

Consideraciones sobre aspectos de diseño y tecnología en el EFA

Fco. JAVIER ILLANA SALAMANCA
Teniente Coronel (IA)

JOSE CORUGEDO BERMEJO
Comandante (IA)

INTRODUCCION

EL diseño del EFA responde a las necesidades de misión establecidas por los organismos operativos de las naciones participantes en el programa. En estos requisitos se hace énfasis en la polivalencia, con aptitud para desempeñar misiones de Superioridad Aérea (agilidad), interceptación y aire/superficie. A efectos del diseño, la misión aire/aire se considera factor condicionante.

La polivalencia de un diseño ha sido siempre un factor muy debatido tanto en los Estados Mayores como a nivel industrial. Se argumenta que un diseño de este tipo, que nace del compromiso para satisfacer diferentes tipos de misiones, y cuyos parámetros directores son, con frecuencia, incompatibles entre sí, no puede competir con uno especializado en su propio dominio de actuación. Hipótesis que es absolutamente cierta pero que puede rebatirse con otros argumentos en la balanza. En primer lugar la tecnología actual permite flexibilizar considerablemente un diseño paliando las limitaciones locales del mismo. Pongamos un ejemplo, una baja carga alar es premisa para conseguir unas buenas condiciones en el combate aire/aire pero es inadecuada para efectuar misiones de penetra-

ción a baja cota debido, entre otros aspectos, a la alta sensibilidad de las ráfagas. Actualmente la utilización de tecnologías de control activo de las superficies de control permite actuar sobre las mismas para, sin carga adicional al piloto, conseguir unas adecuadas cualidades de penetración. En segundo lugar el coste de desarrollo, adquisición y apoyo logístico integrado son de una magnitud que hacen inviable, para naciones como las de la Comunidad Económica Europea, el desarrollo, adquisición y operación de diferentes tipos de aeronaves para cumplir cada una de las misiones especializadas. Por último resaltemos las ventajas de empleo operativo que supone un diseño flexible con capacidad multimisión.

En el aspecto tecnológico, el EFA nace con un requisito muy significativo. Con el fin de minimizar riesgos (en coste y plazo de realización) las naciones participantes han acordado la utilización de tecnologías demostradas y garantizadas.

El EFA como aeronave de combate es el producto de estos dos requisitos básicos. Diseño polivalente con la misión aire/aire como condicionante principal y realización práctica de este diseño utilizando tecnologías probadas. El resultado es un sistema que, si bien no puede califi-

carse como revolucionario, se considera de una generación posterior a los actualmente existentes (Mirage 2000, F-16, F-18, MIG-29). En el presente trabajo se tratarán algunos aspectos resultantes del diseño y tecnología aplicados al EFA.

AERODINAMICA Y CONTROL

En el acuerdo de Turia (agosto de 1985) se definieron las características básicas del EFA. Peso Básico en Vacío (BME): 9,75 toneladas; superficie alar: 50 m²; empuje del motor: 90 KN; aerodinámica optimizada para aire/aire con énfasis en el combate cercano y gran agilidad.

La configuración seleccionada ha sido de ala en delta, canard y sistema inestable longitudinalmente.

El ala tipo delta fue seleccionada porque se acomodaba mejor, comparada con el tipo trapezoidal, a las exigencias de diseño. Entre las ventajas cabe destacar:

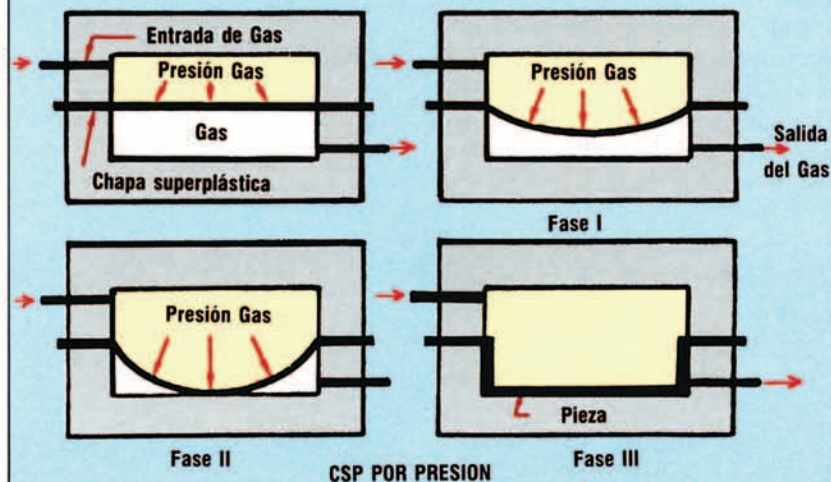
- En el régimen subsónico, la relación L/D (sustentación/resistencia) es mejor, especialmente cuando los ángulos de ataque (AOA) son elevados (combate aire/aire).

- En régimen supersónico, la variación del centro aerodinámico es menor con lo que se reduce

TECNOLOGIAS SPF/DB EN EL EFA

La Superplasticidad es la propiedad que poseen ciertos materiales para alcanzar grandes alargamientos en ensayos de tracción sin que se produzca restricción o rotura. La Soldadura por difusión es "la unión de metales iguales o diferentes cuyas superficies a unir son mantenidas con presión, a una temperatura por debajo del punto de fusión de cualquiera de las piezas de contacto, sin o con la formación de una fase líquida". A esta temperatura y presión los átomos se difunden entre las caras de las dos piezas en contacto obteniéndose una pieza con una unión de resistencia similar a la del material de las piezas que se unieron.

Empleando en un mismo proceso de fabricación estas dos tecnologías pueden obtenerse piezas complejas con unos costes de fabricación muy inferiores a la de procedimientos convencionales (remachado) con beneficio adicional de resultar la pieza más ligera.



Para que una aeronave de estas características sea controlable es necesario usar tecnologías conocidas como FBW (FLY BY WIRE). El EFA dispone de un sistema de control de vuelo, que tiene autoridad total y en todo momento, digitalizado y cuadruplicado que proporciona estabilidad (artificial) y un manejo sin restricciones (CAREFREE) al piloto. El sistema dispone de unos sensores (sondas de ángulo de ataque, pitots, presión estática, etc.) que miden las condiciones externas. Estas señales se digitalizan y envían a un computador donde, junto a las señales enviadas por el piloto, son tratadas de acuerdo con las leyes de pilotaje y transformadas en señales de mando para las superficies de control. Con fines de seguridad el sistema está cuadruplicado.

El sistema de control de vuelo del EFA está diseñado para permitir al piloto un empleo sin restricciones de las posibilidades físicas de la aeronave. El sistema detecta situaciones que pueden llevar a la aeronave fuera de los límites del dominio de vuelo o de diseño y actúa de acuerdo con una lógica de control. En condiciones de combate cercano,

la resistencia inducida debida a la compensación (trimado).

- La rigidez estructural del ala es mayor, con un comportamiento aerolástico más favorable y es más adecuada para la colocación de cargas externas.

- El peso específico del ala (peso/área), eficacia volumétrica (combustible interno) es favorable.

- Se pueden conseguir mayores brazos de momento para la aplicación de las fuerzas de control (mando, compensación, flap) por lo que estas son más eficaces.

La selección del canard ha estado también marcada por los requisitos operativos. En el EFA el Canard es totalmente móvil y su situación ha sido cuidadosamente elegida para que el conjunto ala-canard actúe óptimamente en situaciones de elevado ángulo de ataque con un aumento de sustentación y una reducción de la resistencia inducida. En una configuración de este tipo, el fo-

co del avión (punto donde se aplican los incrementos de sustentación del ala y del canard producidos por aumentar en ángulo de ataque) se desplaza hacia adelante y el sistema resultante es longitudinalmente inestable.

BENEFICIOS OBTENIDOS DE LA INTEGRACION/FUSION DE SENSORES SOBRE UN SISTEMA MONO SENSOR

MEJORA	CARACTERISTICAS	BENEFICIOS TACTICOS
Cobertura Especial y Temporal Mejorada	Cobertura especial extendida por sobreposición de campos de visión Probabilidad de detección mejorada por los múltiples sensores	Probabilidad mejorada de detección de blancos Mejor conocimiento de la situación y apoyo mutuo
Características de Medición Mejorada	Ambigüedad reducida por múltiples medidas Detección, seguimiento e identificación mejorada cuando se integran "vistas" múltiples del blanco Incertidumbre de datos reducida cuando se integran múltiples datos independientes	Adquisición, Seguimiento e identificación de blancos a mayor distancia Discriminación precisa de tipo de blanco y capacidad militar (amenaza)
Robustez Operativa Mejorada	Incremento posible en la fiabilidad de la misión debido a redundancia Modos degradados (subgrupos de sensores) disponibles	Vulnerabilidad a la negación de datos de un solo sensor Posibilidad de modos
	Actuación robusta proporcionada por sensores multispectrales	Sensores de alternativas para reducir observabilidad

cuando pueden alcanzarse fácilmente situaciones de baja velocidad y elevado ángulo de ataque, el sistema es extremadamente útil para evitar que la aeronave entre en un fuera de control.

La configuración de canard proporciona otra ventaja muy estimable en la navegación a baja cota: el comportamiento respecto a las ráfagas. En estos casos se produce un aumento instantáneo de sustentación en el plano que tiende a encabritar la aeronave (estabilidad negativa), la actuación del canard de forma instantánea y automática puede actuar para contrarrestar este momento de encabritado.

Por último indicaremos que esta configuración seleccionada para el EFA tiene capacidad potencial de crecimiento. En este sentido el canard se puede acoplar con un sistema propulsivo que disponga de empuje direccional (en la vertical) y con un sistema de sustentación directa (traslación sin rotación y viceversa).

NUEVOS MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION

El desafío de los diseñadores del EFA ha sido cumplir los requisitos de misión exigidos con un Peso Básico en Vacío (BME) de 9,75 toneladas, vida en fatiga de 6000 horas y costes de producción adecuados. La aplicación de nuevas tecnologías (tanto en materiales como en producción) han contribuido significativamente a este objetivo y permitido ahorrar más de 1500 kg. de peso.

Entre los materiales avanzados destaca la utilización de plásticos reforzados con fibras de carbono (CFC, Carbon Fibre Composite) ya populares en la industria aeronáutica donde son conocidos como "aluminio negro". En el EFA alrededor del 40% del peso estructural y 70% de la superficie

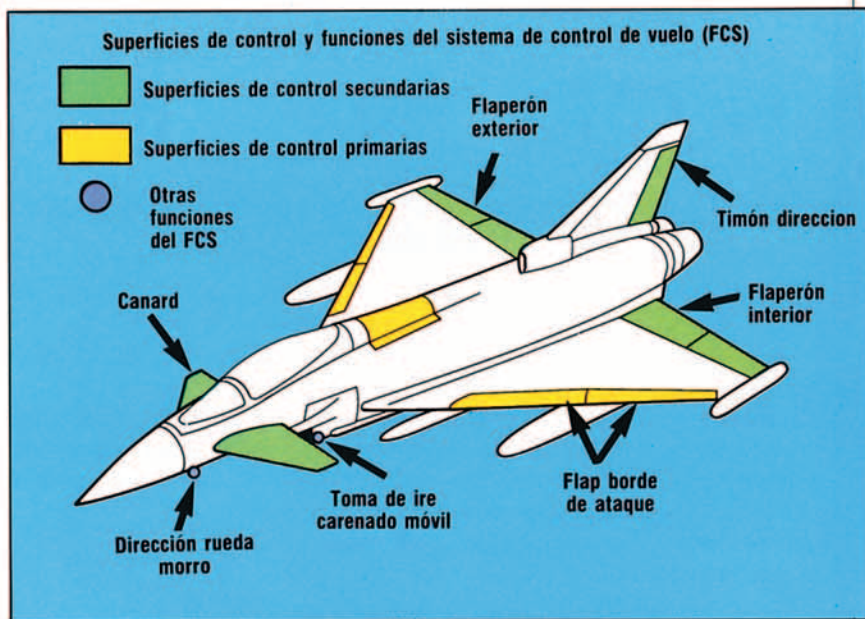
mojada pertenecen a este tipo de materiales. Las industrias europeas ya disponían de una gran experiencia en este tipo de materiales (Programa EAP, X-31, Tornado, Airbus). Sin embargo, en el EFA, se han empleado de forma masiva en elementos de estructura primaria. Además se han utilizado técnicas de fabricación especialmente pensadas para estos materiales y de esta forma extraer todos los beneficios posibles. Entre los elementos estructurales así diseñados y fabricados destaca el ala. Los ingenieros han diseñado el proceso de fabricación de forma que el revestimiento y la estructura se-

dispone de esta tecnología (el Airbus A340 utilizará unos 2000 kg. de Al-Li) y la utilizará en diversos componentes del EFA.

Entre las técnicas de fabricación destacan las denominadas de Conformado Superplástico y Soldadora por Difusión (SPF/DB, Superplastic Forming/Diffusion Bonding) que permiten importantes reducciones de peso y coste de fabricación.

AVIONICA

Un área de constantes, y casi ilimitadas mejoras, por el momento, es la Aviónica. En el caso



cundaria fijada al mismo (largerillos) son pegados y curados al mismo tiempo. Con ello se disminuyen el número de remaches (en un ala convencional pueden llegar a 5000) con una disminución de coste (20%) y peso (12%).

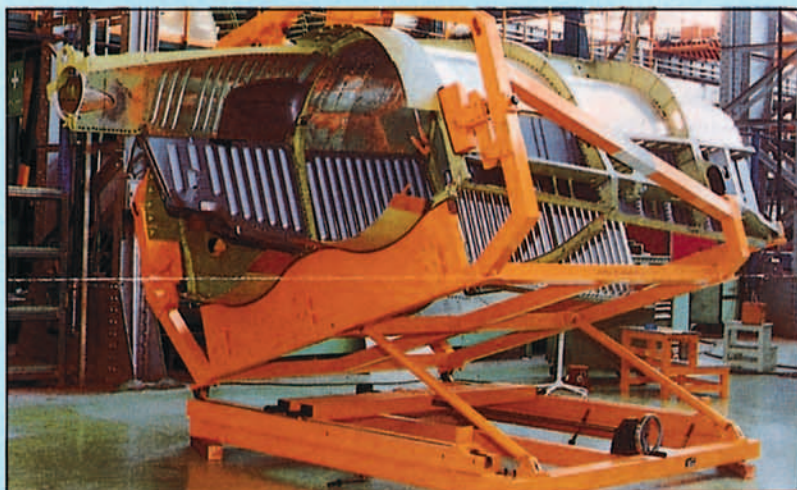
Otras de las innovaciones es el empleo de aleaciones de Aluminio-Litio (Al-Li). Este tipo de aleaciones se utilizan como sustitutivas de las convencionales de aluminio para ahorrar peso (8%-10%) sin coste adicional de fabricación. La industria europea ya

del EFA el criterio de diseño se basa en un sistema multisensor modular que incorpora la filosofía del multiproceso.

Se puede describir la aviónica del EFA como un sistema de captación de información sobre 360 grados alrededor de avión, basándose en una red de sensores activos y pasivos. Esta información se manipulará en varios sistemas con capacidad de multiproceso, distribuyéndose la carga de trabajo de forma automática (proceso distribuido paralelo,

TECNICAS DE FABRICACION AVANZADA EN CASA

El pasado 24 de julio, antes de la fecha planificada, tuvo lugar en la Factoría de Tablada la ceremonia de entrega de la estructura del fuselaje posterior -stage 1-, correspondiente al primer prototipo del programa de desarrollo.



Este componente de la estructura ha sido diseñado por CASA, utilizando tecnologías avanzadas de aluminio y titanio -y sofisticadas tecnologías- conformado superplástico y soldadura por difusión (S²F/DB)- que han permitido importantes reducciones en el peso de subcomponentes estructurales, reportando a la vez tecnología e instalaciones utilizables en éste y en otros programas de CASA.

Un aspecto a destacar es el hecho de ser el primer conjunto mayor que cruza las fronteras de los países participantes en el EFA.

PDP). Esta información será después distribuida mediante buses digitales con gran capacidad de transmisión de datos, correlacionando éstos para su uso por parte de los diferentes sistemas del avión, así como su manipulación y presentación, de una forma adecuada al piloto.

Por ejemplo, y en el caso del EFA es una gran innovación la incorporación de un Sistema de Control de Armamento y Fuego (Fire Flight Control System, FFCS) que integra las capacidades de los sistemas de mandos (control) de vuelo con las de armamento para obtener así un potencial combinado ofensivo/defensivo y de maniobra más eficaz.

Otro subsistema a destacar es el de Ataque e Identificación (AIS), que tiene asignadas las siguientes funciones:

- * detección e identificación de blancos

- * lanzamientos y guiado de armamento

- * control de maniobras tácticas ofensivas y defensivas y está caracterizado por:

- * software redundante y proceso en paralelo distribuido

- * radar de altas características compatible con AMRAAM (misil aire/aire avanzado)

- * búsqueda y detección multimodo de múltiples blancos a gran distancia.

- * búsqueda y seguimiento por encima y por debajo del horizonte

- * análisis, identificación y asignación de prioridades a las amenazas

- * cálculos de la envolvente de lanzamiento del armamento

- * cálculo de las maniobras óptimas ofensivas/defensivas junto con la presentación de la información más relevante

- * resistencia a las contramedidas electrónicas (ECM)

- * incorporación del sistema de identificación NATO

- * sistema FLIR montado internamente

- * capacidad de iluminación de onda continua (CW) para armamento ya existente, como los misiles aire/aire ASPIDE y SKY FLASH.

- * máxima integración con otros sistemas del avión

- * capacidad de crecimiento y desarrollo en el futuro.

La consecución de las actuaciones de sistemas como los descritos ha sido debida principalmente al uso extensivo de diseños controlados por microprocesadores, mayores pantallas de presentación y control en color, alto grado de integración, a todos los niveles (datos y funciones) de Sistemas y Aviónica, redundancia, monitorización y grabación de datos en vuelo, etc.

INTEGRACION

Como ya nos ha ocurrido en este artículo, al hablar de aviónica, parece que la palabra clave es Integración. Pero, ¿qué es la integración? Se podría tratar de definir un sistema integrado como un supersistema cuyas capacidades en cualquier área o aspecto de la operación sobrepasan las capacidades simplemente sumadas o combinadas de los subsistemas operando individualmente. Así, los subsistemas, entre los que se incluye el piloto como principal, aúnan sus capacidades de una forma cooperativa para optimizar los resultados. La integración física de tales subsistemas se realiza mediante el intercambio de información por medio de buses de datos.

Vemos, pues, que componentes que pueden parecer dispares a primera vista, pueden, sin embargo, compartir y mejorar sus

capacidades mediante la integración. En el EFA los siguientes sistemas (entre otros muchos) se encuentran conectados e integrados en mayor o menor grado: INS (inercial), GPS (Global Positioning System, Navegación por Satélite), Data Link, (Transmisión de Datos), FCS (Flight Control System, Sistema Control de Vuelo), Radio Altimetro, MLS (Microwave Landing System, Sistema Aterrizaje por MW), HUD (visor), FLIR (visor IR), HDDs (Head Down Displays) multifunción, Presentación Datos Cabina, DVI (Directo Voice Input, Sistema Mando por Voz), HMS (Helmet Mounted Sight, Sistema Puntería montado casco piloto), etc.

El HOTAS (Hands On Throttle And Stick) Palanca de Control, combinará el Control de la aeronave con la operación de los sensores, armamento y DASS (Defensive Aids Subsystem, que a su vez comprende ESM RWR, ECM). El DVI manipulará la entrada de datos, instrucciones o modos de operación del HUD y HDD. El HMS combinará la puntería del armamento con las ayudas a la navegación nocturna, así como protección antilaser y antilaser.

Pero la integración no sólo se limita a sistemas electrónicos, sino a otros muchos aún más dispares. La Teoría General de Sistemas es capaz de modelar sistemas de todo tipo (eléctricos, mecánicos, aerodinámicos, servos, potencia, e incluso modelos de respuesta humana aunque de forma muy simplificada) e integrarlos en un único sistema con características deseables de observabilidad, controlabilidad, robustez (o resistencia a las perturbaciones), etc.

Así, por ejemplo, los fallos de hardware que pueden afectar al sistema de control de vuelo (FCS) y que producirían cambios impredecibles son gestionados

por un controlador que se acomoda o adapta a tales condiciones, manteniendo buenas características e incluso altos ángulos de ataque. De la misma manera se integran los sistemas de Control de Vuelo y de propulsión para obtener las mejoras características de vuelo de un avión moderno, estáticamente inestable.

Con todo ello el área más asombrosa de la integración de sistemas se centra en los sensores, se incluyen áreas como comunicaciones, teoría de decisión, gestión de incertidumbre,

* una operación robusta, ya que un sensor da la información cuando el otro no puede (jamming, límites, etc.)

* cobertura espacial extensiva

* nivel de confianza elevado

* ambigüedad reducida

* detección mejorada

* resolución espacial mejorada (apertura sintética)

* fiabilidad mejorada

* mayor número de datos sobre el blanco lo que reduce su vulnerabilidad a que le sea negada información táctica sobre el blanco.



EAP, demostrador de tecnología para el EFA

teoría de la estimación, proceso digital de señales e imágenes, ordenadores y software y lenguajes, inteligencia artificial y sistemas expertos. Todo ello se fusiona para dar lugar al Mando, Control, Comunicaciones e Inteligencia (C³I).

En el EFA la integración de sensores se centra alrededor del radar como principal. El radar fue además motivo de controversia en el programa hasta que se optó finalmente por el de Ferranti, totalmente producido en Europa, con los consiguientes retrasos tecnológicos. El radar activo, se ve complementado fuertemente por un IRST (Infra-Red Search and Track) lo que resulta, como principales ventajas en:

CONCLUSION

El diseño del EFA es un ejemplo de cómo se puede lograr un sistema de armas avanzado utilizando tecnologías existentes y suficientemente maduras para minimizar los riesgos del proyecto. Los dos pilares en los que se apoya son: Aerodinámica que permite el empleo de la aeronave sin restricciones y elevado grado de integración de los subsistemas de aviónica. Si la ingeniería es la capacidad de utilización y transformación de la tecnología existente, se puede afirmar que el EFA ya ha supuesto un éxito de la ingeniería aeronáutica europea. ■