

Resumen
Ejecutivo
2010

Armonización de las Actividades en Sistemas para Aeronáutica en España

Grupo de Vigilancia
Tecnológica



www.plataforma-aeroespacial.org



Índice

1. Introducción.....	3	8. Propuestas de desarrollo tecnológico.....	18
2. Áreas Tecnológicas.....	3	8.1. Sistemas avanzados de control de vuelo.....	18
3. Motivación del análisis de sistemas.....	4	8.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo.....	18
4. Situación actual, tendencias y capacidades.....	4	8.3. Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados.....	18
4.1. Sistemas avanzados de control de vuelo.....	4	8.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados	18
4.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo.....	6	8.5. Aviónica modular integrada.....	18
4.3. Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados.....	7	8.6. Autoprotección.....	18
4.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados.....	10	8.7. Sistemas de tren de aterrizaje.....	19
4.5. Aviónica modular integrada.....	11	8.8. Aviónica general.....	19
4.6. Autoprotección.....	12	9. Conclusiones y recomendaciones del panel de expertos.....	19
5. Tecnologías específicas.....	14	ANEXO I. Miembros de la mesa de expertos.....	20
5.1. Sistemas de tren de aterrizaje.....	14	ANEXO II. Análisis DAFO.....	21
5.2. Autoprotección a rayo.....	15	ANEXO III. Mapa de capacidades: Empresas.....	23
5.3. Aviónica general.....	15	ANEXO IV. Mapa de capacidades: Agentes tecnológicos (institutos, universidades, centros tecnológicos, etc.).....	24
6. Análisis DAFO.....	16	ANEXO V. Lista de acrónimos.....	25
7. Objetivos y estrategias a medio y largo plazo.....	16	ANEXO VI. Definiciones.....	26
7.1. Sistemas avanzados de control de vuelo.....	16	ANEXO VII. Listado de figuras.....	27
7.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo.....	16		
7.3. Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados.....	16		
7.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados.....	17		
7.5. Aviónica modular integrada.....	17		
7.6. Autoprotección.....	17		
7.7. Sistemas de tren de aterrizaje.....	17		
7.8. Aviónica general.....	17		

Introducción

1

La Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE), tiene como objetivo general el desarrollo y el mantenimiento de una Agenda Estratégica en materia de I+D aeronáutica y espacial. Dentro de la PAE el Grupo de Vigilancia Tecnológica (GVT) tiene como misión el establecer un mapa tecnológico actual, realizando estudios comparativos con países de nuestro entorno e identificando necesidades futuras tecnológicas y de formación.

Para la realización de ese mapa tecnológico, se han iniciado una serie de mesas de expertos para abordar algunos de los temas prioritarios de la Agenda Estratégica. Por su importancia y por el número creciente de empresas a las que afecta, se ha considerado el área de sistemas aeronáuticos como un tema prioritario. El objeto de este documento es describir y armonizar todo este tipo de actividades.

Los objetivos específicos que el GVT persigue con este informe sobre sistemas aeronáuticos son:

- » Contabilizar los recursos y capacidades de que se dispone en España en esta tecnología.

» Definir las tendencias futuras.

» Identificar las sinergias.

» Identificar las carencias con vistas a futuros desarrollos tecnológicos.

En diciembre de 2008 y enero de 2009 se convocó a un panel de expertos seleccionados por la Plataforma Aeroespacial Española en el ámbito de las tecnológicas relacionadas con equipos y sistemas embarcados de aplicación aeronáutica. Los comentarios y recomendaciones recogidas en el panel de expertos servirán de base para la realización de este documento sobre la estrategia (mapa de ruta) de desarrollo de las capacidades y tecnologías de España en equipos y sistemas embarcados.

El mapa de ruta será presentado a las entidades asociadas a la PAE para que sea tenido en cuenta a la hora de generar nuevos programas de financiación pública y para ser utilizado como posición del sector aeroespacial español en los foros internacionales relacionados. Este mapa de ruta será actualizado periódicamente.

Áreas Tecnológicas

2

El documento desarrolla las Áreas Tecnológicas 7 y 9 definidas en la Agenda Estratégica de la Plataforma Aeroespacial Española (Sistemas de Control y Equipos y Sistemas Embarcados).

Se detallan a continuación los contenidos de cada una de las Áreas Tecnológicas:

» Área Tecnológica 7: Sistemas de Control

- Sistemas avanzados de control de vuelo.
- Control adaptativo aplicado a turbo maquinaria.

» Área Tecnológica 9: Equipos y Sistemas Embarcados

- Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo.
- Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados.
- Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados.

- Aviónica modular integrada.

- Autoprotección.

- Tecnologías avanzadas de integración de unidades de potencia auxiliar APU y/o sistemas alternativos de potencia auxiliar.

En los apartados siguientes se va a realizar un análisis de las diferentes Áreas Tecnológicas, teniendo en cuenta los dos siguientes casos especiales:

- El "control adaptativo aplicado a turbo-maquinaria" no se va a analizar dentro de este informe y se deja para un análisis que se vaya a realizar sobre motores en el futuro.

- Las "tecnologías avanzadas de integración de unidades de potencia auxiliar APU y/o sistemas alternativos de potencia auxiliar" se va a considerar dentro del área de "sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados", ya que se trata de un caso particular de ésta.

3

Motivación del análisis de sistemas

A continuación se detallan los motivos por los que se ha llevado a cabo este estudio:

- a. En España hay pocos actores en el sector aeronáutico dedicados a sistemas. Sería recomendable generar una mayor capacidad con nuevos actores que tengan productos calificados para vuelo y potenciar los existentes con productos más competitivos.
- b. Los fabricantes de avión están dando una mayor oportunidad a los fabricantes de sistemas para integrar equipos y ofrecer productos llave en mano.
- c. El cielo limpio requiere, entre otras capacidades, disponer de componentes y equipos ligeros, eficientes, integrados, y fabricados con tecnologías de materiales y procesos medioambientalmente correctos.
- d. La tendencia tecnológica de estos productos se enmarca dentro de las baterías o APU basados en hidrógeno, de la aviónica más integrada, de la reducción de peso y de los actuadores miniaturizados.
- e. Los centros de ensayo y laboratorios con equipos especializados son escasos, los equipos de ensayo de actuadores son casi inexistentes. Se precisa una optimización de estos recursos y una especialización de algunos de ellos.
- f. La aviación militar debe proporcionar oportunidades de vuelo y de desarrollo de mayor riesgo para la calificación de productos.

4

Situación actual, tendencias y capacidades

A continuación se realiza una descripción por cada una de las Sub-Áreas Tecnológicas que vienen definidas en el apartado 2 del presente documento.

4.1. Sistemas avanzados de control de vuelo

Estos sistemas son aquellos que tienen por objetivo la actuación de las superficies de mando del avión y, en la actualidad, la mayoría de los aviones utilizan lo que se denomina actuación convencional que está constituida por varios sistemas hidráulicos independientes.

Se entiende por actuación convencional aquella cuyo objetivo es el movimiento de determinadas superficies articuladas de las aeronaves (alergones, timones, superficies hipersustentadoras, etc.), para distinguirla de otros sistemas de control como son los de actuación sobre la capa límite (sopladores, succionadores, etc.) o los que se basan en cambios de forma de la aeronave mediante conjuntos de mini-actuadores y sensores encastrados ó adheridos en la propia estructura (englobados bajo la denominación de cambios de forma no convencionales, en inglés *morphing*).

La tendencia desde hace años es la evolución hacia aviones con más sistemas eléctricos. El primer paso fue una evolución del sistema hidromecánico hacia uno en que los mandos del piloto están conectados a un sistema eléctrico, que controla las válvulas del sistema hidráulico al que pertenecen los actuadores que moverán las superficies de control y demás elementos móviles. Esto es lo que se denomina tecnología *fly by wire* y, a día de hoy, está implantada en la mayoría de aviones comerciales y militares de tamaño grande, con tendencia a extenderse también a los aviones de tamaño medio y pequeño.



Figura 1.- Actuador *fly-by-wire* del Eurofighter

En los últimos desarrollos se está empezando a sustituir algunos sistemas hidráulicos por sistemas autónomos de actuación distribuida, basados en actuadores electrohidrostáticos (EHA) como es el caso del AIRBUS A380. En el caso de los actuadores electromecánicos (EMA) se están posicionando en determinadas aplicaciones de baja y media potencia, como en aviones de pequeño tamaño como UAS ó VJL, donde la instalación de un sistema hidráulico puede dejar de ser competitiva. Estos nichos pueden representar una oportunidad de negocio pero, por el momento, hay bastantes barreras de entrada.

Como consecuencia, la época actual representa un momento de cambio tecnológico en el que el posicionamiento por medio del desarrollo y puesta a punto de las nuevas tecnologías es prioritario.

En España se dispone de capacidades parciales en los diferentes componentes de sistemas que permiten acometer aplicaciones nicho. A continuación se detallan los actores y capacidades más relevantes:

- » SENER y CESA son empresas con capacidad para el desarrollo de actuadores de control de vuelo, junto con empresas de segundo nivel como puede ser DMP.
- » SENER ha desarrollado aplicaciones en misiles e integración de sistemas de control de vuelo. En el caso de los misiles destacan los siguientes casos:
 - TAURUS KEPD 350. Se trata de un misil desarrollado por la empresa TAURUS SYSTEMS GmbH (TSG), para el que SENER realiza la producción en serie del Fin Actuator Sub – System (FASS).
 - NSM (Naval Strike Missile). Se trata de un misil tierra-mar desarrollado por Kongsberg Defence & Aerospace AS (KDA) y SENER lleva a cabo el sistema CAS (Control Actuator System).
 - IRIS-T e IRIS-T. Se trata en ambos casos de misiles aire-aire de corto alcance (SRAAM) y SENER realiza las secciones de control para la empresa alemana Diehl BGT Defence GMBH & Co. KG (DBD).
- » SENER ha realizado desarrollos en el tema de actuación electromecánica para control de vuelo en los siguientes proyectos:
 - HIGH LIFT. Se trata de un proyecto en colaboración con AIRBUS – D (Bremen) en el que se desarrolla los sistemas de actuación única para FLAPS.
 - MICROEMA. Cosiste en un desarrollo de micro actuadores electromecánicos para superficies aerodinámicas, introduciendo toda la cinemática y el mismo actuador, dentro del cajón del FLAP.

- HEALTH MONITORING. Se trata del desarrollo de un sistema de monitorización en tiempo real de actuadores aeronáuticos para la determinación de fallos de funcionamiento y grado de operabilidad.



Por último, en lo que se refiere a los sistemas de actuación avanzados, dentro del CENIT OPENAER, liderado por ITP, SENER dirige el desarrollo de los sistemas de actuación para control activo de la holgura de la punta del alabe, así como sistemas de actuadores para hacer variables los alabes fijos.

- » CESA dispone de actuaciones primarias y secundarias en avión, además de algunos actuadores de sistemas de control en lanzadores de satélites.
- » En el ámbito de computadores para control de vuelo en la actualidad GMV se encuentra desarrollando el correspondiente a un UAS táctico.
- » En lo que se refiere al software para computadores de vuelo, existen desarrollos por parte de empresas como GTD, INDRA, EADS CASA y GMV. INDRA, específicamente, ha participado bajo entorno de *Joint Venture* en el desarrollo del software del Sistema de Control de Vuelo del avión de combate Eurofighter.
- » AMPER. Dispone de capacidad en el mantenimiento de computadores de vuelo e integración en helicópteros.

- » **INTERLAB IEC.** Ha llevado a cabo el desarrollo de las tarjetas de interfase analógicas y digitales del computador de control del sistema. También tiene capacidad y experiencia en el desarrollo de sistemas electrónicos basados en FPGA, DSP y microprocesadores, utilizando distintas interfaces propias de la electrónica embarcada (ARINC 429, 1553, VME, etc.) junto con la posibilidad de certificación del hardware complejo desarrollado.
- » **TEMAI.** Tiene capacidad de desarrollo en interfaces ARINC 429 y 1553.
- » En el ámbito de control de motores, **INDRA** ha desarrollado una unidad de control electrónico para el Eurofighter.

4.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo



Figura 3.- Tail Boom integrado en el A330-200 MRTT

El sistema de repostaje de combustible en vuelo consiste en la transferencia de combustible a las alas, a través de pértiga central o barquilla (pod), asistida por un operario en el avión. En la actualidad existen dos nuevos modelos compitiendo: uno es el MRTT de EADS, desarrollado a partir del Airbus 330-200F, y otro de Boeing 767.

Esta área es bastante prioritaria para España ya que la responsabilidad del programa está asignada en la actualidad a EADS CASA y existe la oportunidad de consolidarse como líderes internacionales en sistemas de reabastecimiento en vuelo. EADS CASA y CESA son actores primarios en el ámbito nacional al haber desarrollado el ARBS - Air Refueling Boom System- para el A330 MRTT.

La tendencia es el reabastecimiento automático y semiautomático que hará que evolucionen los distintos sistemas. Esta necesidad se está planteando también para los UAS, y va a requerir la incorporación de tecnologías de visión artificial, comunicaciones y un mayor desarrollo de los sistemas de control.

A continuación se resumen las capacidades más significativas en el ámbito nacional.

- » **CESA.** Realiza la producción, montaje, pruebas e integración de la pértiga. Además es responsable de los actuadores electromecánicos (20 kW de potencia pico) para izado, extensión y retracción de la misma, así como del desarrollo y producción del sensor de flexión y carga (BRSU) del Boom.
- » **ELIMCO.** Colabora en el sistema de pruebas (banco de pruebas del sistema de repostaje en vuelo). Además realiza el cableado eléctrico.
- » **INTERLAB IEC.** Ha desarrollado la controladora de potencia de los sistemas HOIST y ERA de control de la pértiga y las tarjetas de interfase analógica y digital de la unidad de control.
- » **INDRA Sistemas.** Ha desarrollado toda una serie de tarjetas procesadoras de altas prestaciones basadas en DSP y FPGA. Con INTERLAB ha participado en el proceso de certificación según la guía RTCA DO-254.
- » **GTD.** Da soporte al desarrollo pero con un nivel de participación bajo.
- » **AERTEC.** Dispone de capacidades para realizar sistemas de bancos de pruebas. Aunque en la actualidad no está presente en el MRTT, su tecnología podría ser aplicable.
- » **TEMAI.** Colabora con CESA en el software y la electrónica del sistema sensor de carga, y con GTD en lo relativo a la certificación. Las unidades electrónicas operan bajo condiciones muy críticas y por ello suponen un posicionamiento tecnológico en nuevos programas.



Figura 4.- Montaje y pruebas del Tail Boom en CESA



Figura 5.- Actuador de izado (HOIST) y de extensión-retracción (ERAS) de la pértiga central

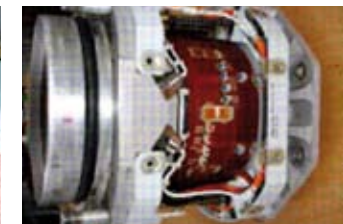


Figura 6.- Sensor de flexión y carga (BRSU) de la pértiga

- » DMP. Realiza el diseño de elementos mecánicos junto con CESA.
- » GMV. Da soporte a EADS CASA en el desarrollo del software crítico de la unidad de control del sistema con tecnologías de aviónica modular ARINC 653.

4.3 Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados

Estos sistemas engloban todas las actuaciones dentro del avión que son de tipo hidráulico, electro-hidráulico, neumático, electromecánico y todo lo que se refiere al sistema de combustible. Los sistemas de trenes de aterrizaje, aunque están dentro de este tipo de sistemas, se tratan de forma específica en el siguiente apartado debido a su importancia en España.

En este tipo de sistemas van a aparecer nuevas oportunidades debido a la aparición de nuevas tecnologías y al abandono de las clásicas por parte de los líderes y, en especial, en aviones de tamaño medio y pequeño. El desarrollo de nuevas tecnologías, que debe hacerse en paralelo con las actuales, se puede agrupar de la siguiente forma:

- » **Actuación clásica.** Se centrará en movimientos de superficies en aeronaves.
- » **Control de flujo.** Se basa en la actuación sobre la capa límite del flujo de aire que rodea una aeronave en movimiento.
- » **Cambio de forma de una aeronave (*morphing*).** El objetivo es la mejora en el control y adaptabilidad a cambios de misión.
- » **Estructuras inteligentes o adaptativas.** Tienen como objetivo incorporar actuadores y sensores en su composición para controlar la vibración, el ruido, el daño, la aeroelasticidad y el flutter o flameo.

Otra oportunidad de cara al futuro es capacitarse como integrador y certificador de equipos y sistemas. A continuación se describe brevemente el estado del arte y tendencias de cada uno de los sistemas:

- » **Sistemas hidráulicos.** Tradicionalmente se han utilizado sistemas de 20,7 MPa (3.000 psi) y se han alcanzado los 34,5 MPa (5.000 psi) en los últimos desarrollos (AIRBUS A380 y A350). Otras iniciativas con sistemas a 55,2 MPa (8.000 psi) no han acabado con resultados positivos.

En la actualidad, existe una tendencia clara a la sustitución de determinadas actuaciones hidráulicas por actuaciones electromecánicas, así como al uso de potencia hidráulica distribuida (actuadores electro-hidráulicos), que en el caso del A380 se han utilizado para los mandos de vuelo permitiendo eliminar el tercer sistema hidráulico.

En aeronaves de tamaño medio y grande, los sistemas hidráulicos siguen siendo imprescindibles en actuaciones de alta potencia como la del tren de aterrizaje o el movimiento de los rotores en helicópteros. A medio plazo se tiende a extender el uso de sistemas de 34,5 MPa (5.000 psi) en todo el rango de aeronaves, a la eliminación de materiales y procesos contaminantes (como las aleaciones de cobre-berilio, el cromo VI o el cadmiado) y a la introducción de materiales innovadores (inoxidables y aleaciones de titanio de alta resistencia y compuestos).

En aviones de tamaño pequeño, incluyendo algunos UAS, existe la posibilidad de actuación completamente eléctrica y de ahí que se esté trabajando en ello en un ámbito internacional.

Por último hay que resaltar que EADS CASA y CESA tienen capacidad de definición y de integración de sistemas. Además CESA produce distintos componentes del sistema hidráulico, a excepción de las Bombas Hidráulicas, y es una de las pocas compañías con capacidad y experiencia en sistemas de 34,5 MPa (5.000 psi) en el ámbito internacional.



Figura 7.- Depósito hidráulico del A380



Figura 8.- Actuador de retracción de tren del A380



Figura 9.- Acumulador hidráulico en composite para el helicóptero S92

» **Sistemas neumáticos.** Los sistemas neumáticos tienen como funciones principales, dentro de la aeronave, la presurización en la cabina y el suministro del aire al sistema de aire acondicionado (*ECS - Environmental Control System*). Además deben mantener ciertas partes críticas del avión libres de hielo como pueden ser los bordes de ataque. A día de hoy están basados en sangrados del motor a distintas presiones y temperaturas. En este sentido, los motores actuales tienen que ser diseñados para permitir distintos regímenes de sangrado, lo que disminuye la eficiencia de los mismos.

A medio y largo plazo se tiende a una reducción progresiva en el uso de sangrado de motor a favor de generadores de aire comprimido eléctricos (sistemas *bleedless*). Sin embargo, los componentes del sistemas neumático (válvulas de corte y regulación, reguladoras de temperatura, controladoras de presión de cabina, etc.) seguirán siendo una parte importante en la operación de las aeronaves.

En el ámbito nacional, EADS CASA tiene capacidad de definición e integración de sistemas y CESA la de producción de componentes neumáticos.

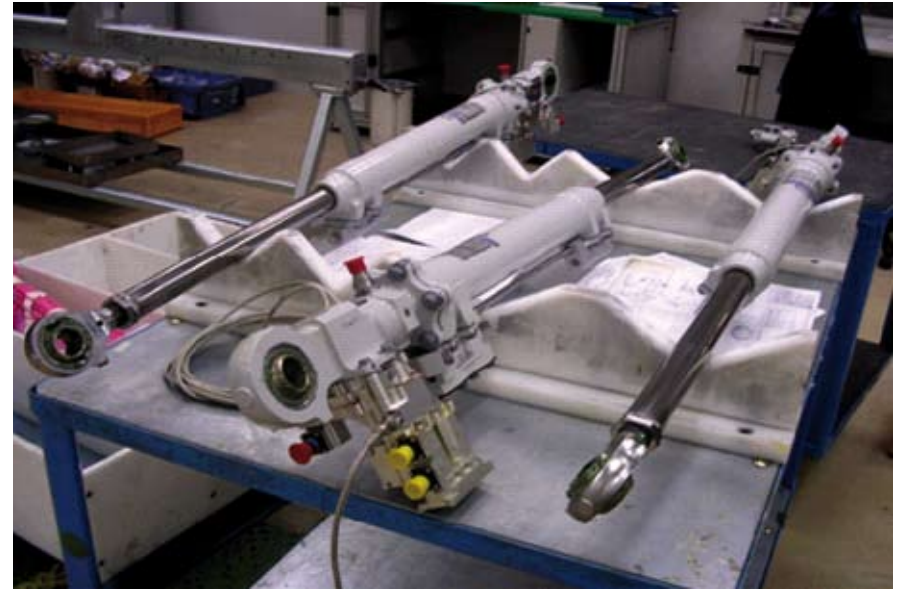


Figura 11.- Actuador de retracción MLG-A400M con actuador electromecánico desbloqueo emergencia



Figura 12.- Válvulas del EBAS del A400M

» **Sistemas de Combustible.** El estado del arte de estos sistemas están basados en la regulación y control digital de las turbinas de gas denominado FADEC, cuya función principal es la de calcular la cantidad de combustible necesaria para el motor, basándose en los parámetros de funcionamiento como son la posición del mando de potencia, la temperatura de los gases de escape y la presión en la cámara de combustión. De esta forma el motor se mantendría dentro de sus límites de funcionamiento, permitiendo al piloto concentrarse en el vuelo del avión sin preocuparse del motor.

La nueva generación de motores, para los sustitutos de A320 y B737, tendrá como objetivo una disminución radical de las emisiones tanto de gases contaminantes como de ruido. Los fabricantes de motores están involucrados en el desarrollo de nuevas tecnologías como la arquitectura *geared fan* o el denominado *open rotor*. Adicionalmente, se prevé el uso de combustibles sintéticos, con menor cantidad de azufre y otros contaminantes que, a su vez, estarían mejor adaptados para su uso en pilas de combustible.

Existen otras tecnologías asociadas con el almacenamiento de combustible como es la disminución de riesgos de explosión mediante sistemas de inertización de tanques de combustible. Aunque la explosión de los tanques de combustible es extremadamente improbable, los fabricantes están continuamente trabajando en métodos para introducir gases inertes en los tanques para reducir el riesgo de explosión y, durante las últimas décadas, han usado varias tecnologías entre la que destaca OBIGGS, que genera una corriente controlada de aire enriquecido en nitrógeno seco que penetra de manera continua en los depósitos, desplazando del mismo la mezcla inflamable combustible-aire.

EADS CASA tiene capacidad de definición e integración de sistemas y CESA la de producción de componentes de combustible.

» **Sistemas electromecánicos.** Como se ha comentado anteriormente en el párrafo de "Sistemas avanzados de control de vuelo", existe una tendencia a la actuación electromecánica bien con motores o con actuadores lineales. Igual que en otras áreas, se tiende a la eliminación de materiales y procesos contaminantes y al uso de materiales innovadores.

En la actualidad, en el mercado se está planteando la necesidad de ofertar productos completos que incluyan control, electrónica y certificación del producto. En lo que respecta a las capacidades, resaltan las siguientes entidades:

SENER tiene la capacidad de producir sistemas electromecánicos con su control y electrónica asociados: diseño, fabricación, integración y ensayos (nuevas instalaciones) de series cortas de sistemas electromecánicos.

CESA también tiene capacidad de definición y producción de sistemas de actuación electromecánicos, como los anteriormente mencionados para izado y extensión-retracción de la pértiga del sistema de combustible.

Por último, en lo que respecta a las actuaciones no convencionales y nuevas tecnologías, se incluyen los siguientes sistemas de actuación:

- » **Actuadores piezoeléctricos.** Aprovechan el carácter piezoeléctrico de ciertos materiales y disponen de una gran versatilidad, rapidez en tiempo de respuesta, precisión y resistencia a la fatiga.
- » **Actuadores con memoria de forma.** Responden a cambios de temperatura con modificaciones en su estructura y son ideales para el *morphing*.
- » **Actuadores poliméricos.** En la actualidad no generan grandes potencias por lo que están pensados, sobre todo, para aplicaciones de control de flujo.
- » **Actuadores magnetorreológicos y electrorreológicos.** Se usan en aplicaciones de control de la fricción (embragues, amortiguadores...) debido a que utilizan líquidos de viscosidad variable. Estos actuadores se están utilizando en otros sectores, como es el caso del automóvil.
- » **Actuadores magnetostrictivos y electrostrictivos.** Tienen un modo de funcionamiento parecido a los piezoeléctricos pero tienen menor eficiencia y potencia.
- » **Actuadores térmicos.** Tienen una velocidad de actuación rápida, pero requieren de un enfriamiento para volver a su posición inicial y si el actuador es grande, el enfriamiento será más lento. Se pueden aplicar para apertura de puertas, elevadores, etc.
- » **Actuadores electrostáticos.** Pueden ejercer grandes fuerzas pero en distancias muy cortas y tienen un consumo bajo.

Finalmente, cabe resaltar las capacidades desarrolladas en los institutos tecnológicos, universidades y centros tecnológicos según se detalla a continuación: TECNALIA en materiales y sensores basados en nanomateriales para actuadores; la FIDAMC en integridad estructural; la Universidad Politécnica de Madrid en materiales inteligentes y en el control de flujo activo; la Universidad de Barcelona en fluidos magnéticos para amortiguadores activos; la Universidad Politécnica de Cataluña en la localización de actuadores para control de vibración, y estudios en INTA en estructura aerolástica de avión.

4.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados

Estos sistemas son los utilizados en la generación y gestión de potencia hidráulica y eléctrica para sistemas esenciales y auxiliares del avión. Las necesidades de potencia abarcan un amplio rango, desde el orden del megavatio (aire acondicionado, protección lluvia-hielo, sistemas de cabina, etc.) a unos pocos kilovatios para determinadas actuaciones de emergencia.

La generación de grandes potencias en aviones comerciales se lleva a cabo con generadores eléctricos de frecuencia constante asociados a los motores principales del avión (~500 kW por generador). En paralelo, la potencia hidráulica la generan bombas de presión constante, de 20.7 MPa (3.000 psi) o 34,5 MPa (5.000 psi), conectadas a los motores principales, usándose bombas eléctricas complementarias o para uso en condiciones de emergencia.



Figura 13.- Auxiliary Power Unit large (RE220)

Actualmente se está tendiendo a la utilización de generadores eléctricos de frecuencia variable (menor peso), de potencia hidráulica distribuida y de actuadores electro-hidráulicos, como queda reflejado en el AIRBUS A380. Asimismo, habría también un claro campo de evolución en la optimización de la gestión y distribución inteligente de potencia en sistemas de 270 V (HVDC).

Adicionalmente las aviones disponen de una Unidad de Potencia Auxiliar (APU), consistente en una turbina de gas alimentada con queroseno -para utilidades en tierra, arranque de los motores principales y emergencia (~500 kW)- , en un dispositivo de emergencia en vuelo RAT (~25 kW) y en algunas baterías (~5 kW) para actuaciones menores diversas.

La tendencia a corto plazo es continuar el uso de las turbinas actuales optimizadas para mejorar su consumo, incrementando su rendimiento energético y reduciendo las emisiones de gases (NO_x y CO₂ principalmente). Existen proyectos a medio y largo plazo para reemplazar dichas turbinas de gas por pilas de combustible embarcadas, PEM ó SOFC, funcionando bien a partir de hidrógeno embarcado o bien utilizando el queroseno

reformado como fuente de energía. Las pilas tipo PEM permiten una generación de potencia distribuida próxima a la zona de consumo, lo que permitirá sustituir baterías y RAT. Las pilas tipo SOFC estarían destinadas a una generación de potencia eléctrica centralizada y servirían a medio-largo plazo como sustitución de las actuales APU.



Figura 14.- RAT del A380 y Boeing 757

La utilización de las pilas como sistema de generación principal en aeronaves comerciales está a día de hoy en el muy largo plazo, puesto que la tecnología aún no ha alcanzado suficiente grado de madurez desde el punto de vista técnico y tienen una peor relación potencia-peso. Esta introducción será probablemente escalonada, siendo las baterías y la RAT en su modo de funcionamiento continuo los elementos más prometedores a corto plazo, mientras que el APU sería reemplazable en el medio-largo plazo.

Los primeros pasos se están dando en aviones ligeros con bajas demandas de energía (Boeing voló en 2008 un demostrador alimentado por hidrógeno con demanda de 20 kW) y probablemente los UAS son una opción muy prometedora para su desarrollo. Como tecnologías claves se consideran las pilas de hidrógeno, la electrónica flexible (en lo que se refiere a la gestión electrónica inteligente) y la integración (eliminación del cableado, *wireless*).

En la actualidad, Airbus España es responsable del sistema de APU para todos los aviones Airbus, en fase de transferencia desde Airbus Alemania. No obstante los principales componentes se compran en EE. UU. La labor de Airbus España se limita a la integración en el avión y apoyo a los equipos en servicio.

En las tecnologías relacionadas con la producción de hidrógeno y pilas de combustible para los APU, existe un amplio grupo de investigadores trabajando en las universidades y centros tecnológicos en España. Entre ellos cabe citar, al CSIC (Ins-



Figura 15.- APU del A380

titutos de Catálisis, de Cerámica y Vidrio; Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica e Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros), al INTA, a la Universidad Politécnica de Madrid, al INSIA (Investigación y Desarrollo de Sistemas de Seguridad de Automóviles), al Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, a las Universidades de Zaragoza, Alicante, Navarra, La Laguna y Castilla-La Mancha, Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Valencia, CIEMAT y TECNALIA.

Por último, cabe mencionar que CESA lidera la rama aeronáutica del proyecto CENIT-DEIMOS para desarrollo de pilas de combustible tipo PEM de alta temperatura. Esta rama pretende el desarrollo, fabricación e integración de una pila de potencia media (10 kW) en una aeronave. En este proyecto también participa SENER en dos líneas de trabajo: aplicaciones portátiles y aplicaciones aeroespaciales. En lo que se refiere al primero su actuación se limita a llevar a cabo en el estudio de viabilidad del sistema, hibridación con supercondensadores, simulación y, por último, validación del modelo en un banco de pruebas. En el caso de aplicaciones aeroespaciales, los trabajos están orientados al diseño de los modelos de reformado de hidrógeno, modelización del stack y circuitos auxiliares y, finalmente, desarrollo de las leyes de control del sistema.

Por último, en cuanto a reformado de combustible de avión, CESA participa en el proyecto europeo GREEN AIR.

4.5. Aviónica modular integrada

La aviónica modular integrada (IMA) consiste en la integración de sistemas embarcados con un gran componente electrónico que soportan a los diferentes servicios y aplicaciones de vuelo. De esta forma, este conjunto de sistemas, considerados como módulos independientes, representa la evolución de las arquitecturas asociadas a un esquema de integración de componentes electrónicos (sensores, actuadores y otro hardware) y aplicaciones y servicios de vuelo (supervisión, automatización, reconfiguración, etc.). Esta arquitectura, estructurada en capas, se despliega como en una red local embarcada, gobernada por un sistema operativo de tiempo real, ARINC 653, que reparte los recursos de la computadora en los dominios del espacio y del tiempo, y debe estar certificada según la normativa RTCA DO-178B, cuya equivalente europea es la EUROCAE 12-B.

Las oportunidades tecnológicas que surjan en el futuro estarán relacionadas con que toda la aviónica debe ser modular y que las tecnologías base (sistemas operativos y plataformas de desarrollo) son mayoritariamente americanas. Como consecuencia de ello,

las tendencias a medio plazo son las siguientes: migración de aplicaciones existentes y desarrollo de otras nuevas; desarrollo de tecnología *middleware* de tiempo real; integración de sistemas y servicios embarcados, y certificación de aplicaciones.

En lo que se refiere al largo plazo, viene supeditado por la implementación y despliegue de SESAR y NEXTGEN, que requerirá sistemas embarcados con arquitecturas IMA, con las aplicaciones de vuelo integradas y certificadas, todo ello operando sobre protocolo IPS según las recomendaciones de ICAO. Además, Europa está promoviendo un enlace de datos vía satélite, el programa ARTES-10 de la ESA, como forma complementaria al terrestre. Como consecuencia, en el largo plazo, se observan oportunidades en las siguientes áreas: tecnologías y equipos de transporte de datos; aplicaciones embarcadas con modelo operacional vía satélite, terrestre o dual, e integración de sistemas y servicios embarcados.

En lo que se refiere a las tecnologías claves en este ámbito son las siguientes:

- » Sistemas operativos conformes ARINC 653.
- » *Middleware* con soporte de tiempo real para aplicaciones *safety-critical* (CORBA, DDS) y no *safety-critical* (SOA y JMS).
- » Integración-eliminación del cableado mediante tecnologías *wireless* (Wimax, etc).
- » Enlaces de datos (terrestre y satélite).
- » Electrónica flexible.



Figura 16-. Maintenance Data Panel (MDP).

En lo referente a España, el proyecto CENIT ATLANTIDA, aprobado por el CDTI en el año 2007, aglutina actualmente el mayor esfuerzo español en I+D (15 empresas y otros tantos organismos de investigación) para el desarrollo de tecnologías de gestión de tráfico aéreo (ATM) y cuenta entre sus grandes líneas de trabajo con una relativa a la plataforma de vuelo mediante arquitectura IMA. A continuación se describen brevemente las capacidades los principales actores en España:

INTERLAB IEC. Desde hace años participa en el desarrollo de sistemas electrónicos de proceso radar, especialmente IFF, con la idea de incorporar en una única tarjeta -más concretamente, en una FPGA- subsistemas de proceso de radar completos.



Figura 17.- MIU / ARIM - *Modular Interface Unit. Airborne - Remote Interface Module* (Controlador de Datos Remotos)

GTD. Realiza software (prácticas específicas) y la certificación correspondiente.

INDRA. Ha integrado sistemas y procesados de datos (MIU y MDP) por ordenador central, que provee automatización y facilita la labor al piloto. Se ha desarrollado en el ámbito de defensa y existe la tendencia de adaptarlo al ámbito civil.

INTEGRASYS. Está desarrollando tecnología *middleware*, tanto para plataformas embarcadas como para sistemas de tierra. En el ámbito embarcado, el *middleware* tiene soporte para sistemas operativos ARINC 653 con múltiples lenguajes de programación (C/C++, Java y ADA) y modelos de comunicación basados en IP (*unicast, multicast y broadcast*).

GMV. Dispone de varios desarrollos en el ámbito de la aviónica modular integrada (IMA) y dispone de herramientas para verificar una implementación de ARINC 653, incluyendo simulador para el desarrollo de software en una fase previa a la integración.

Otras entidades que disponen de capacidades en este ámbito son TTI, TECNALIA, CRISA y CTA, que han desarrollado sistemas de aviónica integrada en estructuras multifuncionales (antenas integrables en fuselaje de avión, módulos de potencia ligeros y sistemas de interrogación de estructuras integrados en fuselaje).

4.6. Autoprotección

Este concepto englobaría el uso integrado de sensores y sistemas electrónicos para dotar a la aeronave de un alto nivel de protección frente a potenciales amenazas. En este contexto están ligados a sistemas de detección, seguimiento, apuntamiento y guiado en el espectro radioeléctrico (Sistemas de Radar [RF / Radar], Guías Láser, Telémetros y Guías Térmicas [IR/UV]). Un caso especial es el relativo a la autoprotección contra rayo que se trata de forma individualizada en el apartado 5 referente a Tecnologías específicas.

Los sistemas actuales han sido desarrollados en el ámbito de defensa y su aplicación a la aviación civil es directa, tanto en sistemas terrestres como en embarcados



Figura 18. - Radar del Eurofighter (CAPTOR)



Figura 19. - Radar E-SCAN

(radares para protección de eventos civiles, radares meteorológicos, cartografía y mapas SAR/ISAR, sistemas MLS, IFF de última generación, UAS, sistemas en banda de comunicaciones, etc.).

Las tecnologías clave son la nanotecnología de conductores eléctricos, MMICs, GaN, E-SCAN, SAR y análisis térmico. Independientemente de la tecnología el tipo de sensor utilizado está evolucionando en el sentido de extender las capacidades de los sistemas, mejorando su sensibilidad, es decir, consiguiendo un mayor potencial en detección y clasificación, conjuntado con la necesaria optimización de recursos de forma automatizada.

Los dos ámbitos principales son el de radar y el de contramedidas. En cuanto al campo de las contramedidas electrónicas embarcadas en plataformas aéreas, se está migrando desde el uso de tubos de onda progresiva (TWT) a módulos T/R de banda ancha con semiconductores, tanto para perturbadores *-jammers-* como para señuelos remolcados *-Towed RF Decoy-*.

La tendencia actual es aumentar la capacidad de los equipos ESM/ELINT/ECM (contra-medidas y perturbación electromagnética) en cuanto a digitalización de señales (Recepción Digital) y el uso de sistemas receptores con un mayor ancho de banda instantáneo *-Wideband Receivers-*. En relación directa con el desarrollo de estos sensores, está cobrando cada vez mayor importancia el desarrollo de simuladores de entorno EOB *-Electronic Order of Battle-*. Estos sistemas entrarían dentro del área de equipos de apoyo, denominados comúnmente como GSE *-Ground Support Equipment-*.

En lo que respecta al área radar, la mayoría de radares embarcados están migrando a tecnología de barrido electrónico, por su versatilidad de uso, diversidad de técnicas radar y ECM (contra-medidas / perturbación electromagnética), y fiabilidad en servicio. A medio plazo se está enfocando al desarrollo de antenas de barrido electrónico ("active array"), que permiten optimizar las zonas de apuntamiento y modos de exploración de la antena, con lo cual se aumentan las prestaciones del sistema en cuanto a resolución angular y permite el control del nivel de potencia radiada según necesidad operativa (técnicas STAP *-Space Time Adaptive Processing-*) e incluso permite utilizar transmisiones simultáneas con diferentes fines. Esta capacidad, junto con la utilización de señales de un mayor ancho de banda, son las bases de las nuevas técnicas LPI *-Low Probability of Interception-* y además permiten una mejor resolución espacial. Además, su diseño altamente modular, basado en acumulaciones de gran número de Módulos de Transmisión/Recepción, asegura una alta fiabilidad (con una degradación gradual ante los fallos). Esta tecnología es también apreciada por su versatilidad de uso tanto en radares como en sistemas ECM.

Otro aspecto muy importante es el aumento de la capacidad de procesado de señal, lo cual permite la implementación de nuevos algoritmos que aumentan su robustez y, por otra parte, permiten la implantación de tecnologías SAR *-Synthetic Aperture Radar-*, y firma radar NCI *-Non Cooperative Identification-*, además de mejorar las prestaciones de las existentes en la actualidad.

A largo plazo, se está considerando la búsqueda de uniformidad de arquitecturas en los sistemas radar y defensa electrónica. El consorcio europeo STRATA, en el que participa INDRA, está actualmente investigando en este campo. Desde un punto de vista tecnológico, las bandas de milimétricas (> 40GHz) son el siguiente paso a desarrollar, sobre todo para sistemas ESM y ECM antimisiles semiactivos y activos.



Figura 20.- MANTA DIRCM (Contra-medida para IR MANPADS)

Las capacidades y principales actores en España se reducen, principalmente, a INDRA que es la empresa de referencia en nuestro país en lo que se refiere a la fabricación de radares y sistemas ESM/ELINT/ECM y GSEs, compitiendo internacionalmente con firmas del nivel de Thales y Selex. A continuación se detallan algunas de sus capacidades y desarrollos tecnológicos actuales:

- » Capacidad de fabricar equipos RWR y DIRCM que disponen de la última tecnología de Recepción Digital, Proceso y Radiofrecuencia incorporados en los mismos.
- » Ha participado en el diseño de, probablemente, el sistema de alerta y protección más complejo y avanzado a nivel mundial, el DASS del Eurofighter.
- » Actualmente participa en el diseño del futuro E-SCAN radar del Eurofighter, así como en los Módulos T/R del radar embarcado en satélite SEOSAR-PAZ.
- » Participa en el desarrollo de semiconductores y módulos de potencia en tecnología de nitruro de galio -GaN- (proyecto europeo de I+D Korrigan). El reducido tamaño de los módulos de Transmisión/Recepción fabricados con esta tecnología permite su implementación en arrays de control electrónico del haz mediante el control de ganancia y fase independiente en cada módulo. El cambio de semiconductores de arseniuro de galio -AsGA- a GaN está liderando los desarrollos en EE. UU. y su mayor capacidad de disipación de potencia lo hace más adecuado para sistemas ECM y radar en las bandas por debajo de 18 GHz.

Otros actores que disponen de grupo de investigadores en la actividad de dispositivos de potencia en base a GaN son la ETS de Ingenieros de Telecomunicación, TECNALIA y el CNM.

Tecnologías específicas

Las tecnologías analizadas en el apartado anterior son aquellas que están consideradas como prioritarias dentro de la Agenda Estratégica Española. En este apartado se va a proceder a analizar una serie de tecnologías específicas que requieren un análisis más detallado y alguna de ellas, incluso, no fueron consideradas inicialmente en el listado de Áreas Tecnológicas Prioritarias.

A continuación se analizan los sistemas de tren de aterrizaje, la autoprotección al rayo y la aviónica general.

5.1. Sistemas de tren de aterrizaje

El sistema de tren de aterrizaje es muy importante a nivel avión ya que supone alrededor de un 3% del coste total del mismo, porcentaje que se incrementa si tenemos en cuenta las tareas de mantenimiento que genera.

En aviones de tamaño grande y medio, hay tres actores principales en el plano internacional: Messier-Dowty, Goodrich y Liebherr. En el ámbito nacional destacan como actores de relevancia EADS-MTAD y CESA. La primera ha sido responsable de la definición y desarrollo de los trenes del C212, CN235, C295 y más recientemente del avión A400M. En cuanto a la CESA, como empresa de actuadores y componentes de tren, ha participado junto con Messier-Dowty en el diseño de detalle y fabricación de los trenes mencionados anteriormente y tiene la capacidad de desarrollo para trenes completos de aeronaves pequeñas y UAV's.



Figura 21. - Estructura principal del tren de morro y tubo giratorio del A400M

Actualmente, el mercado demanda empresas con liderazgo para el desarrollo de trenes de aterrizaje completos de medio y pequeño tamaño en los que las grandes empresas del sector no están especialmente interesadas por volumen de negocio o por la propia carga de trabajo generada en el desarrollo de los trenes de aviones de gran tamaño. CESA se encuentra en posición de asumir ese liderazgo.

Las tendencias futuras se pueden enmarcar en el uso de materiales de altas prestaciones y la introducción de algunas modificaciones en los sistemas de actuación.

En relación con los materiales de altas prestaciones, en los últimos desarrollos de BOEING y AIRBUS ha aumentado considerablemente el uso de aleaciones de titanio y se están introduciendo algunos elementos en fibra de carbono.

En relación con los sistemas de actuaciones, habrá que hacer una clara diferenciación entre aviones de tamaño mediano-grande y aviones pequeños (incluyendo UAS).

En los aviones medianos-grandes, la actuación del tren es hidráulica y seguirá siendo la tecnología dominante en el corto y medio plazo con una gran diferencia en la relación potencia/peso. Se están introduciendo, eso sí, ciertas actuaciones electromecánicas, como por ejemplo el desbloqueo de cerrojos o ciertas válvulas del sistema hidráulico de extensión/retracción.

En aviones pequeños y UAS, la actuación eléctrica podría ser una alternativa para todos los sistemas de actuación incluyendo la del propio tren, ya que en estos casos la relación potencia/peso deberá estudiarse desde un punto de vista global y no de aplicación concreta, y la no instalación de sistema hidráulico podría conducir a un ahorro de peso final, incluso no siendo rentable desde el punto de vista de actuación de tren.

Otro punto de interés es el control de amortiguación durante aterrizaje y rodadura, susceptible de poderse optimizar para los distintos modos de operación, actuando sobre las propiedades del fluido del amortiguador (uso de líquidos magnetorreológicos cuyas propiedades pueden modificarse gracias a la aplicación de un campo electromagnético local).



Figura 22.- Sistema de Tren de Aterrizaje del CN235

Esa optimización puede ser activa introduciendo un lazo de control que modifique el campo eléctrico sobre el fluido en función de la lectura de determinados sensores, o pasiva de manera que se seleccione el campo simplemente en función del modo de operación del avión (por ejemplo aterrizaje, rodadura, etc.).

5.2. Autoprotección a rayo

La estructura de la aeronave debe estar preparada para que en el caso de que un rayo impacte sobre una aeronave (entre 100.000 y 200.000 Amperios) el flujo eléctrico busque el camino de menor resistencia eléctrica. Entre los posibles efectos que se pueden producir en la aeronave se puede citar los siguientes: la vaporización de cables metálicos de control, la explosión de vapores de combustible dentro de los tanques, la fusión de soldaduras, la vaporización de resina en las proximidades del área de impacto y la posible destrucción de diversos componentes electrónicos no protegidos frente a campos electromagnéticos producidos por los pulsos de voltaje inducidos por el rayo.

El tradicional uso de estructuras metálicas ha representado una ventaja en lo que se refiere a su alta conductividad, eléctrica y térmica, con respecto a fenómenos tales como los campos electromagnéticos de alta potencia y el impacto de rayos. La introducción en el sector aeronáutico de los materiales compuestos ha supuesto un gran cambio en lo que se refiere a la protección de estructuras y sistemas embarcados respecto al ambiente electromagnético en el que debe operar la aeronave, ya que son mucho menos conductores que los metales, de modo que, sin una vía alternativa, la corriente buscará el camino metálico disponible.

Esta necesidad de proteger las estructuras compuestas ha conducido a que se desarrollen ciertos materiales especializados en la protección contra el rayo (*Lightning Strike Protection, LSP*) que incluyen el establecimiento de caminos conductores de la electricidad en las estructuras compuestas. Tradicionalmente se ha implementado mediante:

- » La incorporación de tiras de material conductor en el laminado.
- » La unión de rejillas de Al o Cu a la estructura del material compuesto.
- » La unión de hojas expandidas de Al anodizado a la estructura, como por el ejemplo el Strikegrid suministrado por Alcore.

Sin embargo, estos procesos distan de ser óptimos debido, sobre todo, a la complicación introducida en el diseño y la fabricación de las piezas, el coste, el incremento de peso y al control de calidad que garantice la correcta aplicación.

En la actualidad, tanto EADS CASA como TECNALIA están evaluando varios métodos para la obtención e incorporación de fibras poliméricas y nanotubos de carbono (CNTs) en la escala nanométrica a estructuras de composite. El propósito es aumentar la conductividad térmica y eléctrica de los laminados de fibra de carbono de aero-estructuras, de tal forma que puedan ser aplicados tanto como protección exterior como en capas intermedias. Además de este proyecto, existen otros, tales como el CENIT ICARO, en el que intervienen AIRBUS, TECNALIA, Aernnova y UC3M, o el proyecto europeo FP7 LAYSA con importante participación española, dirigidos al uso de nanotubos-nanofibras en el fuselaje para proporcionar capacidades de protección electromagnética.

5.3. Aviónica general

En la aviónica general se incluye toda la instrumentación y equipos, fundamentalmente electrónicos y electromecánicos, situados en cabina de pilotaje o en bodega, que sirven a la visualización, la navegación y a las comunicaciones, con exclusión de elementos de indicación o control que hayan sido considerados en otras Sub-áreas Tecnológicas.

Debido a la extensa variedad de funcionalidades, las tecnologías empleadas son múltiples, pero la tendencia lógica es el empleo universal de la electrónica en detrimento de la mecánica y la electromecánica. La integración modular es factible en aeronaves de nuevo diseño y puestas al día de sistemas de alto valor; hay que tener en cuenta la amplia duración de la vida útil de las aeronaves y las oportunidades de puesta al día de sistemas embarcados actuales utilizando aún aviónica convencional como solución óptima desde un punto de vista tecnológico y económico.

En el ámbito internacional los mayores fabricantes de aviónica son Thales, Rockwell-Collins y Honeywell. En el contexto nacional, el papel tractor de empresas ubicadas en España es muy importante, como son AIRBUS y EADS CASA con sus productos propios de transporte y EUROCOPTER, junto con la capacitación tecnológica de la industria española para diseñar e integrar tanto equipos como sistemas.

A medio plazo la tendencia se puede resumir en lo siguiente: integración de funciones; multifuncionalidad en la visualización; sistemas de navegación y aterrizaje satelital; comunicaciones seguras; radio software. A largo plazo se tiende a la modularización.

6

Análisis DAFO

Una vez analizadas las capacidades en el Área de Sistemas Aeronáuticos, se procede a realizar un análisis estratégico por medio de un DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), de tal forma que se puedan evaluar las ventajas competitivas y plantear la estrategia a emplear, tanto a medio como a largo plazo. En el Anexo II se puede consultar el DAFO realizado.

7

Objetivos y estrategias a medio y largo plazo

El análisis DAFO realizado en el apartado anterior lleva a perfilar una estrategia a medio y largo plazo para el área de sistemas. A continuación se realiza una descripción detallada por cada una de las Sub-áreas Tecnológicas.

7.1. Sistemas avanzados de control de vuelo

A medio plazo interesa desarrollar sistemas más competitivos en prestaciones y peso con respecto a los actuales. La clara tendencia hacia la actuación electromecánica (EMA) hace necesario elaborar una estrategia que aporte la capacidad de diseño mecánico incluyendo el control y la electrónica, dando un valor añadido al producto final.

A largo plazo hay que desarrollar ya las tecnologías que permitan abordar los sistemas de actuación no convencionales basados en actuadores piezoeléctricos, térmicos, magneto y electrorreológicos o con memoria de forma.

7.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo

En este contexto se debe apostar por mantener la responsabilidad de desarrollo de aviones cisterna en España, tratando de ampliar la participación española futura en el

desarrollo de otros elementos del sistema de repostado: toberas de conexión, *refuelling pods*, etc.

A largo plazo hay que desarrollar ya las tecnologías que permitan el desarrollo de sistemas de repostaje automático, pensando sobre todo en UAS. Esto incluye el control así como las tecnologías relacionadas con la visión artificial, reconocimiento de imágenes, simuladores, etc.

7.3. Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados

El mercado va a demandar empresas con liderazgo y tecnología para los distintos sistemas, en aviones de mediano y pequeño tamaño, que va a suponer una oportunidad si se potencia nuestra capacidad como integradores y capacidades para ensayos de sistemas o subsistemas.

Se deberá impulsar la extensión de la tecnología de 34,5 MPa (5.000 psi) de forma masiva en aviones regionales, helicópteros y transporte militar.

Al mismo tiempo e insistiendo en lo ya comentado para sistemas de control de vuelo, se debería potenciar en el medio plazo el desarrollo de tecnologías de actuación electromecánica y otros sistemas de actuación innovadores.

En sistemas neumáticos se debe resaltar la oportunidad de los dispositivos de generación neumática, dentro de la tendencia de reducción de sangrados del motor.

En el tema del combustible, se deben mejorar los sistemas de control de motor y los sistemas de inertización de los tanques.

7.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados

La estrategia en este ámbito, tanto a medio como a largo plazo, se debería centrar en la investigación y desarrollo de sistemas alternativos para las baterías, RAT y APU, basados en tecnologías de hidrógeno, pilas PEM y SOFC, así como la obtención de hidrógeno a partir de reformado de queroseno. El objetivo es la sustitución de los sistemas actuales que se alimentan de queroseno, por otros que reduzcan las emisiones de gases NO_x y CO_2 de tal forma que sean más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Otro aspecto relevante es la gestión y distribución inteligente para sistemas de alto voltaje.

7.5. Aviónica modular integrada

A medio plazo, la migración de aplicaciones existentes, desarrollo de otras nuevas, desarrollo de tecnología *middleware* de tiempo real, integración de sistemas y servicios embarcados, y la certificación de aplicaciones son las actividades en las que se van a centrar los desarrollos futuros.

A largo plazo, una vez se comience la implementación y despliegue de SESAR, el nivel tecnológico se irá centrando en el desarrollo de aplicaciones y servicios para ATM.

7.6. Autoprotección

A medio plazo se va a proceder al estudio de nuevas tecnologías de radares embarcados que se van a basar en el barrido electrónico y en el desarrollo de módulos de transmisión recepción para uso en satélites de observación.

A largo plazo se prevé una tendencia a la uniformidad de arquitecturas en sistemas radar y de defensa electrónica. Además se planteará el estudio de bandas milimétricas con frecuencias mayores de 40 GHz.

7.7. Sistemas de tren de aterrizaje

En aviones de medio y pequeño tamaño (incluyendo UAS), se debería potenciar a medio plazo la participación española en el desarrollo de trenes completos así como utilizar las posibles sinergias tecnológicas con otros sectores, como puede ser el de automoción.

También se debería impulsar en los sistemas de tren de aterrizaje el uso de materiales de altas prestaciones (como pueden ser titanios o materiales compuestos), el desarrollo de sistemas de monitorización tipo láser, ultrasónico o por redes de BRAGG embebidas, así como la optimización de la amortiguación en aterrizaje y rodadura (uso de fluidos magnetorreológicos) como diferenciación tecnológica.

Además el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con el aterrizaje automático de las aeronaves puede ser uno de los aspectos clave en este contexto temporal.

7.8. Aviónica general

A medio plazo el desarrollo de tecnología estará focalizado fundamentalmente en la optimización de las tecnologías actuales mientras que a largo plazo el objetivo principal es la modularización.

Propuestas de desarrollo tecnológico

La estrategia planteada en el apartado anterior lleva consigo una serie de propuestas de desarrollo que permitan implementarla. A continuación se realiza una descripción por cada una de las Sub-áreas Tecnológicas.

8.1. Sistemas avanzados de control de vuelo

- » Desarrollo de actuadores electromecánicos EMA, incluyendo control y electrónica.
- » Desarrollo de sistemas de actuación piezoeléctricos, electromagnéticos, con memoria de forma, magnetorreológicos y electrorreológicos.
- » Desarrollo y adaptación del software de control de vuelo para el ámbito civil.
- » Adaptación de las unidades de control de potencia y su certificación en el ámbito civil.
- » Sustitución de los sistemas convencionales por sistemas electromecánicos en aeronaves introduciendo técnicas de monitorización del estado del sistema *-health monitoring-*.
- » Introducción de sistemas de actuación y control en los motores de las aeronaves.

8.2. Sistemas avanzados de reabastecimiento en vuelo

- » Desarrollo de los sistemas de repostado en barquillas situadas en las alas (pods), toberas de conexión y tecnologías correspondientes al repostaje automático (visión artificial, reconocimiento de imágenes, simuladores, etc.).
- » Adaptación de MIUs al ámbito civil de pequeños ordenadores para captación del control de diversos sensores y procesado final con monitorización. Está basado en el *health monitoring*.
- » Desarrollo de sistemas de monitorización por láser y redes de BRAGG.

8.3. Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados

- » Desarrollo de sistemas hidráulicos de 34,5 MPa (5.000 psi).
- » Diseño de un sistema de ensayo de actuadores.

- » Sistemas de actuación y control en motores de aeronaves.
- » Desarrollo de sistemas electromecánicos en aeronaves introduciendo técnicas de *health monitoring*.
- » Desarrollo de sistemas neumáticos avanzados con generadores eléctricos.
- » Desarrollo de un sistema de gestión digital del suministro de combustible.
- » Sustitución de materiales y procesos contaminantes por materiales innovadores.
- » Desarrollo de sistemas electromecánicos en áreas de actuación auxiliar.

8.4. Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados

- » Desarrollo de pilas PEM de alta potencia para uso embarcado.
- » Desarrollo de pilas SOFC de alta potencia embarcadas, tiempo de respuesta en puesta en marcha, durabilidad.
- » Calificación en vuelo de un APU con batería de hidrógeno.

8.5. Aviónica modular integrada

- » Desarrollo de nuevos equipos de aviónica integrada con fibra de alta conductividad.
- » Desarrollo de aplicaciones y servicios para ATM.
- » Integración de sistemas y servicios embarcados.
- » Desarrollo de tecnologías y equipos de transporte de datos.
- » Desarrollo de aplicaciones embarcadas con modelo operacional vía satélite, terrestre o dual.

8.6. Autoprotección

- » Desarrollo de simuladores de entorno EOB.
- » Aplicación de los desarrollos relacionados con la autoprotección, tanto en el ámbito civil, como en sistemas terrestres o embarcados.

- » Desarrollo de módulos de transmisión recepción para uso para uso en satélites de observación y en radares embarcados.
- » Desarrollo de equipos ESM/ECM con mayor capacidad de procesamiento. Evolución de la Recepción Digital.

8.7. Sistemas de tren de aterrizaje

- » Desarrollo de trenes completos en aviones pequeños y UAS.
- » Desarrollo de sistemas alternativos de actuación en aviones pequeños.

- » Desarrollo de sistemas de amortiguación semi-activos basándose en fluidos magnetorreológicos.
- » Estudio sobre materiales alternativos (titanios, materiales compuestos).
- » Estudio sobre tecnologías relacionadas con el sistema de aterrizaje automático.

8.8. Aviónica general

- » Desarrollo Electrónica COTS, aplicaciones y desarrollos nacionales de bajo coste.

Conclusiones y recomendaciones del panel de expertos

Una vez analizadas las capacidades del sector de sistemas en aeronáutica, cuyo alcance es el definido anteriormente en el presente documento, y marcada una estrategia, se plantean una serie de recomendaciones y conclusiones que han sido complementadas con las opiniones de los participantes de la mesa de expertos constituida (Anexo I). Las conclusiones y recomendaciones obtenidas son las siguientes:

- » Se debe incluir la aviónica general como un Área Tecnológica nueva en el análisis debido a su creciente importancia en España. Se considera justificada su inclusión como Sub-área Tecnológica, debido a la masiva presencia de elementos en la aeronáutica actual, a su previsible permanencia en el futuro y las oportunidades generadoras de negocio y desarrollo tecnológico que ofrece.
- » Se debería incluir un Área Tecnológica específica para trenes de aterrizaje y sistemas de actuación de tren.
- » Se debe generar una mayor capacidad con nuevos actores que tengan productos calificados para vuelo y potenciar los existentes con productos más competitivos.
- » Se recomienda una optimización de estos recursos y una especialización en centros de ensayo y laboratorios con equipos especializados.

- » Se recomienda potenciar y desarrollar actividades tecnológicas relativas a nuevos equipos y sistemas, debido a su capacidad de generar negocio a medio y largo plazo mediante la venta de repuestos y mantenimiento.
- » Se deberá potenciar el desarrollo de nuevos sistemas de generación de potencia basados en el hidrógeno y las pilas de combustible.
- » Se propone integrar la sub-área "tecnologías avanzadas de integración en unidades de potencia auxiliar (APU)" en la de "sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados".
- » Se potenciarán nuevos desarrollos para conseguir un avión "más eléctrico".
- » Se tenderá hacia la generación de tecnologías duales (civil y defensa / seguridad).
- » Se constata la creciente importancia de los sistemas para los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAS). Por ello se tenderá al desarrollo de nuevos demostradores tecnológicos para validar estos sistemas, que justificarían la creación de un centro especializado en España.

ANEXO I. Miembros de la mesa de expertos

A continuación se encuentra un listado con los miembros de la mesa de expertos que se ha constituido por miembros del Grupo de Vigilancia Tecnológica (GVT) y por expertos seleccionados por los componentes de ese grupo de la PAE.

NOMBRE	ENTIDAD	e-mail
Miguel Bueno Sendra	AMPER PROGRAMAS	mbueno@amper.es
Francisco Aguado	CESA	faguado@cesa.aero
Philippe Roulet	DMP	philippe@dmp.aero
Luis Castro	ELIMCO	lcastro@elimco.com
Fco. Javier Varas Noriega	GTD	javier.varas@gtd.es
Pedro M ^a Vidán Mendoza	INDRA	pvidan@indra.es
Juan Carlos Sánchez	INTEGRASYS	juan.sanchez@integrasys-sa.com
Juan Manuel Martínez	INTEGRASYS	juan.maetinez@integrasys-sa.com
Justo Novo Novo	INTERLAB	jnovo@interlab.es
Javier Viñals	SENER	javier.vinals@sener.es
Javier Coletto	TECNALIA	javier.coletto@inasmet.es
Luis Bussión	TEMAI-INGENIEROS	lbussion@temai-ingenieros.com
Pedro de Melo	AERTEC	pdemelo@aertec.es
José Javier Romero	GVT/CDTI	jjrr@cdti.es
Eduardo Chamorro	GVT/CESA	echamorro@cesa.aero
M ^a Luisa Cosme	GVT/INTA	cosmehl@inta.es
M ^a Jesús Rivas	GVT/INTA	rivasmj@inta.es
Miguel Ángel Llorca	GVT/PAE	mallorca@atecma.org
Jesús Marcos	GVT/TECNALIA	jesus.marcos@inasmet.es

ANEXO II: Análisis DAFO

Oportunidades

- Papel tractor de empresas multinacionales ubicadas en España como son AIRBUS, EADS CASA o EUROCOPTER.
- EADS CASA tiene ciertas responsabilidades que favorecen la participación de otras empresas españolas, ejemplos son la integración de aviones MRTT, el desarrollo de los sistemas de reabastecimiento de combustible, su alta participación en los sistemas de aviones de transporte militar o la integración de los sistemas de APU.
- Obsolescencia de la flota actual de aviones cisterna, tanto en Estados Unidos como en Europa. Adicionalmente, existe mucha flota en activo que requiere actualizaciones (el ciclo de vida de aeronaves es superior a 30 años).
- El mercado demanda empresas con liderazgo para el desarrollo de sistemas de tren y de actuación en aviones de medio y pequeño tamaño.
- Aparición de nuevos mercados (UAS, VILs y de satélites de observación) que pueden servir de plataforma para desarrollos propios.
- En actuaciones hidráulicas y electromecánicas hay cambios tecnológicos que demandan nuevos materiales y recubrimientos más respetuosos con el medio ambiente.
- En actuación en general hay un cambio tecnológico de sustitución de actuaciones convencionales por actuaciones electromecánicas, piezoeléctricas, y otras nuevas tecnologías.
- En neumática hay una tendencia a la desaparición de sistemas de sangrado a favor de generadores eléctricos de potencia neumática.
- Alternativas tecnológicas en sistemas de generación de potencia y en particular en sustitución de baterías, RAT y APU. Desarrollos de pilas de combustible embarcadas.
- Necesidad de desarrollos de electrónica para una gestión inteligente de la energía eléctrica del avión.
- A largo plazo toda la aviónica debe estar dentro de la aviónica modular. IMA facilita abordar el diseño y fabricación del sistema completo de actuación.
- La implantación de la tecnología de SESAR y/o NEXTGEN requiere sistemas embarcados con arquitecturas IMA.
- Incorporación de la ESA (ARTES 10) al programa SESAR.
- Los sistemas implantados en el sector de defensa tienen una aplicación en el sector civil.
- Ampliación de capacidades de equipos ESM/ECM a través del desarrollo de recepción digital.
- Evolución hacia la sostenibilidad y los aviones respetuosos con el medio ambiente.
- Sinergia tecnológica con los sectores de automoción y espacial y con otros sectores relacionados con comunicaciones.
- Posible desarrollo de un transporte militar en el rango de 16 a 20 toneladas de carga de pago.

Amenazas

- La reorganización de EADS-AIRBUS podría deslocalizar ciertas actividades de España.
- Proteccionismo en el mercado americano y su influencia en el mercado mundial.
- Tendencia a la desaparición de las actuaciones hidráulicas (producción actual orientada a estos componentes).
- Los fabricantes de avión están dando la oportunidad a los fabricantes de equipos de integrar sistemas y ofrecer productos llave en mano, lo cual puede ir en perjuicio de empresas pequeñas que no tengan un tamaño crítico adecuado.
- No existen en España bancos de prueba (aviones pequeños) para sistemas de actuación, sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados.
- Las tecnologías base (sistemas operativos y plataformas de desarrollo) son mayoritariamente americanas.
- Los grupos europeos (Thales y Selex) disponen de tecnologías en el ámbito IMA que pueden limitar la participación española en SESAR.
- La dimensión del mercado nacional no permite hacer inversiones en I+D rentables, lo que le deja en peores condiciones con respecto a los competidores europeos (Thales y Selex).
- El centro de investigación de AIRBUS en pilas de combustible no está en España.
- Los grandes actores de aviónica no son nacionales (Thales, Rockwell-Collins, Honeywell).
- Aparición de empresas de mercados emergentes con menor coste de I+D y de producción.

Fortalezas

- Airbus España es la actual responsable del sistema de repostaje de combustible y de los sistemas APU y RAT para todos los aviones de Airbus.
- Centro de Boeing en el área de ATM en España.
- En sistemas hidráulicos, neumáticos, combustible y tren existen capacidades a nivel de componente y subsistemas, y liderazgo a nivel de sistema completo en aviones de pequeño tamaño, UAS y VUJ's.
- Presencia de CESA como suministrador global de sistemas hidráulicos y de actuación secundaria. En sistemas de control y actuación avanzados, existen empresas con capacidades en los diferentes componentes de sistemas de actuación que permiten acometer aplicaciones nicho.
- Capacidad para fabricar y certificar el sistema de reabastecimiento en vuelo, donde varias empresas españolas han sido desarrolladoras del MRTT- ARBS (Multi Role Transport Tanker - Air Refuelling Boom System).
- En computadores y control de vuelo, existen conocimientos de distintas empresas en desarrollos de software.
- Capacidad de desarrollo de unidades de control de potencia en el ámbito de defensa.
- En España existen muchas aplicaciones de aviónica y se está en disposición para migrar a arquitecturas IMA.
- Capacidades desarrolladas en España en el ámbito de los programas aeronáuticos de defensa.
- Alta capacidad de mantenimiento.
- Capacidad de diseño e industrialización en comunicaciones y navegación.

Debilidades

- En el ámbito de computadores y control de vuelo, existen barreras de entrada debidas a los costes de desarrollo y en menor medida tecnológicas.
- No hay visibilidad a corto plazo del programa de entregas de los aviones cisternas'.
- En España no existen empresas de primer nivel con tamaño crítico para convertirse en proveedoras de sistemas completos en aviones comerciales, lo que puede generar un salto de nivel de las empresas de componentes con la correspondiente pérdida de competitividad.
- En el ámbito de IMA falta dinamismo y coordinación en las empresas europeas frente a las americanas.
- Falta de programas de desarrollo nacionales, en particular de I+D enfocado al sector civil.
- No existe participación real española en los equipos que conforman la APU, además la mayoría de los componentes del APU vienen del mercado americano.
- Pequeño volumen de negocio en España en aviónica general.

ANEXO III: Mapa de capacidades: empresas

Área Tecnológica	Sub-área Tecnológica	Aertec	Airbus	AMPER Programas	AERNNOVA	CESA	CRISA	DMP	EADS CASA	ELIMCO	GTD	GMV	INDRA	Intergrasys	Interlab	SENER	TEMAI-Ingenieros	TTI
Sistemas de Control	Sistemas avanzados de control de vuelo			■		■			■		■	■	■		■	■	■	
Equipos y sistemas embarcados	Sistemas avanzados de reabastecimiento de vuelo	■				■		■	■	■	■	■			■		■	
	Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados					■	■		■							■		■
	Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados		■			■				■			■					
	Aviónica modular integrada											■	■	■				
	Autoprotección												■					
	Sistemas de tren de aterrizaje					■												
Tecnologías específicas	Autoprotección a rayo		■		■				■									
	Aviónica general			■								■	■					

10

ANEXO IV. Mapa de capacidades: agentes tecnológicos (institutos, universidades, centros tecnológicos, etc.)

Área Tecnológica	Sub-área Tecnológica	CTA	FIDAMC I	NTA	TECNALIA	UC3M	UPC	UPM	UPV/EHU
Sistemas de control	Sistemas avanzados de control de vuelo								
Equipos y sistemas embarcados	Sistemas avanzados de reabastecimiento de vuelo								
	Sistemas hidráulicos, neumáticos, de combustible y de actuación avanzados	■	■	■	■	■	■	■	
	Sistemas de generación de potencia y gestión eléctrica avanzados				■				
	Aviónica modular integrada	■			■				■
	Autoprotección				■				
Tecnologías específicas	Sistemas de tren de aterrizaje								
	Autoprotección a rayo				■	■			
	Aviónica general								■

ANEXO V: Lista de acrónimos

- **ACTIVE ARRAY:** Antenas de barrido electrónico
- **APU:** Unidad de Potencia Auxiliar
- **ARBS:** Air Refuelling Boom System
- **ARINC:** Aeronautical Radio Inc
- **AsGa:** Arseniuro de galio
- **ATM:** Gestión de tráfico aéreo
- **ATN:** Aeronautical Telecommunication Network - ICAO
- **BRSU:** Bending Ring Sensor Unit (Medidor de Esfuerzos de Flexión y Tracción)
- **CENIT:** Consorcios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica
- **CFD:** Chaff and Flare Dispensers
- **CFRP:** Carbon fibre-reinforced plastics
- **CNM:** Centro Nacional de Microelectrónica
- **CORBA:** Common Object Request Broker Architecture (arquitectura común de intermediarios en peticiones a objetos)
- **COTS:** Commercial Off-The-Shelf (productos que estén disponibles al público en general).
- **DASS:** Defensive Aids Sub System
- **DDS:** Data-Distribution Service for Real-Time Systems
- **DIRCM:** Directed Infrared Countermeasure System
- **DSP:** Digital Signal Processing
- **EADS:** European Aeronautic Defence and Space Company
- **EBAS:** Engine Bleed Air System
- **ECM:** Electronic Counter Measures
- **EHA:** Actuadores electro-hidrostáticos
- **ELINT:** Electronic Intelligence
- **EMA:** Actuadores electromecánicos
- **EOB:** Electronic Order of Battle
- **ESA:** Agencia Europea del Espacio
- **E-SCAN:** Radar de barrido electrónico
- **ESM:** Electronic Support Measures
- **EUROCAE:** Organización Europea para los Equipos de Aviación Civil
- **FADEC:** Full Authority Engine Control
- **FPGA:** Field Programmable Gate Arrays
- **GaN:** Nitruro de galio
- **GSE:** Ground Support Equipment
- **GVT:** Grupo de Vigilancia Tecnológica - PAE
- **HVDC:** High-Voltage Direct Current
- **ICAO:** International Civil Aviation Organization
- **IFF:** Identification Friend or Foe (Identificación Amigo o Enemigo)
- **IMA:** Aviónica modular integrada
- **IPS:** Internet Protocol Suite
- **IR:** Infrarrojo
- **ISAR:** Inverse Synthetic Aperture Radar
- **JMS:** Servicios de Mensajería de Java (SUN)
- **LPI:** Low Probability of Interception
- **LSP:** Lightning Strike Protection
- **MANPAD:** Man Portable Air Defence
- **MDP:** Maintenance Data Panel
- **MIU:** Modular Interface Unit
- **MLG:** Main Landing Gear (Tren de Aterrizaje Principal)
- **MLS:** Microwave Landing System
- **MMICs:** Monolithic Microwave Integrated Circuits
- **MRTT:** Multi role Tanker Transport
- **MTAD:** Military Transport Aircraft Division
- **NCI:** Non Cooperative Identification
- **NEXTGEN:** USA's 'Next Generation Air Transport System'
- **OBIGGS:** On Board Inert Gas Generating System
- **PAE:** Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española
- **PEM:** Pilas de membrana polimérica
- **POI:** Probability of Interception
- **RAT:** Ram Air Turbine
- **RTCA:** Requisitos y Conceptos Técnicos para la Aviación
- **RWR:** Radar Warning Receiver
- **SAR:** Synthetic Aperture Radar
- **SEOSAR:** Sistema Español de Observación por antena SAR
- **SESAR:** Single European Sky ATM Research
- **SOA:** Service Oriented Architecture (Arquitectura Orientada a Servicios)
- **SOFC:** Pilas de Combustible de Óxido Sólido
- **STAP:** Space Time Adaptive Processing
- **STRATA:** Scalable Multi-Function RF Systems Trade-Off Studies, All Nations
- **T/R:** Transmisión / Recepción
- **TWT:** Travelling Wave Tube
- **UAS:** Unmanned Aircraft System
- **UV:** Ultravioleta
- **VLJ:** Very Light Jets
- **VME:** Virtual Machine Environment

ANEXO VI. Definiciones

- **ADA:** Lenguaje de programación orientado a objetos que fue diseñado por Honeywell Bull por encargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
- **BRAGG (RED):** Redes de fibra óptica tipo BRAGG.
- **C/C++:** Lenguaje de programación, diseñado a mediados de los años 1980, orientado a objetos.
- **ELECTROELECTRIVO:** Material que varía sus dimensiones en función del campo eléctrico al que se ve sometido.
- **ELECTORREOLÓGICO:** Fluido que tiene la capacidad de modificar sus propiedades reológicas en función del campo eléctrico al que está sometido.
- **ERA:** Sistema que forma parte del mecanismo que ejecuta las operaciones de descenso de la pértiga.
- **FLUTTER (FLAMEO):** Inestabilidad aeroelástica por la cual una estructura al vibrar absorbe energía del fluido circundante de tal forma que es incapaz de disipar en un ciclo de vibración toda la energía que absorbe.
- **FLY BY WIRE:** Sistema de control de superficies que se basa en el movimiento de motores o sistemas hidráulicos activados por impulsos eléctricos (comandos eléctricos de vuelo).
- **HEALTH MONITORING:** Proceso de detección del daño (aeroestructuras).
- **HOST:** Sistema que forma parte del mecanismo que ejecuta las operaciones de ascenso de la pértiga.
- **MAGNETOELECTRIVO:** Material que varía sus dimensiones en función del campo magnético al que se ve sometido.
- **MAGNETORREOLÓGICO:** Fluido que tiene la capacidad de modificar sus propiedades reológicas en función del campo magnético al que está sometido.
- **NANOTUBO DE CARBONO:** Material carbonoso.
- **PIEZOELÉCTRICO:** Material que transforma energía mecánica en eléctrica y viceversa.
- **PROTOCOLO IP:** Internet Protocol (Protocolo de Internet).
- **JAVA:** Lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems a principios de los años 90.
- **MIDDLEWARE:** Software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas.
- **MIL-STD-464:** Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems (US Military Standard).
- **MORPHING:** Cambio de forma de una aeronave por medio de sensores y actuadores integrados.
- **RTCA DO-254:** Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware (RTCA).
- **RTCA/DO-160/ED 14:** Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment (EUROCAE).
- **TAIL BOOM:** Sistema de reabastecimiento en vuelo.

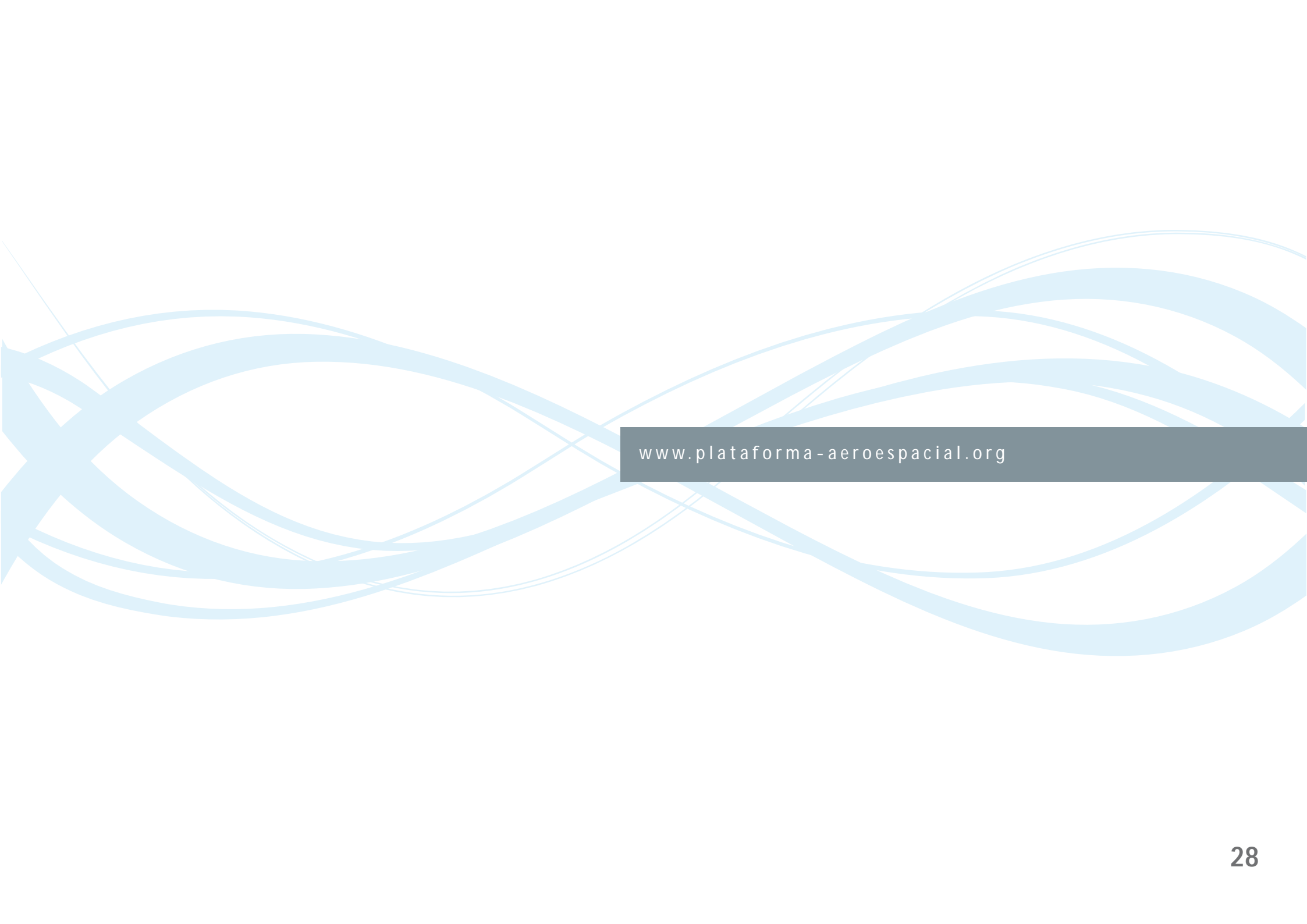
ANEXO VII. Listado de figuras

- Figura 1: Actuador *fly-by-wire* del Eurofighter. ¹
- Figura 2: Sistema de actuación única para Flaps (SENER - Proyecto HIGH LIFT). ³
- Figura 3: *Tail Boom* integrado en el A330-200 MRTT. ¹
- Figura 4: Montaje y pruebas del *Tail Boom* en CESA. ¹
- Figura 5: Actuador de izado (HOIST) y de extensión-retracción (ERAS) de la pértiga central. ¹
- Figura 6: Sensor de flexión y carga (BRSU) de la pértiga. ¹
- Figura 7: Deposito hidráulico del A380. ¹
- Figura 8: Actuador de retracción de tren del A380. ¹
- Figura 9: Acumulador hidráulico en composite para el helicóptero S92. ¹
- Figura 10: Válvulas del EBAS del A400M. ¹
- Figura 11: Actuador de retracción MLG-A400M con actuador electromecánico desbloqueo emergencia. ¹
- Figura 12: *Auxiliary Power Unit large* (RE220).¹
- Figura 13: RAT del A380 y Boeing 757. ¹
- Figura 14: APU del A380. ¹
- Figura 15: *Maintenance Data Panel* (MDP). ²
- Figura 16: MIU / ARIM – *Modular Interface Unit. Airborne Remote Interface Module* (Controlador de Datos Remotos). ²
- Figura 17: Radar del Eurofighter (CAPTOR).²
- Figura 18: Radar E-SCAN. ²
- Figura 19: MANTA DIRCM (Contramedida para IR MANPADS). ²
- Figura 20: Estructura principal del tren de morro y tubo giratorio del A400M. ¹
- Figura 21: Sistema de tren de aterrizaje del CN235. ¹

¹ Fotografía cortesía de CESA

² Fotografía cortesía de INDRA

³ Fotografía cortesía de SENER



www.plataforma-aeroespacial.org

