

El primer cazador de quinta generación.

El F-22 Raptor

JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ

EN UN ESCENARIO BÉLICO, LAS OPERACIONES AÉREAS SON CLAVE PARA LA RESOLUCIÓN FAVORABLE DE LA CONTIENDA, PUDIENDO LLEGAR INCLUSO A SER GANADA GRACIAS AL PODER AÉREO COMO SUCEDIÓ NO HACE TANTO CON LA GUERRA DE KOSOVO QUE TUVO LUGAR EN LA ÚLTIMA DÉCADA DEL SIGLO XX. PARA ELLO, FUE VITAL EL DISPONER DE LA SUPREMACÍA AÉREA, CONCEPTO QUE IMPLICA EL CONTROL DEL CIELO EN UN ESCENARIO DE GUERRA DADO, EN CUALQUIER MOMENTO Y EN CUALQUIER LUGAR, EVITANDO QUE AERONAVES HOSTILES INTERFIERAN EN OPERACIONES AÉREAS Y/O TERRESTRES ALLIADAS O REALICEN MISIONES OFENSIVAS DE CUALQUIER ÍNDOLE

A comienzos de los años 80, era seguro que los soviéticos preparaban una respuesta a la introducción de los F-14, F-15, F-16 y F/A-18. Esa respuesta soviética daría lugar al Su-27, el Su-30 y el MiG 29 Fulcrum, a la que se le sumaban los indicios en materia de investigación de sistemas de búsqueda y seguimiento de objetivos en el casco y a la introducción a corto-medio plazo de misiles WVR (*Within Visual Range*) de guiado infrarrojo (IR) de gran angular de disparo (*off boresight*) –sería en R-73 Archer, uno de los primeros misiles aire-aire que acuñaron por sus capacidades el término “disparo por encima del hombro”–. A estos puntos, claves en el combate aire-aire, se les añadieron otros: el desarrollo de radares de alerta temprana (EW) de gran capacidad, estaciones SAM y armamento especializado en el ataque a bases aéreas.

La USAF decidió, en 1982, que serían necesarias al menos, dos medidas: la primera sería potenciar, en materia de aviónica y capacidades, sus activos existentes: fruto de esa decisión nació el F-15E Strike Eagle y se le dotó al F-16 de una, en principio, discreta capacidad aire suelo que con el tiempo, evolucionó al avión multimisión que es hoy en día. La segunda, producir un nuevo caza de superioridad aérea, sucesor del F-15C, bajo el programa

ATF. El resultado de ese programa fue el F-22 Raptor.

EL F-22. ESTRUCTURA Y FUSELAJE

El F-22 es posiblemente el avión de superioridad aérea por excelencia actual; tras una apariencia externa relativamente conservadora, esconde la que es posiblemente la mayor capacidad *stealth* actual, capacidad supercruce-

de más de Mach 1.5 –se estima que la velocidad real podría estar comprendida entre Mach 1.6 y Mach 1.8–, supermaniobrabilidad, factores de carga de 9 Gs y alta maniobrabilidad a velocidades de 60 nudos –desarrollando un tonel a 60-70° de ángulo de ataque incluso en los vuelos del prototipo en 1990–. Lograr estas actuaciones implicaron desde fases tempranas el empleo de materiales de alta resistencia y bajo peso. Así, el F-22 está compuesto de titanio (40% del peso en vacío), materiales compuestos (24%) y aluminio (16%). Especial mención debe hacer-

se a la hora de hablar de los materiales compuestos, puesto que utiliza tanto resina epoxídica como matriz de bismaldeida (BMI), esta última de especial relevancia a la hora de desarrollar la capacidad supercruce, dada la resistencia que presenta a las altas temperaturas generadas en la envolvente de vuelo del F-22A.





Planform Alignment (líneas rojas y azules) y bodegas de armamento

Imagen 1: Bodegas de armamento y concepto plainform alignment sobre imagen de Allspame.

que asientan las otras dos zonas y que integra las bahías de armamento interno, las trampas del tren de aterrizaje principal, la mayor parte de los depósitos de combustible, la APU, el cañón M61A2 y los túneles de admisión de los reactores; además, es en el cuerpo central donde se absorben la mayoría de las cargas estructurales, gracias a cinco mamparas de titanio, una de ellas de 4,88 metros de longitud, 1,83 metros de altura y 149 kg de peso, ubi-



La estructura del F-22A está formada por tres zonas bien diferenciadas: el cuerpo delantero, que contiene la cabina, y el radar. El cuerpo trasero, que contiene los motores, las toberas de control vectorial (TVC), los elevadores y los timones de dirección y estabilizadores verticales. Y finalmente, el cuerpo central o sección intermedia, pieza clave sobre la

cada entre los puntos de anclaje de las semialas. La capacidad de combustible interno está estimada en 20.650 libras, siendo posible montar en cuatro estaciones (dos por ala) depósitos lanzables, totalizando 36.515 libras, siendo también posible montar armamento.

El concepto *stealth* se basa en los siguientes puntos: los planos y elementos del fuselaje están diseñados y alineados por grupos, bajo el principio *planform alignment* y con las más estrictas tolerancias de mecanizado (un solo remache sobresaliente o una

arista de milímetros puede invalidar completamente la invisibilidad): los bordes del ala y cola son paralelos, con una flecha de 42°, así como las aristas de las derivas y los planos laterales del fuselaje. Los bordes de grandes aberturas, como el tren de aterrizaje y las bodegas de armas tienen dientes de sierra, mientras que las pequeñas aberturas tienen forma de rombo, y aplicación de cubiertas RAM (*Radar Absorbent Material*) en zonas claves del fuselaje, compuestas principalmente de núcleos de ferrita que absorben las emisiones electromagnéticas direccionadas al F-22 y las diseminan por la estructura, en vez de devolverlas al emisor; para monitorizar cuándo la furtividad del F-22 se ve comprometida, se emplea el sistema SAS (*Signature Assesment System*), que ayuda a dictaminar el desgaste por fricción de las cubiertas RAM.

Las alas del F-22A son de tipo delta y plano alto, disponiendo de un cierto *camber* o curvatura de cierta complejidad, optimizadas para el vuelo supersónico, pero con excelentes actuaciones en el régimen transónico. Disponen de flaps de borde, de ataque y alerones y trabajan conjuntamente con los elevadores para el cabeceo y de forma diferencial para el alabeo; si las TVCs están activas, los elevadores se utilizan para el control del alabeo. Los timones de dirección y estabilizadores verticales del F-22A presentan diferencias con el prototipo, siendo de menor sección y ubicados en una posición más adelantada que en el prototipo, permitiendo tanto el control bajo altos ángulos de ataque (no sufriendo enmascaramiento por el flujo generado por el fuselaje) como el ser utilizados como aerofrenos. Todas las superficies de control están controladas por un *Fly-By-Wire* (FBW), que a su vez está integrado junto con los controles de los motores (incluyendo las TVCs), en el *Vehicle Management System* (VMS).

EL REACTOR PW-119-100

La capacidad de supercruceiro del F-22A se logra gracias a una excepcional aerodinámica y a sendos turbofans PW-119-100, que proporcionan 35.000 libras de empuje en potencia militar

(seco) y aproximadamente 39.000 libras en postcombustión (según estimaciones, dando al F-22 más empuje que el disponible en un F-4 Phantom. Con un índice de derivación de 0.25, el ciclo de funcionamiento de este turbofan se asemeja más al de un turboreactor puro, es decir, tiene unas muy buenas actuaciones a gran altitud y elevada velocidad, que es la zona de la envolvente de vuelo en la que el F-22A realizará su misión. Tiene un 40% menos de partes que el F100 (el motor empleado en el F-15 y F-16) gracias a técnicas de diseño y fabricación revolucionarias en la época, como rotores integrales (los discos y los álabes están fabricados en una sola pieza gracias a la soldadura por fricción lineal, que consiste en unir dos materiales disimilares entre sí mediante un cambio de estado sin llegar a fundirlos, es decir, sin cambiar sus características; con la temperatura generada en la fricción, se ablandan hasta alcanzar un estado plástico, momento en el que se aplica una fuerza suficiente y constante durante un tiempo hasta que se forma un nuevo material –la intersección– hasta que vuelve a estabilizarse, dando lugar a IBR o *Integrally Bladed Rotors*, también llamados *blisk*, empleo de álabes de cuerda ancha y alta resistencia, cámara de combustión de alta proporción de aleaciones de cobalto y empleo de aleaciones de titanio resistentes a altas temperaturas en los estatores del compresor, el postquemador y los *nozzles*, las cuales pueden hacer divergir el empuje 20° hacia arriba o hacia abajo. La tobera de admisión es también especial: siendo de geometría fija, los conductos de admisión internos tiene forma de S, enmascarando los álabes del compresor de emisiones radar y proporcionando la ingesta de aire en condiciones óptimas de presión y temperatura en toda la envolvente de vuelo.

En total, el motor consta de un compresor de baja o fan de tres etapas, uno de alta de seis, y tanto de una turbina de alta como de baja de una etapa cada una, siendo además las turbinas contrarrotarias, todo ello resultado del programa IHPTET (*Integrated High Performance Turbine Engine Technology*). Un sistema de engranajes, denominado AMAD (*Airframe Mounted Accessory*

Drive) se emplea para acoplar el motor a los generadores, bombas hidráulicas y transmitir potencia a los motores desde el ATSS (*Air Turbine Starter System*).

Finalmente, indicar que el control de los reactores se realiza de forma automatizada, tanto a nivel de inputs del piloto como monitorización de los parámetros del motor, a través de un FADEC (*Full Authorized Digital Engine Control*).

EL COCKPIT DEL F-22. SOPORTE DE VIDA E INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)

La cabina del F-22 es un ejemplo del concepto de “cabina de cristal” de finales del siglo XX, diseñada según los siguientes parámetros: alto grado de automatización, aplicación del concepto *Dark Cockpit* (cabina sin alertas de malfuncionamiento encendidas igual a vuelo sin incidencias de sistemas), potencial de crecimiento para la adopción de sistemas de designación y navegación futuros basados en el casco y en la compatibilidad con gafas de visión nocturna. El piloto se acomoda en un asiento ACES II modificado (adición de un sistema activo de inmovilización de brazos para eliminar daños físicos durante eyecciones a altas velocidades, sistema de paracaídas con estabilización mejorada, nueva lógica de eyección y una botella de oxí-

geno para soporte de vida con mayor capacidad). El asiento cuenta con un secuenciador estándar de tres modos, que detecta la velocidad y altitud del asiento y selecciona un modo apropiado para la recuperación del piloto. La cúpula está fabricada de Sierracin y es posiblemente la mayor pieza de policarbonato monolítico conformada hoy en día. No tiene arco alguno, siendo similar a la del F-16, y ofreciendo al igual que esta una visión global del área, con una mayor nitidez dado el proceso de fabricación de la cúpula. Dado que el mayor impedimento para la consecución de capacidades *stealth* reside en la transparencia de la cúpula a las emisiones electromagnéticas, se emplea una finísima capa de oro.

El alto grado de automatización permite trabajar al piloto no ya como un operador de sensores y sistemas, sino como un táctico, es decir, este debe recibir la información sintetizada y filtrada, reduciendo su carga de trabajo y centrándose en tomar la mejor decisión posible. Como ejemplo, basta con conocer la secuencia de arranque (tres pasos): encender la batería, desplazar el conmutador de la APU a la posición *start* y posicionar los mandos de gases de ambos motores a *idle*. Todos los sistemas se activarán automáticamente de forma secuencial, se cargará la información táctica y de navegación pertinente –y personalizada para el piloto según preferencias– y simultánea-



Imagen 2: Representación de los conductos de admisión y motor PW-119-100 sobre imágenes de la USAF.

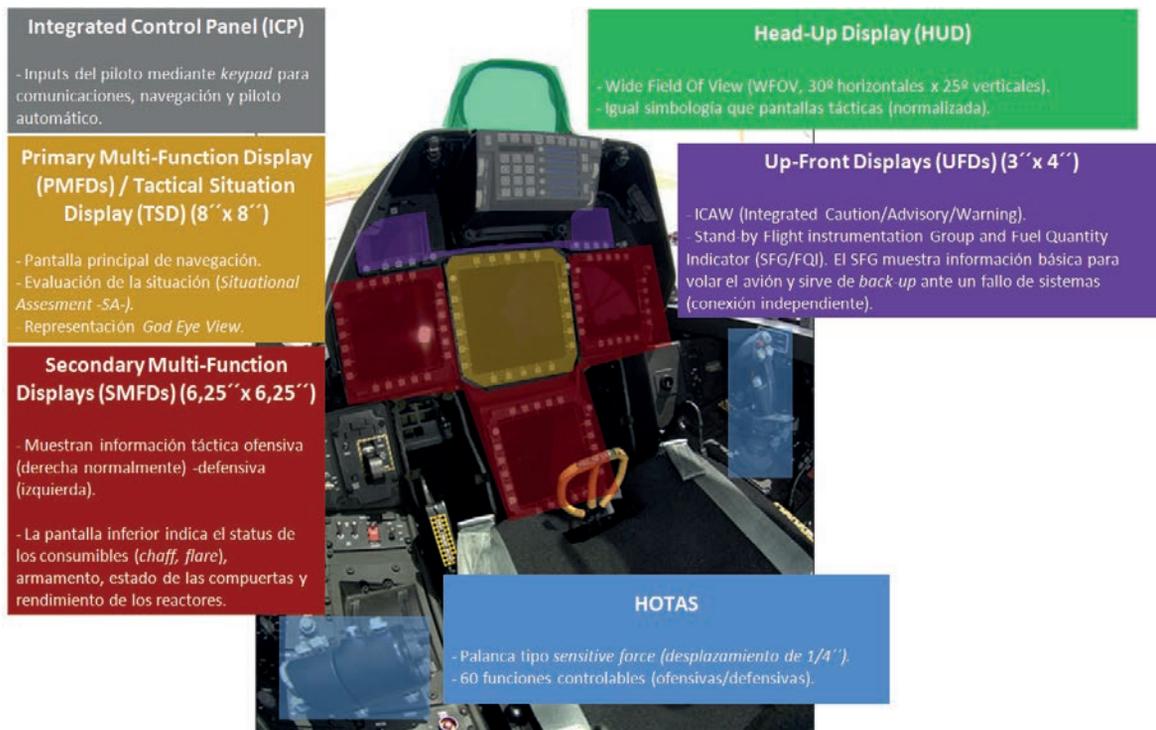


Imagen 3. Cockpit del F-22. (Autor).

mente, se realizarán los diagnósticos del sistema. El tiempo estimado es de 30 segundos.

El sistema de soporte de vida del F-22 se basa en los siguientes subsistemas asociados, entre los que se incluye el equipo personal de vuelo. El conjunto garantiza eyecciones seguras a velocidades superiores a 600 nudos de viento en cara.

- Sistema de generación de oxígeno (OBOGS), que proporciona oxígeno, presurización y elimina el vaho generado.

- Válvula BRAG integrada que controla el flujo y presión de aire dirigidos a la máscara y al anti-g.

Tras informes de pilotos experimentando síntomas de hipoxia y un accidente fatal en 2010, tanto el sistema OBOGS como el BRAG original, así como el diseño del sistema de oxígeno de emergencia fueron reemplazados, en tanto la USAF concluyó que no eran aptos para el empleo en el F-22, debido al mayor esfuerzo que debían realizar dada la mayor altura operativa.

- Protección química/biológica/contra inmersión en aguas heladas (CB/CWI).

- Anti-g y prenda con capacidad de refrigeración para el piloto, que le permita un cierto alivio térmico.

El interfaz hombre-máquina (HMI) viene dado según la imagen tres de la cabina que acompaña al texto. Todas las pantallas son a color antirreflecentes y electroluminiscentes (varían la luminosidad proyectada de forma que siempre sean legibles), de tipo LCD de matriz activa (AMLCD). Mención especial merece el sistema ICAW; este sistema que necesitó de más de dos años de trabajo y la colaboración estrecha entre pilotos e ingenieros hace las veces de panel de alarma, presentando únicamente un total de hasta 12 mensajes individuales principales, pudiendo aparecer otros adicionales en sub-menús. Las mejoras respecto de un panel de alertas tradicional son las siguientes: a simplificación mejora la localización e interpretación del problema, y cuando se muestra un mensaje ICAW y el piloto presiona el botón de *checklist* localizado en el SMFD izquierdo, se muestra una lista de procedimientos asociados al fallo. El aviso de un mensaje ICAW no se restringe solo al ámbito visual, sino también al sonoro: un mensaje de precación o

caution se indica sólo mediante esta palabra; en cambio, un problema específico de cierta gravedad se anuncia junto con la palabra *warning*, por ejemplo, *warning, hydraulic failure*. Cuando el número de mensajes ICAW aumentan, sus *checklist* asociados, tanto de acciones a realizar en cabina como a realizar en el vuelo, aparecen (por ejemplo, un sobrecalentamiento de motor que llevase asociada una parada del mismo muestra al piloto dos *checklist*, uno indicando las acciones a realizar para con el motor y otro indicando el procedimiento de aterrizaje con un solo motor).

EL CONCEPTO FUSIÓN SYSTEM EN EL F-22. EL SISTEMA INTEGRADO DE AVIÓNICA (IAS)

El IAS (*Integrated Avionic System*) proporciona, gracias a la fusión de datos recibidos del conjunto de sensores distribuidos por el fuselaje del avión, la conciencia situacional necesaria para el piloto mucho más allá del alcance visual.

El concepto es el siguiente: la capacidad de *first look-first shoot* del F-22 se basa en la capacidad de obtención y

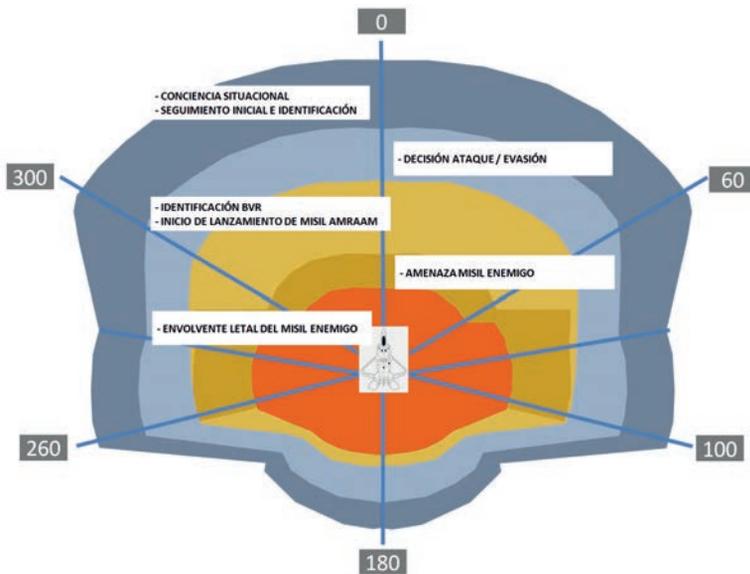


Imagen 4. Envolvente de amenaza. (Autor).

procesamiento de datos procedentes de elementos detectados (aviones enemigos, SAMs, radares de alerta temprana, etc) generando un archivo preciso, individual de seguimiento y actualizado automáticamente antes de que el F-22 sea detectado, priorizando la amenaza según su trayectoria, o la del F-22, penetre una serie de secciones tácticas tridimensionales (imagen 4). Cada sección táctica lleva asociados dos principios de funcionamiento complementarios: el primero es el llamado EMCON o *EMission CONtrol* (control de emisiones). En el nivel más bajo de EMCON, los sistemas de aviónica operan al mayor nivel de furtividad posible (LPI) y de forma automática, a medida que el blanco pasa traspasando los anillos, van aumentando el nivel de emisiones y con ello, de capacidades ofensivas/defensivas, hasta llegar al EMCON máximo, en el que el F-22 hará uso del 100% de su aviónica, dejando la furtividad a un lado en aras de la capacidad de ataque/defensa; el segundo es el relacionado con una serie de algoritmos “inteligentes” que sintetizan los datos obtenidos según la posición de la amenaza dentro de la sección táctica y/o diferentes niveles de EMCOM, generando el mencionado archivo de seguimiento, almacenando en memoria los datos más complejos y relevantes del mismo, y a la

vez presentándolo al piloto de forma simplificada. Con ello se logra tanto un uso inteligente y automatizado de sensores, como la máxima claridad de presentación y uso de la capacidad *stealth*.

El buen funcionamiento del IAS se basa en el software de misión (MS/W, *Mission Software*), programado en más de 1,7 millones de líneas de código en ADA e integrados en bloques, que sirve de interfaz a todos los sensores, procesadores, controles del pi-

loto y pantallas, gestionando, coordinando y dando soporte a la capacidad de búsqueda, detección, seguimiento, identificación, empleo de armamento y de contramedidas contra objetivos aéreos y terrestres. De la misma forma que el funcionamiento del IAS se basa en la sección táctica de la imagen 4, el funcionamiento del MS/W se basa en el árbol funcional desarrollado en la imagen 5. La consecución e implementación de esta lógica de funcionamiento se realiza en la arquitectura integrada de aviónica (IAA), abandonando el concepto de “cajas negras” de aviónica en las que cada una realiza una función determinada; en cambio, estas funciones son implementadas con módulos comunes y programables a nivel de software, siendo una de las primeras aproximaciones al concepto de fusión de sistemas (*System Fusion*).

La arquitectura física del IAS se puede ver en la imagen 6. Gracias al empleo de antenas y dispositivos electrónicos de baja observabilidad (LO), los sensores reciben, miden y obtienen tanto señales de radio frecuencia (RF) como infrarrojas (IR). Los datos “en bruto” son preprocesados digitalizados y enviados a los CIPs gracias a buses de fibra óptica de 400 Mbps. Mediante el empleo de módulos de procesamiento digital de señales, los CIPs procesan estos datos como informes de seguimiento de sensores, que a su vez son

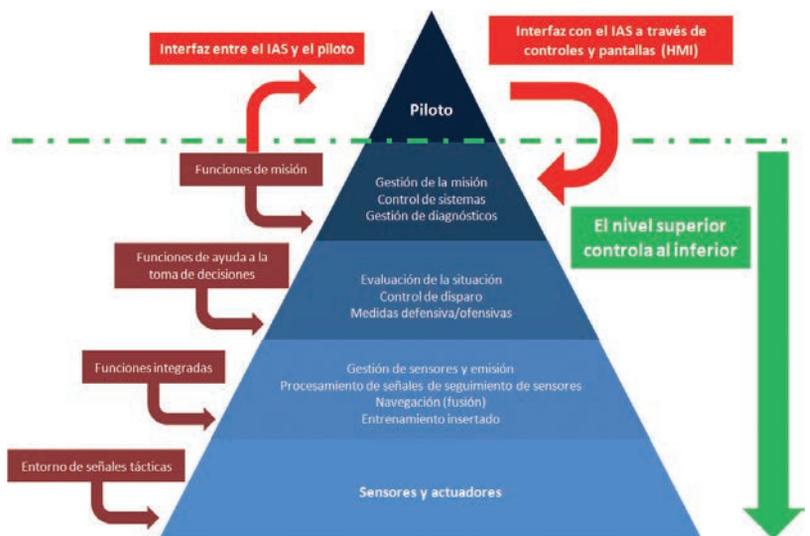


Imagen 5. Jerarquía funcional de la aviónica. (Autor)

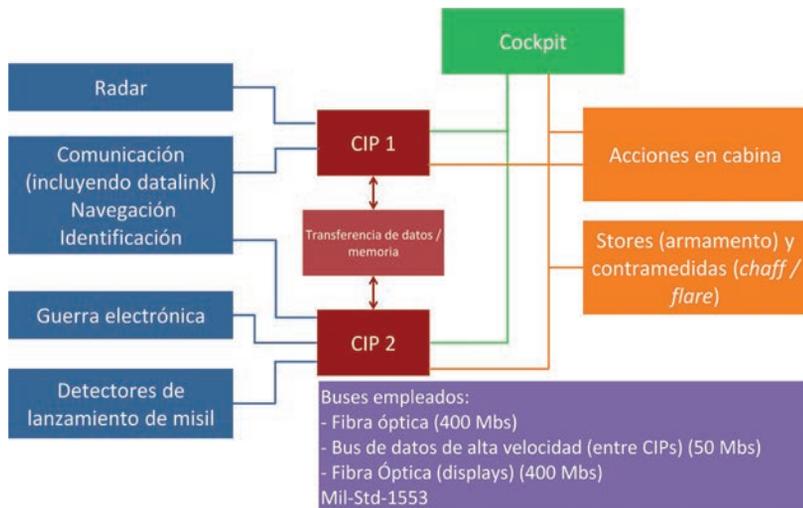


Imagen 6. Arquitectura simplificada del sistema de aviónica. (Autor).

procesados por algoritmos especializados por otros módulos de procesamiento de señales digitales. Son estos últimos los que se combinan e integran en un único archivo de seguimiento de un blanco dado y se presentan en las pantallas de correspondientes en cabina mediante cableado de fibra óptica. Cada CIP está interconectado entre sí mediante un bus de datos de fibra óptica de alta velocidad (HSDB, de 50 Mbps):

Son por ello los CIPs (*Common Integrated Processor*) el corazón del IAS del F-22. Se emplean dos CIPs, con capacidad adicional para un tercero. El nivel más alto, el corazón del sistema de aviónica del F-22, es el procesador de cada CIPs, un Intel 80960 (i960®) de 32 bits que funciona a una velocidad de 25 MHz. Dada su arquitectura RISC, muy popular en la década de 1990, son capaces de ejecutar 10,5 billones de instrucciones por segundo, con una capacidad de memoria de 300 MB. Además de la supervisión global de la aviónica, ejecuta labores de encriptación de datos a través de cinco módulos KOV-5. Prácticamente todo el procesamiento de datos se realiza en los CIPs, siendo el avión con el mayor nivel de integración de aviónica hasta la fecha.

El enfriamiento de los equipos de aviónica se realiza mediante un sistema de refrigeración líquida que absorbe el calor de los equipos de aviónica, en especial del radar AN/APG-77 y de los CIPs. El refrigerante tras realizar

su función, pasa a través de un enfriador de aire y después, a través de intercambiadores de calor en los tanques de combustible de las alas, traspasando el calor remanente al combustible, que a su vez es refrigerado por el sistema de control térmico (*Thermal Management System*, TMS).

EL RADAR AESA AN/APG-77

El radomo del F-22 aloja el radar AN/APG-77v1, compuesto de 1500-1956 módulos –según la fuente consultada, algunas aventuran hasta 2300– de transmisión/recepción (T/R), que operan en banda X, proporcionando capacidades de alta ca-

pacidad de detección y seguimiento de blancos, baja observabilidad (LO), emisión de pulsos de baja probabilidad de interceptación (LPI, *Low Probability of Interceptation*) y funciones ECCM (*Electronic Counter-Counter Measures*, contra-contra medidas electrónicas).

En la mayoría de los casos, la detección se logrará sin alertar al objetivo que está siendo iluminado, gracias al empleo de emisiones en espectro amplio que permite que los módulos T/R sean capaces de cambiar hasta 1000 veces de frecuencia por segundo, modificando la forma y potencia del haz, proporcionando un campo de visión (FOV, *Field of View*) de 120° y un alcance estimado para la detección de un objeto de 1 m², de entre 100-150 NM o incluso de cerca de 285 NM, mediante las capacidades proporcionadas por nuevos módulos T/R de Arseniuro de Galio. Cuando se reciba el retorno de múltiples ecos, el procesador del radar combinará las señales.

Se espera que tras una modernización que debería finalizar de acometerse en el año fiscal 2016, la llamada *Increment 3.1*, se actualice el radar a la versión AN/APG-77v4 (algunas fuentes no citan versiones, como la mencionada v4), mejorando las funciones ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*, inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento),

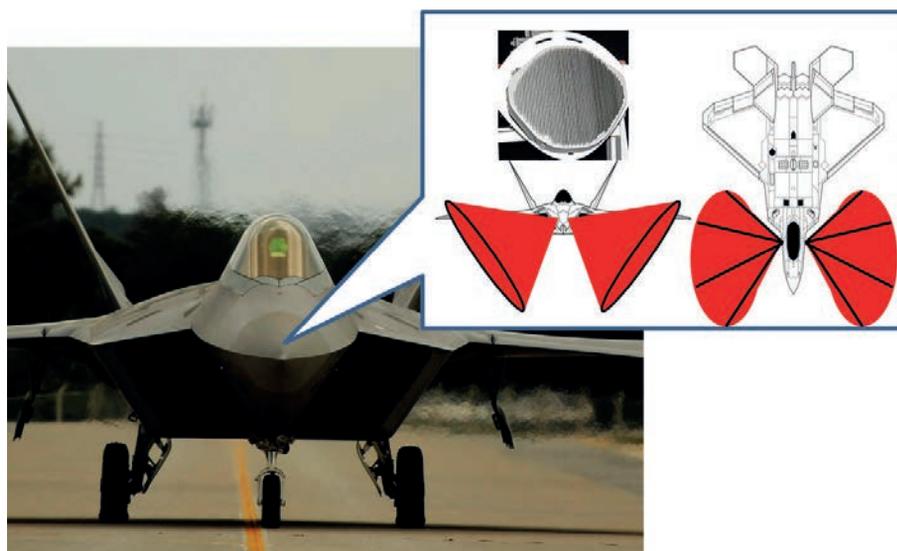


Imagen 7. Representación del side looking del radar AESA AN/APG-77v1 actualizado. (USAF, con imagen modificada del autor).

y se proporcionan funciones aire-suelo (mapeado sintético del terreno y localización y seguimiento de objetivos en movimiento –GMTI/GMTT, (Ground Moving Target Indication/Tracking)–. Estas mejoras, traerán consigo una mejora en el sistema NCTR (*Non-Cooperative Target Recognition*); el radar generará una imagen en alta resolución utilizando la técnica de procesado ISAR (*Inverse Synthetic Aperture Radar*, o radar de apertura sintética inversa), comparando la imagen electrónica obtenida con la imagen guardada en la base de datos del F-22 incrementando la capacidad de identificación del blanco.

LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN PASIVOS. EL ALR-94 ELECTRONIC SUPPORT MEASURES SYSTEM (ESM) AND AAR-56 MISSILE APPROACH WARNING SYSTEM (MAWS)

El AN/ALR-94, compuesto por más de 30 antenas integradas y distribuidas por el fuselaje, es el sistema de recepción pasivo de señales RF en el entorno. Con un alcance reportado de más de 250 NM respecto del alcance máximo del AN/APG-77, permite la localización, seguimiento y bloqueo de objetivos de forma autónoma aumentando las capacidades *stealth* del F-22 al disminuir el uso del radar para efectuar esta función, localizando cualquier objeto que esté emitiendo en el espacio.

El modo de funcionamiento es el siguiente: un objetivo prioritario detectado y clasificado como amenaza, un caza enemigo, se aproxima al F-22, a una distancia superior a 100 NM. El sistema, una vez confirmado que se trata de una posible amenaza, incrementará su seguimiento de forma que antes de que ambos estén a una distancia de 100 NM, se maximice la capacidad de derribo. En este escenario, se pueden dar dos casos:

- El objetivo emplea su radar de manera puntual: será seguido principalmente por el AN/ALR-94 y en un grado muy inferior, por el AN/APG-77. En este modo, llamado búsqueda y seguimiento en banda estrecha intercalada (NBLIST, *NarrowBand Interleaved Search and Track*), el radar se

emplea únicamente para proporcionar datos precisos de alcance y velocidad, complementando al sistema principal (el AN/ALR-94) para un posible ataque con misiles gracias a la emisión de un haz muy estrecho, de 2°x2°; a este modo de seguimiento se le denomina “seguimiento clave” (*cued tracking*). A medida que se reduzca la distancia y prime la necesidad de derribo sobre la furtividad, el seguimiento y funcionamiento del radar se hará más exhaustivo.

- El objetivo emplea de forma continua su radar: el AN/ALR-94 bastará para realizar un ataque efectivo, aunque el radar se utilizará para obtener datos complementarios con los que obtener la mejor solución de disparo.

En cualquiera de los dos casos, las emisiones propias se monitorizan continuamente para evitar la detección por parte del objetivo. Si este es capaz de disminuir la distancia y efectuar un disparo de un misil, ya sea guiado por radar o por infrarrojos (IR), el AAR-56, compuesto de 6 sensores IR de matriz de plano focal distribuidos por la estructura del avión, detectará, declarará, seguirá y reportará al IAS el lanzamiento. Pese a que el sistema es capaz de generar imágenes y video IR, no es seguro que el F-22A disponga de la capacidad de presentación de estas en alguna de sus diversas pantallas, estando relegado este sensor únicamente a la transmisión de datos. El radar enemigo y el del propio misil (si fuera el caso) serán interferidos por el AN/APG-77 (el F-22 carece de *jammer* autónomo) y llegado el momento, se lanzaría *chaff* y/o *flare* mediante el dispensador ALE-52, de forma manual, semiautomática o automática, recibiendo un *timing* de lanzamiento por parte del IAS.

SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

El sistema CNI del F-22 está dotado de las siguientes capacidades: radio UHF/VHF, Have QuickIIA, GPS, TACAN, ILS, IFF-NCTR, receptor JTIDS y un datalink. Para la navegación, se emplean dos giróscopos láser Litton LN-100F complementados por el receptor GPS. La información de navegación y su presentación es con-





trolada por los CIPs, tal y como se ha visto en la imagen 6.

El F-22 está dotado de datalink, denominado IFDL (*Inter/Intra Flight Datalink*), encargado de la transmisión de datos entre F-22 Raptors, entre los que se incluyen datos de combate, niveles de combustible, armamento disponible y objetivos para ser atacados. No es compatible con el Link 16, por lo que no es posible la comunicación con aviones aliados bajo este standard, sin embargo, sí permite la transmisión de datos a aviones muy específicos con capacidad de comunicación con el IFDL; dadas las capacidades de detección proporcionadas por el binomio AN/APG-77 y el ESM AN/ALR-94, el F-22 es capaz de funcionar como una estación ISR/ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Reconnaissance / Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*) de forma más efectiva que un AWACS o que un JTIDS, gracias a la velocidad de cruceo desarrollada y a la capacidad de penetración profunda en el espacio aéreo enemigo.

MEJORAS Y MODERNIZACIÓN

Pese a las capacidades del F-22, muchos de sus sistemas necesitan ser actualizados con vistas a alcanzar el nivel de capacidad máximo con el que fue proyectado. Los altos costes del programa provocaron que la modernización se dividiese en “incrementos”. Este plan de modernización, pese a ser diseñado y aprobado en 2003, sigue plenamente vigente; algunos de sus objetivos ya se han alcanzado y/o están en proceso (incrementos 2 y 3.1) mientras que los dos restantes se espera se logren antes de 2020. Se incluyen dos columnas, una relativa a los comentarios de la Oficina de Contabilidad del Gobierno de los Estados Unidos y otra que recoge los comentarios de la USAF.

El “increment 3.1” se empezó a implementar en 2011; tanto los 3.2A como los 3.2B están, por el momento, parados, pero con fondos asignados para su acometida. Otras capacidades que se contemplaron en las fases iniciales del programa, como la capacidad de utilizar HMDs (Helmet Mounted Display) y la instalación de un

INCREMENT	Descripción de la GAO (Oficina de contabilidad del Gobierno de Estados Unidos)	Descripción de la USAF
Increment 2	Fase inicial de la modernización. Alcanzó algunos requisitos pendientes desde el programa de adquisición y añadió capacidad de ataque a suelo. Cumplido.	Permite a los aviones del lote Block-20 lanzar munición JDAM en velocidades supersónicas y aumenta las capacidades de lanzamiento de misiles aire-aire de alcance medio.
Increment 3.1	Se empezó a realizar en Noviembre de 2011. Añade capacidad mejorada al radar y un aumento de capacidades aire-suelo.	Actualiza el radar AN/APG-77 y le otorga capacidad de mapeado sintético del terreno. Proporciona la capacidad de apuntar las JDAM de forma autónoma empleando los sensores autónomos. Permite al F-22 montar y emplear ocho bombas de pequeño diámetro (SDB).
Increment 3.2A	Actualización de software para incrementar la protección electrónica, identificación en combate y capacidad de emplear el estándar Link-16.	(Incrementos 3.2A y B). Engloban a la siguiente generación de datalink (Link 16). Mejoras en la capacidad de utilización de bombas SDB. Mejora en la solución de tiro empleando geolocalización, sistema automático de anticollisión contra el suelo (Auto GCAS) y la capacidad de empleo del AIM-120D y el AIM-9X.
Increment 3.2B	Incrementará la protección electrónica del F-22A, geolocalización y capacidades del IFDL y añadirá al arsenal los misiles AIM-120D y AIM-9X.	(Descrito en el punto anterior)

Programa de modernización del F-22.

IRST (Infra Red Search and Tracking) están por el momento, congeladas.

CONCLUSIONES

El F-22A es el avión de superioridad aérea por excelencia. A medida que paulatinamente se van conociendo más aspectos del programa, pueden extraerse al menos las siguientes conclusiones:

- En el aspecto puramente económico, el F-22 es un programa de defensa de muy alto coste, factor agravado por la poca cantidad de aviones entregados y el cierre de la línea de montaje (si bien el cierre no es completo, ya que a fecha de hoy, el debate sobre la reactivación del programa tiene lugar anualmente).

- El F-22A muy enfocado a un único modelo de misión, la superioridad aérea, si bien es cierto que las últimas mejoras contemplan subsanar esas carencias y otorgar cierta capacidad aire-suelo.

- La capacidad de combate del F-22 no se ha desarrollado tal y como estaba pensado en un principio: en primer lugar, se suprimió el IRST previsto y pese a que estaba contemplado, no se ha producido ninguna integración de un HMD así como tampoco del misil AIM-9X Sidewinder,

que junto con la tobera TVC, habría supuesto alcanzar el 100% de la capacidad de combate prevista.

- La carga de armamento interno es relativamente pequeña: con seis AMRAAMs en la bodega central y dos Sidewinder en sendas bodegas laterales; la persistencia en combate aire-aire está limitada por tanto por la carga útil. En el caso de equipar JDAMs y bombas de pequeño diámetro (SDB), la carga útil aire-aire se vería aún más penalizada y sólo serviría con propósitos de autodefensa. La opción sería utilizar los refuerzos externos de las alas de los que está provisto el avión para tanques de combustible externos y armamento, si bien se merma su capacidad *stealth*.

- Pese a que se contemplaba una permanencia en el aire superior al F-15C, la realidad ha demostrado que no es así, lo que conlleva la utilización de un mayor número de tanques o penalizar el empleo del supercrucero.

- El F-22 es posiblemente la plataforma ISR/ISTAR más avanzada de la actualidad, capaz de penetrar profundamente en territorio enemigo y transmitir los datos recogidos gracias a sus sensores LPI, aunque la emisión está limitada a plataformas con capacidad de comunicación con el IFDL

del F-22. Se espera que esta limitación desaparezca con la integración del Link-16.

- Las actualizaciones de aviónica son problemáticas: gran parte de la culpa la tiene el alto grado de integración del sistema, lo que conlleva que la sustitución de los CIPs sea costosa y difícil.

- Los costes de mantenimiento por hora de vuelo son elevados: gran parte de culpa tiene el recubrimiento RAM, que es necesario monitorizar y reemplazar constantemente, si bien es cierto que los avances en este campo permiten un mayor intervalo de tiempo entre mantenimiento.

Finalmente, hay que indicar que la inmensa mayoría de las capacidades del F-22A siguen siendo secretas, siendo difícil realizar una descripción y evaluación completa.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayton, Mark. “F-22 Raptor”. Air Forces Monthly, August 2008, p. 75.
- Brower, Donald W. “Lockheed F-22 Raptor”. The Avionics Handbook, Chapter 32. CRC Press LLC. 2001.
- Gertler, Jeremiah. “Air Force F-22 Fighter Program”. CRS Report for Congress. July 2013.
- Koop, Carlo. “Lockheed-Martin / Boeing F-22 Raptor. Assessing the F-22A Raptor”. Air Power Australia. April 2012.
- Lake, John. “German Eurofighters Scalp Alaskan Raptors”. Air International. September 2012, p 68.
- Niemi, Christopher J. “The F-22 Acquisition Program. Consequences for the US Air Force’s Fighter Fleet”. Air & Space Power Journal. November-Dicember 2012.
- Petrescu, Rely Victoria & Florian Ion. “Lockheed Martin”. Books on demand, 2012-2013.
- Sweetman, Bill. “F-22”. Motorbooks. May 1998.