

Perspectiva actual en el desarrollo de los Sistemas de Aviónica

CRISTOBAL MARTIN RICO,
Jefe del Departamento de Software de CESELSA

NOS encontramos en el momento de la concepción de una nueva generación de sistemas de armas tales como ATF, EFA, LHX, Avión de Ataque Español, etc., que deberán estar en operación en la próxima década. Nos proponemos una reflexión sobre el contenido y el papel de los sistemas de aviónica correspondientes así como sobre la tecnología y estrategias para su desarrollo.

CONCEPTOS GENERALES

CONSIDERAMOS el Sistema de Armas Avión de Combate constituido por el sistema vehículo aéreo, el sistema de aviónica y las armas, integrados de acuerdo con la misión a ejecutar, y operando bajo control del piloto.

El Sistema de Aviónica en particular lo definiremos funcionalmente como el encargado de sensar, procesar y gestionar toda la información disponible en el sistema de armas; la proporcionará a los sistemas vehículo y armas y a la red de mando y control cuando y en la forma que sea necesaria, y la presentará al piloto dependiendo de la fase de la misión y cuando éste lo requiera.

Llamaremos Integración a la cualidad de un Sistema de Aviónica consistente en que responde a requisitos funcionales globales de sistema, con un mínimo de recursos materiales y lógicos (software), con una óptima cantidad y variedad de interfases en el piloto, con una máxima resistencia al fallo y reconfigurabilidad, y con la máxima capacidad de supervivencia.

Los requisitos funcionales del Sistema de Aviónica se derivan pues directamente de la definición de las misiones, en un proceso ordenado que requiere la consideración conjunta con el sistema vehículo aéreo, las armas disponibles y previstas y el sistema de soporte tanto logístico como de la red de mando y control.

Estos conceptos que corresponden a nuestra visión de hoy, se han ido generando a lo largo del tiempo, al ritmo del cambio en la tecnología electrónica.

La aviónica ha sufrido en su corta historia, una evolución constante desde sus primeros pasos con la primera recepción por radio desde tierra (1908) y el primer piloto automático giroscópico de Sperry en 1912.

En los últimos 30 años, esta evolución ha sido muy rápida, caracterizándose por la proliferación de lo que denominaremos equipo-función.

El Equipo-Función es una unidad electrónica con una función concreta que responde a una necesidad en un momento y con una tecnología determinados y que se conecta a otros equipos función ya existentes, correspondientes a otras tecnologías y otras necesidades.

En los primeros años 70, es cuando aparece en los Estados Unidos, con los programas F16 y F18, entre otros, la noción de sistema de aviónica como conjunto integrado, es decir, con requisitos globales, especialmente en cuanto a interfase con el piloto, pero distribuidos todavía en equipos-función.

Lo que se plantea hacia el futuro es tratar el Sistema de Aviónica con todos sus requisitos y sus interfases desde el punto de vista de la efectividad de la misión, para lo cual deberá proporcionar la capacidad de:

- Realizar misiones desde muy alta a muy baja altura, incluso de noche y con mal tiempo.
- Sobrevivir en un entorno de amenazas muy denso.
- Tener capacidad de identificación y ataque por encima de la distancia de reconocimiento visual.
- Operar en un entorno integrado de mando y control.
- Estar disponible para operar en tiempos muy cortos con gran fiabilidad y resistencia al fallo.
- Requerir el mínimo apoyo en tierra.

Un Sistema de Aviónica integrado es la única solución viable para alcanzar la efectividad en misión necesaria en los años 90 pero se requiere un esfuerzo importante para superar las inercias teniendo en cuenta que en el pasado inmediato, las prácticas han sido:

- Hacer aviones con un mínimo de electrónica y después ir equipándolos si es necesario.
- Resolver cada una de las necesidades de sistema que surjan con una caja negra.
- Mantener culturas técnicas separadas en la industria: estructuras, sistemas de avión, motor, radar, controles de vuelo, radios, inercial, guerra electrónica y más reciente software. A la industria electrónica le ha resultado cómodo hacer equipos-función.
- Soslayar la insuficiente capacidad práctica de la industria en el área de integración funcional de sistemas.

Hay que señalar aquí que es sobre todo el usuario operativo el que ha reaccionado con cierto vigor ante la problemática que se le plantea de realizar misiones con efectividad y a un coste razonable, y es por lo que exige evidencia operacional al nivel de sistema de armas completo. Esta evidencia, por otra parte, puede llegar a pedirse documentada bajo forma de simuladores de desarrollo del nuevo sistema mucho antes de que existan prototipos.

DEFINICION DE LA MISION

TOMEMOS el ejemplo de una misión de ataque aire-tierra de interdicción, con objetivos a unas 150 millas de la línea del frente, con un perfil similar al de la fig. 1. Si analizamos las fases de la misión y los comentarios de pilotos llegamos a una curva de dificultad en función del tiempo del tipo de la Fig. 2.

Lo que podemos observar en esta curva es que la actividad y dificultad en el segmento de vuelo esta concentrada en las fases de penetración, ataque y regreso, por lo que prioritariamente debemos mejorar la efectividad a lo largo de ellas

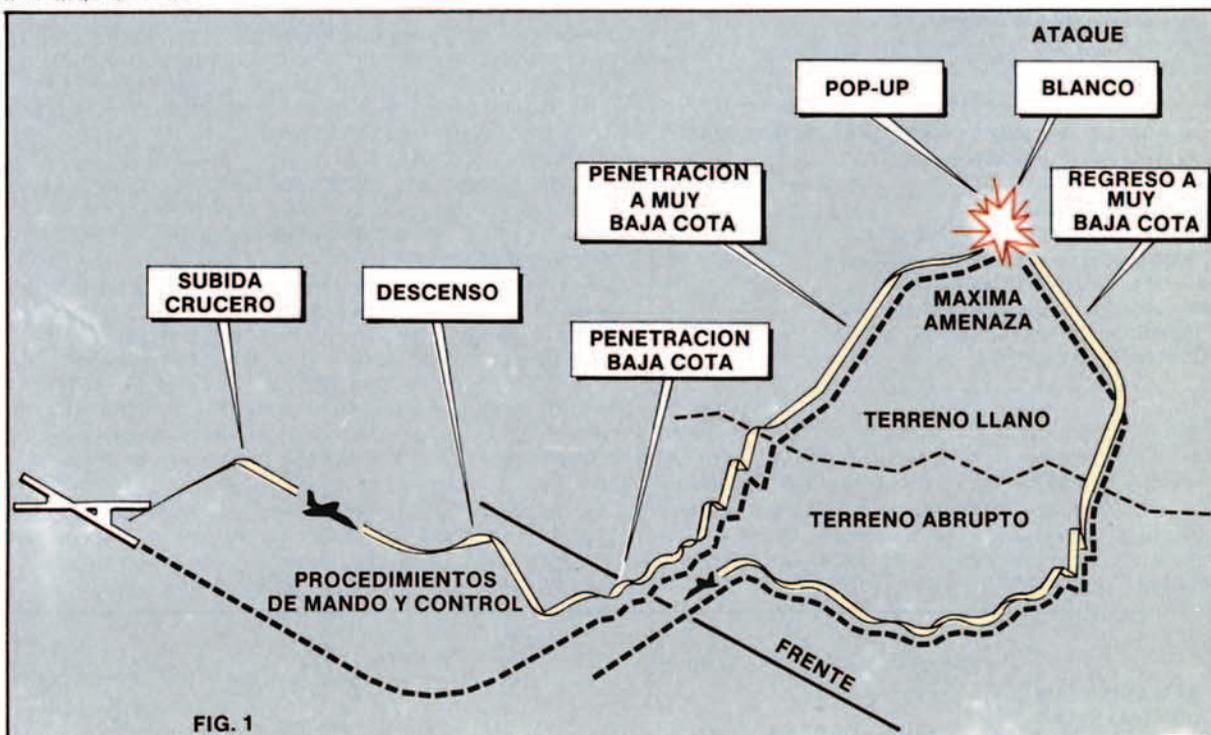


FIG. 1

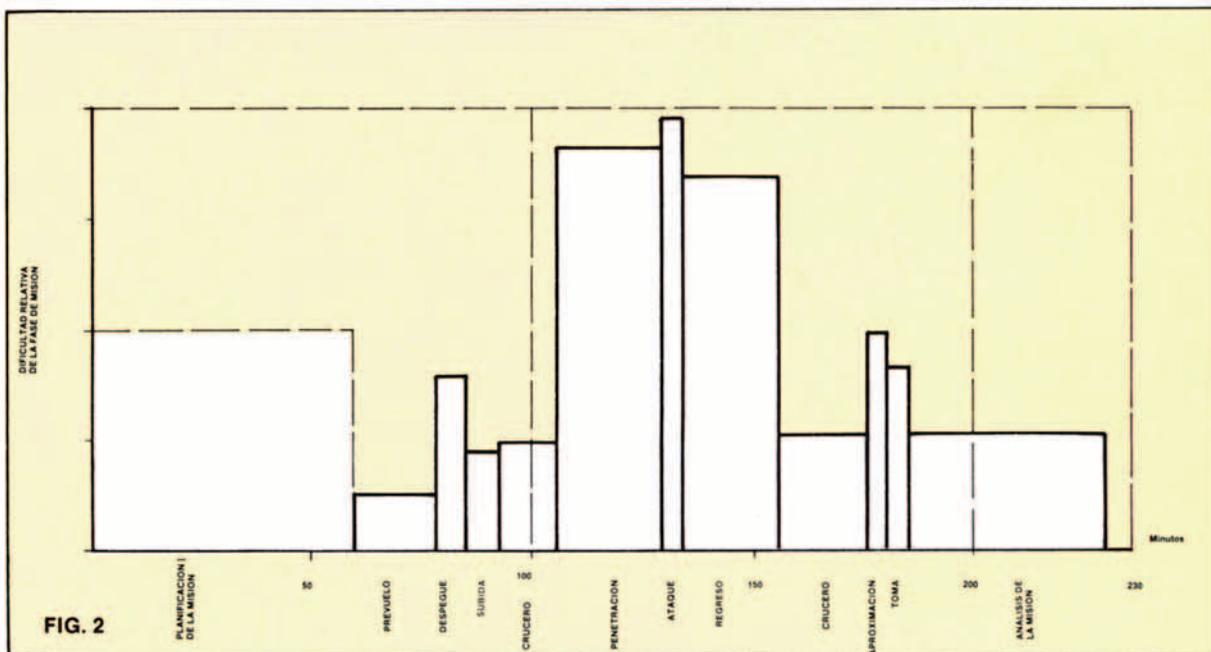


FIG. 2

TABLA I

PRIORIDAD RELATIVA DE CONCEPTOS DE AUTOMATIZACION DE FUNCIONES	
TA/TF/THA Combinados	100
Análisis Automático de la Amenaza	98
TA/TF Combinados	97
TF Automático	96
Detección/Identificación Multisensor de blancos	85
Interfase con el Piloto Mejorada	80
TA Automático	75
Gestión Automática de Respuesta a la Amenaza	66
Navegación Automática	60
Control Integrado de Trayectoria	56
Control Integrado de Vuelo y Tiro	50
Control Integrado de Vuelo y Armas	47

PRIORIDAD RELATIVA DE MEJORAS DE INTERFASE CON EL PILOTO	
Pantalla Mapa Móvil	100
Pantallas con Gráficos Pictóricos	90
Pantallas Gráficos Simbólicos Color	80
Pantallas Multifuncionales B/N	60
Presentación Datos Integrada en Casco	55
Superficies Sensibles al Tacto	40
Control Directo por Voz	28

A este respecto, se pueden definir una serie de funciones automáticas a proporcionar por el sistema de Aviónica y estudiar el grado de interés que pueden ofrecer al usuario.

Este ejercicio realizado en E.E.U.U. como parte del programa de tecnología de automatización de cabina que arranca en 1984, y que actualmente desarrollan Boeing y Northrop, proporciona unos resultados sumariados en la tabla I.

Las funciones de la tabla más significativas se revisan a continuación:

— La función TA/TF/THA (Evitación del Terreno/Seguimiento del Terreno/Evitación Amenaza), responde a la importancia de las fases de penetración y regreso.

Es una función de asistencia al piloto que utiliza al máximo los datos disponibles de sensores, la reducción de emisiones detectables, las posibilidades de enmascaramiento del terreno, el control digital del vehículo, el control de armas de supresión de amenaza y la presentación al piloto de información de análisis y decisión.

— Un subconjunto de la anterior es el análisis automático de la amenaza que trata de optimizar las presentaciones de amenaza actuales para facilitar la toma de decisiones.

— Otra subfunción de la primera con entidad propia es la TA/TF, que permite volar perfiles muy bajos controlando automáticamente el vehículo a través del sistema de control de vuelo, no sólo en el plano vertical sino también en el horizontal, gracias a un conocimiento previo del terreno almacenado en memoria y a

la combinación de datos de los sensores de a bordo. En esta función se debe incluir la evitación de obstáculos que se refiere a accidentes del terreno de menor entidad, cuya presencia no se conoce por la cartografía almacenada, y que son vitales para cotas inferiores a los 100 pies.

— La detección e identificación de blancos por fusión de datos de diferentes sensores tiene por objeto explotar al máximo los conocimientos sobre los blancos, proporcionando una detección temprana, analizando retornos y sensores pasivos en todas las bandas disponibles (visual, IR, Radar láser GEL, posición propia y percibida, datos externos de inteligencia o de co-atacantes) y permite la identificación rápida del blanco.

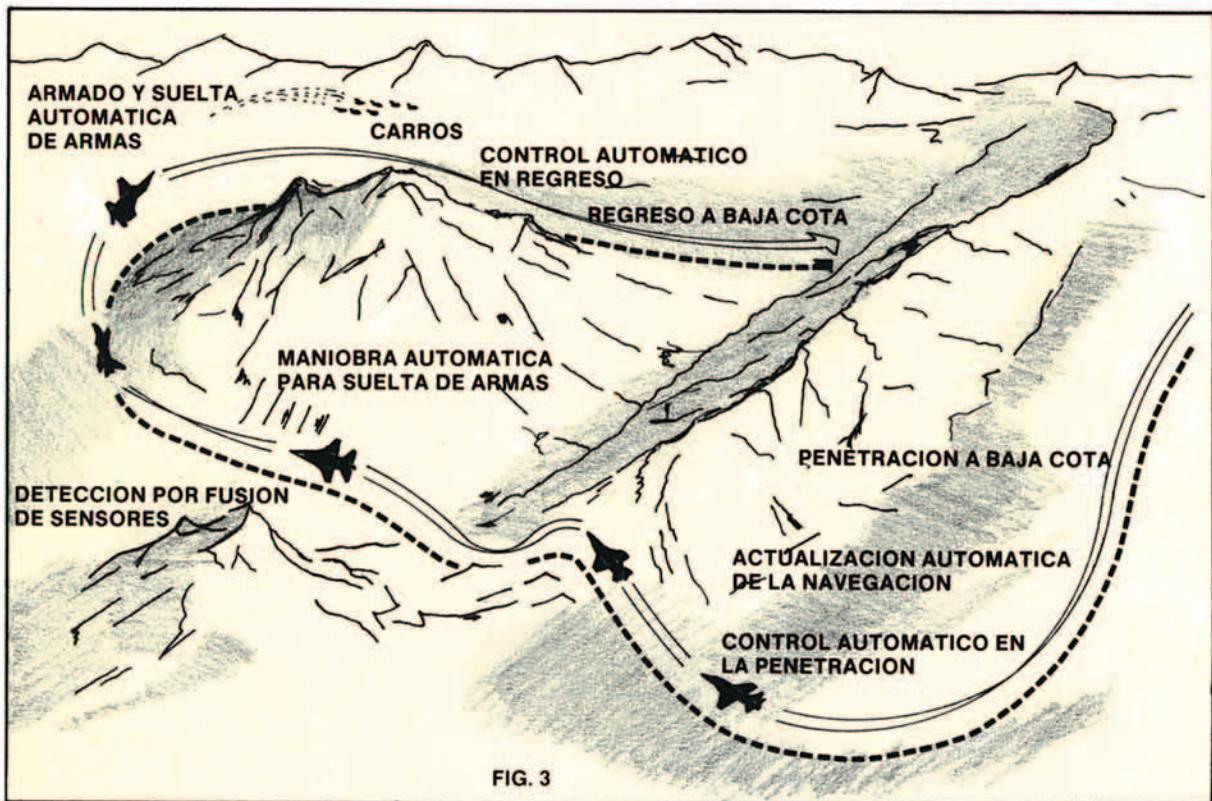


FIG. 3



Figura 4.
Modelo de
cabina
desarrollado
por Boeing.

— El Control Integrado en general supone que el Sistema de Aviónica tome control del vehículo con vistas a la realización de un objetivo concreto, una vez que éste ha sido asignado. Un ejemplo de la función de Control Integrado de Vuelo y Armamento Aire-Tierra es el caso del programa AMS (Automated Maneuvering Attack System) integrado en el F-16 AFTI. El objetivo es realizar un ataque indirecto, con lanzamiento de armas en maniobra con g's altas, sin intervención del piloto, en un escenario como el de la Fig. 3. El sistema concreto probado a finales de 1986 incluye un FLIR/láser, mira de casco y sensores auxiliares para seguimiento del terreno, armado y suelta automáticas de armas, controlando el vuelo del avión para obtener la solución de tiro con exposición mínima al fuego contrario.

Aunque se trata de un sistema experimental indica cual es la tendencia que se va a seguir. Como extensión del citado programa se realizarán pruebas de control integrado de vuelo y tiro aire-aire coordinando datos radar y FLIR/láser y maniobras, siguiendo las líneas básicas del trabajo que realizó hace tiempo McDonnell Douglas con el F15 FIREFLY.

En general, la tendencia es a que el piloto intervenga en momentos de decisión y cuando la situación táctica es crítica, además de efectuar la supervisión del funcionamiento del sistema y tomar el control en caso de anomalía.

— En cuanto a la interfase con el piloto los datos de encuesta son muy concretos y se deben interpretar en relación con los sistemas actuales. La Fig. 4 muestra un modelo de desarrollo de Boeing, con buenos resultados de aceptación por los pilotos, en el proyecto Super Cockpit del Armstrong AMRL. En la Fig. 5 vemos lo que podría ser un esquema del panel principal para un avión de ataque para los años 90.

IMPLICACIONES TECNOLOGICAS

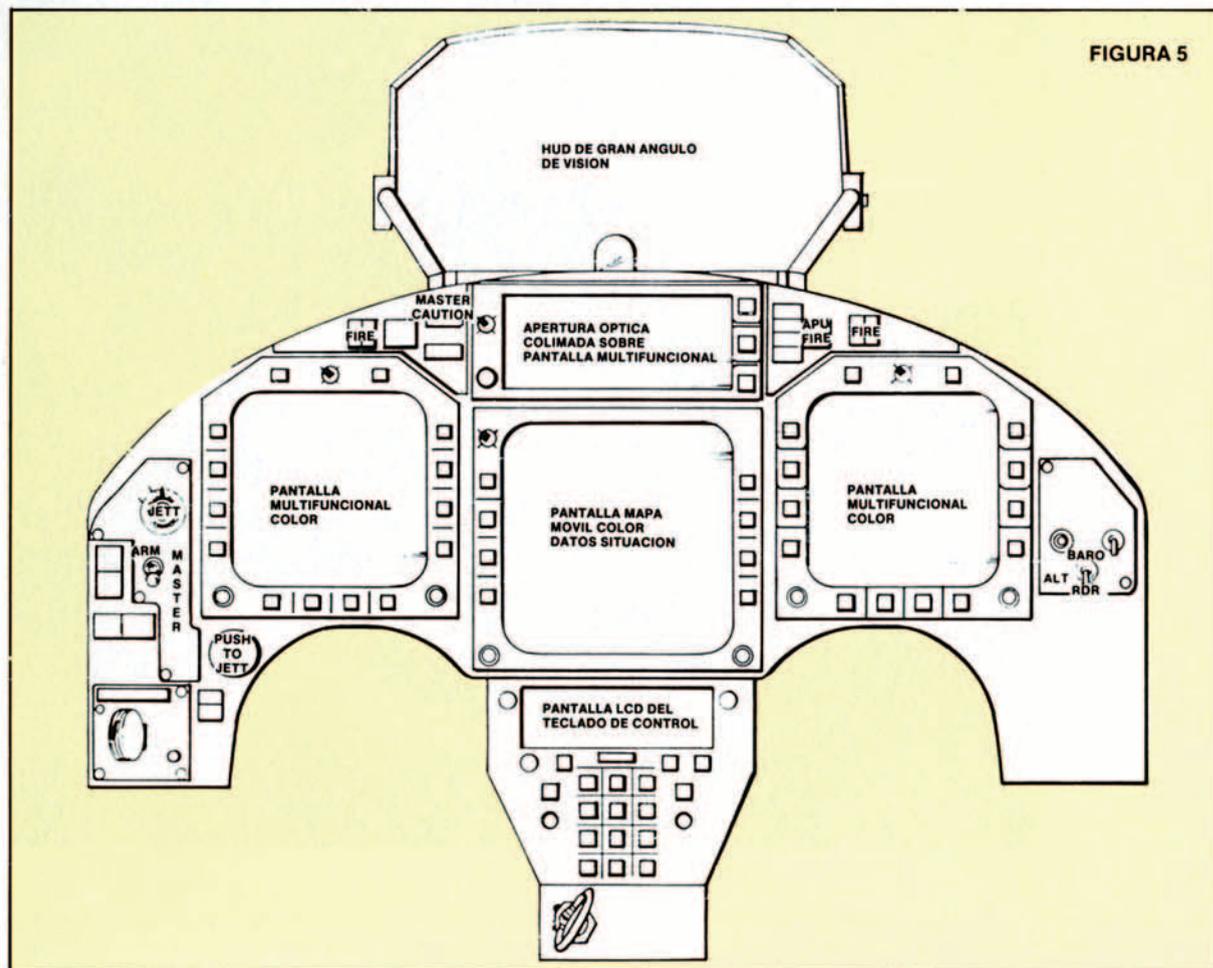
L OS requisitos de misión y la definición funcional generan unas necesidades tecnológicas determinadas en cuanto a arquitectura y sensores a utilizar.

En relación con la arquitectura del sistema de aviónica, los aspectos a considerar son:

- Necesidad de fusión de sensores y disponibilidad global de la información por medio de un bus multiplexado de alta velocidad.
- Necesidad de utilizar módulos comunes para funciones iguales (procesador de señal, proceso de datos, entradas/salidas, etc.) con posibilidad de compartir recursos globalmente en el sistema.
- Necesidad de reasignar recursos en caso de fallo de modo que no se produzca degradación. Se puede mantener la capacidad de operación, después de varios fallos, a nivel del sistema completo.
- Reducción de costes de soporte con filosofía de mantenimiento en dos niveles. Si además se usan módulos comunes, los costes de soporte pueden alcanzar el 50% de los actuales con tres niveles.

En nuestra opinión, la próxima generación de sistemas de armas puede representar un paso importante en la

FIGURA 5



integración, utilizando en la arquitectura el concepto intermedio de subsistema funcional tal como se representa en la Fig. 6a), con especificación funcional única para el subsistema.

La siguiente generación, probablemente representará un paso más con una especificación funcional única para todo el sistema, con una arquitectura como la representada en la Fig. 6b), en que el Conjunto de Proceso tendrá redundancia múltiple de modo que su resistencia al fallo sea muy alta.

El avance constante en tecnología de microcircuitos de muy alta velocidad (VHSIC) debe permitir una reducción de peso y consumo así como mejoras en prestaciones y coste de adquisición y ciclo de vida del hardware, para los elementos de proceso tanto de señal como de datos.

En relación con los sensores hay que prever una gran evolución en todos los tipos.

El radar se ve muy afectado por los avances en la capacidad de proceso y la tecnología en microondas que previsiblemente estarán disponibles en el período 1990-95. Si actualmente se maneja la antena como control de la dirección del haz, los radares nuevos formarán el haz por control digital de un gran número de elementos radiantes fijos que dan como resultado una forma y dirección del mismo que puede variar de pulso a pulso, e incluso utilizando formas de onda variables dentro del pulso, lo que va a permitir proporcionar datos a diferentes modos operativos simultáneamente. Un ejemplo es el cálculo de distancia a blancos adquiridos en aire-tierra, simultáneo a búsqueda y seguimiento aire-aire. La potencialidad de este radar digital se complementará con una gestión de la emisión a nivel de sistema.

Al mismo tiempo, al desaparecer la restricción de la antena móvil clásica se podrá compartir la sección transversal de morro con otros sensores permitiendo un avión más limpio.

Los sensores de infrarrojo lejano asociados a láseres de CO_2 ofrecen una capacidad complementaria al radar.

El sensor de imagen infrarroja en la banda de 8-12 micras (FLIR) proporciona datos utilizables en navegación y localización de blancos. Acoplado al láser de CO_2 que emite en la misma banda, controlando con precisión la dirección del haz, se obtienen datos complementarios para la función TA/TF. Los avances tecnológicos provienen en este área de los detectores que proporcionarán datos de imagen directamente digitales que, con el tratamiento adecuado, se utilizan en funciones de correlación de terreno para actualización de navegación, búsqueda pasiva aire-aire, detección y seguimiento de blancos, identificación en aire-aire y aire-tierra, medida precisa de distancia, y evitación de obstáculos.

En lo anterior hemos hablado de avances en el horizonte de comienzo de la próxima década, todos ellos girando sobre el eje del desarrollo incesante en microelectrónica.

El otro eje fundamental del desarrollo es la tecnología del software cuya contribución a la consecución de los objetivos funcionales anteriores es, al menos, de igual importancia que el primero.

COSTES Y ORGANIZACION

LOS costes del sistema de aviónica en aviones de combate evolucionan con la tecnología. Al final de la época de las válvulas podían ser tan altos como el 30% del coste del avión completo, cayendo al introducirse la electrónica digital hasta aproximadamente 20-25% para aviones del tipo del F16-F18. El coste de equipo de aviónica que se maneja actualmente es del orden del Millón de Pesetas por Kilo y crece al 6-7% anual. Evidentemente, la funcionalidad por Kilo crece más rápidamente que el coste, y el peso total de la aviónica se mantiene o desciende ligeramente en los grandes programas de los últimos años. La previsión actual es que el sistema de aviónica del ATF puede contribuir alrededor del 40% del coste del avión en vuelo, contemplándose una cifra similar para el EFA, no debiendo ser inferior al 30% para cualquier avión de combate moderno.

Sin embargo, los costes crecientes son los de desarrollo, que están asociados con plazos crecientes de realización del sistema de armas.

Entre 1960 y 1975 los plazos medios de desarrollo para aviones de combate y ataque en EEUU pasaron de 65 a 75 meses comprobados.

Los programas de desarrollo se alargaron casi invariablemente respecto de lo previsto, pero por efectos diferentes.

FIG. 6a)

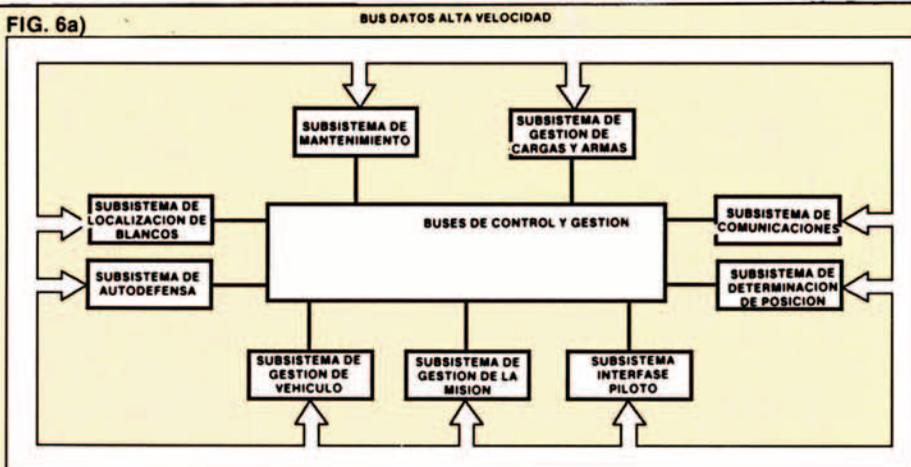
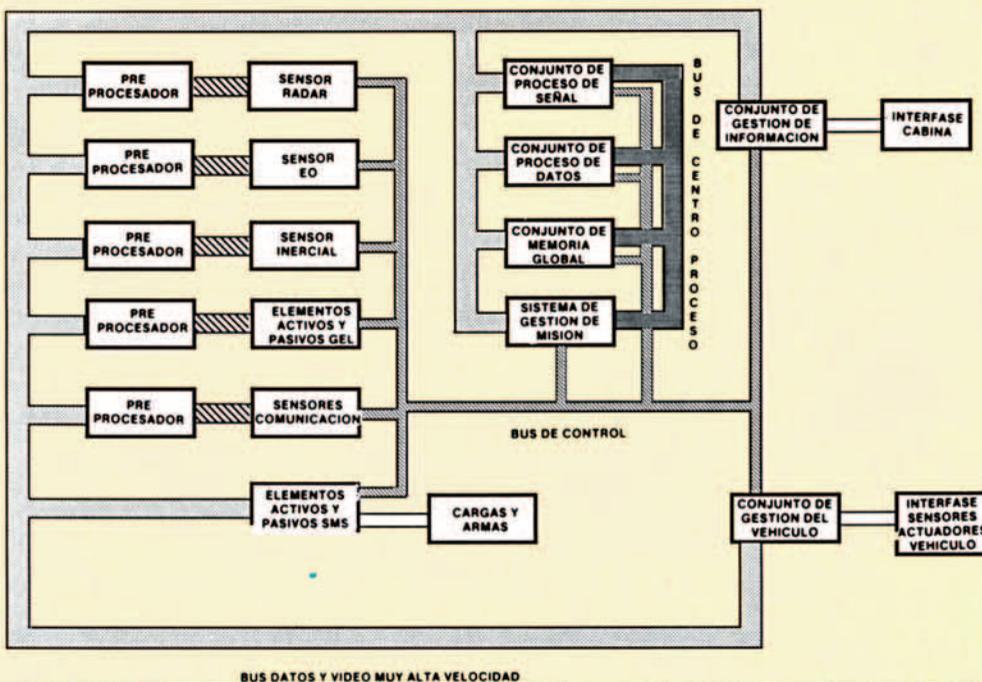


FIG. 6b)



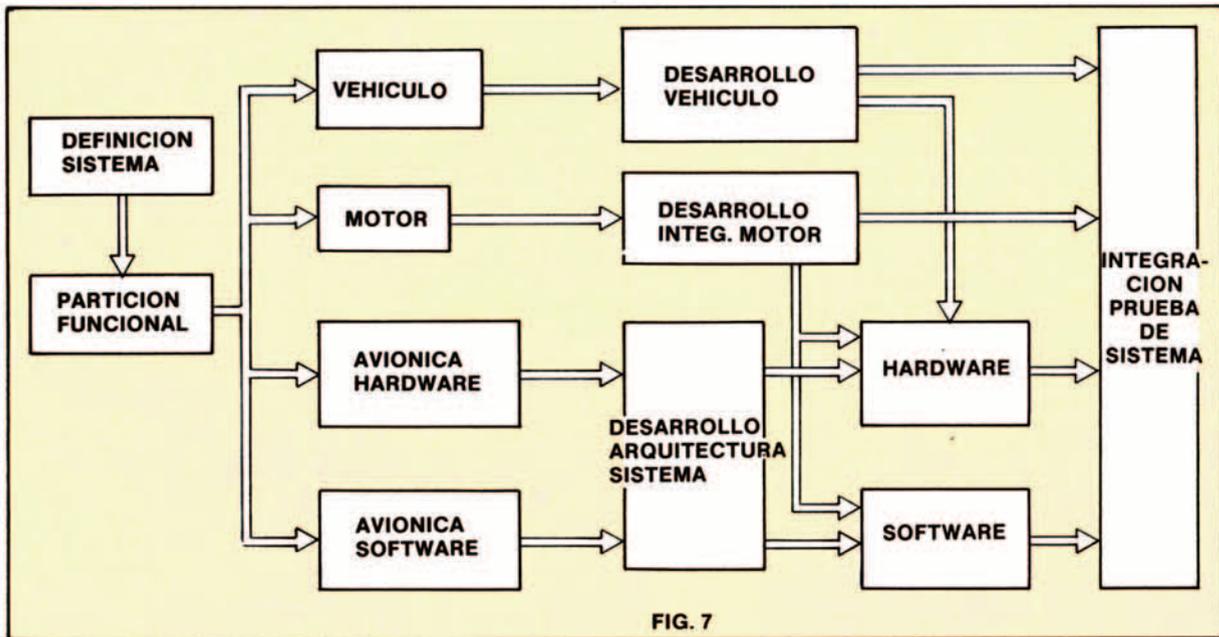


FIG. 7

En 1960 los retrasos de desarrollo se debían fundamentalmente a problemas técnicos, mientras que en 1975 se debían especialmente a inestabilidad de los fondos para el desarrollo y efectos de gestión exteriores al programa.

Como resultado del análisis de su experiencia con los programas de sistemas de armas, la conocida Comisión Packard preparó una lista de recomendaciones para controlar y sanear los costes de desarrollo de los programas de Defensa, cuyo contenido muy sumariamente es el siguiente:

- Planificaciones de desarrollo y producción cortas y estables.
- Equipos de Ingeniería con experiencia, lo más pequeños posible, con cadenas de mando claras y mínima carga de informes.
- Buena comunicación con el Usuario.
- Presencia continua de una alternativa para el desarrollo.
- Realismo en los costes previstos y coste de producción unitario como requisito de diseño.
- Uso de prototipos lo más pronto posible en el programa con comprobaciones tanto en prestaciones como en costes.
- Mejora Planificada del Producto (P³I) y uso en el producto base de tecnología firmemente establecida.
- Consideraciones de producción y soporte realizadas en las fases iniciales del desarrollo.

Es evidente que parecen objetivos inalcanzables si miramos al entorno europeo y que son raros incluso en EE.UU. pero tal vez sean posibles en países como España si tenemos voluntad de conseguir buenos productos.

En cuanto a organización del desarrollo de los Sistemas de Aviónica en las líneas de lo que se ha tratado hasta aquí, hay que admitir que no hay un consenso en la industria y que depende mucho de la naturaleza de las empresas, pero nosotros nos inclinamos a pensar que es más efectivo que el desarrollo e integración del sistema de aviónica lo realice una empresa especializada diferente de la que construye la célula. Los ejemplos son múltiples: HUGHES en el AWG-9 del F-14 de Grumman; Boeing en el sistema del B-1B de Rockwell; HARRIS en el sistema del A129 de Agusta; IBM en el LAMPS MKIII como contratista principal con Sikorsky en la célula; HARRIS en el sistema del V22 (hasta hace poco más de un año) y varios otros. La realidad es que se trata de un problema de organizaciones más que de empresas y para resolver el desarrollo de un Sistema de Aviónica integrado pensamos que es más efectiva la organización de una empresa de aviónica.

El esquema de definición de requisitos debe pasar por una fase de partición funcional del sistema de armas en que las organizaciones deben establecer las funciones a proporcionar por los sistemas que se integrarán físicamente en el avión y las interfases que deben cumplir. Es evidente que para que el proceso tenga éxito debe ser coordinado con criterios objetivos y de efectividad industrial. El esquema es el representado en la Fig. 7. Es necesario articular cada uno de los bloques y líneas del esquema con un método operativo viable que permita minimizar los costes incurridos, sobre todo teniendo en cuenta que los primeros pasos de un programa de desarrollo tienen un efecto desproporcionado en los costes del programa de producción subsiguiente.

CONCLUSIONES

EL Sistema de Aviónica, que es uno de los segmentos del Sistema de Armas Avión de Combate, tiene entidad funcional propia que se deriva de los requisitos de las misiones operativas a cumplir. Analizando estas misiones se deduce que hay que realizar avances sustanciales en los sensores, los procesadores y el software del sistema. Por otra parte, se debe plantear como requisito del diseño el mantenimiento de unos costes y tiempos de realización establecidos, adecuando la organización de desarrollo a unas pautas y a unos contenidos tecnológicos propios de la aviónica y el software embarcado. La solución de una organización especializada en el desarrollo e integración del sistema de aviónica nos parece la más apropiada. ■