



*Sistema autónomo de inspección en vuelo español.*

## España inicia la tercera generación de los sistemas de inspección en vuelo

JOSE LUIS DELPON RAMOS  
*Capitán Ingeniero Técnico Aeronáutico*

**E**N el presente artículo, se va a tratar de exponer al lector la forma de trabajar del nuevo sistema de inspección en vuelo español (8711-FI). Para lo cual, tomaremos de forma típica la inspección de un sistema de ayuda al aterrizaje como el ILS (Instrument Landing System), ampliando más tarde la aplicación para otro tipo de ayudas como el VOR, NDB, etc.

Inicialmente, hay que conocer que la forma de trabajar del mencionado sistema es el posicionamiento conocido, en todo momento, del avión por multilateración de DME. Es decir, que es necesaria una cobertura completa de esta clase de ayudas en los vuelos "a nivel" que se realicen, por muy bajos que sean. El sistema puede trabajar con un mínimo de dos DME, siempre y cuando no estén alineados con el avión. Lógicamente, cuantos más reci-

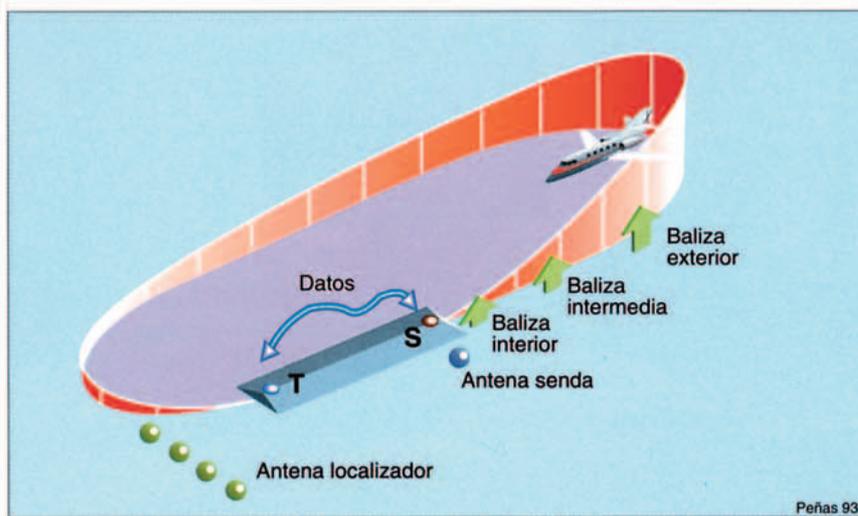
ba mejor será la definición de la posición del avión y ésta, es presentada mediante dígitos que indican la bondad de ese dato, siendo de menor valor significativo cuanto mejor es la posición.

Dentro de las maniobras de inspección de un ILS, en la mayoría de ellas se miden u observan parámetros en posiciones de vuelos horizontales a más o menos altitud. En ellas, es necesario vigilar la "posición estimada" que calcula el ordenador y presenta en una pantalla, que sabiendo diferenciar e interpretar los valores variables ascendentes o descendentes que aparecen a lo largo de la maniobra a estudiar, podemos conocer el valor relativo y absoluto de los datos obtenidos y presentados. De aquí se deduce que la filosofía de trabajo del sistema 8711 es usar esa multilateración para, utilizando todos los algoritmos convergentes en el

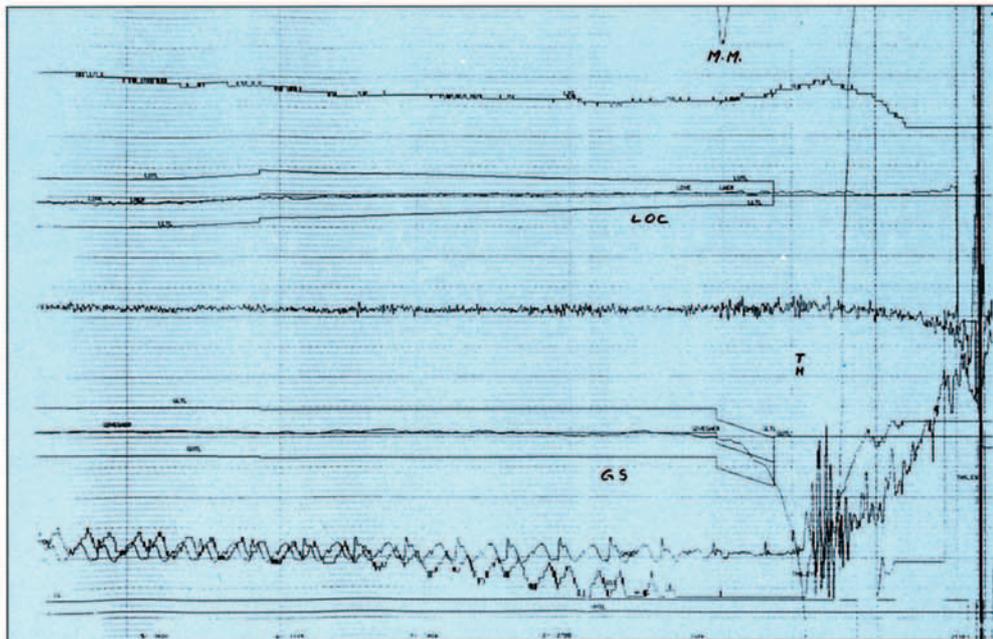
computador, conocer si lo calculado coincide, aplicando tolerancias, con los valores a proporcionar por la ayuda.

Sin embargo, cuando tratamos de inspeccionar la aproximación a la pista siguiendo un "localizador" y una "senda", aparecen otros instrumentos más a tener en cuenta, cuya presencia hace cambiar algo la filosofía de trabajo del sistema 8711. Estos son la cámara de TV situada en el morro del avión y el altímetro láser ubicado en la parte posterior del mismo.

Si describimos, a modo de ejemplo, una inspección de la maniobra de aproximación a la pista de un aeropuerto, se puede decir que consta de tres fases: desde que se inicia la aproximación (puede ser más allá de la baliza exterior OM) hasta el umbral de pista (TH), sobre la pista sobrevolándola, y finalmente, el retorno a las pro-



Típica inspección del ILS.



Sección de una presentación gráfica en "post-profile" de una inspección en vuelo ILS-CAT-I.

ximidades de la OM para iniciar una nueva maniobra. En orden a realizarla con el módulo computador de la posición del avión con precisión, son específicas en cada maniobra.

En la fase primera, esa región es el volumen de espacio de interés primordial del curso frontal del Localizador en una inspección en vuelo pero, en cualquier caso, solo están trabajando los subsistemas del avión en tiempo real. En esta fase, por eso, el módulo de cómputo de la posición de precisión almacena la primera toma de posición del sistema de navegación inercial. El

mismo módulo, también almacena el error estimado con la toma de datos desde las distancias DME (multilateración), si los hay y si se inicia la aproximación antes de la OM, o posiciones GPS (Global Positioning System) si algún día es incorporado al sistema español, al igual que ya es realidad en el sistema japonés. Esta fase cubre cuatro millas, contadas desde el umbral de pista, durante 120 segundos con una velocidad del avión de 220 km/h., más la parte anterior a la OM donde se ha iniciado la aproximación.

En la segunda fase, la toma de datos

precisos se realiza con la cámara de TV y el altímetro láser. Durante esta fase, la toma de datos sigue siendo continua y, para cada dato, el error estimado y asociado es almacenado.

En la tercera fase, la toma de datos sigue siendo continua para actualización y, además, en el camino de retorno a la OM (baliza exterior) se realiza el análisis para conocer el estado de la ayuda, en este caso el ILS como hemos dicho.

Durante todas las fases de una inspección en vuelo, tanto de aterrizaje como de ruta, cabe la posibilidad de utilizar el osciloscopio y analizador de espectros incorporados al sistema de inspección, tanto en su modalidad autónoma como en la manual alternativa. Con ellos se tiene la posibilidad de analizar o investigar

frecuencias de trabajo e interferencias, forma de las señales a comprobar, potencia de las mismas, etc.

No es el momento de enumerar todas las posibilidades de inspección en vuelo de la nueva consola, ni los tipos de medida y análisis en concreto. Es suficiente decir que está capacitada para realizar todo tipo de inspecciones autónomamente, incluso las ópticas (VASI, PAPI, etc.) y con posibilidad de ampliación a otros sistemas que ahora están en desarrollo y estudio, como GPS y MLS, estando éste último ya incorporado en su fase de desarrollo.

Todo el sistema de inspección en vuelo está do-

tado de diferentes sensores de seguridad de temperatura que anulan la parte del sistema que está fuera de tolerancias de ambiente de trabajo. Todos los trabajos de aviónica han sido supervisados por técnicos de la agencia estadounidenses FAA (*Federal Aviation Administration*), tanto en los trabajos en tierra como en vuelo, siendo necesario certificar de nuevo el avión ya que ha sufrido modificaciones profundas, incluso en la estructura. En la aviónica, la FAA emitió un STC para la nueva configuración y el protocolo de pruebas de fabricación, funcionamiento en rampa y en

vuelo, así como los procedimientos y requisitos del sistema de inspección en vuelo, fueron supervisados por el representante español en el programa.

Las tolerancias de trabajo en inspección en vuelo mejoran las recomendadas por OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en algunos aspectos y, en otros, cumplen con normas de la nombrada FAA. No obstante, en España e internacionalmente, los requerimientos para la inspección y certificación en vuelo de las diferentes ayudas a la navegación, están descritos en los Manuales correspondientes de OACI y, en nuestro caso, en los propios del Estado español en proceso de adaptación, con incorporación de alguna normativa de FAA.

En el nuevo diseño del sistema de inspección en vuelo, se ha tenido en cuenta la mayor comodidad para el técnico de inspección. Se ha diseñado con dos cuerpos, de forma que uno de ellos tenga la pantalla e instrumentación básica para el desempeño de la función rutinaria, permitiendo que el técnico lo tenga a su vista en la dirección del vuelo, reduciendo considerablemente la sensación desagradable de situarse lateralmente a la dirección del mismo. El asiento es giratorio y permite tener fácilmente a su alcance el segundo cuerpo de la consola, pudiendo seguir los datos registrados y utilizar la segunda pantalla, si es necesario, con comodidad. La carga de trabajo del técnico de inspección en vuelo se reduce considerablemente con el nuevo diseño.

En realidad, con la elección del sistema autónomo por parte de España, se ha iniciado la tercera generación de los sistemas de inspección en vuelo. La primera generación fue la totalmente manual; la segunda la semiautomática y la tercera, la totalmente automática y autónoma. Los sistemas totalmente manuales son la base de la inspección en

vuelo; pero han quedado totalmente obsoletos; cada vez menos países usan esos sistemas por su gran dependencia de las marcaciones desde tierra y del tiempo atmosférico. Los vuelos son largos y resulta cara la inspección de las ayudas. El técnico de inspección en vuelo soporta una carga de trabajo alta en los sistemas totalmente manuales en operación, análisis y evaluación. En este tipo de sistemas, durante el vuelo, un

ayuda por la propia posición. De esa comparación sale el análisis y los ajustes si son necesarios.

Los sistemas manuales están cambiando por otros más exactos de forma rápida, pues los resultados son un tanto imprecisos para el nivel de tecnología alcanzado hoy en día y la gran dependencia de condiciones de buena visibilidad, además del gran tiempo invertido en el vuelo y el coste acumulado.

La segunda generación de sistemas de inspección en vuelo, o semiautomáticos, usan los mismos equipos de aviónica y seguimiento óptico que el sistema manual. Esta generación mejora la presentación de datos, en pantallas, y su tratamiento por computador, pero mantiene el análisis efectuado por el técnico, quien sigue teniendo una alta carga de trabajo. El teodolito es usado, también, para proveer datos de posicionamiento al avión y el computador compara la señal del teodolito recibida con la de la ayuda a inspeccionar en tierra, presentando los resultados que puede acompañar con gráficos. La pantalla presenta al técnico la operación en tiempo real.

La operación con el sistema autónomo-automático de inspección en vuelo, tercera generación, da el paso importante de la rotura del enlace con el operador del teodolito de tierra. El posicionamiento del avión se efectúa a bordo con el INSE (*Inertial Navigation System*), permitiendo que el vuelo de inspección se efectúe, como ya se ha dicho, en condiciones de tiempo meteorológico adverso y reducida visibilidad. Anteriormente era necesario tener unos ocho kilómetros de visibilidad mínimo. En el caso que nos ocupa, el computador se encarga de tomar datos, analizarlos y presentarlos de forma autónoma y automática en tiempo real. Como se puede ver, la carga de trabajo del técnico de inspec-

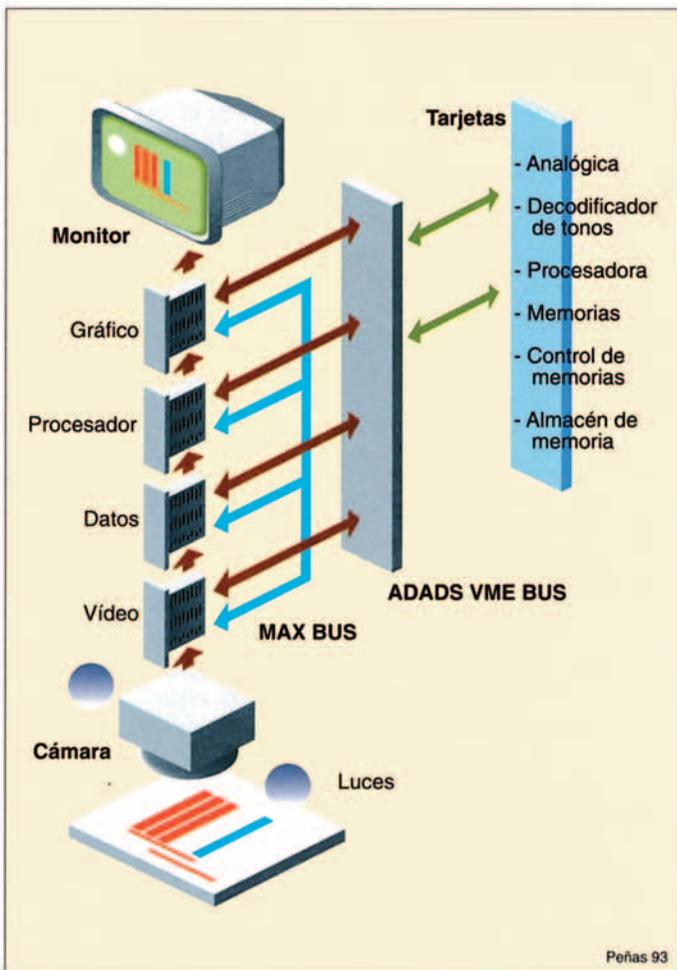


Diagrama bloque básico del sistema 8711 de inspección de vuelo español.

técnico en tierra con el teodolito convenientemente ajustado y alineado, efectúa un seguimiento óptico del avión enviándole datos por frecuencia de radio en VHF, cuando el avión se encuentra en posiciones imprescindibles para la evaluación de la ayuda que se esté trabajando. Recibidos los datos en el avión, son grabados en un registrador como marca de un suceso. Luego, el técnico de inspección en vuelo compara esos datos con la señal recibida de la

ción se reduce considerablemente durante el vuelo, pero ahora lo debe de preparar más antes y analizarlo después. Durante la inspección de la ayuda, el técnico dialoga con el computador pero debe de tener una atención particular a la hora de "entenderse" con él, sobre los problemas que puede presentar en el tratamiento de la información.

En el uso de la cámara de TV, el técnico interviene directamente cuando la imagen se presenta desvirtuada o en malas condiciones debido a agentes externos, como nieve, polvo o deficiencias de las marcas de la pista. En ese caso, el técnico debe recomponer la imagen mediante "sucesos" marcados por él o los pilotos, para posteriormente "decirle" al computador sobre qué imagen debe trabajar.

De la comparación de los diversos sistemas, se deduce que este último reduce la carga de trabajo del técnico, elimina horas de vuelo y los costes de la operación son menores. En realidad, el sistema puede quedar amortizado en unos pocos años, sin tener en cuenta que puede ser vendido el servicio a otros países, con lo que se reduciría aún más el tiempo de amortización.

La forma de trabajar con el sistema autónomo es seguir un programa que presenta una forma de diálogo ordenado máquina-operador. Mediante este diálogo, el computador da al operador la opción de elegir diferentes caminos para conocer determinados campos, como autocomprobación, calibración de los propios equipos, acceso a pantallas concretas para introducir cambios o a la base de datos con palabra de seguridad para ciertas funciones, etc. Uno de los caminos que proporciona es la elección de la ayuda a inspeccionar, camino que permite un primer contacto con los parámetros a inspeccionar en la "pantalla de ruta". Es a partir de aquí cuando el técnico de inspección en vuelo prepara al sistema para trabajar en el campo que le interesa; en este momento tiene la capacidad de elegir qué maniobra y cómo la va a realizar, disponiendo ya al sistema para comenzar el almacenamiento de datos en "tiempo real" en cuanto él dé la orden de "comienzo".

Siguiendo centrados en la ayuda ILS a modo de ejemplo como se nombra al principio y, dentro de su inspección,

continuamos en la maniobra de aproximación por ser la más completa entre las varias posibles en un vuelo de este tipo. La orden de inicio del perfil de trabajo se da antes de la baliza exterior (OM) en un punto variable según el interés final de la maniobra. Comienza usando el método de posicionamiento por multilateración, hasta que el computador calcula que está en el punto de 4 NM desde el umbral de la pista servida por la ayuda, a partir del cual se permuta la multilateración por la cámara de TV y el altímetro láser.

A lo largo de estas últimas 4 millas de la primera fase y a lo largo de la segunda, sobrevolando la pista, la toma de datos por láser y cámara es constante. Sin embargo, el ordenador de inspección en vuelo selecciona solo cuatro imágenes cada vez que el piloto pulsa el "suceso" de paso por el umbral de entrada y salida de pista, aproximadamente dos segundos en cada "suceso". De las cuatro imágenes, el computador presenta la que cree que es mejor y que no siempre lo es para el técnico, pues puede estar deformada la imagen por el propio alabeo del avión, nieve o agua sobre la pista, etc. En este caso, el técnico de inspección en vuelo tiene la posibilidad de llamar a las otras imágenes o recomponer la que él estime más interesante, consiguiéndolo mediante un cursor desplazable por la pantalla y que lo puede situar en el punto sobre el que quiere tomar la referencia de medidas. Si es imposible recomponer la imagen, existe la opción de rechazarla y meter el dato de error de sobrevuelo de los umbrales a estima del piloto.

Mediante esta técnica, se define una recta sobre la pista que el ordenador se encarga de prolongar a tiempo pasado y "mejorar suavemente el error" de las posiciones seguidas por el avión, de forma que comparándolas con la señal recibida de la ayuda, pueda determinar el error de la misma. Este estudio interno se denomina *post-profile* y el resultado es un volcado de datos y gráficos para su posterior análisis y archivo. Tanto en la presentación gráfica como en la tabla de resultados, el sistema analiza teniendo en cuenta la curvatura propia de la senda de planeo en las proximidades del umbral de pista. Esto lo ejecuta durante la tercera fase de la operación, además de iniciar otra vez

la multilateración preparando al sistema para la siguiente maniobra.

Para mantener un "diálogo" con el ordenador y entenderse sobre la maniobra a realizar (modulaciones, medida del sector de utilización, cobertura, alarmas, etc.) se han definido unos perfiles denominados ILS-1, ILS-2, ILS-3 e ILS-4 donde ya se han definido los parámetros a medir y en qué condiciones. El técnico de inspección en vuelo tiene que elegir lo que necesita y vigilar que todo se desarrolla de forma coherente.

Filosofía muy similar es la utilizada para la inspección en vuelo de las ayudas VOR, TACAN, ayudas visuales, mapa del terreno, MLS, etc. Para todas ellas, se definen unos perfiles de "diálogo" con el ordenador (órbita, radial de referencia, etc.), que nos permitirán introducirnos en los programas de análisis del comportamiento de las ayudas, pudiendo clasificarlas dentro de su estado operativo de utilidad o no utilidad.

Como parte muy importante del sistema de inspección en vuelo para una correcta operación, es lo que se llama "base de datos" de la ayuda. En ella se introducen todos los parámetros o cotas específicos y que componen su carnet de identidad. Al introducir y almacenar en el disco duro todas las ayudas, aquellas que sean DME serán utilizadas por el ordenador para el cálculo de la multilateración, por lo que la exactitud de la posición y posteriores resultados, dependerá de lo precisa que sea la base de datos de todas y cada una de las ayudas en el disco duro. Otros módulos delicados del sistema de operación son el altímetro láser, la cámara de TV y el altímetro barométrico, el cual se maneja a través del teclado introduciendo los datos de presión, temperatura y elevación de un punto del terreno del lugar donde se va a desarrollar el vuelo.

Después de esta breve introducción en el tema de la inspección en vuelo, entenderá ahora el lector la confianza de un piloto cuando en condiciones adversas de tiempo meteorológico, por ejemplo, se decide a una toma de tierra aún con falta de visibilidad o simplemente vuela confiado en las señales que recibe. Esa confianza es fruto del conocimiento de la atención que reciben esas ayudas que luego permiten una navegación, aterrizaje o vigilancia segura ■