucionado mucho, es necesario seguir incidiendo en la necesidad de crear una “conciencia de seguridad” que aún queda en evidencia, por sus deficiencias, cuando tomamos parte en proyectos supranacionales con países de nuestro entorno. Actualmente, los sistemas criptológicos que se utilizan en el ministerio de Defensa, que son certificados por el Centro Criptológico Nacional perteneciente al Centro Nacional de Información (CNI), en su gran mayoría son sistemas de fabricación nacional.

Tecnologías CIS

Los Sistemas de Comunicaciones y de Información (CIS) están conformados por un conjunto de equipos, métodos, procedimientos y personal organizados para realizar las funciones de transferencia y proceso de la información. Actualmente las tecnologías que utilizan, aun siendo muy diversas, tienen en común los siguientes aspectos:

- Están en continua evolución, quedando obsoletas en periodos de tiempo del orden de dos/tres años.
- El mercado está liderado por las aplicaciones civiles y cada vez es menos recomendable el desarrollo específico de tecnologías militares.

- Se apoyan cada vez más en tecnologías comerciales (COTS) y cuando no existen estos productos se apoyan en productos desarrollados para uso en más de una aplicación (NOTS y GOTS).
- Cada vez es más importante el intercambio de información entre sistemas homogéneos o heterogéneos, dependientes de una organización o dependiendo de organizaciones dispersas.

Asimismo, el desarrollo de estos sistemas está muy condicionado por nuestra pertenencia a organismos internacionales -Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), Organización de Naciones Unidas (ONU), etc.- y los compromisos adquiridos. Para su estudio vamos a tener en cuenta la división siguiente:

- Diseño Integrado de CIS.
- Normativa para la interoperabilidad de los CIS.
- Técnicas de seguridad de los CIS.
- Identificación de plataformas no cooperadoras.
- Fusión de datos y de información.
- Digitalización del campo de batalla.
- Ayudas a la decisión.

En relación con el diseño integrado de CIS los sistemas nacionales que actualmente existen en las Fuerzas Armadas han seleccionado, por lo general, productos comerciales de infraestructuras muy similares, y en línea con las recomendaciones OTAN. Al mismo tiempo, han proliferado en el mercado los productos comerciales de conectividad, por lo que la interoperabilidad técnica es un problema relativamente resoluble, aunque no así la interoperabilidad funcional y operativa, que es un problema mucho más complejo y más difícil de resolver. En general, los sistemas no trabajan de forma integrada y no disponen, en muchos casos, de comunicación

física de datos entre ellos, aunque en Euromids ⁽²⁰⁾ se están dando pasos para resolver este problema. En cuanto al diseño de estructuras de datos, existe una gran variedad de modelos propios, y derivados de diferentes trabajos de grupos OTAN, que son incompatibles entre sí. Esto dificulta fuertemente la integración de los sistemas nacionales, reflejando un problema que existe en el entorno OTAN y que sólo se prevé resolver de forma satisfactoria a largo plazo. En este caso, el volumen y complejidad del desarrollo de *software* a realizar, a pesar de la potencia de las herramientas disponibles, supone la principal limitación para la cobertura y alcance de los sistemas actuales. De las tecnologías de la información relacionadas, tanto en *hardware* como en *software*, se puede afirmar, en términos generales, que la industria española no tiene desarrollos ni productos propios. Las empresas españolas se limitan normalmente a realizar la integración, instalación y mantenimiento de equipos/productos/sistemas fabricados en el exterior.

Actualmente es necesario disponer de una normativa de interoperabilidad CIS para que nuestras Fuerzas Armadas puedan integrarse en contingentes multinacionales y operar con ellos. En este sentido, en España se sigue la pauta marcada por la OTAN y se aplica de manera general el programa de interoperabilidad de la Alianza. Por otro lado se están utilizando conexiones entre las simulaciones y los sistemas CIS como ayuda al entrenamiento conjunto y como sustitución o complemento a los ejercicios con fuerzas reales. En España los Sistemas de Modelización y Simulación (M&S), y los Sistemas de Mando Control Comunicaciones Computadores e Inteligencia (C-4I), generalmente se han diseñado de manera estanca, sin tener en cuenta una posible interoperatividad entre ellos. En las tecnologías necesarias para estos sistemas hay una dependencia muy elevada del exterior, principalmente en *software* básico.

En relación con la identificación de plataformas no cooperativas, España ha participado en diferentes proyectos que en general han tenido un carácter de I+D. Los últimos conflictos nos han permitido sacar conclusiones sobre importantes carencias en identificación de blancos terrestres no cooperativos en un entorno rural y la necesidad de asistencia automática para la identificación de blancos en tiempo

²⁰ Consorcio europeo formado por las industrias de Francia, Alemania, Italia y España que participan

real. La resolución de estos dos puntos está imprimiendo un nuevo ímpetu al desarrollo en este campo en los países OTAN, entre ellos España, y ha generado nuevos proyectos de Identificación Automática de Blancos (ATR), casi todos ellos centrados en la tecnología radar en tres dimensiones (3D). En el campo de la Identificación cooperativa España está participando en diversos proyectos como el IFF modo 5 (²¹).

En España, la fusión de datos y de Información está muy condicionada por los requisitos que a nuestras Fuerzas Armadas se le imponen por su pertenencia a la OTAN y por la posibilidad de tener que llevar a cabo distintas acciones dentro de la Alianza. Asimismo, la fusión de datos y de información está supeditada a las funcionalidades requeridas en los centros de toma de decisiones y a los medios empleados. En cuanto a la situación tecnológica, la participación de empresas españolas en consorcios europeos, como el avión de combate europeo (EFA) ha permitido establecer la colaboración con países de nuestro entorno.

Conceptualmente, la digitalización del campo de batalla consiste en la aplicación de las tecnologías de la información para la adquisición, intercambio y empleo de la información a lo largo del campo/espacio de batalla, adaptada a las necesidades de los distintos componentes humanos del mismo. En la época actual, de presupuestos reducidos y de simplificación de la estructura de la fuerza, la digitalización del campo de batalla se percibe como el factor multiplicador de la fuerza más eficaz para garantizar la victoria en un mínimo tiempo y con el menor número de bajas propias.

En nuestras Fuerzas Armadas existen distintos programas de adquisición de Sistemas de Mando y Control para cada uno de los tres ejércitos que incorporan funcionalidades y tecnologías similares, aunque no existe una acción de coordinación en cuanto a los procesos funcionales a implementar y las tecnologías básicas a emplear.

En España la ayuda a la toma de decisiones está dando sus primeros pasos. La necesidad de este tipo de funcionalidad queda patente a raíz del lanzamiento de una

en el programa Multifunctional Information Distribution System (MIDS).

²¹ Sistema de Identificación, Amigo – Enemigo utilizado por los países OTAN.

serie de iniciativas, como el Programa EUCLID ⁽²²⁾, realizadas por los países del entorno de la Unión Europea Occidental, que España está obligada y todavía a tiempo de seguir para no perder el tren de la evolución tecnológica en este tema. Así mismo, el Laboratorio de Ensayos del Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada (CIDA) en colaboración con la empresa española Sener Ingeniería y Sistemas S. A., ha desarrollado un prototipo de sistema de ayuda a la decisión para la identificación naval.

Tecnologías del combatiente

Desde la perspectiva del campo de batalla completo no se puede considerar la adquisición de equipos para el soldado de manera parcial, tales como armas individuales, cascos, máscaras, etc., sino que hay que considerar al soldado como un todo, es decir, como un sistema, siendo fundamental tener en cuenta las soluciones que aportan los avances tecnológicos a los problemas actuales.

De los estudios realizados sobre este tema se concluye que el combatiente tiene una serie de carencias y limitaciones que es posible mejorar apoyándose en las tecnologías actuales. El conjunto de estas mejoras constituye lo que se ha denominado “Combatiente futuro de Infantería Ligera/Mecanizada de primera Generación” (CIL-1G), objetivo del Programa de I+D “Combatiente futuro” que actualmente hay en las Fuerzas Armadas. Las tecnologías fundamentales implicadas en este combatiente futuro de primera generación son:

- Tecnologías de ingeniería de sistemas.
- Tecnologías de armamento.
- Tecnologías de protección balística y otros.
- Tecnologías de protección nuclear, biológica y químicas y otras.
- Tecnologías de la fisiología del combatiente.

²² Programa de Investigación y Tecnología promovido por los países del antiguo Grupo de Armamento de Europa Occidental (GAEO) con el objetivo de fortalecer la cooperación industrial, tecnológica y científica en el Sector Europeo de la Defensa.

- Tecnologías del vestuario.
- Tecnologías de sensores.
- Tecnologías de la información.
- Tecnologías de dispositivos de entrada/salida.
- Tecnologías de mando y control.
- Tecnologías de simulación.

El nivel tecnológico actual en España para hacer frente al desarrollo de estas tecnologías, excepto en tecnologías del vestuario, nuclear, biológica y química y simulación, es bajo o nulo, dependiendo mayoritariamente de la industria extranjera. Aunque es importante significar los esfuerzos que están realizando algunas empresas españolas, junto con diferentes Ministerios de Defensa y del Interior de países OTAN, desarrollando Programas I+D, para conseguir algunas de estas tecnologías.

*Técnicas y herramientas de diseño ensayos,
experimentación y procesos de fabricación*

Para su estudio parece conveniente desglosar esta área en las subáreas siguientes:

- Técnicas y herramientas de diseño.
- Técnicas de ensayos y experimentación.
- Técnicas y herramientas para procesos de fabricación.

Las técnicas encaminadas a reducir el ciclo de diseño constituyen un objetivo importante a alcanzar por la industria, pues su consecución está íntimamente relacionada con el coste final del producto. En relación con las tecnologías mecánicas básicas hay una gran dispersión de aplicaciones aunque la mayoría de las herramientas genéricas de diseño, potencialmente aplicables al mundo militar, están aplicadas en el mundo civil. Actualmente, el desarrollo de herramientas y técnicas en España, que sean competitivas frente a las de otros países, es fruto de

esfuerzos aislados sin una organización y cohesión interna clara. Se da el caso paradójico que, universidades, institutos, y empresas tienen colaboraciones más estrechas con instituciones en el extranjero que nacionales. Una racionalización de esta situación sería un paso adelante muy importante pues se está perdiendo una oportunidad histórica para hacer progresos de primera magnitud en este campo.

En cuanto a las técnicas y herramientas de diseño electrónico, el esfuerzo de las empresas españolas del sector de defensa para adaptar sus departamentos de diseño a los nuevos métodos es notable, pues hay que tener en cuenta que las series de fabricación son muy cortas y por lo tanto la formación de personal como la selección y adquisición de herramientas EDA ⁽²³⁾ e Ingeniería Concurrente (IC) tienen un elevado coste. En cuanto al desarrollo de herramientas EDA, la dependencia del exterior es absoluta. En relación con la IC, se están llevando a cabo programas europeos de desarrollo e implantación de esta metodología con participación española.

En relación con las técnicas de ensayos y experimentación se hacen las siguientes valoraciones:

- Para los ensayos de cohetes y misiles, el LQCA está en disposición de poder realizar pruebas de vigilancia, de homologación o el desarrollo de líneas de I+D.
- En el campo de ensayos químicos la industria nacional se encuentra en buena posición pero con dos importantes limitaciones, la baja implantación de este tipo de material en nuestras Fuerzas Armadas y la falta de centros especializados.
- En España existen una serie de centros, INTA y Centro Logístico de Armamento y Experimentación (CLAEX), y la empresa EADS-CASA que tienen sus propios departamentos de ensayos en vuelo de aeronaves.
- La industria española tiene capacidad para realizar la mayor parte de los ensayos de componentes de vehículos terrestres y posee una capacidad baja en ensayos acreditados de movilidad de vehículos militares. La carencia mayor se manifiesta

²³ (Electronic Design Automation) Automatización del Diseño Electrónico.

en la falta de normas que definan el patrón de referencia de las magnitudes a medir.

- La industria española está aumentando su capacidad en el sector de los ensayos aerodinámicos pero la dependencia exterior sigue siendo importante.
- En la realización de los ensayos de optróica, la industria española es muy deficitaria. No existen laboratorios independientes que puedan realizar los ensayos requeridos ni que incorporen un sistema de calidad adecuado y reconocido internacionalmente.
- Aunque hay centros y empresas que poseen tecnología para los ensayos ambientales, mecánicos y climáticos, actualmente las capacidades tecnológicas de los equipos han sido rebasadas por las necesidades.
- En relación con los ensayos radiológicos, en España no hay experiencia ni instalaciones para ensayos de tipo nuclear. Se dispone de laboratorios de medidas de radiaciones ionizantes, principalmente dedicados a medidas medioambientales y control de equipos utilizados en las instalaciones nucleares, radioactivas y médicas de uso civil.

La necesidad en la industria de obtener elevadas cotas de productividad con los menores costes posibles, para así poder competir, se hace extensiva a todos los productos que puedan ser adquiridos por Defensa. Estas características, unidas a las de fiabilidad, determinan el interés de potenciar las técnicas y herramientas para procesos de fabricación. Actualmente, las tecnologías aplicadas a los procesos de producción son, por un lado, la información digital que está impulsando el uso de la fabricación virtual, y por otro, el mecanizado de alta velocidad orientado a los sectores de la realización de moldes para fundición, a las herramientas de forja y a las herramientas de embutición de chapa. España, en relación con los países de su entorno, dispone de un nivel tecnológico medio en capacidad científica-tecnológica, de producción y comercialización y está por encima de la media en capacidad de innovación.

Técnicas de infraestructura y medio ambiente

La sociedad actual muestra una preocupación creciente por todas aquellas actividades que puedan suponer un deterioro del medio ambiente. Esta preocupación por los temas medio ambientales ha sido asumida por las Fuerzas Armadas que son conscientes de que los materiales que emplean exigen un plan de actuación específico. En este sentido, la línea de actuación que actualmente se está desarrollando se encuentra enmarcada en las áreas sectoriales que se relacionan a continuación:

- Suelos contaminados.
- Planificación y gestión racional de residuos.
- Desmilitarización/destrucción de la munición mediante métodos biológicos.

La protección del suelo es un objetivo ambiental prioritario para las Fuerzas Armadas. En este sentido, la Sección de Defensa Biológica y Toxicología Ambiental del Departamento Nuclear Biológico y Químico (NBQ) de la FNM, en colaboración con grupos de investigación de otros Organismos públicos y privados, está desarrollando proyectos medio ambientales, basados en la detección de sustancias de alto riesgo en suelos, aguas y aire, así como la valoración de riesgo en suelos contaminados y la recuperación de éstos.

En cuanto a la planificación y gestión racional de residuos, el ministerio de Defensa, en colaboración con la industria nacional, y siguiendo una línea de acción en consonancia con la política europea y nacional en esta materia, está buscando nuevas estrategias, de reutilización y tratamiento, que conduzcan a una reducción del volumen y variedad de residuos con el menor impacto medio ambiental y social posible. De esta manera, se ha conseguido una optimización de los procesos de incineración, con límites de emisión muy restrictivos y con un óptimo aprovechamiento energético de los procesos.

Por último, en la desmilitarización/destrucción de la munición mediante métodos biológicos, el Departamento NBQ de la FNM ha desarrollado un proyecto sobre "Biodegradación del TNT por bacterias pseudomonas". En este mismo Departamento, se está trabajando con *microalgas* y *bacterias*, capaces de eliminar

otro tipo de sustancias de alto riesgo, siendo posible su futura utilización como biodescontaminantes.

En relación con el área de infraestructura hay que significar que las Fuerzas Armadas disponen de un importante patrimonio cultural que conviene conservar y mejorar. Por ello es necesario aprovechar los importantes programas de recuperación y restauración que se están llevando a cabo a nivel estatal y autonómico. En estos programas se están aplicando tecnologías avanzadas, para auscultación del estado de los monumentos y rehabilitación de los mismos, que son dominadas por la industria nacional. Por otra parte, las Fuerzas Armadas tienen y utilizan diferentes centros de almacenamiento específicos, distribuidos por la geografía nacional, que se han ido modernizando para cumplir la normativa vigente relacionada con las distancias de seguridad.

Conclusiones

Después de haber expuesto la situación actual en la que se encuentran las tecnologías que se consideran de interés para la defensa, parece conveniente terminar este capítulo sacando algunas conclusiones:

- Hemos visto como evolucionan las tecnologías y la necesidad que se tiene de conocer esos cambios para asegurar que nuestras Fuerzas Armadas utilizan las tecnologías mas adecuadas en cada momento. Para ello es necesario contar con órganos de asesoramiento que lleven a cabo esta misión. Estos órganos son los *observatorios tecnológicos* que están formados por un amplio grupo de expertos, apoyados por un grupo técnico que les da soporte y continuidad, que colaboran, con su conocimiento y experiencia en nuevas tecnologías de aplicación para la defensa, con la DGAM.
- Cada vez es mas frecuente la integración de componentes comerciales en equipos de uso militar (COTS) que permite reducir costes y facilita el mantenimiento. Sin embargo, y en función de la aplicación, es necesario un proceso adaptado de verificación que permita definir los límites de trabajo y fiabilidad de dichos componentes en equipos de uso militar

- El nivel de las tecnologías en las diferentes áreas varía sensiblemente. Nos encontramos con áreas donde el nivel tecnológico de la industria nacional tiene una posición destacada en el concierto internacional y con otras áreas donde el nivel tecnológico es tan bajo que, en caso de ser necesario adquirir estas tecnologías tenemos limitaciones técnicas para hacer una valoración de las mismas. La situación planteada recomienda llevar a cabo dos acciones. En el caso de disponer de una posición destacada, en determinadas tecnologías, con la existencia de tejido industrial y base científica adecuadas, es necesario perseguir el reconocimiento en el concierto internacional que nos consolide en esa posición. Es lo que se denomina adquirir *nichos de excelencia*. Si la situación es de una gran limitación técnica, es necesario conseguir los conocimientos tecnológicos que nos den capacidad básica para saber que los sistemas adquiridos incorporan los niveles tecnológicos adecuados, es lo que se denomina *cliente inteligente*.
- Hemos visto como se ha experimentando un notable incremento en la cooperación, con otros países de nuestro entorno, para llevar a cabo programas internacionales. La situación creada de *cooperación internacional* está fomentando la participación de la industria española y permitiendo el intercambio de información, desde el punto de vista tecnológico, que está siendo muy favorable para el desarrollo industrial. Al mismo tiempo, es necesario arbitrar medidas para racionalizar la *cooperación nacional* que eviten situaciones paradójicas, en las que que, universidades, institutos, y empresas tienen colaboraciones más estrechas con instituciones en el extranjero que nacionales.

Bibliografía

DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA. VIGESIMO PRIMERA EDICIÓN. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA ,1992.

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (I+D+I) (2004-2007).
http://www.mec.es/ciencia/jsp/plantilla.jsp?area=plan_idi&id=3

PLAN DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I+D) DEL MINISTERIO DE DEFENSA. http://www.mde.es/dgam/jsp/pdid_i+d.htm

SISTEMA INTEGRADO DE VIGILANCIA AÉREA.
http://www.google.es/search?hl=es&q=prototipo+de+uav+del+inta&meta=lr%3DIlang_es

FONDOS DOCUMENTALES DE LA DGAM.

MARTI SEMPERE, Carlos. Tecnología de la defensa. Instituto Universitario "General Gutiérrez Mellado" (UNED) Madrid, 2006

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº2. PRIMER TRIMESTRE DE 2004.

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº3. SEGUNDO TRIMESTRE DE 2004.

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº4. TERCER TRIMESTRE DE 2004.

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº7. SEGUNDO TRIMESTRE DE 2005.

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº8. TERCER TRIMESTRE DE 2005.

BOLETIN DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA Nº10. PRIMER TRIMESTRE DE 2006.