



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

C.O. N° 03-97
25/09797

CIRCULAR OPERATIVA

UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) COMO MEDIO PRIMARIO DE NAVEGACIÓN PARA OPERACIONES EN ÁREAS OCEÁNICAS/REMOTAS.

1.- INTRODUCCIÓN

El Sistema de Posicionamiento Global NAVSTAR (GPS) del Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos de América es un sistema de radionavegación en el que se distinguen tres segmentos funcionales: espacio, control y usuario. El segmento espacio se compone de una constelación de 24 satélites distribuidos en seis planos describiendo órbitas a 20.200 km. de altura con un período orbital de aproximadamente 12 horas. Cada satélite emite una señal de sincronización y un mensaje de datos, una parte del cual es utilizado por el receptor GPS (segmento usuario) para calcular los elementos orbitales de cada satélite. El receptor mide el tiempo que emplea la señal en recorrer la distancia desde los satélites visibles, permitiendo de ese modo el cálculo de la posición y velocidad del mismo. Finalmente, el segmento de control consiste en una red de estaciones terrestres de supervisión que aseguran la precisión de la posición de los satélites y de sus relojes atómicos, y que configura el mensaje de navegación que posteriormente es retransmitido por los satélites.

Son necesarios un mínimo de tres satélites para determinar la posición en dos dimensiones y cuatro para calcular la posición en el espacio. Se pueden lograr precisiones horizontales y verticales superiores a 100 metros y 156 metros respectivamente el 95% del tiempo. Para ello es necesario que la elevación y geometría de cada satélite en relación con el receptor, cumplan ciertos requisitos necesarios para garantizar las precisiones nominales del sistema. La disponibilidad de servicio es superior al 99,0%.

Debido a las características de diseño y funcionamiento del segmento de control, el sistema GPS no puede garantizar el cumplimiento de los requisitos de integridad exigidos a los sistemas de navegación aérea. Sin embargo, la tecnología actual ofrece diversas posibilidades para proporcionar una integridad mejorada a la señal GPS, de tal modo que se alcance un valor equivalente a la ofrecida por las ayudas a la navegación convencionales. Los niveles de integridad exigidos pueden obtenerse mediante el empleo de aumentaciones embarcadas, como la ofrecida por la función denominada *Receptor con Supervisión Autónoma de Integridad (RAIM)*, o por un sistema integrado que emplee otros sensores de navegación en combinación con el GPS. Son necesarios un mínimo de cinco satélites para poder disponer de la función RAIM.



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

En 1994, la *Administración Federal de Aviación* norteamericana (FAA) estableció un conjunto de requisitos adicionales para permitir la utilización del GPS como medio primario

de navegación en áreas oceánicas o remotas. Uno de estos requisitos, denominado función de *Detección de Fallos y Exclusión* (FDE), combina la utilización del RAIM para detectar fallos en la señal de un satélite, con la capacidad para identificarlo y excluirlo de los cálculos de la solución de navegación. Para disponer de la función FDE debe contarse con un satélite adicional a los necesarios para utilizar técnicas RAIM.

La información relativa a las interrupciones de servicio programadas y al estado operativo de los satélites se distribuye a los usuarios desde la Estación Maestra de Control, mediante los denominados *Notice Advisories to NAVSTAR Users* (NANUs).

Debido a la imposibilidad de garantizar que, en cualquier lugar e instante, se pueda disponer del número mínimo de satélites en condiciones operativas que permita la utilización de la función FDE, es necesario realizar una planificación previa del vuelo mediante el uso de programas de predicción de disponibilidad de dicha función que prevengan al operador de posibles faltas de cobertura en la ruta a realizar.

Finalmente, los criterios que se presentan en este documento son coherentes con las directrices establecidas por las *Autoridades Conjuntas de Aviación Civil* (JAA) y la *Organización de Aviación Civil Internacional* (OACI) para la navegación en áreas oceánicas y remotas.

2.- ALCANCE

La presente circular operativa define las condiciones de utilización del sistema GPS como medio primario de navegación en aquellas áreas de espacio aéreo en las que no se dispone de cobertura de las ayudas OACI normalizadas (VOR, VOR/DME, NDB).

Su ámbito de aplicación se extiende a aeronaves españolas que realicen un vuelo instrumental, cualquiera que sea el espacio aéreo en el que se encuentren, siempre que se ajusten a las normas dictadas por el Acuerdo Regional entre Estados o por el Estado que tenga jurisdicción sobre el área de espacio aéreo de sobrevuelo.

Asimismo estos criterios serán aplicables a las aeronaves extranjeras que se encuentren en el espacio aéreo de soberanía española o asignado a España por acuerdo internacional.

3.- DEFINICIONES

Sistema de Navegación como Medio Primario

Sistema de navegación aprobado para una determinada operación o fase de vuelo, debiendo satisfacer los requisitos de precisión e integridad, sin necesidad de cumplir las condiciones de plena disponibilidad y continuidad de servicio. La seguridad se garantiza limitando los vuelos

Utilización del Sistema GPS como Medio Primario de Navegación en Áreas Oceánicas y Remotas
Circular Operativa 03-97



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

a periodos especificados de tiempo y mediante el establecimiento de los procedimientos restrictivos oportunos¹.

Receptor con Supervisión Autónoma de la Integridad (RAIM)

Técnica mediante la cual un receptor/procesador GPS embarcado determina la integridad de las señales de navegación GPS utilizando solamente las propias señales o bien señales mejoradas con datos de altitud barométrica. Esta determinación se logra a través de una verificación de coherencia entre medidas de pseudodistancia redundantes. Al menos se requiere considerar un satélite adicional respecto a aquellos que se necesitan para obtener la solución de navegación.

Función de Detección de Fallos y Exclusión (FDE)

Función del receptor/procesador GPS embarcado que permite detectar el fallo de un satélite que afecte a la capacidad de navegación y excluirlo automáticamente del cálculo de la solución de navegación. Se requiere al menos un satélite adicional a los necesarios para disponer de la función RAIM.

Espacio Aéreo Oceánico

Espacio aéreo sobre área oceánica, considerado espacio aéreo internacional y donde se aplican procedimientos y separaciones establecidos por OACI. La responsabilidad en la provisión de Servicios de Tránsito Aéreo en este espacio aéreo se delega en aquellos países de mayor proximidad geográfica y/o disponibilidad de recursos.

Navegación en Ruta Oceánica

Fase de navegación en ruta en la que las aeronaves atraviesan espacio aéreo oceánico.

Sistema de Navegación como Medio Único

Sistema de navegación aprobado para determinada operación o fase de vuelo, debiendo permitir a la aeronave satisfacer los cuatro requisitos de prestación del sistema de navegación: precisión, integridad, disponibilidad y continuidad de servicio.

Sistema de Navegación GPS Autónomo

Sistema de navegación GPS que no está conectado o combinado con ningún otro sistema o sensor de navegación.

¹ No existe ningún requisito que exija contar a bordo con un sistema de navegación considerado como Medio Único en apoyo de un sistema como Medio Primario.



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

Sistema de Navegación como Medio Suplementario

Sistema de navegación que debe utilizarse conjuntamente con un sistema de navegación considerado como Medio Único, debiendo satisfacer los requisitos de precisión y de integridad sin necesidad de cumplir las condiciones de disponibilidad y de continuidad.

4.- CRITERIOS DE OPERACIÓN

Se exponen a continuación, separadamente, los procedimientos previos al vuelo y los procedimientos de operación en ruta.

4.1.- Procedimientos Previos al Vuelo

Los procedimientos que se describen a continuación deben figurar en los Manuales de Operaciones, Programas de Instrucción de Tripulaciones Técnicas y Procedimientos de Despacho de Vuelos.

4.1.1.- Programa de Predicción de Disponibilidad

Todos los operadores que realicen navegación en áreas oceánicas o remotas² y que utilicen el sistema GPS como medio primario de navegación, deberán emplear un programa de predicción de disponibilidad de la función FDE, que permita predecir antes de la salida del vuelo y sobre una ruta especificada, el máximo periodo de tiempo en el que el GPS estaría fuera de servicio debido a:

1. Pérdida de la capacidad de navegación
2. Pérdida de la función de detección de satélites defectuosos (RAIM)
3. Pérdida de la función de exclusión de satélites defectuosos

La ruta de vuelo especificada, incluyendo el trayecto a cualquier aeródromo alternativo, estará definida por una serie de puntos de recorrido y por el tiempo estimado de paso sobre los mismos para una velocidad o serie de velocidades, que serán a su vez función de la intensidad y dirección del viento previsto. Se deberán introducir en la definición de la ruta los puntos de recorrido consignados en el plan de vuelo, desde el último con cobertura VOR, VOR/DME, o NDB, hasta el primero en el cual vuelva a disponerse de cobertura de ayudas OACI normalizadas.

Teniendo en cuenta que durante el vuelo pueden originarse desviaciones en relación con la velocidad especificada respecto al suelo, la predicción debe realizarse utilizando distintas velocidades, dentro del margen previsible para las mismas.

² Aqueilas en las que no existe cobertura de las ayudas OACI normalizadas (VOR, VOR/DME, NDB)



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

El programa de predicción debe utilizar el mismo algoritmo FDE que emplee el equipo GPS embarcado, el cual debe haberse diseñado utilizando una metodología de desarrollo de software aceptada.

El programa de predicción deberá ejecutarse con una antelación máxima de 2 horas previas a la salida del vuelo, asegurando el operador que los datos sobre el estado de la constelación y almanaque GPS, se han sido actualizado con la últimas informaciones distribuidas por NOTAM.

Al objeto de conseguir la mayor exactitud en la predicción, el programa deberá permitir tanto la desección manual de los satélites considerados no operativos, como la selección de los que hubieran vuelto a las condiciones de servicio durante el tiempo de vuelo.

4.1.2.- Determinación de la Capacidad de Navegación

Antes del inicio del vuelo, el operador debe utilizar el programa de predicción para asegurar que no se producirán cortes de la capacidad de navegación para la ruta especificada.

4.1.3.- Determinación de la Disponibilidad de Exclusión.

Una vez asegurada la capacidad de navegación en la ruta especificada, el operador debe igualmente utilizar el programa de predicción para demostrar que el máximo intervalo en el que el equipo de navegación no proporciona la función de exclusión por fallo en la ruta no excede la máxima duración admisible. Se entiende por *exclusión por fallo* aquella capacidad que posee el receptor GPS para eliminar un satélite defectuoso de la solución de navegación. La máxima duración admisible en rutas paralelas es igual al tiempo que emplearía una aeronave en abandonar el espacio aéreo protegido (mitad de la mínima separación lateral), suponiendo una componente transversal de velocidad de 35 nudos como resultado del error de deriva del sistema de navegación. A modo de ejemplo, un mínimo de separación lateral de 60 millas náuticas proporciona una máxima duración admisible de 51 minutos (resultado de dividir 30 millas náuticas entre 35 nudos).

4.1.4.- Restricciones Operacionales

Cualquier corte de la función de navegación sobre la ruta prevista causada por una interrupción de servicio prevista para un satélite, exige que el vuelo se cancele, se demore o se desvíe por otra ruta (4.1.2.).

Si el intervalo de no disponibilidad de la función de exclusión por fallo excede la máxima duración admisible para una ruta específica, el vuelo debe cancelarse, demorarse o desviarse por otra ruta (4.1.3.).



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

4.1.5.- Plan de Vuelo

A la hora de cumplimentar el plan de vuelo, aquellos explotadores que utilicen el GPS como medio primario de navegación en áreas oceánicas o remotas deberán insertar los siguientes datos en el formulario:

a) Plan de Vuelo Presentado (FPL)

Casilla 10: EQUIPO

Se insertará la letra Z, indicando otro equipo instalado a bordo

Casilla 18: OTROS DATOS

Se insertará el designador *NAV/GPS*, indicando equipo de navegación GPS

Se insertará el designador *RMK/FDE AVAILABLE*, indicando la previa utilización del programa de predicción cuyo resultado asegura la disponibilidad de la función FDE durante el vuelo.

b) Plan de Vuelo Repetitivo (RPL)

CASILLA Q: OBSERVACIONES

Se insertará el designador *NAV/GPS*, indicando equipo de navegación GPS

4.2.- Procedimientos de Ruta.

Los procedimientos que se describen a continuación deben figurar en los Manuales de Operaciones, Programas de Instrucción de Tripulaciones Técnicas y Procedimientos de Despacho de Vuelos.

4.2.1.- Pérdida de la Capacidad de Navegación.

Si el receptor GPS de a bordo presenta un aviso de pérdida de la capacidad de navegación, la tripulación deberá iniciar inmediatamente los procedimientos de navegación a estima hasta que se recupere la capacidad de navegación con GPS. Del mismo modo, deberá notificarse al ATC la operación con capacidad de navegación degradada.



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

4.2.2.- Interrupción de la Función de Detección de Fallo (RAIM).

Si el receptor GPS embarcado presenta una indicación de pérdida de la función de detección de fallos (RAIM no disponible), deberá asegurarse la integridad comparando la posición suministrada por el receptor GPS con una estimación obtenida utilizando la velocidad verdadera (TAS), el rumbo, e intensidad y dirección del viento. Si ambas posiciones difieren en margen superior a 10 millas náuticas, la tripulación deberá iniciar inmediatamente la navegación a estima hasta que se recupere la función RAIM o la integridad de la navegación por otros medios, debiendo notificar simultáneamente al ATC la operación con capacidad de navegación degradada.

4.2.3.- Alerta por Detección de Fallo de Satélite.

Si el receptor GPS de a bordo presenta una alerta por detección de fallo de satélite, la tripulación puede continuar utilizando la posición suministrada por el equipo GPS, siempre y cuando se supervise activamente el valor de incertidumbre de la misma ofrecido por el algoritmo FDE. Si este valor excede las 10 millas náuticas o no está disponible, la tripulación iniciará inmediatamente la navegación a estima hasta que se excluya el satélite defectuoso, notificando al ATC la operación con capacidad de navegación degradada.

5.- REQUISITOS PARA LA APROBACIÓN OPERACIONAL.

El cumplimiento de los requisitos de aeronavegabilidad no constituirá la aprobación operacional. Ésta habrá de solicitarse a la DGAC por cada operador y cada una de las aeronaves afectadas.

5.1.- Aprobación de Aeronavegabilidad

El equipo GPS deberá contar con la correspondiente aprobación de aeronavegabilidad.

5.2.- Aprobación Operacional

Los operadores que utilicen el sistema GPS como medio primario de navegación en áreas oceánicas/remotas deberán contar con la correspondiente aprobación operacional extendida por la DGAC o la Autoridad Aeronáutica del Estado de matriculación / operación.

Para la obtención de la Aprobación Operacional, el operador deberá haber completado las siguientes fases:

- Aprobación de aeronavegabilidad (pto. 5.1)
- Revisión y aprobación de los programas y manuales de mantenimiento, incluyendo el entrenamiento de personal.



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Aviación Civil

- Revisión y aprobación de las listas de equipos mínimos (MEL).
- Revisión y aprobación de los programas de entrenamiento de tripulaciones, incluyendo el entrenamiento del personal encargado del despacho de vuelos.
- Revisión y aprobación del manual básico de operaciones (MBO) para incluir los nuevos procedimientos y limitaciones de este tipo de operación.

Madrid, 25 de septiembre de 1997

EL DIRECTOR GENERAL



Luis Felipe de la Torre de la Plaza