

Aspectos técnicos del programa de modificación

JOSÉ VICENTE BISBAL BOIX
Teniente Coronel Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCION

LA modificación puede dividirse en cuatro grandes bloques, que son técnico-operativo, industrial, soporte logístico y económico.

En este artículo trataremos de desarrollar las consideraciones que hay que tener en cuenta hacer en este programa, desde el punto de vista técnico, que incluirá también factores de las áreas industriales y de soporte logístico, ya que no se pueden separar.

Estas consideraciones, son de tipo general, ya que los cálculos detallados lógicamente se hacen a lo largo de la consecución de la modificación en el avión prototipo por la empresa contratista.

NUEVA AVIONICA

COMO hemos visto en la descripción del primer objetivo de la modificación, el paso más trascendental se consigue con la incorporación de una nueva aviónica integrada. Por lo tanto hay que definir el nuevo sistema de aviónica, su composición, relaciones, funciones y presentaciones.

Es decir se ha de configurar la arquitectura del sistema de aviónica a nivel de equipos. Los principales elementos quedarán comunicados por un bus numérico de datos, pero habrá otros que conservarán un funcionamiento independiente o bien sus enlaces serán convencionales. Los equipos unidos por el bus son los siguientes: calculador de misión, visor de cabeza alta, central inercial con GPS, central de datos de aire y caja de interconexión del radar.

La elección de los nuevos equipos vendrá dictada por el criterio de utilizar soluciones ya validadas y a su vez equipos modernos que permitan la integración de funciones complicadas y garantizar un alto nivel de características.

Habrà también que tener en cuenta los equipos que desaparecen, al ser sustituidos o al no tener ya función.

El nuevo sistema se configura pues alrededor de un calculador principal y de una central inercial. La comunicación entre estos equipos y otros también principales se hará a través de un bus numérico MIL-1553-B. Como instrumento primario de vuelo se instalará un visor de cabeza alta (HUD), con un panel de control con el teclado correspondiente y ven-

tananas de presentación (UFCP). La presentación se completará con una pantalla de cristal líquido con presentación en color. La central inercial ha de funcionar apoyada por un equipo GPS que asimismo está incluido en la nueva aviónica. La central inercial que lógicamente ha de cumplir los requisitos de precisión y alineamiento pedidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT), está previsto que sea del tipo giroláser, con lo cual se conseguirá disponer de un equipo de la tecnología más avanzada en este campo. En el visor se montará una cámara de grabación de las imágenes captadas a través de este equipo. Estas imágenes podrán ser posteriormente grabadas y reproducidas en un video.



Foto: J. Terzi

La operación del F-1 resultará más sencilla para el piloto.



Luego quedan otros elementos nuevos a incorporar, como son una caja de compatibilidad electromagnética, una central de datos de aire, una caja de interconexión con el radar, un radioaltímetro...



Por otro lado, mencionaremos que el radar Cyrano IVM ha de modificarse, sobre todo, para conseguir la función telemetría necesaria para los cálculos de bombardeo aire/suelo, y para lograr las nuevas interfaces video con la pantalla de datos, que también proporcionará imagen radar, ya que además desaparece de la cabina la pantalla actual de radar.

Formando parte de instalaciones independientes del sistema integrado están la incorporación de una nueva radio y un nuevo equipo IFF.

Igualmente se han de instalar los equipos de guerra electrónica, como el Alertador de amenazas ALR-300 y el lanzador de chaff y bengalas ALE-40, y la capacidad BARAX en los aviones F-1 que no poseen estas instalaciones.

La primera cuestión que se plantea, es el montaje de los equipos mencionados en el propio avión. Esto está unido además a la homogeneización de las cabinas ya que muchos nuevos elementos van en cabina. Hay que hacer un estudio de montaje físico, es decir, de espacio. Se dan casos como en el HUD que su instalación está ya fijada, pues va en el lugar del actual visor CSF196, o equipos como la nueva radio e IFF que se instalan en el lugar de los antiguos. Pero en otros muchos casos hay que buscar una ubicación, tanto para los elementos de la cabina como para los que van a ir en la bodega de equipos, pero también para las canalizaciones, conectores y pasos del nuevo cableado.

Se montarán pues los equipos de aviónica en cabina, panel frontal y consolas, y también en las bodegas de equipos. Los subsistemas de guerra electrónica tienen una instalación más "dispersa" al involucrar a casi todo el avión (cabina, fuselaje, deriva...).

Todo este cambio de aviónica, remodelación de los paneles y todos los desmontajes en general van a obligar a cambiar casi todo el cableado de la zona de la cabina, para lo cual tendrá que rediseñarse todo y buscar sitio para conducir los mazos de cables dado el reducido espacio con el que se cuenta en esa zona del fuselaje del avión.

En la colocación de los equipos e instrumentos influirá muchísimo las reducidas dimensiones de la cabina del avión F-1. Se tendrá que desmontar totalmente para abordar después su nueva configuración. En general todo el avión dispone de poco espacio libre estando totalmente abarrotado de cables, equipos, válvulas, depósitos..., de manera que además la accesibilidad a cualquier parte interna es complicada y exige muchos desmontajes previos. Un tercer factor que influye, en esta colocación espacial, es el aspecto de Control de Configuración del avión, ya que estos aviones de origen francés de la familia Mirage, de Dassault-Aviation, no son totalmente iguales aun dentro de la misma serie. Aunque haya pequeñas diferencias éstas son suficientes para obligar a un control exhaustivo de su

configuración, a veces avión por avión. Pero es que entre los 55 aviones, hay varios tipos o series (los F-1CE(3 series), F-1EE, F-1BE).

La ubicación de un nuevo equipo, una vez definido geométricamente, se verá influida pues, como hemos visto, por el espacio disponible, la accesibilidad y la configuración del avión, una vez definida su posición por motivos funcionales y operativos.

El diseño pues no va a seguir un proceso lineal sino que, al verse modificado por consideraciones o cálculos posteriores, deberá remodelarse convirtiéndose en un proceso iterativo.

Como hemos visto uno de los puntos fundamentales es la definición de la cabina ya que va a condicionar todo el desarrollo posterior. Aparte del problema de la ubicación física de los elementos tendremos en cuenta otras variables no menos importantes como son la ergonomía, relación hombre-máquina, distancia del HUD a la cabeza del piloto, posición de mandos e interruptores, teclados, agrupación de funciones, agrupación de instrumentos, condicionantes de seguridad en vuelo, línea de eyección, luminosidad...

Aunque la responsabilidad es del contratista, la definición de la cabina se hace con una activa participación del Ejército del Aire, sobre todo a través de la experiencia adquirida por los pilotos de F-1, y de F-18, contando con los nuevos avances pensados en aviones como el EF-2000.

Por ejemplo, los análisis para la colocación de la pantalla pueden condicionar fuertemente la colocación de los demás instrumentos e indicadores del panel frontal. Incluso en la elección del tipo y modelo de la pantalla influye el espacio físico, pues puede no poder instalarse por tener excesiva profundidad o sección frontal. El morro del avión es muy afilado y la curvatura tan cerrada de la parte delantera del fuselaje origina que las distancias en profundidad detrás del panel frontal sean condicionantes.

Para el diseño inicial de la cabina, tanto del panel frontal como de las dos consolas laterales, normalmente se emplea un programa informático de diseño gráfico, tipo CAD, que permite colocar y mover los elementos, viendo como quedan en tres dimensiones, asignando distintos colores para mayor facilidad.

Se harán los nuevos cálculos de peso y centrado del avión. No se espera, a priori, que haya grandes variaciones, ya que los nuevos equipos pesan menos y su colocación es similar a la de los antiguos.

Tendrá que estudiarse el aspecto de disipación de calor. Al ser los equipos más modernos, de menor consumo eléctrico, su generación de calor será menor, pero se hace necesario un estudio equipo por equipo y en conjunto. En casos necesarios algunos llevan incorporado un pequeño ventilador interno.

Los nuevos equipos pueden ser clasificados en tres categorías atendiendo a sus características de acondicionamiento:



Foto: J. Terrel

Las cabinas serán homogeneizadas al máximo.

- equipos refrigerados por simple convección.
- equipos acondicionados por un ventilador integrado.
- equipos acondicionados por ventilador más aporte de acondicionado de otra fuente.

Los equipos de las dos primeras categorías son autónomos desde el punto de vista de refrigeración, pero hay que tener en cuenta determinadas recomendaciones de montaje como son:

- respetar espacios libres alrededor de los equipos, en especial si hay entradas o salidas de aire.
- no colocarlos cerca de otros equipos con fuerte disipación de calor.
- evitar bloqueos físicos en las entradas y salidas de aire.

Entre los equipos de la tercera categoría como son el HUD y la central inercial, se utilizará un ventilador exterior, o bien el mismo circuito de acondicionamiento de equipos del avión, pero además se ha de refrigerar la central inercial con el avión parado en aparcamiento, para diversas operaciones, y entonces podrá refrigerarse gracias a un ventilador exterior.



Los generadores eléctricos del avión permanecen invariables, por lo que el balance eléctrico tiene que ser calculado y ser aceptable. No obstante no se esperan dificultades en este campo, ya que como hemos comentado antes, habrá menos consumo. Lo más destacable es el posible cambio de tipo de alimentación eléctrica, es decir un equipo antiguo alimentado por corriente alterna y ahora sustituido por uno que se alimenta de continua. O bien equipos incorporados que se alimentan de corriente continua. El diseño se centrará en la distribución y cálculo del nuevo cableado y conectores.

Por supuesto todos los equipos y toda la instalación resultante, no sólo han de funcionar y conseguir los objetivos marcados, sino que además debe cumplir todos los requisitos de vibraciones, temperatura, factor de carga, compatibilidad electromagnética, velocidad... para las que el avión fue proyectado. En pocas palabras, el diagrama de vuelo del avión ha de quedar invariable.

La modificación, pues, no afecta a la estructura primaria del avión. Afecta a la célula sólo en lo necesario para la instalación de los equipos, cableados, antenas.... Tampoco afecta a los sistemas de combustible, hidráulico y al motor. En cambio si va a afectar al sistema de acondicionamiento y al eléctrico.

Por otra parte, en una intervención de este tipo van a surgir trabajos imprevistos y complicaciones al interrelacionar todo el sistema de aviónica con el avión. Habrá que abordar cada uno de estos problemas técnicos y resolverlos con ocasión de la modificación en el prototipo.

Por ejemplo, se pueden presentar averías o defectos en la célula, que se descubran según se va desmontando el avión. (grietas en chapas o herrajes, deformaciones, holguras,...). También en los sistemas del avión, que en principio no son afectados por la modificación, como el sistema hidráulico, o el circuito de combustible. Como el avión prototipo al final ha de salir en estado de vuelo, se han de resolver todas las averías y defectos aunque no formen parte de la propia modificación. Habrá que hacerlo el contratista, fuera del marco del contrato principal, o bien con los medios propios del Ejército del Aire.

Pero todo esto nos hace ver que también puede tener repercusiones económicas que habrá que atender a través de otros expedientes de reparaciones o revisiones.

Por otro lado, se ha de preparar para la salida de este avión todos los equipos y piezas con suficiente potencial, para asegurar que su salida y fase de pruebas no va a sufrir retrasos por esta causa. Si durante la fase de prototipo cumple alguna revisión por calendario ésta tendrá que hacerse antes de la salida del avión. Todas estas operaciones tendrán que hacerse en coordinación con el Ala 14 y la Maestría Aérea de Albacete.

Como consecuencia del importante cambio de los equipos de aviónica, su nueva distribución y funcionalidad se trata de una modificación mayor, y el avión prototipo requerirá una validación y certificación que garanticen sus condiciones de aeronavegabilidad en la configuración resultante.

Todo lo que hemos hablado hasta ahora era referente a los aviones monoplazas. Los cuatro biplazas merecen un comentario aparte, pues se ven menos afectados por la modificación.

Por dificultades presupuestarias la modificación de los aviones biplazas es mucho menor. De esta forma lo que esta previsto realizar es:

—instalación de equipos de guerra electrónica ALR 300 y ALE40 en un avión biplaza, que no lo tiene todavía por proceder de la reciente compra a Francia.

—instalación a los cuatro aviones de la nueva radio HQ11 y el equipo IFF con modo IV.

—homogeneización de las cabinas, en lo posible.

ASPECTO INDUSTRIAL

ESTE aspecto del contrato está estrechamente relacionado con el calendario de ejecución, y por lo tanto es de gran importancia.

En primer lugar hay que pensar en el avión prototipo que va a ser el modelo para la realización del resto de los aviones. La empresa contratista, THOMSON-CSF, ha diseñado un esquema industrial que contempla la realización del avión prototipo en las instalaciones de SABCA (Société Anonyme Belge de Constructions Aérospaciales), en Bélgica. Esta empresa aeronáutica trabaja en este programa como subcontratista de THOMSON-CSF, estando al cargo de la instalación de los nuevos equipos del sistema de aviónica en el prototipo, montaje y estudio de la nueva disposición de la cabina, puesta a punto del avión, validación y pruebas finales. Su papel es el que en la industria aeronáutica francesa se llama como "avionneur", que podríamos traducirlo, aproximadamente, como "avionador". Esta elección por parte del contratista tiene su fundamento, y es que esta empresa ya tiene experiencia en modificación de aviones de origen francés. En particular, SABCA había ya modificado los aviones Mirage 5 de la Fuerza Aérea Belga dentro del programa denominado MIRSIP.

Por otro lado la empresa SABCA pertenece en un determinado porcentaje a DASSAULT-AVIATION,

lo cual le facilita el acceso a toda la documentación necesaria de los aviones y un respaldo técnico de la citada firma fabricante.

A la par que se realizan las intervenciones sobre este avión prototipo hay que redactar la documentación técnica necesaria para poder hacer el resto de los aviones, la serie. Sin embargo los aviones Mirage F-1 no son totalmente iguales ya que al adquirirse en varias épocas los diferentes modelos difieren entre sí. El avión prototipo es del tipo F-1CE, (1ª serie ó "tranche"), pero los F-1CE, abarcan tres series. Aparte existen los 17 F-1EE. Los cinco aviones que se adquirieron recientemente al Ejército del Aire francés son de los modelos F-1B(1) y F-1C(4).

Las diferencias entre los aviones monoplazas no son grandes pero lo suficiente como para tenerlo en cuenta en el diseño y en el control de configuración, introduciendo pues complicaciones de control adicionales. La documentación e instrucciones derivadas del prototipo para realizar la modificación sobre avión ha de tener en cuenta estas variaciones. También se tendrá en cuenta, avión por avión, su estado de cumplimiento de modificaciones y OTCP aprobadas.

Durante la modificación del prototipo se ha de confeccionar la composición de los Kits de cableado, mecánicos y de pequeños elementos necesarios para montar el nuevo equipamiento. Estos materiales se han de fabricar para que estén listos para la serie, de manera que sean los adecuados, los más exactos posibles, teniendo en cuenta los distintos modelos de avión, y no haya que perder tiempo en nuevos diseños, pruebas o modificaciones.

Aunque la programación del computador principal no la hace SABCA sino la firma ATE, ha de hacerse a lo largo del periodo del prototipo. Será verificado este software y validado en el banco de integración, antes de funcionar en el avión.

Se considera como lo más importante la terminación del avión prototipo que condicionará todo el resto del programa y de una manera directa a la serie.

Están previstas unas pruebas de aceptación por el Ejército del Aire con la participación de la Unidad y del CLAEX, aparte de las pruebas de verificación y validación a efectuar por el contratista, para asegurarse del cumplimiento de los objetivos previstos.

La concepción de la arquitectura del sistema, su realización y el diseño de sus funciones serán efectuados por la empresa sudafricana Advanced Technologies and Engineering (ATE), que también actúa en este contrato como subcontratista.

Ha de producir también la programación del computador principal y del banco de integración, que es donde primero se montará el nuevo sistema, se harán las pruebas y correcciones del software, antes de pasar al propio avión. Hace pues el papel de "système".

Diseña la implantación de las siguientes funciones

operacionales: interface hombre-sistema (IHS), función de navegación y aproximación, dirección de tiro de cañón Aire/Aire y dirección de tiro Aire/Suelo.

En cuanto a los equipos es su responsabilidad el calculador de misión (MISQ) y el equipo de restitución de misión.

El propio contratista principal, THOMSON-CSF, además de dirigir y gestionar todo el programa, suministra los equipos de aviónica y realiza también el diseño de cabina y los estudios de la relación piloto-



Foto: J. Terol

El F-1, junto al F-18, constituye la columna vertebral de la capacidad

avión. Para la fabricación de los equipos se apoya en su empresa asociada SEXTANT AVIONIQUE. THOMPSON-CSF, además de suministrar los equipos y ser por lo tanto el "équipementier", es el interlocutor oficial con el Ejército del Aire para este contrato. Participa directamente en las funciones operacionales de interoperabilidad OTAN (radio e IFF) y en la dirección de tiro misil Aire/Aire.

Como los principales tipos diferenciales de aviones F-1 son F-1CE y F-1EE y entre los F-1CE la 3ª serie(o tranche), además del prototipo se realizan dos aviones preserie, un F-1EE y un F-1CE de la 3ª serie, con la finalidad de adaptar exactamente los trabajos de diseño efectuados en el prototipo a estos aviones ligeramente distintos. Estos aviones

preserie, así como la mayor parte de la serie (algunos aviones se modifican en la Maestranza Aérea de Albacete), se modificarán en la factoría de CASA GETAFE, dado que esta empresa aeronáutica española participa en el programa como subcontratista de THOMSON-CSF, en esta importante fase de producción. Los dos aviones preserie se superponen parcialmente en el tiempo con el prototipo, aunque lógicamente desplazados pues éste ha de realizarse antes. A partir de la salida del prototipo



disuasoria del Ejército del Aire.

empieza la serie. La cadencia de salida de los aviones modificados en serie es muy alta.

De ahí la importancia de lo que hemos mencionado de hacer una exacta documentación técnica al modificar el avión prototipo para que luego la modificación aplicada a los aviones de serie transcurra sin problemas.

Hemos visto que el aspecto industrial tenía un fuerte impacto en el calendario. Pero éste a su vez ha tenido que planificarse pensando, en primer lugar, en mantener la operatividad del sistema de armas que ha de seguir funcionando en las tres unidades dotadas de estos aviones. De ahí que el número total de aviones inmovilizados tenga un límite.

La elección de los primeros aviones, y su entrada en modificación, se hace en coordinación pues con el Ala 14. Pero también se ha de coordinar toda la operación con la cadena de Gran Visita del avión F-1 y que actualmente continúa en la Maestranza Aérea de Albacete. Por lo tanto, para no inmovilizar los aviones dos veces en un corto espacio de tiempo, se aprovechará la Gran Visita para efectuar la modificación sobre algunos aviones. La planificación, una vez optimizada, muestra que se aplicará la modificación sobre varios aviones durante su inspección de Gran Visita. Se hará un estudio detallado de la división de trabajos sobre avión, los que correspondan a la Gran Visita y los que correspondan a la modificación, de manera que a ser posible ambas tareas no se interfieran y se hagan independientemente. Lo más seguro es que esto no sea posible y haya interferencias y trabajos que deban coordinarse o sean comunes. Lo que se ha definido es que la Maestranza será responsable de la parte de GV y el contratista de la modificación. Se procurará que la prolongación del avión en hangar sea mínima.

Este trabajo, en cierta manera conjunto, servirá a su vez para que el personal de la Maestranza se familiarice con los nuevos equipos y con la modificación a nivel célula y cableado, y esto produzca un mayor conocimiento del avión que redundará, no cabe duda, en un mejor mantenimiento y operatividad futuros.

La función telemetría, imprescindible para el cálculo de bombardeo que debe hacer el computador, se consigue a través del actual radar Cyrano IVM del avión, pero modificándolo.

Dentro del aspecto de compensaciones industriales se han firmado acuerdos entre el contratista principal y varias empresas españolas de aeronáutica y aviónica. Como hemos visto antes la principal aportación industrial española se encuentra en el área de producción, efectuando la modificación a todos los aviones de serie por parte de CASA.

También participan Inisel, Ceselsa, Amper..., en fabricación de equipos y componentes. Esto permitirá además formarse tecnológicamente para en el futuro efectuar el mantenimiento en 4º escalón de estos equipos y así evitar su envío al extranjero.

Lo mismo va a ocurrir con la fabricación de los bancos de prueba e incluso para la elaboración de la documentación incluida en el contrato.

CONTROL DE CALIDAD

EL Aseguramiento de la calidad que obligatoriamente ha de llevarse en un programa de esta envergadura se realiza a través de la Inspección Técnica Oficial en España (INTERDEF), dependiendo de la DGAM. Como gran parte de los trabajos, sobre todo en la fase inicial, se realiza en el extranjero se hace necesario delegar en virtud de los



Foto: J. Terol

El piloto comprueba sus equipos

acuerdos internacionales existentes en los otros organismos homólogos de estas naciones.

El contratista elaborará el Plan de Calidad General y el Plan de Calidad Software y creará una organización de Aseguramiento de Calidad. Las normas de calidad a aplicar son la AQAP110 y AQAP150.

Las actividades de Aseguramiento de la Calidad se aplicarán a:

- La actividad/fabricación de piezas y/o componentes.

- Instalación y montaje de equipos, piezas y sistemas sobre avión.

- Verificación de subsistemas y/o equipos.

- Hardware y Software utilizado para la verificación de los requisitos de subsistemas y/o equipos.

- Equipos soporte necesarios para las pruebas de verificación del diseño u otras pruebas requeridas para contribuir a la calificación o aceptación de los subsistemas y/o productos.

Los trabajos realizados en Francia, fabricación de equipos, cabina, interfaces piloto avión..., estarán sometidos a la inspección de la DQA (antiguamente denominada SIAR).

El organismo equivalente en Bélgica, y que por lo tanto actuará en la factoría de SABCA, se denomina SCRT (Services de Control et Reception Technique).

En el caso de la supervisión de los trabajos a efectuar en Sudáfrica (ATE) ésta se hará en lo referente al Control de Calidad a través del organismo denominado ARMSCOR.

SOPORTE LOGISTICO

Se encuentra incluido en el contrato la aportación del soporte logístico integrado adecuado a la modificación que sufre el avión.

La empresa creará una organización específica que ha de ocuparse de analizar el tema del soporte logístico y proporcionar todo lo especificado en el contrato. Para ello realizará:

- una coordinación entre el desarrollo, producción y mantenimiento posterior.

- adaptación de las necesidades del utilizador y el soporte propuesto.

- coherencia entre los componentes del soporte logístico.

- suministro del soporte logístico de acuerdo con la entrega de los aviones.

Se hará una programación del soporte logístico integrado englobada en la planificación general.

De una manera muy simplificada diremos que se ha de proporcionar cursos a distintos niveles y especialidades para personal de mantenimiento y pilotos, repuestos de 1º y 2º escalón para los elementos nuevos, documentación técnica y asistencia técnica, bancos de prueba y de mantenimiento para los equipos nuevos.

Pero también se han de estudiar las repercusiones sobre el mantenimiento actual: equipos y bancos que puedan quedar obsoletos, manuales técnicos, repuestos, talleres ya equipados a transformar... En especial se ha de ver las repercusiones sobre los actuales bancos SDAP, ATEC y BASAM, de forma que posteriormente a la modificación se puedan hacer las comprobaciones necesarias sobre avión, sistemas y equipos.

Al quedar los aviones biplazas con los equipos de aviónica actuales, por ser su modificación menor, se ha de seguir con su mantenimiento, lo cual requerirá una atención y organización especial.

CONCLUSIONES

HEMOS tratado de exponer brevemente, sin entrar en detalles, los principales aspectos técnicos que hay que tener en cuenta en un programa de esta envergadura en un avión de caza, en este caso el avión Mirage F-1, y que han sido ya analizados en la fase de preparación del programa.

No obstante, dada la complejidad y magnitud de la modificación, se presentarán problemas técnicos imprevistos, sobre todo a lo largo de la fase prototipo, pero se considera que serán de menor importancia y solucionables. ■