

# El satélite como alternativa al radar en el control del tráfico aéreo

JULIAN GALLEGO YAGÜE  
Teniente Ingeniero Técnico Aeronáutico

**L**OS métodos actuales de navegación (Sistemas inercial y omega) y de control (Radares) permiten que el control del tráfico aéreo (ATC) en zonas continentales pueda efectuarse de forma fiable y segura, pero la utilización de radares lleva consigo ciertas limitaciones como pueden ser la obtención de datos de altura de una aeronave, la adquisición de datos meteorológicos o la capacidad de cobertura.

Las técnicas radar para determinar la altura en la práctica están condicionadas por la geografía de la

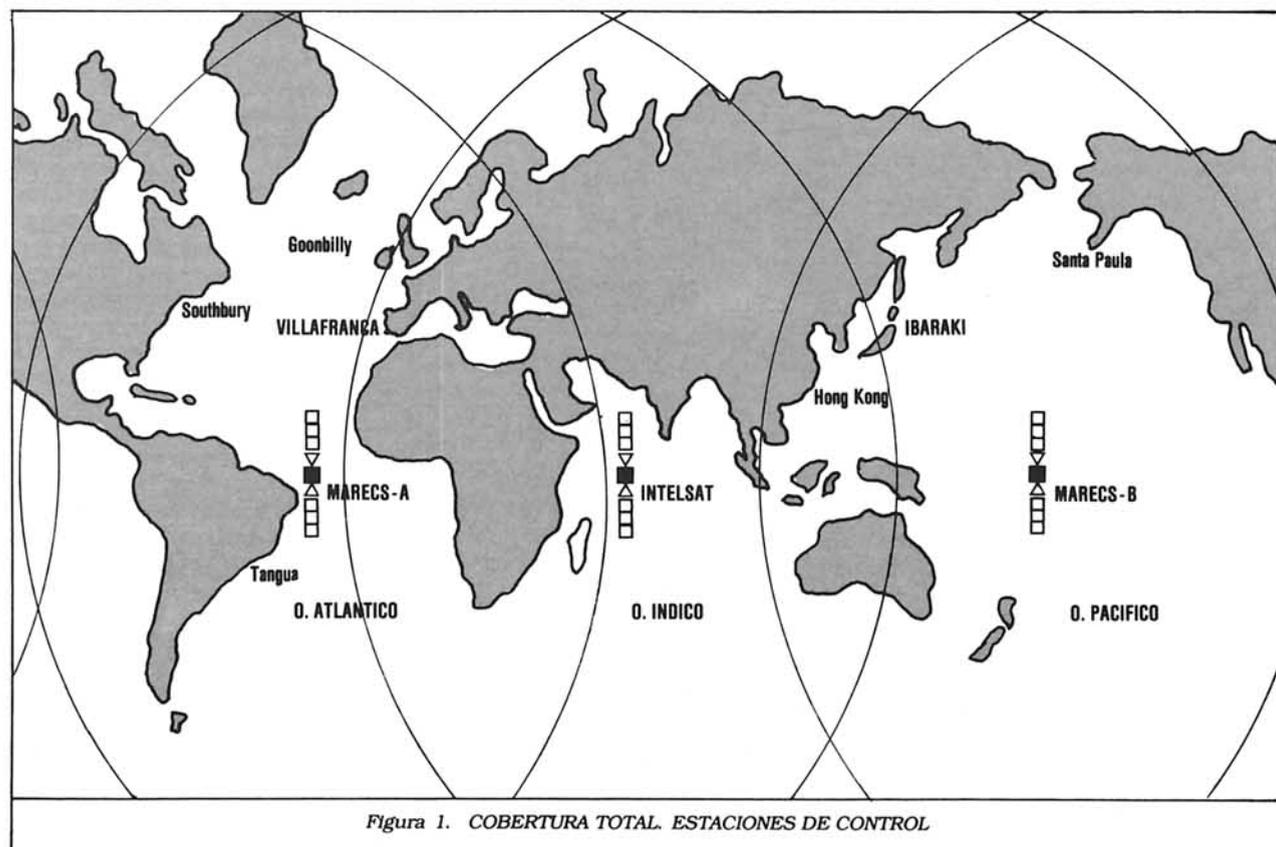
zona, por lo que el subsistema que informa de la altitud en ruta necesita de otros medios para realizar este informe. En cuanto a la cobertura para poder ejercer el control en una amplia zona continental, se necesita el solapamiento de las coberturas de diversos radares y se plantea un gran problema a la hora de ejercer el control en áreas oceánicas. Además en el aspecto técnico se presentan dos problemas: el hecho de que la exactitud de estos sistemas varía con el ángulo de elevación, y la supresión de los lóbulos secundarios de la señal radar.

## PROYECTO PROSAT

Dentro del tema de las comunicaciones, la Agencia Europea del Espacio (ESA) se propuso asentar las bases de un proyecto que hacía referencia a la posibilidad de comunicación de terminales móviles utilizando un segmento espacial, lo que se denominó Proyecto PROSAT. En principio este proyecto se dividió en dos fases:

## PROSAT FASE I

Dentro del programa mencionado, la FASE I tiene como objetivo global



la definición de las características de los futuros sistemas por satélite y de los nuevos terminales móviles, que se puede concretar en los puntos siguientes:

1. Medida y optimización de parámetros técnicos en estos terminales bajo condiciones reales de propagación usando el satélite MARECS.

2. Determinación de las características del enlace soviético-aeronave y su impacto en los futuros sistemas móviles por satélite.

principalmente marítimas y aeronáuticas y que estos sean operativos. Para ello se contemplaron los siguientes objetivos:

1. Evaluación de parámetros a largo plazo con los prototipos desarrollados bajo la fase primera.

2. Detallada evaluación de los conceptos aplicables a los sistemas potenciales de comunicaciones móviles y recopilación de datos para definir un equipo de a bordo con nuevas técnicas, tales como repeti-

gran tonelaje, y el llamado PRODAT, enfocado al desarrollo de terminales para aeronaves y barcos de poco tonelaje, en el que se ha preparado un experimento para estudiar las posibilidades de las comunicaciones aeronáuticas via satélite en el control de tráfico aéreo.

### EL SEGMENTO INICIAL INMARSAT

Para desarrollar los objetivos del programa PRODAT se empleará el Segmento Especial MARCOS sumi-

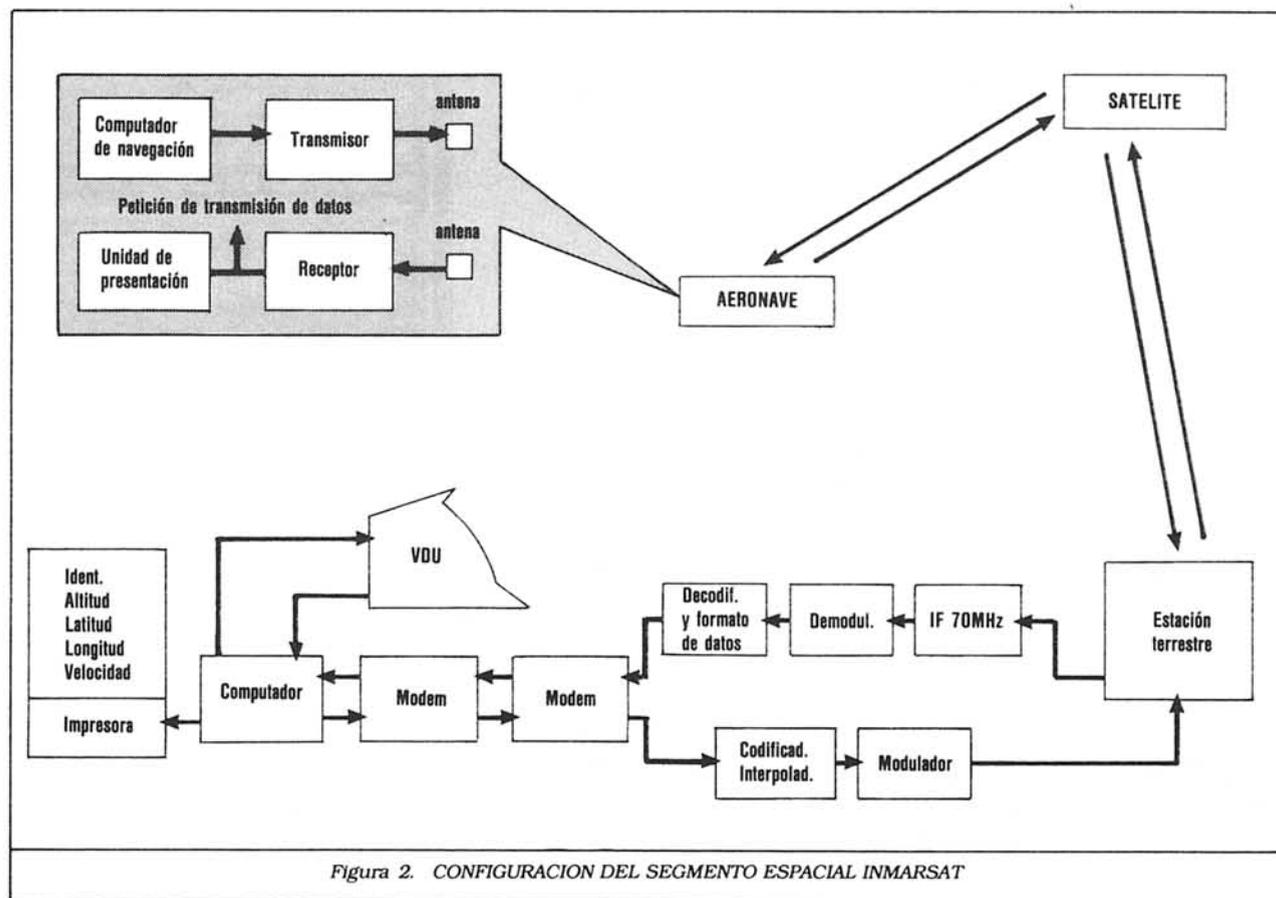


Figura 2. CONFIGURACION DEL SEGMENTO ESPACIAL INMARSAT

3. Registro de la variación del nivel de la señal en cada antena seleccionada para hacer un análisis posterior.

4. Evaluación técnica y selección óptima de la modulación y técnica de codificación.

### PROSAT FASE II

El plan de actividades previstas para esta fase del PROSAT conduce al desarrollo de los sistemas adecuados para la comunicación via satélite con terminales móviles, prin-

dores generativos y antenas multi-haz.

3. Promover nuevos servicios de comunicaciones móviles y demostrar las mejoras introducidas en la calidad de servicio, seguridad y rendimiento global en la industria del transporte.

4. Promocionar la tecnología de terminales móviles en Europa.

Así, el proyecto inicial PROSAT se dividió en dos partes, el llamado PROMAR, que trata las comunicaciones via satélite para barcos de

nistrado a INMARSAT por ESA, que está definido por los satélites MARECS y las instalaciones asociadas en tierra necesarias para trazar itinerarios, monitorizar y controlar el espacio aéreo.

Además de los satélites MARECS A y MARECS B, incluye:

— Red en tierra necesaria para las operaciones (ver figura 1), que consiste en:

- Estaciones en tierra con Bandas L y C, ubicadas en Villafranca (Ma-

drid) capaces de controlar un satélite sobre la Región del Atlántico (ACR) o sobre la Región del Océano Índico (IOR).

- Estación VHG situada en Redu (Bélgica), como reserva de la de Villafranca.
- Estaciones VHF y de Bandas L y C localizadas en Ibaraki (Japón), capaces de controlar el satélite de la Región del Océano Pacífico (POR).
- Una red de comunicaciones que conecte estas instalaciones con el Centro de Control de Operaciones (OCC).

ción y propuso los sistemas de recepción y transmisión. El diseño del Segmento Espacial sigue estrechamente las recomendaciones del estudio de la RSSD. En la configuración empleada (ver figura 2), los datos del computador de a bordo alimentan la Unidad Transmisora, que genera una señal modulada la cual alimenta las antenas. La señal recibida por el satélite desde la aeronave es transmitida hacia la estación de tierra, que después del cambio de frecuencia alimenta el Demodulador.

y comerciales. Los objetivos de estas pruebas son:

1. Determinar la capacidad de la tecnología del satélite para que pueda contribuir a la mejora del control del tráfico aéreo, particularmente en el espacio oceánico, y así poder prever una mejora en las comunicaciones y vigilancia dependiente.
2. Evaluar las características técnicas, fiabilidad y limitaciones de las técnicas de comunicación vía satélite para el ATC en un entorno real.
3. Determinar los cambios necesari-

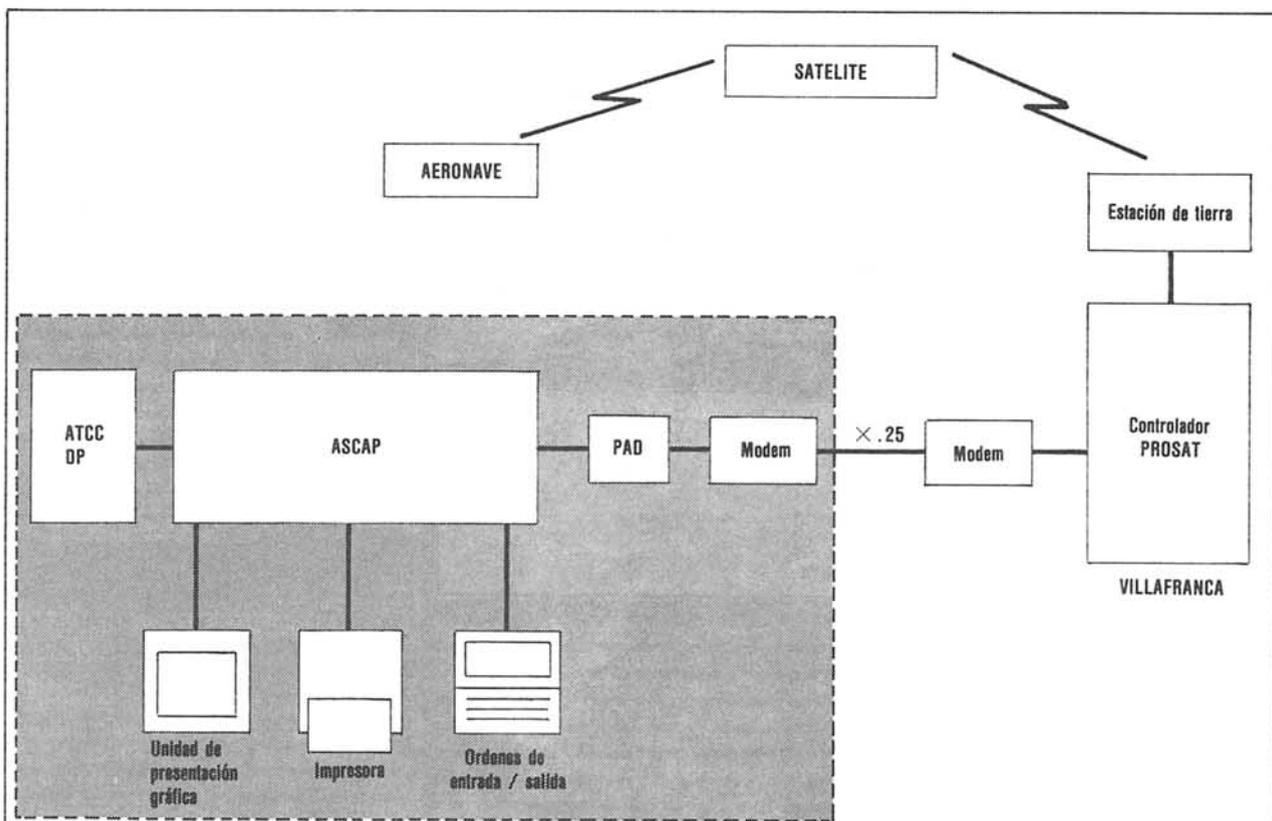


Figura 3. CONFIGURACION DEL SISTEMA PRODAT

- El Centro de Control de Operaciones (OCC).

Para completar la cobertura total, INMARSAT, en su sistema de comunicaciones, utiliza el INTELSAT V.

INMARSAT contrató a la RSSD (Racal Saellite Systems Sivation) para que estudiara la aplicabilidad de su sistema al servicio del móvil aeronáutico vía satélite. La RSSD proyectó las antenas adecuadas, las técnicas de modulación y codifica-

### COMUNICACIONES VIA SATELITE PARA EL ATC

La primera aplicación de las comunicaciones vía satélite para los propósitos de Control de Tráfico Aéreo, irán encaminados hacia la vigilancia dependiente y las comunicaciones en vuelo dentro del espacio aéreo oceánico. Como parte del proyecto PROSAT se están llevando a cabo distintas pruebas de comunicaciones tierra-aire vía satélite con aeronaves experimentales

rios en el sistema ATC de tierra, incluyendo las comunicaciones y procesado de datos y los sistemas de presentación visual que potencialmente la tecnología satélite puede ofrecer para obtener una mejor explotación y mayores beneficios en el proceso ATC.

Gran parte del beneficio de un sistema de vigilancia dependiente estriba en la habilidad para detectar y excluir o permitir, con tiempo, la corrección de las desviaciones transversales en la navegación.

**TABLA 1**

| Mensaje  | a) Contenidos.<br>b) Longitud estimada (bits). |
|--|--|
| 1) Informe de Posición (PR).   |  |
| a) IDS, Código Inicial, Latitud, Longitud, Altitud, Número de Mach, Angulo verdadero de ruta, Mensaje Bandera.                                   |  |
| b) $12 + 2 + 17 + 18 + 12 + 10 + 10 + 1 = 82$  |  |
| 2) Informe de Identidad y Posición (RE).   |  |
| a) IDS, Código, FI, Latitud, Longitud, Altitud, nº de Mach, ángulo verdadero de ruta.  |  |
| b) $12 + 8 + 48 + 17 + 18 + 12 + 10 + 10 = 135$  |  |
| 3) Informe de Punto de Ruta (RE).  |  |
| a) IDS, Código, Próximos puntos de Ruta (2).   |  |
| b) $12 + 8 + (2 \times [22 + 23]) = 110$   |  |
| 4) Informe Meteorológico (RE).   |  |
| a) IDS, Código, Angulo del Viento, Velocidad del Viento, Latitud, Longitud, Altitud, Temperatura Estática del Aire, Estado del ángulo de alabeo. |  |
| b) $12 + 8 + 10 + 8 + 17 + 18 + 12 + 11 + 2 = 98$  |  |
| 5) Petición de Altitud Libre (M).  |  |
| a) IDS, Código, Altitud.   |  |
| b) $12 + 8 + 12 = 32$  |  |
| 6) Conformidad de Altitud Libre (M).   |  |
| a) IDS, Código, Altitud.   |  |
| b) $12 + 8 + 12 = 32$  |  |
| 7) Petición de Ruta Libre (M).   |  |
| a) IDS, Código, 4 Puntos de Ruta, Altitud, nº de Mach.   |  |
| b) $12 + 8 + (4 \times [22 + 23]) + 12 + 10 = 222$   |  |
| 8) Conformidad de Ruta Libre (M).  |  |
| a) IDS, Código, 4 Puntos de Ruta, Altitud, nº de Mach.   |  |
| b) $12 + 8 + (4 \times [22 + 23]) + 12 + 10 = 222$   |  |
| 9) Petición de Entrada al Sistema (RA).  |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |
| 10) Informe de Identidad de Vuelo (RE).  |  |
| a) ID, Código, FI.   |  |
| b) $12 + 8 + 48 = 68$  |  |
| 11) Petición de Informe de Posición (P).   |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |
| 12) Petición de Identidad y Posición (RQ).   |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |
| 13) Petición de Punto de Ruta.   |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |
| 14) Petición de Informe Meteorológico.   |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |
| 15) Altitud Libre (M).   |  |
| a) ID, Código, Altitud.  |  |
| b) $24 + 8 + 12 = 44$  |  |
| 16) Ruta Libre (M).  |  |
| a) ID, Código, 4 Puntos de Ruta, Altitud, nº de Mach.  |  |
| b) $24 + 8 + (4 \times [22 + 23]) + 12 + 10 = 234$   |  |
| 17) Petición de Identidad de Vuelo (RQ).   |  |
| a) ID, Código.   |  |
| b) $24 + 8 = 32$   |  |

Tales desviaciones son causadas generalmente por errores humanos, cualquier piloto puede insertar puntos de ruta erróneos en los sistemas automáticos de navegación de a bordo, o puede haber algún malentendido entre el piloto y el controlador en la comunicación del nivel de vuelo, velocidad o ruta de vuelo. La eliminación o minimización de tales errores humanos por el transferidor de datos de información directa, desde el sistema de navegación de a bordo a tierra, no sólo mejoraría significativamente la seguridad del vuelo, además junto con las mejoras en la navegación, se puede llegar a la reducción de los criterios de separación, con los beneficios que conlleva en la utilización del espacio y su flexibilidad táctica.

En lo referente a la flexibilidad táctica del ATC, el tiempo de respuesta es un factor que limita las comunicaciones aire-tierra. Una mejora en el tiempo de respuesta conduciría a la reducción significativa del plazo de recepción de los permisos de despegue y aterrizaje, que junto con una mejora en la navegación se puede llegar a la reducción de los criterios de separación longitudinal, que sería muy beneficioso para los operadores.

Las investigaciones también van encaminadas a trabajar en el interface entre el sistema de comunicación del enlace de datos vía satélite y el sistema de procesado de datos ATC, con vistas a que en las futuras generaciones de equipos puedan ser incorporados el hardware y software necesarios.

### CONFIGURACION DEL SISTEMA

El propósito común de ESA en la Fase II del Proyecto PROSAT es desarrollar un sistema de comunicaciones centrado en la estación terrestre de Villafranca (Madrid), aunque también puedan ser utilizadas otras estaciones terrestres alternativas. El sistema de control de comunicaciones también incluye procesadores e interfaces para la conexión con otros centros terrestres.

En la configuración del sistema (ver figura 3) además de la estación terrestre de Villafranca, que utiliza el controlador de comunicaciones PRODAT, una parte fundamental del equipo de tierra es el ASCAP

(ATC Satellite Communication Processor), cuyas funciones son:

1. Mantener activo el "archivador" de la aeronave para que incluya los datos siguientes.

a) Direcciones técnicas de la aeronave.

b) Identificación del vuelo.

c) Última posición, altitud y otros datos obtenidos del aire.

2. Dirección del encabezamiento de Petición y Respuesta.

3. Procesado y comparación de los mensajes de comunicaciones.

4. Dirección y soporte de los siguientes periféricos:

a) Enlace al controlador de las comunicaciones de la estación de tierra.

b) Impresora de Navegación.

c) Entrada-Salida de comunicaciones.

d) Unidad de presentación gráfica.

e) Enlace al Centro de Control de tráfico aéreo (ATCC).

El ASCAP mantiene una serie de datos sobre cualquier aeronave "activa" que esté dentro del espacio aéreo de interés. A intervalos regulares iniciará un mensaje de petición de vigilancia para cualquier aeronave.

La aeronave, al recibir esta petición, responde automáticamente con un mensaje que contendrá datos de posición, altitud, rumbo, velocidad, etc..., sacados del sistema de navegación de a bordo. Estos datos pasarán al ASCAP a través de la estación terrestre. El ASCAP así puede mantener actualizada una línea de datos sobre cualquier aeronave, datos que pueden llevarse a una unidad de presentación gráfica y/o a una impresora.

### MENSAJES NECESARIOS PARA LA FUNCION ATC

Los contenidos y formatos de los mensajes de interrogación y respuesta podrían ser los siguientes:

Mensajes aire-tierra:

1. Posición: posición actual de la aeronave.

2. Identidad y posición: en el procedimiento de entrada a una parte del sistema.

3. Puntos de Ruta: envía los dos siguientes puntos de la ruta de la aeronave.

4. Informe Meteorológico.

5. Petición de Altitud Libre: para cambio de altitud.
6. Conformidad de Altitud Libre.
7. Petición de Ruta Libre: para cambio de ruta.
8. Conformidad de Ruta Libre.
9. Petición de Entrada al Sistema.
10. Identidad de Vuelo: en respuesta a la petición de identidad de vuelo.

Mensajes tierra-aire:

11. Petición de Posición: en respuesta a la petición de entrada al sistema.
12. Petición de Punto de Ruta.
13. Petición de Informe Meteorológico.
14. Altitud Libre.
15. Ruta libre.
16. Petición de Identidad de Vuelo.

Los mensajes 1 a 4, 10 a 13 y 16 serán automáticos y no necesitarán intervención manual en el panel de vuelo. Para el resto de los mensajes se necesitará a la tripulación para efectuar el mensaje adecuado de entrada-salida. Cualquier aeronave será interrogada probablemente cada cinco minutos aproximadamente, en una región oceánica, y con mayor frecuencia en el caso de que haya otra aeronave próxima a ella.

Los contenidos de los mensajes indicados anteriormente están dados en la TABLA 1, con las longitudes estimadas de cada uno de ellos.

La TABLA 2 contiene los detalles de las especificaciones del AIRNC 429 para los formatos del bus de datos de la aeronave y también los formatos de los datos del enlace

| TABLA 2               |                            |            |      |                             |            |      |
|-----------------------|----------------------------|------------|------|-----------------------------|------------|------|
| ELEMENTOS DEL MENSAJE |                            |            |      |                             |            |      |
| Parámetros            | ESPECIFICACIONES ARINC 429 |            |      | FORMATO PARA LA TRANSMISION |            |      |
|                       | Exten.                     | Resolución | Bits | Exten.                      | Resolución | Bits |
| ID                    |                            |            |      |                             | 1          | 24   |
| IDS                   |                            |            |      | 4096                        | 1          | 12   |
| FI                    |                            |            |      |                             | 1          | 48   |
| Código                |                            |            |      |                             |            |      |
| encabezamiento        |                            |            |      | 4                           | 1          | 2    |
| de respuestas         |                            |            |      | 256                         | 1          | 8    |
| Otros mensajes        |                            |            |      |                             |            |      |
| Latitud               | 180°                       | 0,000172   | 21   | 90°                         | 0,000276   | 17   |
| Longitud              | 180°                       | 0,000172   | 21   | 180°                        | 0,00276    | 18   |
| Altitud               | 131ft                      | 1          | 17   | 131ft                       | 64ft       | 12   |
| Nº de Mach            | 4,096M                     | 0,0000625  | 16   | 4,096M                      | 0,008M     | 10   |
| Angulo de Ruta        | 180°                       | 0,0055     | 16   | 180°                        | 0,7°       | 10   |
| Angulo de Cabeceo     | 180°                       | 0,01°      | 15   |                             |            | 2    |
| Datos Pto. de Ruta    |                            |            |      |                             |            |      |
| RNAV Lat.             | 180°                       | 0,1 min.   | 22   | 180°                        | 0,1 min.   | 22   |
| RNAV Long.            | 180°                       | 0,1 min.   | 22   | 180°                        | 0,1 min.   | 23   |
| Datos Meteorológicos  |                            |            |      |                             |            |      |
| Angulo de Viento      | 180°                       | 0,7°       | 9    | 180°                        | 0,7°       | 10   |
| Velocidad Viento      | 256 Kts                    | 1          | 8    | 256 Kts                     | 2 Kts      | 8    |
| SAT                   | 512                        | 0,25       | 12   | 512                         | 1° C       | 11   |
| TAT                   | 512                        | 0,25       | 12   | 512                         | 1° C       | 11   |

aire-tierra. La información del bus de datos, las tres primeras columnas, sólo se tendrán en cuenta como guía. Los formatos propuestos para el enlace vía satélite están dados en las otras tres columnas, y en todos los casos, excepto ID, IDS, FI y Código, los cuales derivan de

los buses 429, incluyen un bit para indicar la validez de éstos. La información se truncará cuando la Extensión y Resolución de dichos datos sean excesivas para los requisitos del proyecto o cuando sea necesario hacer restricciones en la longitud del mensaje. ■

## Efemérides aeronáuticas

**ABRIL.** El día 4 de este mes del año 1939, tres días después de haberse declarado oficialmente terminada la guerra, sufrió la Aviación Militar española la hasta entonces más cruenta catástrofe de su historia, al estrellarse en Alcolea del Pinar, en la provincia de Guadalajara, tres bimotores **Dornier Do-17 "Bacalao"** que al mando del jefe del Grupo, comandante José Ibarra Montis, realizaba un cambio de emplazamiento trasladándose del aeródromo de Alfamén al de Azuqueca, con muy mal tiempo. Envueltos los aviones en nubes bajas que impedían toda visibilidad exterior, se destrozaron contra unas pequeñas lomas, a poca distancia uno de otro, pereciendo los once tripulantes de los tres aparatos: comandante Ibarra, tenientes, Nogueira, Gómez Sanz, De la Piñeira y Rodríguez Medel, alférez Núñez Iago, sargento Ramos y cabos 1º, Múgica, Felices, García Velo y Carrasquitu.

LARUS BARBATUS