



*Aviones de transporte: aviónica civil-aviónica militar*

# Dos caras de la misma moneda

AGUSTIN GIL  
*Ingeniero de Aviónica*

**A** primera vista, se podría pensar que el sistema de aviónica de un avión diseñado para transportar personas o cosas no debería ser muy diferente si se usa para un servicio civil o militar. Hasta hace unos años, efectivamente, no lo era, con la excepción de algunos equi-



pos de comunicaciones y navegación de uso específicamente militar. Si nos asomamos a la cabina de alguno de los aviones de transporte militar de última generación, como el C-130J y la comparamos con las un avión civil, también de última generación como el A320, posiblemente, no



encontremos grandes diferencias, pero las hay, aunque la mayor parte de ellas no se aprecian a simple vista.

En la última generación de grandes aviones de transporte militar desarrollados en Estados Unidos, el C-17 y el C-130J, las oficinas de diseño han abordado el diseño del sistema partiendo de una "hoja en blanco" sin considerar otros sistemas desarrollados para otro tipo de plataformas, ya sean cazas o aviones civiles. El resultado es un sistema a la medida totalmente adaptado a las misiones previstas para el avión.

En Europa, los nuevos desarrollos de aviones de transporte militar van por diferente camino. En el caso del C-27J, el sistema de aviónica (y el resto del avión) se ha desarrollado de forma que ofrezca el mayor nivel de comunalidad posible con el C-130J con el objeto de comercializarlos conjuntamente como parte de una flota; por ello, el sistema de aviónica del C-27J es una adaptación del C-130J para ajustarlo al tamaño y al coste del avión. En el caso del C-295 y del A400M, el concepto se basa en la militarización de sistemas civiles. En el A400M, actualmente en fase de desarrollo, las razones para emplear el concepto de militarización de sistemas civiles al igual que en el C-295, además de ser corporativas (hay que recordar que el C-295 y el A400M están diseñados por el mismo fabricante, EADS, y que en el desarrollo del A400M está involucrado

Airbus a través de su filiar militar AMC), hay otras razones que justifican el uso de sistemas civiles como base para el desarrollo de sistemas de aviónica para aviones de transporte militar.

Los sistemas de aviónica para aviones de transporte militar derivados de sistemas civiles permiten reducir los plazos y los costes de desarrollo porque parten de tecnologías y equipos ya desarrollados y probados. Los sistemas derivados permiten exportar las ventajas de la aviación civil en cuanto a los niveles de seguridad de vuelo y al cumplimiento con las normas de aviación civil, con las que un avión de transporte militar tiene que integrarse necesariamente. El resultado debe ser un sistema que permita cumplir los requisitos militares para operaciones de transporte tanto logísticas como tácticas y a la vez facilite la perfecta integración del avión en los sistemas de navegación aérea civil como un operador más.

La cuestión es ¿en qué se diferencia un sistema de aviónica de un avión de transporte civil y uno militar? y viceversa ¿cuáles son sus puntos comunes?. A continuación se presentan algunas claves que permiten desentrañar la cuestión.



## ASPECTOS GENERALES

**E**n el transporte aéreo civil hay un aspecto que prima sobre todos los demás: la seguridad. La probabilidad de fallo de funciones que puedan llevar a una situación



*C-130 J y, arriba, su cabina.*



C-295.

catastrófica sea mínima. En segundo lugar está el cumplimiento de la reglamentación de aviación civil, el avión debe estar equipado con sistemas de comunicaciones y navegación que satisfagan los requisitos de las normas de aviación civil. En tercer lugar está la economía, la aviación civil es un negocio y por lo tanto el sistema de aviónica debe facilitar la operación económica del avión, permitiendo volar las rutas más cortas con el mínimo consumo de combustible, permitiendo el despegue y aterrizaje en las peores condiciones de visibilidad y meteorología y facilitando el mantenimiento y la puesta en servicio del sistema en el menor tiempo posible.

En el transporte militar, los requisitos y las prioridades son diferentes, por un lado el concepto de seguridad no se limita al avión, el concepto de seguridad se extiende al de la nación, el avión tiene que cumplir su misión incluso comprometiendo la seguridad del propio avión. En segundo lugar entra en juego el concepto de interoperabilidad, el avión no es un elemento aislado sino que se tiene que integrar en un entorno de operación que, en muchos casos es internacional, por lo tanto el sistema de aviónica tiene que permitir la operación del avión integrado en una red de comunicaciones seguras y volar en unas condiciones inusuales en un avión civil. La economía de operación, aun siendo deseable, no es un requisito primordial.

Estas diferencias operativas de carácter general se traducen en diferencias sustanciales en cuando al diseño y la funcionalidad del sistema de aviónica como vemos a continuación.

## ARQUITECTURA

**D**e forma muy simplificada, cualquier sistema de aviónica está compuesto de dos partes, un núcleo que alberga el equipamiento que centraliza el control del sistema, los instrumentos de vuelo y las funciones de proceso datos, y un conjunto de equipos periféricos de comunicaciones y navegación.

Básicamente, la arquitectura de un sistema de aviónica de un avión de transporte para uso civil o militar es la misma. La principal diferencia radica en el formato de los buses digitales que gestionan el flujo de información entre los equipos. Los aviones civiles usan casi exclusivamente el estándar ARINC 429. En los sistemas de diseño totalmente militar (C-17, C-130J) se usa el estándar MIL-STD-1553B para todo el sistema. En los sistemas derivados de la aviación civil, se conserva la arquitectura del núcleo basada en ARINC 429 mientras que se usa el MIL-STD-1553B para los equipos COM/NAV. En el caso del A400M la tendencia es a compartir la última tecnología de los aviones de transporte usando el bus bidireccional AFDX basado en las redes comerciales LAN.

Otra de las diferencias principales es que los sistemas militares tienden a agrupar las funciones de proceso en un solo computador de misión mientras que en los sistemas civiles se mantiene una mayor segregación entre las funciones de proceso.

## INSTRUMENTOS Y CONTROLES

**L**a tendencia general es la centralización de la información y del control del sistema de aviónica



de modo que, independientemente de la aplicación civil o militar del sistema, el sistema de instrumentos y controles siempre está compuesto por un conjunto de entre 4 y 6 pantallas y un número también variable de unidades de control multifuncionales. Las pantallas presentan la información primaria de vuelo, de navegación, de motor y de sistemas generales y son reconfigurables. Las unidades de control multifunción permiten acceder al control de los equipos de COM/NAV, al del computador de vuelo y navegación y las funciones de las pantallas. La cantidad y tipo de las unidades de control así como la distribución de funciones varía mucho dependiendo del diseño particular, pero independientemente de su uso civil o militar también son reconfigurables. Generalmente, se conservan controles dedicados para las funciones que requieren acceso rápido o se usan frecuentemente, como el control de equipos de comunicaciones o piloto automático.

La principal diferencia entre los sistemas civiles y militares es que, en los últimos, los equipos instalados en cabina son siempre compatibles con gafas de visión nocturna para permitir las operaciones visuales nocturnas sin que la luminosidad de los instrumentos y controles interfiera con el espectro amplificado por las gafas.

El uso del Head Up Display (HUD) es común a las aplicaciones civiles y militares; sin embargo, mientras en aplicaciones civiles se usa casi exclusivamente en operaciones de aproximación con visibilidad reducida, en aplicaciones de transporte militar su aplicación es mucho más amplia. El HUD es útil en todas las operaciones visuales diurnas y nocturnas, vuelos tácticos a baja cota, lanzamiento de cargas, aproximaciones tácticas, etc. Por esta razón, el uso del HUD es más demandado en aviación de transporte militar, aunque por su elevado coste, suele ser un equipo opcional.

Los equipos que proporcionan información primaria de vuelo (actitud, rumbo, altitud y velocidad) a las pantallas son comunes en el mundo civil y militar. Siempre están compuestos por sistemas dobles o triples que incluyen computadores de datos de aire y sensores de actitud y rumbo (AHRS) o inerciales.

## COMUNICACIONES

**E**n las comunicaciones dentro del horizonte radio, en al banda de VHF y UHF, la principal diferencia es el rango de frecuencias que se emplean en las comunicaciones por voz, mientras en el mundo civil, la banda de comunicaciones se centra



C-17.

en la banda de VHF de 118 a 136 MHz, la operación militar se extiende desde la banda baja de VHF para comunicaciones tácticas hasta la banda de UHF pasando por la banda marina de VHF. De modo que los equipos de comunicaciones militares en VHF-UHF operan desde 30 a 400 MHz en AM y FM, por supuesto, incluyen la banda civil con separación de canales de 8,33 KHz.

Las diferencias no se limitan a la cobertura de frecuencias, un sistema de comunicaciones militar tiene que ser resistente a las interferencias intencionadas y a las escuchas no deseadas; la resistencia a las interferencias (Antijamming) implica que los equipos deben tener capacidad de salto de frecuencia. El equipo no transmite o recibe en una frecuencia fija sino que es capaz de saltar de frecuencia varias veces por segundo por toda la banda de UHF en una secuencia sincronizada para todos los transmisores y receptores que operan en la misma red de comunicaciones. La seguridad en las transmisiones requiere el uso de equipos de cifra de voz. Hasta ahora los cifradores solían ser equipos auxiliares, pero la última generación de transceptores para comunicacio-

nes militares tienden a integrar los cifradores en los propios transceptores.

En comunicaciones seguras, entra en juego el concepto de interoperabilidad, todos los operadores que se comuniquen en una red deben usar el mismo formato de salto en frecuencia (Have Quick, SINGARS, SATURN, SECOS, ...), el mismo formato de cifrado de voz y, por supuesto el mismo juego de claves. Hay varios formatos normalizados dependiendo del entorno de operación. Es imposible ser compatible con todos ellos al mismo tiempo por lo que los equipos tiene que ser seleccionados atendiendo al estándar usado en el entorno de operación del avión.

En cuanto a las comunicaciones más allá del horizonte radio, en la banda de HF, las diferencias entre los equipos para uso civil y militar son menos evidentes, la banda de operación es la misma, de 3 a 30 MHz. En los dos campos se usa la capacidad de llamada selectiva (SELCAL) para evitar la escucha continua de los ruidosos canales de HF. En el campo militar se está usando la capacidad de establecimiento de línea automático (ALE). El ALE simplifica el trabajo de conec-



*C-27 J, Spartan y su cabina.*





*Cabina del C-17.*

ción en la banda de HF mediante el intercambio de información sobre las frecuencias operativas en cada momento y el establecimiento de mecanismos automáticos de conexión.

En aplicaciones militares, la seguridad de las comunicaciones en HF se basa en el uso de cifradores al igual que en V-UHF, sin embargo, el salto en frecuencia en HF, aunque existe normalización, actualmente no es totalmente operativo.

Las comunicaciones vía satélite son de uso común en aplicaciones civiles usando la red INMARSAT tanto para control de tráfico aéreo en aplicaciones FANS, como para comunicaciones de compañía y comunicaciones telefónicas de pasajeros. En aplicaciones militares el uso de comunicaciones vía INMARSAT se están popularizando, especialmente en operaciones logísticas que no requieran seguridad en las comunicaciones. Las comunicaciones tácticas vía satélite están reservadas para países con redes propias de comunicaciones que usan la banda de UHF.

La transmisión de datos en aviación civil se ha basado hasta ahora en el veterano ACARS. El ACARS usa la banda de VHF para transmisión de datos, principalmente de compañía, aunque se ha llegado a explotar para control de tráfico aéreo en algunas aplicaciones FANS.

En el mundo militar, las redes de comunicaciones de datos tácticos, Link 11 y Link 16 se están convirtiendo en casi imprescindibles incluso en aviones de transporte militar. En aplicaciones tácticas de transporte, la cantidad de mensajes que se intercambian es mucho menor que en otro tipo de aplicaciones. La integración de data-links requiere que el sistema de aviónica sea capaz de explotar eficientemente los datos recibidos y de transmitir información útil a la red.

Los equipos de interfonía en aplicaciones de transporte civil y militar presentan pocas, pero importantes diferencias. Cuando se usan cifradores, ya sean de voz o datos, las comunicaciones cifradas se convierten en información clasificada, por lo tanto, el sistema de interfonía que las distribuye a la tripulación debe de ser resistente a la radiación inadvertida de información clasificada por líneas abiertas no seguras, es decir, lo que se transmite cifrado por un canal o por un transceptor no debe transmitirse en claro por otro canal, aunque sea débilmente. El sistema debe cumplir requisitos TEMPEST.

En aviación civil, la identificación del avión tiene como objetivo el control efectivo del tráfico aéreo y corre a cargo de uno o dos transpondedores que incluyen los modos A, C y el modo S. En un avión

de transporte militar, la identificación amigo-enemigo está también ligada a la clasificación de amenazas. Los equipos IFF deben incluir los modos militares 1, 2, y 3 pero también los modos civiles A, C y el modo S para ser compatibles con los sistemas de tráfico aéreo civil. El modo encriptado 4, que requería un equipo específico, en la última generación de equipos IFF está integrado en el propio transceptor.

## NAVEGACION

**E**l corazón del sistema de navegación es el computador de navegación. En transporte civil, el Flight Management System (FMS) está diseñado para gestionar planes de vuelo incluyendo navegación lateral, vertical y cálculo de actuaciones para optimizar las prestaciones y consumos del avión en beneficio de la economía. En el caso de los aviones de transporte militar, el concepto se amplía, el cálculo de actuaciones y la economía pierden peso y el FMS se convierte en un Mission Computer. Además de las funciones típicas de un FMS, el Mission Computer debe ejecutar funciones específicamente militares como gestión de perfiles de vuelos tácticos a baja cota, planes de búsqueda y salvamento, cálculo de lanzamiento de cargas a baja y alta altitud, gestión de planes de comunicaciones, perfiles de reabastecimiento en vuelo, etc.

A pesar del éxito del GPS, en el mundo de la aviación civil, tan preocupado por la seguridad, su aplicación como sistema aprobado para la navegación se ha visto restringida por sus limitaciones de integridad, de tal manera que se ha creado un tipo específico de receptor que tiene que cumplir la norma TSO-C129a, esta norma requiere, entre otras cosas, que el receptor tenga capacidad de monitorización autónoma de la integridad del sistema de satélites (RAIM). En los sistemas de navegación civiles, el VOR/DME sigue siendo el sistema primario de navegación en áreas con cobertura y los sistemas inerciales en zonas oceánicas y remotas. El GPS queda relegado a fuente suplementaria de navegación, si bien, se puede usar como sensor básico para algunas aproximaciones y se puede certificar como fuente primaria de navegación en áreas oceánicas y remotas con ciertas restricciones.

En aviones de transporte militar, el GPS goza de mayor confianza ya que se prima la precisión sobre la seguridad. Sin embargo, las ventajas en cuanto a seguridad de los receptores civiles hacen que el cumplimiento con la TSO-C129a también sea un requisito para los receptores GPS militares. El equipamiento de navegación se centra en, al menos, dos receptores GPS con capacidad para recibir en código libre C/A y el código encriptado P/Y, estos receptores casi siempre se integran en equipos inerciales que aportan capacidad de nave-

gación autónoma en caso de pérdida del GPS, los inerciales de uso militar son más precisos que los usados en aviación civil, el conjunto aporta al computador de navegación soluciones de posición inerciales puras, GPS puras y una posición híbrida IRS/GPS muy precisa incluso en caso de pérdida de cobertura de señales GPS. Los equipos VOR/DME, aunque se usan extensivamente, quedan relegados a sensores auxiliares requeridos para operaciones logísticas. Curiosamente, el uso del equivalente militar del VOR/DME, el TACAN, está en recesión, sobre todo en los países en los que la red de estaciones TACAN es reducida.

Los equipos ADF siguen usándose en los ámbitos civil y militar aunque solamente como equipos auxiliares ya que cualquier maniobra basada en NDB se puede ejecutar con un computador de navegación sin necesidad del receptor de ADF.

En aplicaciones militares son de mayor utilidad los receptores DF que permiten el guiado hacia cualquier transmisor de comunicaciones en V-UHF como tropas en tierra o señales de balizas de emergencia.

A pesar de las nuevas tecnologías en el área de las aproximaciones de precisión, los receptores ILS siguen siendo los principales sistemas de aproximación, tanto en aplicaciones civiles como militares, en detrimento del MLS y a la espera de la consolidación del GPS diferencial.

## SEGURIDAD EN VUELO

**E**n cuanto a los equipos destinados a aumentar la seguridad en vuelo, las diferencias entre aplicaciones de transporte civil y militar son pocas pero notables.

Los radares meteorológicos de uso civil de última generación tienen capacidad de detección de turbulencia y windshear; en aplicaciones militares, además, es recomendable que también tengan cierta capacidad de detección de blancos y barrido selectivo por sectores.

Los radioaltímetros de uso en aviones de transporte militar deben tener una cobertura de al menos 5000 pies y tener capacidad de atenuación de la potencia transmitida, incluso funcionar en modo pulsante para reducir las emisiones en operaciones encubiertas. En vuelos a baja cota el radioaltímetro se convierte en un equipo fundamental para la seguridad en vuelo.

Los sistemas anticolidión ACAS, que son mandatorios en aviación civil, se han convertido también en básicos para aplicaciones de transporte militar, sobre todo en operaciones logísticas. Aprovechando la capacidad de presentación del tráfico circundante, Honeywell ha desarrollado una modificación para aplicaciones militares que permite identificar con un símbolo especial a aviones "cooperantes"; esta función facilita el vuelo en formación y las





operaciones de rendezvous para repostaje en vuelo.

Los sistemas de aviso de proximidad a tierra, TAWS, pueden ser los mismos para aplicaciones de transporte civil o militar y proporcionan la misma utilidad en operaciones logísticas, pero es recomendable que los equipos destinados a uso militar tengan perfiles de alerta específicos de operaciones tácticas. En este tipo de operaciones, los perfiles logísticos dispararían tal cantidad de avisos, que los harían inservibles. El uso de sistemas con avisos basados en bases de datos de elevación de terreno son particularmente útiles en vuelos a baja cota. La capacidad de mostrar la imagen del terreno con código de colores relativo a la altitud del avión proporciona información muy útil del perfil del terreno.

En el terreno de los grabadores de voz y de datos de vuelo, aunque la investigación de accidentes no es una prioridad en aplicaciones militares, sin embargo son de uso común con la particularidad de que se prevén mecanismos de borrado for-



zoso del grabador de voz y se habilitan mecanismos para la inhibición de la grabación de parámetros de vuelo que pudieran comprometer la seguridad de las operaciones si caen en manos enemigas en caso de accidente o derribo.

Como conclusión podríamos decir que el núcleo de un sistema de aviónica para uso en transporte civil es utilizable para uso militar con ciertas modificaciones. Sin embargo, el paquete de equipos periféricos de comunicaciones y navegación es específico para aplicaciones militares, aunque, si bien algunos equipos son radicalmente específicos, otros son comunes o presentan pequeñas modificaciones sobre los de uso civil.

Además de las diferencias descritas, hay otros aspectos como la calificación de los equipos, el software, la inmunidad a interferencias electromagnéticas, etc. que presentan aproximaciones diferentes en los campos civiles y militar, aunque la tendencia general es a la convergencia, y la convergencia se orienta hacia el campo civil. ■