

Doc 9574
AN/934



Manual sobre una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2012

Organización de Aviación Civil Internacional

Doc 9574
AN/934



Manual sobre una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive

**Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad**

Tercera edición — 2012

Organización de Aviación Civil Internacional

Publicado por separado en español, árabe, chino, francés, inglés y ruso,
por la ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL
999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

La información sobre pedidos y una lista completa de los agentes de ventas
y libreros pueden obtenerse en el sitio web de la OACI: www.icao.int

Segunda edición, 2002
Tercera edición, 2012

**Doc 9574, *Manual sobre una separación vertical mínima
de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive***

Número de pedido: 9574
ISBN 978-92-9249-112-3

© OACI 2012

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción de ninguna
parte de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni su transmisión, de
ninguna forma ni por ningún medio, sin la autorización previa y por escrito de
la Organización de Aviación Civil Internacional.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Glosario	(vii)
Capítulo 1. Introducción	1-1
1.1 Antecedentes	1-1
1.2 Propósito del manual.....	1-3
1.3 Contenido y presentación.....	1-3
Capítulo 2. Requisitos generales	2-1
2.1 Objetivos de seguridad operacional	2-1
2.2 Especificación de performance del sistema global.....	2-2
2.3 Especificación de performance global de mantenimiento de altitud	2-4
Capítulo 3. Requisitos y aprobación de aeronaves.....	3-1
3.1 Performance de mantenimiento de altitud RVSM.....	3-1
3.2 Aprobación de aeronavegabilidad.....	3-1
3.3 Aprobación estatal de la RVSM.....	3-2
Capítulo 4. Procedimientos	4-1
4.1 Procedimientos generales.....	4-1
4.2 Procedimientos operacionales para la tripulación de vuelo.....	4-1
4.3 Procedimientos ATC.....	4-3
Capítulo 5. Vigilancia de la performance del sistema	5-1
5.1 Necesidad de vigilancia.....	5-1
5.2 Vigilancia de la performance técnica.....	5-1
5.3 Examen y evaluación de errores operacionales y contingencias en vuelo.....	5-5
5.4 Responsabilidades de las autoridades.....	5-6
Apéndice A. Aspectos cuantitativos de la vigilancia de la performance del sistema.....	Ap A-1
Apéndice B. Documentos de referencia.....	Ap B-1

GLOSARIO

ACRÓNIMOS

AAD	Desviación respecto a la altitud asignada
ACAS	Sistema anticolidión de a bordo
ACC	Centro de control de área
ADS-B	Vigilancia dependiente automática–radiodifusión
ASE	Error del sistema altimétrico
ATC	Control de tránsito aéreo
ATS	Servicios de tránsito aéreo
CFL	Nivel de vuelo autorizado
CMA	Entidad central de vigilancia
CRM	Modelo de riesgo de colisión
FAA	Administración Federal de Aviación
FL	Nivel de vuelo
FTE	Error técnico de vuelo
GMS	Sistema de vigilancia basado en GPS
GMU	Monitor del sistema mundial de determinación de la posición
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición
GSPS	Especificación de performance del sistema global
HMU	Monitor de altitud
JAA	Autoridades Conjuntas de Aviación
LHD	Desviación de altitud importante
MASPS	Especificación de performance mínima de los sistemas de aeronave
MNPS	Especificaciones de performance mínima de navegación
NAT	Atlántico septentrional
NAT SPG	Grupo sobre planeamiento de sistemas Atlántico septentrional
NOTAM	Aviso a los aviadores
PDF	Función de densidad de probabilidad
RGCSP	Grupo de expertos sobre el examen del concepto general de separación
RMA	Organismo regional de vigilancia
RNAV	Navegación de área
RPG	Grupo regional de planificación
RVSM	Separación vertical mínima reducida
SMS	Sistema de gestión de la seguridad operacional
SSE	Error de la fuente de presión estática
SSR	Radar secundario de vigilancia
TLS	Nivel deseado de seguridad
TVE	Error vertical total
VSM	Separación vertical mínima

DEFINICIONES

Las definiciones siguientes tienen por objeto aclarar ciertos términos especializados utilizados en el presente manual.

Aeronave errática. Aeronave cuya performance de mantenimiento de altitud difiere en gran medida de la performance media calculada de la población total de aeronaves que efectúan operaciones en espacio aéreo RVSM.

Aeronave que no satisface los requisitos. Aeronave configurada para satisfacer los requisitos de la MASPS RVSM, respecto a la cual se observa, mediante la vigilancia de la altitud, un error vertical total (TVE) o una desviación respecto a la altitud asignada (AAD) de 90 m (300 ft) o más o un error del sistema altimétrico (ASE) de 75 m (245 ft) o más.

Aprobación de aeronavegabilidad. Procedimiento para asegurar a la autoridad estatal que una aeronave satisface la MASPS RVSM. Esto exige que el explotador satisfaga los requisitos del boletín de servicio del fabricante correspondiente a la aeronave y que la autoridad estatal confirme que dicha labor se ha llevado a cabo con éxito.

Aprobación RVSM. Indicación de que se han logrado debidamente la aprobación de aeronavegabilidad y la aprobación operacional (de ser necesario).

Capacidad de mantenimiento de altitud. Performance de la aeronave en materia de mantenimiento de altitud, que puede esperarse en condiciones de explotación ambientales nominales, cuando se explota y mantiene la aeronave debidamente.

Derrota. Proyección sobre la superficie terrestre de la trayectoria de una aeronave, cuya dirección en cualquier punto se expresa generalmente en grados a partir del norte (geográfico, magnético o de la cuadrícula).

Desviación respecto a la altitud asignada (AAD). Diferencia entre la altitud obtenida del respondedor en Modo C y la altitud o nivel de vuelo asignados.

Dispositivo automático de mantenimiento de altitud. Todo equipo cuyo diseño permite el control automático de la aeronave respecto a una altitud de presión de referencia.

Dispositivo de mantenimiento de altitud. Cualquier equipo diseñado para controlar automáticamente la aeronave, manteniéndola a una altitud de presión determinada.

Error del sistema altimétrico (ASE). Diferencia entre la altitud indicada por el altímetro, en el supuesto de un reglaje barométrico correcto, y la altitud de presión correspondiente a la presión ambiente sin perturbaciones.

Error operacional. Toda desviación vertical de una aeronave respecto al nivel de vuelo correcto como resultado de una acción incorrecta del ATC o la tripulación de vuelo.

Error técnico de vuelo (FTE). Diferencia entre la altitud indicada por el altímetro utilizado para controlar la aeronave y la altitud o nivel de vuelo asignados.

Error vertical total (TVE). Diferencia geométrica vertical entre la altitud de presión real de vuelo de una aeronave y su altitud de presión asignada (nivel de vuelo).

Estabilidad del error del sistema altimétrico. Se considera que el error del sistema altimétrico de determinada aeronave es estable si la distribución estadística del error se sitúa dentro de los límites y el período de tiempo convenidos.

Frecuencia de encuentro. Frecuencia de casos en que dos aeronaves se hallan en superposición longitudinal al viajar en el mismo sentido o en sentidos opuestos por la misma ruta en niveles de vuelo adyacentes y con la separación vertical planificada.

Grupos de tipos de aeronaves. Se considera que unas aeronaves pertenecen al mismo grupo si han sido diseñadas y construidas por el mismo fabricante y si su diseño y construcción son nominalmente idénticos respecto a todos los detalles que podrían tener repercusiones en la performance de mantenimiento de altitud.

Índice de ocupación. Parámetro del modelo de riesgo de colisión que representa dos veces el número de pares de aeronaves próximos en una dimensión única, dividido por el número total de aeronaves que vuelan por las trayectorias seleccionadas en el mismo intervalo.

Nivel deseado de seguridad (TLS). Término genérico que representa el nivel de riesgo que se considera aceptable en circunstancias especiales.

NOTAM. Aviso distribuido por medio de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualesquiera instalaciones, servicios, procedimientos o peligros aeronáuticos que es indispensable conozca oportunamente el personal que realiza operaciones de vuelo.

Performance de mantenimiento de altitud. Performance observada de la aeronave en lo que atañe al mantenimiento del nivel de vuelo autorizado.

Riesgo de colisión. Número anticipado de accidentes de aeronaves en vuelo en un volumen determinado de espacio aéreo, correspondiente a un número específico de horas de vuelo, debido a la pérdida de la separación planificada.

Nota.— Se considera que cada colisión acarrea dos accidentes.

Riesgo global. Riesgo de colisión debido a todas las causas posibles, incluyendo el riesgo técnico (véase la definición correspondiente) y todo riesgo debido a errores operacionales o contingencias en vuelo.

Riesgo técnico. Riesgo de colisión relacionado con la performance de mantenimiento de altitud de una aeronave.

Separación vertical. Distancia adoptada entre aeronaves en el plano vertical a fin de evitar una colisión.

Separación vertical mínima (VSM). En los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo* (PANS-ATM, Doc 4444) se define la VSM como la separación nominal de 300 m (1 000 ft) por debajo del FL 290 y de 600 m (2 000 ft) por encima del mismo, excepto si por acuerdo regional de navegación aérea se prescribe una separación inferior a 600 m (2 000 ft) pero no inferior a 300 m (1 000 ft), para aeronaves que vuelen por encima del FL 290 dentro de partes designadas del espacio aéreo.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 A finales de los años 50, se reconoció que era necesario aumentar la separación vertical mínima (VSM) prescrita de 300 m (1 000 ft), por encima de determinado nivel de vuelo (FL), debido a que a medida que aumenta la altitud disminuye la precisión de los altímetros barométricos para medir la presión. Se estableció en 1960 una VSM incrementada de 600 m (2 000 ft) entre aeronaves por encima del FL 290, salvo cuando se prescribía por acuerdo regional de navegación aérea un nivel de vuelo inferior para el aumento. La adopción del FL 290 como límite vertical para la VSM de 300 m (1 000 ft) no se basaba tanto en criterios empíricos: se derivaba más bien del límite superior operacional de las aeronaves de esa época. En 1966, el nivel para el cambio se fijó en el FL 290 a escala mundial. Al mismo tiempo, se consideraba que la aplicación de una VSM reducida por encima del FL 290, con carácter regional y en circunstancias cuidadosamente prescritas, era una posibilidad bien determinada en un futuro no muy lejano. Por consiguiente, se indicaba en las disposiciones de la OACI que esa VSM reducida podría aplicarse en condiciones específicas en partes designadas del espacio aéreo en virtud de un acuerdo regional de navegación aérea.

1.1.2 Se ha reconocido durante mucho tiempo que ninguna decisión relativa a la viabilidad de la reducción de la VSM por encima del FL 290 podía basarse únicamente en criterios operacionales sino que debería ser apoyada por una evaluación rigurosa del riesgo asociado con la reducción de la separación. La falta de un método de evaluación bien definido era la causa principal del fracaso de varias tentativas encaminadas a determinar la viabilidad de una VSM reducida.

1.1.3 A mediados de los años setenta, la serie de crisis mundiales del petróleo y la consiguiente rápida escalada del precio del combustible, así como la creciente demanda de una utilización más eficiente del espacio aéreo, destacaron la necesidad de una evaluación pormenorizada de la propuesta de reducir la VSM por encima del FL 290. Así, en su cuarta reunión (1980), el Grupo de expertos sobre el examen del concepto general de separación (RGCSP) de la OACI concluyó que, a pesar de los costos y el tiempo necesarios, las ventajas potenciales de la reducción de la VSM por encima del FL 290 a 300 m (1 000 ft) eran tan grandes que se debía incitar a los Estados a llevar a cabo las evaluaciones importantes necesarias.

1.1.4 En 1982, con la coordinación del RGCSP, los Estados iniciaron programas a fin de estudiar a fondo la cuestión de la reducción de la VSM por encima del FL 290. El Canadá, los Estados Unidos, el Japón, Estados miembros de EUROCONTROL (República Federal de Alemania, Francia, Reino de los Países Bajos y Reino Unido) y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas llevaron a cabo estudios cuyos resultados fueron examinados por el RGCSP en su sexta reunión (RGCSP/6) en diciembre de 1988.

1.1.5 En dichos estudios se emplearon métodos cuantitativos de cálculo del riesgo en apoyo de decisiones operacionales relativas a la viabilidad de la reducción de la VSM. El cálculo del riesgo comprendía dos elementos: 1) estimación del riesgo, que consiste en elaborar y utilizar métodos y técnicas que permiten estimar el nivel real de riesgo de una actividad; y 2) evaluación del riesgo, o sea el nivel de riesgo considerado como el valor máximo admisible para un sistema seguro. Se ha dado el nombre de nivel deseado de seguridad (TLS) al nivel de riesgo que se considera aceptable.

1.1.6 En el procedimiento de estimación del riesgo en el plano vertical con el modelo de riesgo de colisión (CRM) se suponía que las colisiones se debían únicamente a errores de navegación vertical de aeronaves a las que se había

aplicado correctamente la separación. Se ha derivado el TLS para aplicarse únicamente a esta fuente de riesgo de colisión; no se tiene en cuenta el riesgo procedente de otras fuentes, como las desviaciones de altitud debidas a turbulencia, las respuestas a las alertas del sistema anticolidión de a bordo, los descensos de emergencia y los errores operacionales en la emisión o aplicación de instrucciones de control de tránsito aéreo (ATC).

1.1.7 El reconocimiento de la existencia de diversas fuentes de riesgo — además de los errores de navegación vertical — influyó en los Estados al seleccionar los valores TLS durante sus respectivos estudios. Se han seguido varios métodos para establecer una gama apropiada de valores, incluyendo todas las colisiones en vuelo en ruta y el período implícito entre colisiones y el ajuste del TLS hasta que el período fuese aceptable. Sin embargo, el principal método adoptado — que es también el tradicional — consistió en utilizar datos históricos procedentes de fuentes mundiales, proyectándolos hasta alrededor del año 2000 con miras a aumentar la seguridad y asignar los correspondientes presupuestos de riesgo a fin de derivar el elemento de riesgo de colisión vertical.

1.1.8 Los valores derivados correspondientes al TLS se situaban entre 1×10^{-8} y 1×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo. Basándose en estas cifras, se convino en que se utilizaría un TLS de evaluación de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo para determinar la viabilidad técnica de una VSM de 300 m (1 000 ft) por encima del FL 290 y elaborar requisitos relativos a la capacidad de mantenimiento de altitud de las aeronaves para operaciones con una VSM de 300 m (1 000 ft).

1.1.9 Utilizando el TLS de evaluación de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo, la reunión RGCS/6 llegó a la conclusión de que una VSM de 300 m (1 000 ft) por encima del FL 290 era técnicamente posible. Esta viabilidad técnica se refiere a la capacidad fundamental de los sistemas de mantenimiento de altitud de las aeronaves, que pueden construirse, mantenerse y explotarse de tal modo que la performance prevista o característica permita una aplicación segura y el uso de una VSM de 300 m (1 000 ft) por encima del FL 290. Al llegar a esta conclusión sobre viabilidad técnica, el grupo de expertos consideró que era necesario establecer:

- a) requisitos de performance de aeronavegabilidad incluidos en una especificación completa de performance mínima de los sistemas de aeronave (MASPS) para todas las aeronaves que efectúen vuelos con separación reducida;
- b) nuevos procedimientos operacionales; y
- c) un método completo de verificación del funcionamiento seguro del sistema.

1.1.10 El TLS de evaluación no abarcaba todas las causas de riesgo de colisión en el plano vertical. En la primera edición de este texto de orientación se informó a las autoridades regionales de planificación acerca de la necesidad de instituir medidas a fin de asegurar que no aumenten los riesgos asociados con errores en las instrucciones ATC y con los procedimientos de emergencia en un entorno VSM de 300 m (1 000 ft). En la región Atlántico septentrional (NAT), que el 27 de marzo de 1997 pasó a ser la primera región de la OACI en aplicar la separación vertical mínima reducida (RVSM), se convino en que se necesitaba un método más formal para evaluar todas las causas de riesgo en el plano vertical. Basándose en la experiencia adquirida en la vigilancia y análisis de las causas de errores operacionales en el espacio aéreo NAT de especificación de performance mínima de navegación (MNPS), el Grupo sobre planeamiento de sistemas Atlántico septentrional (NAT SPG) convino en que debería prestarse a la limitación del riesgo de colisión debido a la pérdida de la separación vertical prevista como consecuencia de dichos acontecimientos una atención al menos igual a la que se aplica para limitar los efectos de los errores técnicos (errores de los sistemas de mantenimiento de altitud de la aeronave). Por consiguiente, además del TLS para errores técnicos, o sea, $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo, se adoptó un TLS de 5×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo como resultado de la pérdida de separación vertical debido a cualquier causa.

1.2 PROPÓSITO DEL MANUAL

1.2.1 El propósito fundamental del presente manual es proporcionar a los grupos regionales de planificación (RPG) una base para la preparación de documentos, procedimientos y programas que permitan el mantenimiento de una VSM de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive en sus respectivas regiones, de conformidad con los criterios y requisitos elaborados por la OACI.

1.2.2 En el presente manual se proporciona también lo siguiente:

- a) orientación a las autoridades de aviación de los Estados sobre las medidas necesarias para asegurar el respeto de los criterios y requisitos en sus áreas de responsabilidad; y
- b) información complementaria para los explotadores a fin de facilitar la elaboración de manuales de operaciones y de procedimientos para la tripulación de vuelo.

1.3 CONTENIDO Y PRESENTACIÓN

1.3.1 El título del presente manual y el orden de los textos de esta tercera edición reflejan cambios en el contenido y la presentación, que se concentran en la continuación de las operaciones RVSM, con respecto a las primera y segunda ediciones que se concentraban en la implantación de esa separación. Estos cambios se han introducido sobre la base de que la RVSM ya ha sido implantada con éxito en todo el mundo. En el Capítulo 2 se describen los requisitos RVSM generales en relación con, entre otras cosas, la seguridad, la performance requerida de mantenimiento de altitud y aspectos operacionales. En el Capítulo 3 se describen requisitos específicos RVSM para las aeronaves y aspectos relativos a su aprobación. En el Capítulo 4 se proporciona orientación general sobre procedimientos para ATC y la tripulación de vuelo y en el Capítulo 5 información sobre la vigilancia del sistema, incluyendo las responsabilidades y tareas de las autoridades en lo que atañe a la vigilancia de la performance RVSM. El Apéndice A contiene orientación sobre aspectos cuantitativos de la vigilancia de la performance del sistema y en el Apéndice B se proporciona una lista de documentación de referencia, tal como la documentación regional preparada en el contexto de los programas relativos a la implantación regional de la RVSM.

1.3.2 En el presente manual, la RVSM se refiere a la separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre el FL 290 y el FL 410 inclusive.

Capítulo 2

REQUISITOS GENERALES

2.1 OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL

2.1.1 La continuidad de las operaciones RVSM puede basarse en evaluaciones de seguridad operacional emprendidas por lo menos una vez al año, que demuestren que se mantienen los objetivos de seguridad operacional de la RVSM. Cuando sea posible, las evaluaciones pueden realizarse con carácter más frecuente para asegurar que se identifican y controlan tan pronto como sea posible cualesquiera cambios al riesgo del sistema. Esta evaluación de la seguridad operacional puede comprender el uso de un CRM para el espacio aéreo con arreglo a la orientación proporcionada en este manual (en los documentos de referencia indicados en el Apéndice B figura información más detallada sobre metodologías de CRM. Otra posibilidad es integrar las evaluaciones de la seguridad operacional como parte de un proceso de vigilancia continua basado en un enfoque de sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS) para la vigilancia de la misma. Este proceso permanente procura obtener datos con carácter continuo y tiene por objeto identificar el riesgo del sistema en sus primeras etapas. Este proceso SMS apunta a obtener indicadores de performance de la seguridad operacional para medir sus niveles de seguridad cuando se les compara con los objetivos de performance de la seguridad operacional. Estos objetivos de performance de la seguridad operacional se establecen mediante acuerdo con las autoridades de supervisión para alcanzar niveles aceptables de la seguridad operacional más elevados.

2.1.2 Los objetivos en materia de seguridad operacional para la implantación de la RVSM se han establecido en relación con el riesgo técnico y el riesgo global y son los que se indican a continuación.

Objetivo de seguridad operacional respecto del riesgo técnico

2.1.3 El riesgo técnico es el riesgo de colisión relacionado con la performance de mantenimiento de altitud de una aeronave. No se incluye el riesgo relacionado con errores operacionales (p. ej., errores de controlador o piloto) y contingencias en vuelo.

2.1.4 El objetivo en materia de seguridad operacional RVSM respecto al riesgo técnico es de un TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo. Este valor se utilizó para establecer la especificación de performance del sistema global y la especificación de performance global de mantenimiento de altitud, que figuran en 2.2 y 2.3 respectivamente.

Objetivo de seguridad operacional respecto al riesgo global

2.1.5 El riesgo global es el riesgo de colisión debido a todas las causas posibles, lo que incluye el error técnico (véase más arriba) y todo riesgo debido a errores operacionales y contingencias en vuelo que comprenderían, entre otras cosas, errores del piloto o del controlador, desviaciones de altitud debido a procedimientos de emergencia y fenómenos de turbulencia.

2.1.6 El objetivo en materia de seguridad operacional RVSM respecto al riesgo global debería establecerse mediante acuerdo regional. Debe tenerse debidamente en cuenta la orientación de la OACI relativa a los objetivos en materia de seguridad operacional y los objetivos aplicados en otras regiones. Para ello, se señala a la atención lo que figura a continuación:

- a) la orientación proporcionada en el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (Doc 9613), que, en relación con el espaciado entre derrotas paralelas o entre ejes de rutas RNAV paralelas basándose en el tipo RNP, recomienda que se aplique un nivel deseado de seguridad (TLS) de 5×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo por dimensión para la implantación de sistemas en ruta después del año 2000;
- b) los Estados pueden establecer y, según corresponda, aplicar mediante acuerdo regional métricas basadas en el SMS y métodos de evaluación cualitativa que proporcionen un nivel aceptable de performance de la seguridad operacional;
- c) el objetivo global de seguridad operacional aplicado para la implantación de la RVSM con carácter mundial, o sea, un TLS de 5×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo debido a la pérdida de separación vertical por cualquier causa (véase 1.1.10); y
- d) la documentación que figura en el Apéndice B del presente manual.

2.1.7 En el Capítulo 5 — Vigilancia de la performance del sistema, figura orientación sobre los métodos de evaluación del riesgo relacionado con la RVSM.

2.1.8 Las autoridades regionales deberían tener en cuenta todos los medios posibles para evaluar y reducir el nivel de riesgo de colisión causado por errores operacionales y contingencias en vuelo en el espacio aéreo RVSM. Si bien la frecuencia de dichos sucesos no se considera como resultado de la separación mínima aplicada, será esencial que los RPG establezcan medidas para asegurarse de que el riesgo debido a errores operacionales y contingencias en vuelo no aumenta. En los Capítulos 5 y 6 figura orientación sobre las medidas que deben adoptar los RPG, el ATC y las tripulaciones de vuelo.

2.1.9 Los resultados de las evaluaciones de la seguridad operacional comparados con el TLS aceptado proporcionarán a los RPG indicaciones del riesgo presente dentro del espacio aéreo en el que se emprendió la evaluación. En el caso de que este riesgo supere el TLS aceptado, el RPG debería iniciar medidas correctivas para intentar reducir el nivel de riesgo a por lo menos el TLS. Para ello, el RPG deberá comprender claramente las razones que llevaron al aumento del riesgo. Por consiguiente, es importante que las evaluaciones de la seguridad operacional que se realicen tengan un nivel de detalle que permita identificar las causas subyacentes del riesgo en el espacio aéreo. Como resultado, un análisis cualitativo de los errores operacionales y de las desviaciones importantes con respecto a la altitud constituye una actividad importante que debe incluirse en el proceso de evaluación de la seguridad operacional.

2.2 ESPECIFICACIÓN DE PERFORMANCE DEL SISTEMA GLOBAL

2.2.1 La especificación de performance del sistema global comprende los parámetros que forman la base para la definición de la serie integrada de requisitos relativos al mantenimiento de altitud, sistemas de aeronave, procedimientos de explotación, procedimientos ATC y métodos de supervisión, presentados en el presente manual. La especificación de performance del sistema global define la performance de mantenimiento de altitud necesaria para alcanzar el objetivo de seguridad respecto al riesgo técnico RVSM (véase 2.1). Este nivel de performance depende de valores específicos de importantes parámetros del espacio aéreo que afectan al riesgo de colisión en caso de pérdida de separación vertical. El requisito en materia de performance de mantenimiento de altitud de la especificación relativa a la performance del sistema se expresa como el valor máximo correspondiente a la probabilidad de que las aeronaves pierdan una separación vertical equivalente al valor de la RVSM, o sea $P_z(1\ 000)$. Los parámetros importantes relativos al espacio aéreo se relacionan con la frecuencia de encuentro de aeronaves con una separación vertical no radar equivalente a la RVSM y una separación horizontal real inferior a la dimensión horizontal de una aeronave. Estos importantes parámetros del espacio aéreo pueden expresarse de diversos modos, según la estructura de rutas del espacio aéreo.

2.2.2 La especificación de performance del sistema global se estableció originalmente para el tráfico en sentidos opuestos. En este caso, los parámetros importantes relativos al espacio aéreo son la frecuencia de encuentro de aeronaves, con una separación vertical no radar equivalente a la RVSM y sin separación horizontal nominal, y la desviación característica del error con el que las aeronaves mantienen la derrota asignada en la dimensión lateral. Las expresiones cuantitativas de la especificación de performance del sistema global abarcan:

- a) una frecuencia de 2,5 encuentros en sentidos opuestos por hora de vuelo;
- b) una desviación característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria de 550 m (0,3 NM); y
- c) una probabilidad de $1,7 \times 10^{-8}$ de que dos aeronaves pierdan una separación vertical no radar equivalente al valor de la RVSM, o sea $P_z(1\ 000)$.

Se seleccionaron los valores correspondientes a la frecuencia de encuentro y a la desviación característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria para pronosticar las condiciones del espacio aéreo mundial del futuro. Esta selección refleja la intención de asegurar que se seguirá respetando el TLS aun con el aumento previsto del volumen de tráfico mundial y el progreso tecnológico en la esfera de la navegación.

2.2.3 La especificación de performance del sistema global en 2.2.2 se basa en la división de la frecuencia de encuentro de aeronaves con una separación horizontal real inferior a la dimensión horizontal de una aeronave, en un componente longitudinal y otro lateral. Una desviación característica de un error de mantenimiento lateral de la trayectoria de 550 m (0,3 NM) produce una probabilidad de superposición lateral de 0,058 para aeronaves en la misma derrota. El efecto combinado de los requisitos de 2.2.2 a) y b) en el riesgo de colisión vertical equivale a $2,5 \times 0,058 = 0,145$. Por consiguiente, una declaración cuantitativa equivalente pero más generalmente aplicable de la especificación de performance del sistema global es la siguiente:

- a) una frecuencia de encuentro en sentido opuesto con superposición lateral equivalente a 0,145 encuentros por hora de vuelo; y
- b) una probabilidad de $1,7 \times 10^{-8}$ de que dos aeronaves pierdan la separación vertical no radar equivalente al valor de la RVSM, o sea, $P_z(1\ 000)$.

2.2.4 Si bien la especificación de performance del sistema global se ha derivado y formulado en relación con el tráfico en sentidos opuestos, se aplica también a otras estructuras de rutas, p. ej., tráfico en el mismo sentido, tráfico que se cruza y combinaciones de los mismos. Para cada tipo de estructura de rutas, existe una forma equivalente de la especificación de performance del sistema global (para más pormenores, véase el Capítulo 5, 5.2.5 y Apéndice A).

Compensación entre parámetros de la especificación de performance del sistema global

2.2.5 Los parámetros de la especificación de performance del sistema global consisten en la performance de mantenimiento de altitud por una parte y los parámetros del espacio aéreo especificado por otra. Esto permite dos tipos de compensaciones entre dichos parámetros, según el valor de la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, o sea, si $P_z(1\ 000)$ equivale al valor de $1,7 \times 10^{-8}$, como se define en la especificación de performance del sistema global, o es muy inferior a dicho valor. No obstante, nunca puede permitirse que $P_z(1\ 000)$ sea superior al valor de $1,7 \times 10^{-8}$.

2.2.6 El primer tipo de compensación que puede aplicarse es entre los parámetros del espacio aéreo de frecuencia de encuentro y la desviación característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria, a condición de que la probabilidad de superposición vertical no sea superior a $1,7 \times 10^{-8}$. Estos dos parámetros del espacio aéreo pueden compensarse mutuamente a condición de que su efecto combinado en el riesgo de colisión vertical no sea superior debido a una frecuencia de encuentro en sentidos opuestos de 2,5 por hora de vuelo y una desviación

característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria de 550 m (0,3 NM). El límite de dicho efecto combinado es de 0,145 (véase también 2.2.3). Así, podría permitirse una frecuencia de encuentro superior con un mantenimiento lateral de la trayectoria menos precisa o una frecuencia inferior con un mantenimiento lateral de la trayectoria más precisa, a condición de que no se sobrepase el límite de 0,145. Esta compensación para tráfico en sentidos opuestos está implícita en la forma más general de la especificación de performance del sistema global en 2.2.3.

2.2.7 El segundo tipo de compensación es entre la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, y los parámetros del espacio aéreo, a condición de que dicha probabilidad sea inferior al valor de $1,7 \times 10^{-8}$. El margen proporcionado por $P_z(1\ 000)$ puede entonces utilizarse para aumentar el límite superior de 0,145 para el efecto combinado de frecuencia de encuentro y desviación característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria. Dentro de este límite superior más amplio, los dos parámetros del espacio aéreo pueden variar como se indica en 2.2.6. El segundo tipo de compensación debería aplicarse con gran precaución porque la performance de mantenimiento de altitud de la población de aeronaves podría cambiar con el tiempo, p. ej., sólo se exige en el caso de aeronaves que son nuevas en el espacio aéreo en cuestión que satisfagan el valor global de $P_z(1\ 000)$ de $1,7 \times 10^{-8}$ y no un valor inferior.

2.2.8 La aplicación del procedimiento de compensación es más compleja que una mera verificación respecto a un límite superior fijado. Esto permite, sin embargo, mayor flexibilidad respecto a los valores admisibles de los parámetros.

2.3 ESPECIFICACIÓN DE PERFORMANCE GLOBAL DE MANTENIMIENTO DE ALTITUD

2.3.1 A fin de lograr una transición segura entre las regiones, se ha elaborado una especificación de performance global de mantenimiento de altitud; si se respeta esta última, se respetará también el valor requerido de $P_z(1\ 000)$ de la especificación de performance del sistema global. La especificación de performance global de mantenimiento de altitud se aplica al conjunto de errores de mantenimiento de altitud de cada aeronave y satisface simultáneamente los cuatro requisitos siguientes:

- a) una proporción de errores de mantenimiento de altitud superiores a 90 m (300 ft) inferior a $2,0 \times 10^{-3}$;
- b) una proporción de errores de mantenimiento de altitud superiores a 150 m (500 ft) inferior a $3,5 \times 10^{-6}$;
- c) una proporción de errores de mantenimiento de altitud superiores a 200 m (650 ft) inferior a $1,6 \times 10^{-7}$;
y
- d) una proporción de errores de mantenimiento de altitud entre 290 y 320 m, (950 y 1 050 ft) inferior a $1,7 \times 10^{-8}$.

2.3.2 Estos requisitos han constituido la base para elaborar la especificación de performance mínima de los sistemas de aeronave (MASPS) para RVSM (véase el Capítulo 3, 3.1). La especificación de performance global de mantenimiento de altitud se aplica también en el proceso de vigilancia de $P_z(1\ 000)$ (véase el Capítulo 5, 5.2).

Capítulo 3

REQUISITOS Y APROBACIÓN DE AERONAVES

3.1 PERFORMANCE DE MANTENIMIENTO DE ALTITUD RVSM

3.1.1 Se elaboraron las características de los sistemas de altimetría y de mantenimiento de altitud para satisfacer la especificación de performance global de mantenimiento de altitud descrita en 2.3. En dichas características se describe el nivel de performance que la aeronave debe lograr en servicio para poder satisfacer los requisitos TVE del sistema de espacio aéreo sin tener en cuenta los factores humanos ni las influencias ambientales extremas.

3.1.2 Las mencionadas características fueron transformadas por órganos técnicos en normas de aeronavegabilidad mediante la evaluación de las características del ASE y el control automático de altitud. Estas normas comprenden los requisitos en servicio de mantenimiento de altitud de las aeronaves para operaciones RVSM y forman parte de la MASPS RVSM. Esta última comprende especificaciones y procedimientos para los diversos aspectos de aprobación de tipo, salida de la producción y mantenimiento de la aeronavegabilidad y se incluye en los siguientes documentos para aplicación mundial:

- a) Folleto provisional de orientación (TGL) núm. 6 de las Autoridades Conjuntas de Aviación (JAA) — *Texto de orientación sobre la aprobación de aeronaves y explotadores para vuelos en espacio aéreo por encima del nivel de vuelo 290 donde se aplica una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft)* — o cualquier nueva versión del mismo; o
- b) Documento 91-RVSM de la Administración Federal de Aviación (FAA) — *Texto de orientación provisional sobre la aprobación de explotadores y aeronaves para operaciones RVSM.*

Estos documentos constituyen un medio aceptable para la aprobación RVSM y fueron elaborados de conformidad con los textos de orientación del presente manual.

3.2 APROBACIÓN DE AERONAVEGABILIDAD

Introducción

3.2.1 La aprobación de la aeronavegabilidad debe, en todos los casos, satisfacer los requisitos de la MASPS RVSM. Como se indica en 3.1.2, ésta no sólo caracteriza el ASE y los requisitos en materia de capacidad automática de mantenimiento de altitud sino que abarca también especificaciones y procedimientos relativos a la aprobación de tipo y el mantenimiento de la aeronavegabilidad.

3.2.2 Todas las aprobaciones se aplicarán a cada aeronave o grupo de aeronaves, como se indica en 3.2.3, que sean nominalmente idénticas en lo que atañe a diseño aerodinámico y elementos de equipo que contribuyen a la precisión del mantenimiento de altitud.

Definición de grupos de tipos de aeronaves

3.2.3 Para que una aeronave se considere como parte de un grupo para los fines de la aprobación de la aeronavegabilidad, deben satisfacerse las condiciones siguientes:

- a) la aeronave debería haber sido construida según un diseño nominalmente idéntico y ser aprobada para el mismo certificado de tipo (TC), una enmienda del TC, o un TC suplementario, según corresponda;

Nota.— Para las aeronaves derivadas, podrían utilizarse los datos de la configuración original para reducir al mínimo la cantidad de datos adicionales necesarios para indicar la conformidad. La medida en que se necesiten datos adicionales dependerá de la categoría de diferencias entre la aeronave original y la derivada.

- b) el sistema estático de cada aeronave debería ser nominalmente idéntico. Las correcciones del error de la fuente de presión estática (SSE) deberían ser idénticas para todas las aeronaves del grupo; y
- c) la aviónica instalada en cada aeronave para satisfacer los criterios de equipo mínimo RVSM debería corresponder a la misma especificación del fabricante y tener el mismo número de pieza.

Nota.— Las aeronaves que tengan una aviónica de otro fabricante o un número de pieza distinto pueden considerarse como parte del grupo si puede demostrarse que dicha categoría de aviónica proporciona una performance de sistema equivalente.

3.2.4 Si una célula no satisface las condiciones que figuran en 3.2.3 a) a c) para considerarse como parte de un grupo y si se presenta como una célula individual para los fines de la aprobación, entonces se considerará como aeronave ajena al grupo. Esto significa que los procedimientos de certificación para aeronaves que forman parte del grupo o son ajenas al mismo son diferentes.

Mantenimiento de la aeronavegabilidad

3.2.5 Es indispensable que todas las aeronaves continúen, durante su vida útil, satisfaciendo los requisitos de la MASPS RVSM. Si bien los datos de mantenimiento de altitud de fuentes independientes, según lo recomendado por la OACI, deberían permitir que se detecte toda deterioración a largo plazo en el funcionamiento del sistema altimétrico, es esencial, no obstante, que las autoridades de certificación se aseguren de que, como parte del procedimiento de aprobación, se revisen y actualicen las prácticas de mantenimiento e inspección del explotador para reflejar los requisitos concretos de la aeronavegabilidad aplicables a las operaciones RVSM.

3.3 APROBACIÓN ESTATAL DE LA RVSM

Procedimiento de aprobación

3.3.1 Donde se aplique la RVSM, el Estado de matrícula de la aeronave o del explotador de aeronaves debe aprobar los tipos específicos de aeronaves que el explotador tenga la intención de utilizar. La aprobación RVSM abarcará los elementos siguientes:

- a) *Aprobación de aeronavegabilidad (incluyendo el mantenimiento de la misma).* Se aprobará la aeronave, considerándose que satisface los requisitos del documento apropiado de aeronavegabilidad del Estado basándose en los requisitos relativos a la capacidad de mantenimiento de altitud, según lo definido por la MASPS RVSM. Además, el equipo altimétrico y mantenimiento de altitud de la aeronave debe mantenerse de conformidad con procedimientos y calendarios de servicio aprobados; y
- b) *Aprobación operacional.* Según lo definido en los acuerdos regionales de navegación aérea de la OACI, tal vez el explotador necesite una aprobación operacional distinta correspondiente a la RVSM,

además de la aprobación de aeronavegabilidad RVSM para efectuar operaciones en el espacio aéreo correspondiente. En la Sección 4.2 figura orientación sobre procedimientos operacionales que un explotador tal vez tenga que adoptar para el espacio aéreo en que se aplique la RVSM, incluyendo asesoramiento sobre el material que tal vez tenga que presentarse a la autoridad responsable para que lo examine.

Validez de la aprobación

3.3.2 La aprobación RVSM otorgada para una región siempre será válida para operaciones RVSM en otra región, siempre que el Estado del explotador o el Estado de matrícula no hayan ya impuesto restricciones específicas al explotador.

Confirmación de la situación de aprobación

3.3.3 La continuidad de las operaciones RVSM depende del establecimiento de un mecanismo de confirmación de la aprobación que impida a las aeronaves y a los explotadores no autorizados a efectuar operaciones en el espacio aéreo RVSM a menos que se aplique una separación adecuada. El mecanismo puede variar de una región a otra, pero la responsabilidad primera para la confirmación de la situación de aprobación de una aeronave o un explotador debe incumbir al Estado del explotador o al Estado de matrícula. El mecanismo de confirmación se facilitará si se aplican las medidas siguientes:

- a) mantenimiento de un registro exhaustivo de las aprobaciones otorgadas para operaciones en espacio aéreo RVSM;
- b) presentación de los registros de aprobación mencionados en 3.3.3 a) al organismo regional de vigilancia (RMA) para que lo introduzca en su base de datos regional sobre aprobaciones RVSM; y
- c) introducción de una verificación de la situación de aprobación de aeronaves y explotadores en el programa de inspecciones periódicas en vuelo.

3.3.4 A nivel apropiado, una responsabilidad secundaria debería incumbir a los Estados proveedores de servicios de tránsito aéreo (ATS) de establecer verificaciones periódicas de la situación de aprobación de las aeronaves que efectúan operaciones dentro de su área de autoridad y tengan la intención de efectuar operaciones en espacio aéreo RVSM. Aparte de las actividades de inspección minuciosa realizadas por el RMA pertinente, esta responsabilidad podría ejercerse como sigue:

- a) examinando a fondo los planes de vuelo ATS;
- b) efectuando verificaciones respecto a la base de datos nacional sobre aprobaciones RVSM, teniendo en cuenta la oportunidad de su contenido; y
- c) informando de ello a los explotadores que se sospecha no cumplan con los requisitos del espacio aéreo.

3.3.5 Dependiendo de los reglamentos estatales, pueden rechazarse las autorizaciones del ATC para operaciones que no satisfagan los requisitos del espacio aéreo.

3.3.6 Además de los proveedores de ATS, el RMA de una región en que se aplique la RVSM puede efectuar otro nivel de confirmación de la aprobación, tomando medidas, a raíz de una solicitud de una autoridad de control, para obtener confirmación de la situación de aprobación del Estado del explotador o del Estado de matrícula de aeronaves que no figuren en la base de datos sobre aprobaciones RVSM.

Nota.— En 5.4.4 se describe de manera pormenorizada la función del RMA.

3.3.7 El Estado del explotador o el Estado de matrícula deberían formular criterios y directrices respecto a las aeronaves y los explotadores que efectúen operaciones en espacio aéreo RVSM sin la aprobación correspondiente, lo que podría comprometer la seguridad de otros usuarios del espacio aéreo.

Capítulo 4

PROCEDIMIENTOS

4.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES

Niveles de crucero

4.1.1 Se utilizará la tabla de niveles de crucero correspondiente al espacio aéreo donde se aplica la RVSM que figura en el Apéndice 3 del Anexo 2 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional.

4.2 PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES PARA LA TRIPULACIÓN DE VUELO

Procedimientos en vuelo

4.2.1 Por regla general, los procedimientos operacionales para la tripulación de vuelo en el espacio aéreo RVSM no son diferentes de los que se aplican en otros espacios aéreos; sin embargo, la continuidad de las operaciones RVSM exigirá el examen periódico de los procedimientos específicos de una región, p. ej., procedimientos de contingencia, que deberían reflejarse en la documentación regional. Dados los requisitos en materia de seguridad operacional y el efecto que las grandes desviaciones de altitud podrían tener en los niveles de riesgo, debería recordarse a las tripulaciones que ejerzan vigilancia para reducir al mínimo los casos de desviaciones respecto al nivel de vuelo autorizado. Para ello, durante la instrucción ordinaria, debería recordarse a las tripulaciones de vuelo la importancia de adherirse a los siguientes procedimientos en vuelo RVSM:

- a) cuando esté en crucero en vuelo horizontal, debe mantenerse la aeronave en el nivel de vuelo autorizado (CFL). Esto exige particular cuidado a fin de asegurar que se entienden bien y se acatan las autorizaciones ATC. Salvo en caso de emergencia, la aeronave no debería salirse intencionalmente del CFL sin una autorización positiva del ATC;
- b) durante la transición autorizada entre niveles, no debería permitirse que la aeronave se aleje más de 45 m (150 ft) por encima o por debajo del nuevo nivel de vuelo;

Nota.— La transición debería efectuarse utilizando el elemento de captura de altitud del dispositivo de mantenimiento de altitud, si está instalado.

- c) un dispositivo de mantenimiento de altitud debería estar en marcha y estar accionado durante el crucero en vuelo horizontal, salvo cuando circunstancias como la turbulencia o la necesidad de modificar la compensación de la aeronave exijan que se rompa el contacto de dicho dispositivo. De todos modos, el mantenimiento de altitud debe efectuarse refiriéndose a uno de los dos altímetros que exige la MASPS RVSM;
- d) el dispositivo de alerta de altitud debería estar en marcha y accionado;

- e) deben efectuarse regularmente (cada hora) verificaciones entre los altímetros; al menos dos sistemas que satisfagan los requisitos de la MASPS RVSM deberían coincidir dentro de un margen inferior a 60 m (200 ft). De no respetarse esta condición, deberá declararse defectuoso el sistema, notificándose al ATC;
- f) el respondedor de notificación de altitud, que esté en marcha, debería conectarse al sistema altimétrico, que satisfaga los requisitos de la MASPS RVSM, utilizado para controlar la aeronave;
- g) antes de entrar en el espacio aéreo RVSM, el piloto debería examinar el estado del equipo necesario. El equipo siguiente debería funcionar normalmente:
 - 1) dos sistemas altimétricos, según los requisitos de la MASPS RVSM;
 - 2) dispositivos automáticos de mantenimiento de altitud;

Nota.— Deberían establecerse por acuerdo regional los requisitos en materia de redundancia de los dispositivos de mantenimiento de altitud, basándose en la evaluación de criterios tales como intervalo medio entre fallas, longitud de los segmentos de vuelo y disponibilidad de comunicaciones directas piloto-controlador y vigilancia radar.

- 3) al menos un respondedor de notificación de altitud (si se exige para volar en un espacio aéreo RVSM específico) que se pueda conmutar a fin de que funcione con uno u otro de los sistemas altimétricos que exige la MASPS RVSM; y
- 4) un dispositivo de alerta de altitud;

Si falla cualquiera de estos equipos antes de que la aeronave entre en espacio aéreo RVSM, el piloto debería solicitar una nueva autorización a fin de evitar el vuelo en dicho espacio aéreo;

- h) una vez se haya entrado en espacio aéreo RVSM, deben aplicarse los siguientes procedimientos de contingencia:
 - 1) el piloto notificará al ATC las contingencias (fallas del equipo, condiciones meteorológicas) que afectan a su capacidad de mantener el CFL y coordinar un plan de acción (véase 4.3.2);
 - 2) los siguientes constituyen ejemplos de fallas de equipo que deben notificarse al ATC:
 - i) falla de todos los dispositivos automáticos de mantenimiento de altitud a bordo de la aeronave;
 - ii) pérdida de la redundancia de los sistemas altimétricos o de una parte cualquiera de éstos a bordo de la aeronave;
 - iii) falla de todos los respondedores de notificación de altitud;
 - iv) pérdida de empuje de uno de los motores por lo que el descenso se hace necesario; y
 - v) falla de cualquier otro equipo con repercusiones en la capacidad de mantener el CFL;
 - 3) el piloto debería notificar al ATC cuando encuentre turbulencia fuerte; y

- 4) si el piloto no puede notificar al ATC ni obtener la autorización del mismo antes de desviarse del CFL que se le ha asignado, debería seguir los procedimientos de contingencia establecidos que haya definido la región de explotación y obtener, lo antes posible, una autorización ATC.

Manual de operaciones

4.2.2 Cuando corresponda, los explotadores de aeronaves deberían revisar sus manuales de operaciones para reflejar las diferencias en los procedimientos operacionales normales como resultado de las operaciones que se efectúen en espacio aéreo RVSM.

4.3 PROCEDIMIENTOS ATC

Generalidades

4.3.1 La continuidad de las operaciones RVSM en condiciones de seguridad con respecto al suministro de servicios de navegación aérea requiere que los procedimientos ATC se examinen periódicamente y que se proporcione la instrucción de repaso apropiada. Como base para el examen periódico de los procedimientos regionales, deberían considerarse las medidas apropiadas que deben adoptar los controladores en las situaciones siguientes, según corresponda:

- a) cuando se hace la planificación de vuelo para aeronaves que se sabe carecen del equipo necesario para efectuar vuelos en espacio aéreo RVSM;
- b) una aeronave informa al ATC de que se ha perdido la capacidad de mantener un CFL apropiado a los requisitos RVSM;
- c) el piloto notifica que se ha desconectado el dispositivo de mantenimiento de altitud; y
- d) cuando exista una diferencia de 90 m (300 ft) o más entre la altitud indicada y el CFL.

Nota 1.— Si bien la visualización de la altitud no es necesaria para apoyar las operaciones RVSM, no deja de ser ventajosa.

Nota 2.— Los sistemas de vigilancia deberían ser capaces de apoyar las operaciones RVSM.

Procedimientos ATC de contingencia

4.3.2 Además de las condiciones de emergencia que exigen un descenso inmediato, como la pérdida de empuje o presión, deben señalarse al ATC las condiciones que puedan impedir que la aeronave mantenga su CFL. Los controladores deberían recibir capacitación en lo que atañe a las medidas apropiadas que deben tomarse si el piloto les notifica condiciones semejantes, como se indica en 4.2.1 h). Se indican a continuación medidas que se recomiendan para tales condiciones de emergencia:

- a) preguntar al piloto qué intenciones tiene;
- b) evaluar la situación del tránsito a fin de determinar si puede asegurarse a la aeronave separación lateral o longitudinal o mayor separación vertical y, de ser así, aplicar la separación mínima apropiada;

- c) si no puede aplicarse la solución expuesta en b), determinar si la aeronave puede mantener su altitud de conformidad con los requisitos correspondientes al espacio aéreo inferior a la RVSM. De ser así, y si el piloto confirma que esto es posible desde el punto de vista operacional, el controlador debería expedir una autorización revisada para un nivel situado fuera del espacio aéreo RVSM cuando el tráfico lo permita; y
- d) ocuparse de las aeronaves a las que no puedan aplicarse las soluciones expuestas en b) o c) como casos de emergencia y tomar todas las medidas necesarias a fin de asegurar la separación apropiada.

Operaciones militares

4.3.3 Se recuerda a los Estados la responsabilidad reconocida respecto al tránsito militar, como se especifica en los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo* (PANS-ATM, Doc 4444), Capítulo 16. A este respecto, deben elaborarse y examinarse periódicamente procedimientos para hacer lugar a las operaciones aéreas militares que no satisfacen los requisitos de la MASPS RVSM relativos al equipo (véase Capítulo 3, 3.1 a 3.2). En dichos procedimientos debe especificarse la manera en que podrán efectuarse las operaciones aéreas militares en espacio aéreo RVSM, pero separándose del tráfico aéreo que cuenta con una VSM de 300 m (1 000 ft) por encima del FL 290. Se sugieren para ello los métodos siguientes:

- a) suministro de reservas provisionales de espacio aéreo;
- b) suministro de altitudes por bloques; y
- c) suministro de rutas especiales aplicables solamente al movimiento masivo de aeronaves militares con carácter temporario.

Condiciones meteorológicas

4.3.4 Entre las condiciones meteorológicas que puedan causar turbulencia que puede perjudicar la precisión del mantenimiento de altitud, cabe señalar las siguientes:

- a) ondas de cizalladura gravitatorias;
- b) tormentas;
- c) corrientes orográficas.

4.3.5 Ha quedado determinado que la corriente orográfica, conocida más comúnmente bajo el nombre de onda de montaña, es particularmente perjudicial para la precisión del mantenimiento de altitud. Antes de la implantación del espacio aéreo RVSM, los Estados que se sepa tienen espacio aéreo susceptible de corrientes orográficas deberían:

- a) asignar la responsabilidad en materia de pronosticación de tales condiciones; y
- b) establecer de manera pormenorizada las medidas que el ATC debe tomar al recibir los citados pronósticos.

4.3.6 Cuando se reciban informes sobre turbulencia fuerte, el ATC debe determinar la capacidad de las aeronaves para mantener su CFL. Cuando se confirme que las condiciones meteorológicas afectan o podrían afectar a la precisión del mantenimiento de altitud, el ATC debería tener la obligación de asegurar otra separación lo antes

posible. Además, cuando se prevea que una de las condiciones meteorológicas enumeradas en 4.3.4 habrá de manifestarse en un área durante un largo período, la autoridad ATC competente debería considerar las siguientes medidas:

- a) expedir un mensaje NOTAM en el que se especifiquen las rutas o áreas afectadas; y
 - b) suspender durante cierto tiempo el uso de la VSM de 300 m (1 000 ft) en el área afectada.
-

Capítulo 5

VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE DEL SISTEMA

5.1 NECESIDAD DE VIGILANCIA

5.1.1 La vigilancia de la performance del sistema es necesaria para asegurarse de que la aplicación continua de la RVSM satisface los objetivos en materia de seguridad operacional (véase 2.1). Desde un punto de vista práctico, puede hacerse una distinción acerca del procedimiento de vigilancia en el contexto de:

- a) el riesgo asociado con la performance técnica de mantenimiento de altitud de la aeronave (riesgo técnico); y
- b) el riesgo global, o sea, debido a todas las causas.

5.1.2 En relación con 5.1.1 a), el procedimiento de vigilancia debería tener por objeto lograr lo siguiente:

- a) proporcionar confianza de que se satisface el TLS técnico de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo de aeronave;
- b) proporcionar orientación sobre la eficacia de la MASPS RVSM y de las modificaciones del sistema altimétrico; y
- c) proporcionar garantías sobre la estabilidad del ASE.

El objetivo de vigilancia en 5.1.2 a) puede lograrse mediante un método aceptado de evaluación del riesgo de colisión debido a la pérdida de separación vertical, basándose en el uso del modelo de riesgo de colisión de Reich. En 5.2 se proporciona orientación sobre el procedimiento y los métodos para lograr los objetivos de vigilancia descritos en 5.1.2 a), b) y c).

5.1.3 Respecto a 5.1.1 b), en el procedimiento de vigilancia debería tenerse en cuenta el riesgo adicional asociado con errores operacionales y contingencias en vuelo, principalmente para proporcionar confianza de que se están alcanzando los objetivos globales en materia de seguridad operacional, que son objeto de acuerdo regional. En 5.3 se proporciona orientación sobre la performance del sistema de vigilancia en lo que atañe al riesgo debido a errores operacionales y contingencias en vuelo.

5.2 VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE TÉCNICA

Parámetros del modelo de riesgo de colisión

5.2.1 Para proporcionar confianza de que el TLS técnico se ha alcanzado [objetivo 5.1.2. a)], los valores de determinados parámetros del CRM deben evaluarse mediante vigilancia continua.

5.2.2 Los parámetros del CRM pertenecen a dos grupos desde el punto de vista de los requisitos en materia de vigilancia y se ilustran en la Figura 5-1. El primero comprende dos parámetros que son críticos para la evaluación de la

seguridad operacional. El primer parámetro del grupo [elemento a) en la Figura 5-1] es la medida de la performance de mantenimiento de altitud de la población general de aeronaves, llamado “probabilidad de superposición vertical” y se representa como $P_z(1\ 000)$. El segundo [elemento b) en la Figura 6 -1] es un parámetro del espacio aéreo que caracteriza la disposición al riesgo de colisión vertical, o sea, una medida del número de encuentros de aeronaves con superposición horizontal por hora de vuelo. Para los casos de tránsito en el mismo sentido o en sentidos opuestos, este parámetro puede dividirse en dos partes: la primera es una medida del número de encuentros de aeronave (con superposición longitudinal) por hora de vuelo, llamada “frecuencia de encuentro”, y la segunda es una medida de la performance de mantenimiento lateral de la trayectoria, llamada “probabilidad de superposición lateral”, que se representa como $P_y(0)$.

5.2.3 El segundo grupo de parámetros del CRM, que incluye entre otras cosas la velocidad y longitud de las aeronaves, tiene menos exigencias respecto a los recursos que se necesitan para recopilar los datos necesarios. Esto se debe a que el CRM es relativamente insensible a los valores de dichos parámetros y también porque no se prevé que se modifiquen dichos valores notablemente en el horizonte de planificación del presente manual. Dichos parámetros deben reevaluarse periódicamente para asegurarse de que sus valores reflejen el sistema vigente de espacio aéreo RVSM.

5.2.4 Varias combinaciones diferentes de los valores de los parámetros del primer grupo pueden dar lugar al cumplimiento del TLS técnico. Una de ellas se utiliza en la evaluación inicial que dio lugar a la primera implantación de la RVSM, o sea, los criterios correspondientes a la especificación de performance del sistema global (GSPS) (véase 2.2). Así, una manera conveniente de proporcionar confianza de que se satisface el TLS técnico consiste en vigilar el cumplimiento de los criterios de la especificación de performance del sistema global. Sin embargo, si no puede satisfacerse cada uno de los criterios de la GSPS, entonces sería necesario considerar una compensación entre los parámetros como se indica en 2.2.5 a 2.2.8. Dicho procedimiento se describe más adelante y se proporcionan pormenores técnicos adicionales en el Apéndice A.

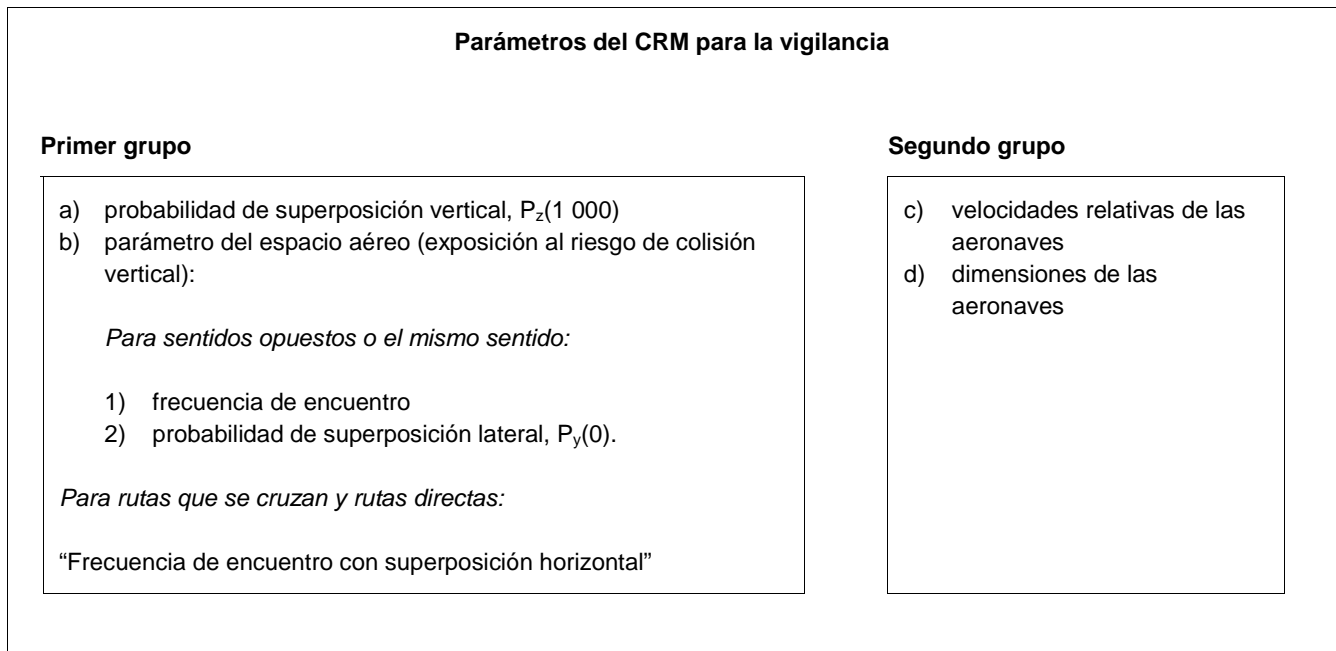


Figura 5-1. Subdivisión de los parámetros del CRM desde el punto de vista de los requisitos de la vigilancia

Examen y evaluación de errores técnicos de mantenimiento de altitud

5.2.5 La supervisión del primer grupo de parámetros indicados en 5.2.2 constituye la parte esencial de la supervisión de la performance del sistema. Dado que el cálculo del riesgo varía proporcionalmente a los parámetros, deben establecerse procedimientos de vigilancia que aseguren que no se sobrepasan simultáneamente los siguientes criterios, relativos a dichos parámetros:

- a) la combinación de todos los componentes de la frecuencia de encuentro no tiene más efecto negativo sobre el riesgo que una frecuencia de 0,145 encuentros en sentidos opuestos con superposición horizontal por hora de vuelo; y
- b) la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, no sobrepasa $1,7 \times 10^{-8}$.

Si no se satisface ninguno de estos criterios, el riesgo de colisión debería reevaluarse para asegurarse de que no se sobrepasa el TLS técnico. Si no se satisface el criterio b), deberían tomarse medidas correctivas dado que esto indica que la MASPS RVSM no es suficientemente efectiva. Si no se satisface únicamente el criterio a), entonces una compensación entre la probabilidad de superposición vertical y la frecuencia combinada de todos los encuentros con superposición horizontal tal vez sea posible como se describe en 2.2.7, a condición de no sobrepasar el TLS técnico. Si dicha compensación no es posible, deberían tomarse medidas correctivas respecto a la frecuencia de encuentros con superposición horizontal.

5.2.6 En los casos en que sea posible dividir la frecuencia de encuentros con superposición horizontal en una parte longitudinal y otra lateral, la vigilancia del primer grupo de parámetros puede llevarse a cabo asegurándose de que no se sobrepasan simultáneamente los criterios siguientes:

- a) la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, no sobrepasa $1,7 \times 10^{-8}$;
- b) la combinación de todos los componentes de la frecuencia de encuentro no tiene más efecto negativo sobre el riesgo que una frecuencia de encuentro en sentidos opuestos de 2,5 por hora de vuelo; y
- c) la probabilidad de superposición lateral, $P_y(0)$, no sobrepasa 0,058 [esto se basa en una desviación característica de la precisión de mantenimiento lateral de la trayectoria 550 m (0,3 NM)].

Si se sobrepasa uno de estos criterios, debe reevaluarse la probabilidad de riesgo de colisión con objeto de garantizar que no se sobrepasa el TLS técnico y deben tomarse medidas correctivas.

5.2.7 La evaluación de estos criterios se describe a continuación y se proporcionan pormenores cuantitativos sobre el procedimiento de compensación en el Apéndice A.

Vigilancia de $P_z(1\ 000)$

5.2.8 La evaluación de $P_z(1\ 000)$ constituye un procedimiento matemático difícil. A fin de determinar de manera continua si se ha sobrepasado o no el valor de $1,7 \times 10^{-8}$, se ha establecido una especificación de performance global de mantenimiento de altitud (más adelante). La especificación que debe respetarse para la performance total en materia de TVE en el espacio aéreo consiste en el respeto simultáneo de los cuatro requisitos siguientes:

- a) la proporción del TVE superior a 90 m (300 ft) es inferior a $2,0 \times 10^{-3}$;
- b) la proporción del TVE superior a 150 m (500 ft) es inferior a $3,5 \times 10^{-6}$;
- c) la proporción del TVE superior a 200 m (650 ft) es inferior a $1,6 \times 10^{-7}$; y

d) la proporción del TVE entre 290 m y 320 m (950 ft y 1 050 ft) es inferior a $1,7 \times 10^{-8}$.

5.2.9 Puede observarse de lo expuesto que la evaluación del TVE tiene una importancia crítica para la evaluación del $P_z(1\ 000)$. Por lo tanto, la precisión con la que se mide el TVE constituye una preocupación importante. El mejor método global de medición del TVE consiste en comparar la altura geométrica de una aeronave, medida por el radar de precisión o alguna otra técnica adecuada, con la altura geométrica del nivel de vuelo que se le asigna. Esta precisión debería ser tal que el error medio de medición sea de 0 m (0 ft) y la desviación característica del error de medición no sobrepase 15 m (50 ft).

5.2.10 Se necesitan grandes cantidades de datos TVE a fin de sacar deducciones del procedimiento de vigilancia con un nivel elevado de confianza, pero esas grandes cantidades de datos TVE son difíciles de obtener; debido a ello, puede ser útil la estimación del TVE mediante una evaluación conjunta de los datos relativos a la desviación respecto a la altitud asignada y el error del sistema altimétrico. En el Apéndice A se describe el método de recopilación y cálculo del TVE (a partir de los errores de los componentes).

Vigilancia de la frecuencia de encuentro de aeronaves con superposición horizontal

5.2.11 La forma generalizada de la especificación de performance del sistema global en 2.2.3 exige que la combinación de la frecuencia de todos los encuentros de aeronaves con superposición horizontal no tenga mayor efecto negativo en el riesgo que una frecuencia de 0,145 encuentros en sentidos opuestos con superposición horizontal por hora de vuelo. Este valor equivale al producto de los criterios correspondientes a una frecuencia de encuentro en sentidos opuestos y la probabilidad de superposición lateral especificada en la especificación original de performance del sistema global. En 5.2.6 se describen los antecedentes de esta última; sin embargo, la forma generalizada es más apropiada para el tráfico que se cruza y las rutas directas.

Vigilancia de la frecuencia de encuentro de aeronaves

5.2.12 En virtud de la especificación mundial de performance del sistema que figura en 2.2, se exige que la frecuencia de encuentro de aeronaves en el espacio aéreo RVSM no tenga mayor efecto negativo en el riesgo de colisión en vuelo que una frecuencia de encuentro en sentidos opuestos de 2,5 encuentros por hora de vuelo. El RGCSP adoptó esta frecuencia basándose en una evaluación de la frecuencia media anual en todo el espacio aéreo de tres centros de control de área (ACC) adyacentes que cubren los movimientos más intensos de tránsito o la frecuencia de encuentro más elevada de la región. La selección de estos ACC adyacentes, que abarcan la frecuencia de encuentro más elevada, tenía por objeto tratar el problema de la gran afluencia de tránsito donde puede surgir un riesgo de colisión superior al promedio.

5.2.13 Las autoridades ATC deben examinar anualmente ya sea la frecuencia de encuentro de aeronaves con superposición horizontal o la frecuencia con superposición longitudinal, basándose en los datos sobre movimientos del tránsito en el espacio aéreo. En el Apéndice A se proporcionan métodos de evaluación de la frecuencia de dichos encuentros de aeronaves.

Vigilancia de la probabilidad de superposición lateral

5.2.14 Como parte del procedimiento de evaluación de la probabilidad de superposición lateral, el RMA debería examinar periódicamente la performance de mantenimiento lateral de la trayectoria en el espacio aéreo en cuestión. Esto se debe al hecho de que, manteniéndose constantes todos los demás factores, una mejor precisión del mantenimiento lateral de la trayectoria aumenta el riesgo de colisión en caso de pérdida de una separación vertical de 300 m (1 000 ft). Es también importante que las autoridades de planificación reconozcan que la variación en la precisión

del mantenimiento lateral de la trayectoria afecta al CRM directamente y deberían tener en cuenta el posible cambio en los niveles de riesgo como consecuencia de los cambios obligatorios, o por otros motivos, en el equipo de navegación de las aeronaves. En el Apéndice A se proponen métodos para llevar a cabo esta función.

Vigilancia de los demás parámetros CRM

5.2.15 Los demás parámetros del CRM son la velocidad media de las aeronaves, la velocidad relativa entre aeronaves y la longitud, anchura y altura medias de las aeronaves en el espacio aéreo RVSM. Como se ha mencionado anteriormente, o bien el riesgo de colisión en vuelo es relativamente indiferente a los valores de los parámetros o no se prevé que los valores cambien de manera significativa. La vigilancia intensa de los valores de los citados parámetros no debería ser necesaria. El RMA debería tener conciencia de la importancia relativa de los mismos en el mecanismo global destinado a asegurar el mantenimiento de la seguridad operacional del sistema y evaluar periódicamente sus valores probables utilizando todos los medios que se consideren apropiados. En el Apéndice A se enumeran los valores de dichos parámetros, así como todos los demás que sirven de base para la especificación de performance del sistema global.

Otros aspectos de la vigilancia de la performance técnica

5.2.16 Puede observarse del análisis que precede que el riesgo debido únicamente a la performance técnica de mantenimiento de la altitud de la aeronave puede estimarse compilando datos apropiados para producir valores correspondientes a varios parámetros que se utilizan en un modelo de riesgo de colisión. Esto permite que se lleven a cabo antes y después de la implantación de la RVSM evaluaciones del riesgo respecto al TLS, cumpliéndose así el objetivo que figura en 5.1.2 a). Además, como queda ilustrado, el procedimiento exige que se compilen datos relativos al error del sistema altimétrico, que pueden utilizarse para evaluar la eficacia de la MASPS RVSM y proporcionar pruebas de la estabilidad del ASE, satisfaciendo así los objetivos que figuran en 5.1.2 b) y c). Para satisfacer el objetivo en 5.1.3, también deben examinarse y evaluarse los errores operacionales, como se indica en la sección 5.3.

5.2.17 Los requisitos de vigilancia, en particular la medición del TVE, se han establecido a un nivel riguroso. Como resultado de estos criterios, los datos compilados y la experiencia operacional adquirida podrían contribuir a cierta distensión de los requisitos de vigilancia. Por ejemplo, si puede demostrarse que no hay correlación significativa entre un explotador y la capacidad técnica de mantenimiento de altitud de sus aeronaves, entonces puede considerarse el uso de datos TVE de determinado tipo de aeronave compilados en el programa regional de la RVSM para estimar $P_z(1\ 000)$ en otra región, eliminando así la necesidad de compilar datos TVE sobre todas las aeronaves de dicho tipo. Por consiguiente, los grupos regionales de planificación podrían decidir obtener datos de los RMA en regiones donde ya se esté calculando el TVE para determinar el alcance de sus programas de vigilancia. El requisito de compilar datos sobre errores operacionales y contingencias en vuelo para evaluar el riesgo global todavía seguirá existiendo porque dichas categorías de errores será, específicas de cada región.

5.3 EXAMEN Y EVALUACIÓN DE ERRORES OPERACIONALES Y CONTINGENCIAS EN VUELO

5.3.1 Para satisfacer los objetivos de vigilancia descritos en 5.1.1 b), el RPG deberá examinar y evaluar continuamente las repercusiones de la RVSM en el riesgo debido a errores operacionales y contingencias en vuelo. La frecuencia de dichos errores no se considera como una función de la separación mínima aplicada, dado que son comunes al entorno total del espacio aéreo y no se limitan solamente a las operaciones RVSM. El RPG debería establecer dichas medidas según corresponda para asegurarse de que el nivel de riesgo de colisión debido a dichas causas no afecta adversamente al nivel de seguridad operacional medido con respecto al TSL u otra referencia convenida. Estas medidas se describen en 5.4.4 como parte de las tareas del RMA.

5.3.2 El procedimiento de vigilancia exige la compilación permanente de datos operacionales y deberá contarse con métodos apropiados para tratar dichos datos a fin de poder llevar a cabo una comparación con los objetivos globales en materia de seguridad operacional, objeto de acuerdo regional. Los datos operacionales pueden proceder de fuentes tales como la observación directa, estudios de la seguridad de las operaciones normales (NOSS), auditorías de la seguridad de las operaciones de ruta (LOSA), notificaciones obligatorias de sucesos, datos sobre cuasicolisiones o informes sobre cuasicolisiones en vuelo y otras fuentes. Los RPG y otros organismos que participan en el examen de dichos informes e intervienen al respecto deberían estar preparados para tomar las medidas necesarias. Las actividades de seguimiento, en el caso de un aumento inaceptable del riesgo, deberían basarse en un examen a fondo de la causa de dicho aumento y en la aplicación de medidas de mitigación, según corresponda. Deberá ejercerse una permanente vigilancia para asegurarse de que las medidas de seguimiento tienen el efecto necesario para compensar o reducir el riesgo.

5.3.3 En el Apéndice A se proporcionan pormenores sobre la evaluación del riesgo relacionado con errores operacionales y contingencias en vuelo.

5.4 RESPONSABILIDADES DE LAS AUTORIDADES

Introducción

5.4.1 El método que permite la evaluación de la performance del sistema se describe en relación con las tareas específicas que incumben a los diversos organismos y dependencias que forman una organización regional característica:

- a) grupo regional de planificación;
- b) organismo regional de vigilancia; y
- c) control de tránsito aéreo.

Responsabilidad del grupo regional de planificación (RPG)

5.4.2 La responsabilidad global por el mantenimiento de la performance del sistema RVSM incumbe al RPG.

5.4.3 El control del sistema requiere la obligación de que el RPG examine anualmente todos los aspectos del funcionamiento del sistema. Todo examen debería abarcar los puntos siguientes:

- a) evaluación de la seguridad del sistema;
- b) verificación o enmienda de los parámetros utilizados en el CRM;
- c) examen a fondo de los datos e informes procedentes del RMA;
- d) recomendación de medidas encaminadas a reducir el riesgo en el sistema y a mejorar la performance de mantenimiento de altitud; y
- e) recomendación de mejoras al mecanismo de vigilancia.

Responsabilidades del organismo regional de vigilancia (RMA)

5.4.4 La experiencia adquirida en la vigilancia mundial de las operaciones RVSM apoya el concepto de contar con un RMA en cada región, que ha demostrado ser esencial para la seguridad operacional. El RMA tiene una función significativa en todos los aspectos del proceso de vigilancia. Una de sus prioridades es mantener una base de datos de aeronaves aprobadas por las respectivas autoridades estatales para efectuar operaciones en niveles RVSM en la región en cuestión. Esto constituye una parte esencial del procedimiento de vigilancia porque dicha información es vital para que los datos sobre performance de mantenimiento de altitud compilados por los sistemas de vigilancia sean útiles en la evaluación del riesgo. Se prevé que los RMA compartan entre ellos la información de la base de datos con referencia específica a los datos sobre aprobaciones y vigilancia de altitud.

5.4.5 En relación con 5.4.4, las tareas características de un RMA son las siguientes:

a) recibir notificaciones sobre desviaciones de altitud de aeronaves que no satisfacen los requisitos, cuyos valores son iguales o superiores a los criterios siguientes:

- 1) TVE \geq 90 m (300 ft);
- 2) ASE \geq 75 m (245 ft); y
- 3) AAD \geq 90 m (300 ft);

Nota.— Estas cifras son valores absolutos que no incluyen errores de medición en el sistema de mantenimiento de altitud utilizado. Para determinar el punto en que deben iniciarse medidas de seguimiento, debería tenerse en cuenta la falta de precisión característica del sistema de vigilancia.

b) tomar las medidas necesarias con el Estado o el explotador interesados a fin de:

- 1) determinar la causa probable de la desviación de altitud; y
- 2) verificar la aprobación del explotador;

c) recomendar, cuando sea posible, medidas correctivas;

d) analizar datos con objeto de detectar tendencias de desviaciones de altitud y, por lo tanto, tomar medidas como se indica en c);

e) efectuar las compilaciones de datos que solicite el RPG con objeto de:

- 1) investigar la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves en la parte central de la distribución;
- 2) establecer una base de datos (o introducir datos adicionales) sobre performance de mantenimiento de altitud de:
 - i) la población de aeronaves;
 - ii) los tipos o categorías de aeronaves; y
 - iii) las células tomadas individualmente;

f) vigilar el nivel del riesgo de colisión debido a errores operacionales y contingencias en vuelo, de la manera siguiente:

- 1) establecer un mecanismo de cotejo y análisis de todas las notificaciones de desviaciones de altitud de 90 m (300 ft) o más ocasionadas por los mencionados errores y medidas;
- 2) determinar, de ser posible, la causa fundamental de la desviación, así como sus valores y duración;
- 3) calcular la frecuencia de sucesos;
- 4) evaluar el riesgo global (riesgo técnico combinado con errores operacionales y contingencias en vuelo) en el sistema en relación con los objetivos globales de seguridad operacional (véase 2.1); y
- 5) iniciar medidas correctivas, según corresponda;

Nota.— Es importante tener presente que las desviaciones de altitud causadas por errores operacionales y contingencias en vuelo ocurren en todos los espacios aéreos sea cual fuere la separación mínima. La finalidad de mantener esta actividad de vigilancia es evitar que las operaciones en el espacio aéreo RVSM acarreen un aumento en el riesgo de colisión debido a dichas causas y que el riesgo vertical total no supere los objetivos globales de seguridad operacional convenidos (véase 2.1). Las intervenciones y medidas propuestas a fin de reducir el riesgo no deberían limitarse al espacio aéreo RVSM.

- g) verificar la aprobación de las aeronaves que efectúen vuelos en el entorno RVSM en cuestión (véase 3.3.3 a 3.3.6), determinar los explotadores y las aeronaves sin aprobación que utilicen el espacio aéreo RVSM y notificar en consecuencia a las autoridades competentes del Estado de matrícula o del explotador;
- h) distribuir informes regulares sobre todas las desviaciones de mantenimiento de altitud, así como los gráficos y tablas necesarios para relacionar el riesgo estimado del sistema con el TLS, utilizando los criterios descritos en 5.2.8, según los formatos propuestos en el Apéndice A; y
- i) presentar informes anuales al RPG.

Responsabilidades de las autoridades estatales de reglamentación en el procedimiento de vigilancia

5.4.6 Como parte del procedimiento de vigilancia del cumplimiento de la performance del sistema global y de la performance global de mantenimiento de altitud, puede instigarse la vigilancia independiente de la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves en determinada región. Incumbirá al RMA cotejar y analizar los datos sobre mantenimiento de altitud y si se observa que una aeronave con aprobación RVSM tiene un ASE o un TVE estimado superior a los límites, con las correcciones necesarias para tener en cuenta la falta de precisión de medición del sistema, como se indica en 5.4.5, informará a la autoridad estatal competente y al explotador. Se pedirá a la autoridad estatal que tome medidas para asistir al RMA en determinar la causa del error. Si la investigación no permite lograr una conclusión satisfactoria, la autoridad estatal puede considerar la posibilidad de suspender o revocar la aprobación RVSM del explotador. Después de todo trabajo de rectificación, se prevé también que el explotador demuestre el cumplimiento de la MASPS RVM asegurándose de que la aeronave en cuestión ha sido objeto de vigilancia por un sistema independiente de vigilancia de la altitud en los más breves plazos.

Función de la autoridad ATC competente en la vigilancia de la performance de mantenimiento de altitud

5.4.7 La autoridad ATC desempeña una función esencial en el procedimiento de vigilancia puesto que debe obtenerse información sobre toda desviación equivalente a 90 m (300 ft) o más, **por cualquier motivo**, respecto a los niveles autorizados, sea que la desviación cause un incidente o no, y notificar dicha desviación. Esta información contribuirá a la evaluación del nivel de riesgo global en el sistema. La información que necesita el RMA para evaluar el riesgo podría, según la región de implantación, incluir los datos siguientes:

- a) dependencia que notifica;
 - b) ubicación de la desviación, como latitud/longitud o marcación y distancia de un punto significativo;
 - c) fecha y hora de la desviación de altitud importante;
 - d) subparte del espacio aéreo, como un sistema de rutas establecidas, si corresponde;
 - e) identificación del vuelo y tipo de aeronave;
 - f) nivel de vuelo asignado;
 - g) nivel de vuelo o altitud final notificados y base para el establecimiento (p. ej., informe del piloto o Modo C);
 - h) duración al nivel de vuelo o altitud incorrectos;
 - i) causa posible de la desviación;
 - j) todo otro tráfico en posible conflicto durante la desviación;
 - k) comentarios de la tripulación al notificarse de la desviación; y
 - l) observaciones de la dependencia ATC que efectúa la notificación.
-

Apéndice A

ASPECTOS CUANTITATIVOS DE LA VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE DEL SISTEMA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 En el presente apéndice se proporciona orientación relativa a los aspectos cuantitativos de la vigilancia independiente de la performance del sistema en relación con las operaciones RVSM. Se abarca aquí la recopilación, tratamiento y utilización de los datos necesarios para demostrar que se cumple de manera satisfactoria la especificación de performance del sistema global, indicada en el Capítulo 2, 2.2. Se proporciona amplia información sobre la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$. Se presenta también en este apéndice un procedimiento de verificación de la performance de mantenimiento de altitud en relación con la implantación de la RVSM; por último, se proporciona un ejemplo que ilustra los cálculos de los requisitos en materia de volumen de la muestra en relación con la etapa de verificación de la estrategia de implantación en una región hipotética.

1.2 Pueden hallarse más detalles sobre el contenido del presente apéndice en los textos de orientación regionales, tales como el suplemento al Doc 002 NAT sobre evaluación de riesgo y aspectos de vigilancia en el contexto de la RVSM NAT.

1.3 La orientación en el presente apéndice se concentra en la evaluación del riesgo debido a desviaciones técnicas de mantenimiento de altitud. Al evaluar la oportunidad de implantar la RVSM en una región, debería también tenerse en cuenta el riesgo debido a errores operacionales y contingencias en vuelo. En la sección 5 del presente apéndice se proporcionan datos sobre este aspecto.

2. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE COLISIÓN

Introducción

2.1 La aplicación de métodos analíticos para guiar a los responsables en lo que atañe a la seguridad de una actividad se llama generalmente evaluación del riesgo. Dicha evaluación comprende dos elementos: estimación del riesgo y evaluación del mismo. El primero se refiere al procedimiento de determinación del nivel previsto de riesgo acarreado por la actividad o propuesta que se esté examinando. El segundo se refiere al procedimiento encaminado a decidir si el nivel de riesgo es aceptable.

2.2 El término “riesgo” se utiliza para representar un índice numérico de seguridad operacional. Cuando se aplica a un problema en particular, una definición formal del riesgo exige que se especifiquen las unidades con que se medirá. Para fines de evaluación del riesgo de colisión se ha adoptado como medida el número de accidentes mortales por hora de vuelo.

2.3 El método de estimación del riesgo consiste en utilizar un CRM que exprese el riesgo de colisión en vuelo en un espacio aéreo en función de varios parámetros cuantificables. El método de evaluación del riesgo determina el nivel de riesgo que se considera aceptable, el nivel deseado de seguridad (TLS). El riesgo estimado puede compararse con el TLS, obteniéndose así una base cuantitativa para juzgar la seguridad operacional en un espacio aéreo.

Modelo de riesgo de colisión

2.4 El riesgo de colisión que debe modelizarse es aquél que se debe a la pérdida de separación vertical no radar entre aeronaves que efectúan vuelos entre FL 290 y FL 410 inclusive en determinada parte del espacio aéreo. Una colisión entre dos aeronaves se cuenta como dos accidentes. El riesgo de colisión depende del número total y tipos de aeronaves que efectúan vuelos en el sistema y de las características de este último.

2.5 El CRM proporciona una estimación del número de accidentes dentro de un sistema de espacio aéreo que pueden acaecer por hora de vuelo debido a colisiones causadas por la pérdida de separación vertical no radar en un entorno RVSM.

2.6 El modelo de base, que puede aplicarse de manera equivalente al análisis de la separación vertical, lateral y longitudinal, se expresa en función de parámetros cuantificables. En la dimensión vertical, el CRM puede subdividirse a fin de establecer un modelo distinto para una ruta única por la que las aeronaves efectúan vuelos en el mismo sentido o en sentidos opuestos a niveles de vuelo adyacentes, pares de rutas que se cruzan y combinaciones de rutas individuales y de rutas que se intersecan.

2.7 Las cantidades más importantes para determinar el riesgo de colisión vertical son los tres parámetros siguientes, utilizados en el modelo: probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, probabilidad de superposición lateral, $P_y(0)$ y frecuencia de encuentro de aeronaves. Entre dichos parámetros, la estimación de la probabilidad de superposición vertical es el cálculo más difícil.

2.8 La especificación de performance del sistema global, enunciada en el Capítulo 2, 2.2 limita los valores máximos asociados con cada uno de los parámetros a fin de asegurar un nivel aceptable de riesgo de colisión debido a la pérdida de separación vertical no radar en todo el espacio aéreo mundial. La especificación de performance global de mantenimiento de altitud, expuesta en el Capítulo 2, 2.3, presenta los requisitos en materia de performance de mantenimiento de altitud necesarios para satisfacer el $P_z(1\ 000)$ de la especificación de performance del sistema global.

2.9 La forma generalizada de la especificación de performance del sistema global, que se indica en 2.2.3, es más apropiada en el caso del tránsito que se cruza y las autorizaciones "directamente a". En esta forma se limitan los valores máximos correspondientes a la probabilidad de superposición vertical y la frecuencia de encuentro de aeronaves con superposición horizontal para asegurar un nivel aceptable de riesgo de colisión debido a la pérdida de separación vertical no radar en todo el espacio aéreo mundial.

2.10 En la Sección 3 del presente apéndice se examina la vigilancia de la probabilidad de superposición lateral y la frecuencia de encuentro de aeronaves. En la Sección 4 se describen métodos posibles para vigilar la probabilidad de superposición vertical y determinar si se respeta la especificación correspondiente de performance de mantenimiento de altitud.

2.11 No se prevé que los demás parámetros del CRM cambien considerablemente en el futuro. No obstante, los RMA deberían darse cuenta, como se ha indicado en 5.2.15, de la importancia relativa de dichos parámetros en el procedimiento global de evaluación del riesgo y deberían evaluar periódicamente sus valores probables. En la Tabla A-1 se presentan los valores del parámetro de riesgo de colisión utilizados para deducir el valor de $P_z(1\ 000)$ de $1,7 \times 10^{-8}$ necesario para satisfacer el objetivo de seguridad operacional para el riesgo técnico RVSM (véase el Capítulo 2, 2.1).

Nivel deseado de seguridad

2.12 El TLS representa el nivel de riesgo aceptable, apropiado para la decisión que se esté examinando. En la esfera de la aviación, se expresa el TLS en unidades de accidentes mortales por hora de vuelo, dado que los responsables pueden esperar limitar el número de accidentes mortales, más bien que su gravedad, mediante la selección de valores normalizados de separación.

2.13 El RGCSP escogió un valor TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo como límite superior “atribuible a la pérdida de separación vertical no radar” a fin de orientar la elaboración de la especificación de performance del sistema global.

Nota.— El TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo se aplica únicamente a los errores técnicos de mantenimiento de altitud.

Tabla A-1. Valores de los parámetros utilizados para definir la especificación mundial de performance de mantenimiento de altitud

<i>Descripción</i>	<i>Valor/unidad</i>
Desviación característica lateral de mantenimiento de trayectoria (s_y)	550 m (0,3 NM)
Probabilidad de superposición lateral [$P_y(0)$]	0,058
Frecuencia de encuentro en sentidos opuestos [$N_x(\text{op})$]	2,5 encuentros de aeronaves/hora
Frecuencia de encuentro en la misma dirección [$N_x(\text{mismo})$]	0 encuentros de aeronaves/hora
Frecuencia de encuentro con cruce [$N_{xy}(\text{cruce})$]	0 encuentros de aeronaves/hora
Longitud media de las aeronaves (λ_x)	45 m (148 ft)
Anchura media de las aeronaves (λ_y)	45 m (148 ft)
Altura media de las aeronaves (λ_z)	15 m (50 ft)
Velocidad relativa media de las aeronaves en el mismo sentido ($ \Delta V $)	37 km/h (20 kt)
Velocidad media de las aeronaves ($ V $)	870 km/h (470 kt)
Velocidad relativa media de las aeronaves en derrota que se cruzan ($ y $)	7 km/h (4 kt)
Velocidad vertical relativa media de las aeronaves durante la pérdida de separación vertical ($ z $)	19 km/h (10 kt)

3. VIGILANCIA DE LA FRECUENCIA DE ENCUENTRO DE AERONAVES Y DE LA PERFORMANCE DE NAVEGACIÓN LATERAL

3.1 A fin de vigilar la seguridad operacional en un espacio aéreo donde se aplica RVSM, continuamente debe asegurarse que la frecuencia de encuentro de aeronaves y la performance de navegación lateral en el espacio aéreo satisfacen la especificación de performance del sistema global. Los parámetros de dicha vigilancia figuran en el Capítulo 5 de este manual. Se presentan a continuación procedimientos para estimar y ensayar los parámetros de conformidad con dichos requisitos.

Vigilancia de la frecuencia de encuentro

Introducción

3.2 En la especificación de performance del sistema global se tiene en cuenta la proporción de tiempo durante el cual las aeronaves en niveles de vuelo adyacentes están expuestas al riesgo de colisión debido a la pérdida de separación vertical no radar; para ello se define una frecuencia máxima de encuentro de aeronaves que efectúan

vuelos en sentidos opuestos en la misma ruta. Este valor de 2,5 encuentros por hora de vuelo se ha seleccionado para tener en cuenta el crecimiento del tránsito mundial en el horizonte de planificación adoptado en el presente manual. En la práctica, esta situación puede presentarse debido a los encuentros de aeronaves que efectúen vuelos en el mismo sentido o en sentidos opuestos en la misma ruta a niveles de vuelo adyacentes o debido a encuentros de aeronaves a niveles de vuelos adyacentes en rutas distintas en un punto de cruce. (En los sistemas de derrotas oceánicas se utiliza a menudo un parámetro íntimamente relacionado denominado “índice de ocupación que es una medida del número de aeronaves a niveles de vuelo adyacentes dentro de una distancia específica de una aeronave característica.) La vigilancia independiente de performance del sistema exige que el efecto combinado de la frecuencia de los diversos tipos de encuentros se estime utilizando datos relativos al movimiento de tránsito procedentes del espacio aéreo RVSM. Esto se compara con el valor de 2,5 encuentros en sentidos opuestos por hora de vuelo. Deberían determinarse dichas estimaciones para todo el espacio aéreo que se evalúa, si resulta práctico hacerlo. Si el espacio aéreo abarca un área regional, entonces debería evaluarse el espacio aéreo de tres ACC adyacentes que cubren los flujos de tránsito más intensos o la frecuencia de encuentro más elevada de la región, a fin de resolver el problema de los grandes aflujos de tránsito donde puede presentarse un riesgo de colisión superior a la media.

3.3 En 3.4 a 3.13 figura el método global de estimación de la frecuencia de encuentro de los diversos tipos de aeronaves; en 3.14 a 3.19, procedimientos para comparar el efecto combinado de la frecuencia estimada con el valor utilizado al elaborar la especificación de performance global de mantenimiento de altitud.

Estimación de la frecuencia de encuentro de aeronaves

Datos necesarios

3.4 Se necesitan datos de vuelos de aeronaves a fin de estimar la frecuencia de encuentro (o el índice de ocupación, cuando corresponda). Los datos deberían reflejar la gama de afluencias de tránsito en el espacio aéreo RVSM, de conformidad con los requisitos indicados en el Capítulo 2, 2.2, acarreados por las fluctuaciones diarias, semanales o estacionales de la demanda. Este muestreo se ha realizado en la práctica seleccionando un día o una semana específica del mes y recopilando datos (reales o simulados) sobre el movimiento del tránsito en ese momento para un año.

Tipos de datos

3.5 Los datos utilizados para estimar la frecuencia de encuentro con superposición horizontal pueden obtenerse de fichas de progreso de vuelo en papel o de sistemas automáticos que utilizan datos de sistemas de vigilancia ATS. El principio básico consiste en calcular el número total de encuentros, multiplicar por dos y dividir por el número total de horas de vuelo entre FL 290 y FL 410 inclusive en vuelo recto horizontal.

3.6 Deben obtenerse los siguientes datos relacionados con tiempo y flujo para cada ACC en el sector en ruta relativos al espacio aéreo que se está evaluando:

- a) el período durante el cual se registró el seguimiento del sistema de vigilancia ATS;
- b) el número total de aeronaves dentro del sector;
- c) la afluencia (por hora en cada nivel de vuelo) a través del límite del sector;
- d) el número total de horas en vuelo horizontal, clasificado según el nivel de vuelo más cercano; y
- e) el número total de horas de vuelo en ascenso o descenso, clasificado según los niveles de vuelo adyacentes.

Estimación de la frecuencia de encuentro de aeronaves en rutas en el mismo sentido o en sentidos opuestos

3.7 Todas las rutas dentro del espacio aéreo que se está evaluando deberían examinarse individualmente al estimarse la frecuencia de encuentro de aeronaves o el índice de ocupación. Si esto no es posible, conviene asegurarse de que las rutas analizadas proporcionan estimaciones representativas. Cada ruta debería dividirse en tramos, por ejemplo, basándose en los puntos de notificación o en los emplazamientos de ayudas para la navegación. Deben examinarse manual o automáticamente los datos sobre movimientos de tránsito, organizados por nivel de vuelo en cada tramo, a fin de determinar el número de pares de aeronaves en niveles de vuelo adyacentes que se encuentran en el mismo sentido o en sentidos opuestos. Luego debería combinarse el número de encuentros en el mismo sentido y en sentidos opuestos con enumeraciones semejantes procedentes de todos los demás tramos de rutas analizados. La suma de los encuentros en el mismo sentido y en sentidos opuestos debería luego multiplicarse por dos y dividirse por el número total de horas de vuelo entre FL 290 y FL 410 inclusive, en vuelo recto horizontal en los tramos durante los períodos analizados, obteniéndose así las estimaciones de la frecuencia de encuentro de aeronaves en el mismo sentido y en sentidos opuestos. Si se considera apropiado analizar el índice de ocupación, puede estimarse la ocupación vertical de manera análoga a la lateral como se indica en el *Manual de planificación de servicios de tránsito aéreo* (Doc 9426), Parte II, Sección 2, Capítulo 4, Apéndice C.

Estimación de la frecuencia de encuentro de aeronaves en rutas que se cruzan

3.8 Después de determinar las rutas que se cruzan dentro del espacio aéreo que se está evaluando, debería estimarse la frecuencia de encuentro de aeronaves en todos los puntos de cruce. De no ser posible, convendría asegurarse de que los cruces analizados proporcionan estimaciones representativas. Debería contarse el número de pares de aeronaves con superposición horizontal en los puntos de cruce, multiplicándose el mismo por dos y dividiéndose por el tiempo total de vuelo en el espacio aéreo RVSM objeto de muestreo, a fin de obtener una estimación de la frecuencia de encuentro con cruce.

3.9 Los encuentros de aeronaves con superposición horizontal en puntos de cruce de rutas constituyen sucesos poco frecuentes; si bien es difícil calcular sus frecuencias, es posible, no obstante, estimar la misma; pueden utilizarse afluencias de tránsito representativas de las rutas que se cruzan en un modelo semejante al que figura en el Doc 9426.

3.10 En el espacio aéreo continental de gran intensidad de tránsito, los vuelos suelen estar bajo vigilancia del sistema ATS y sometidos a control táctico por el ATC. Esto da lugar a circuitos de tránsito muy complejos y, a menudo, muy variables, con las derrotas reales utilizadas a menudo con desviación respecto a las rutas ATC publicadas y cruzándose con una variedad de ángulos. Como resultado de ello, no es posible estimar con precisión una frecuencia de encuentro de aeronaves basándose únicamente en la información sobre corrientes de tránsito por las rutas ATS.

3.11 Los datos del sistema de vigilancia ATS permiten obtener una imagen realista de los circuitos de tránsito reales. Puede determinarse así, primero, si hay un encuentro de un par de aeronaves en un volumen específico del espacio aéreo. En tal caso, contribuye a la frecuencia de tales encuentros en el espacio aéreo considerado. La velocidad relativa real puede también estimarse mediante los datos del sistema de vigilancia ATS. Esta información puede procesarse de un modo semejante a la relativa a un espacio aéreo con rutas que se cruzan.

3.12 Como en el caso de los encuentros de aeronaves con superposición horizontal en puntos de cruce, los encuentros correspondientes a encaminamientos directos con superposición horizontal son sucesos poco comunes, que es difícil estimar. El problema puede resolverse definiendo adecuadamente los sucesos verticales cercanos.

Verificación de la frecuencia de encuentro de aeronaves

3.13 Un espacio aéreo que consista en una estructura sin rutas que se crucen puede verificarse trazando los valores estimados correspondientes a la frecuencia de encuentro de aeronaves en el mismo sentido y en sentidos opuestos [$N_x(\text{mismo})$ y $N_x(\text{op})$] en la Figura A-1. Si estos valores se hallan dentro del área sombreada, entonces el espacio aéreo en cuestión contiene una frecuencia que afecta al riesgo en un grado no superior a la que se utiliza al elaborar la especificación de performance global de mantenimiento de altitud definida en el Capítulo 2, 2.3 del presente manual. Si los valores se hallan al exterior del área sombreada, entonces puede ser posible una compensación entre los parámetros de la especificación de performance del sistema global, según la introducción en 2.2.5 a 2.2.8 y como se explica más en detalle en los párrafos siguientes. Si la compensación no es viable, entonces la frecuencia de encuentro de aeronaves en el espacio aéreo es muy elevada para satisfacer los objetivos de seguridad técnica, por lo que el RPG deberá tal vez considerar la posibilidad de aplicar alguna forma de gestión del tránsito aéreo o reestructurar el espacio aéreo.

3.14 Suponiendo que la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, equivale a $1,7 \times 10^{-8}$, el primer tipo de compensación que puede considerarse es entre la frecuencia de encuentro y la performance de navegación lateral (véase la Figura A-2). Esto exige que se conozca una estimación de la probabilidad de superposición lateral, $P_y(0)$, y que sea inferior al valor de 0,058 correspondiente a la desviación característica del error lateral de mantenimiento de la trayectoria de 550 m (0,3 NM). Si la estimación de la probabilidad de superposición lateral es superior al valor de 0,058, entonces este tipo de compensación no es posible, pero si es inferior, entonces la verificación del efecto combinado de la frecuencia de encuentro en el mismo sentido y en sentidos opuestos se proporciona mediante la desigualdad siguiente:

$$N_x(\text{op}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{mismo}) \leq \left(\frac{0,058}{P_y(0)} \right) 2,5 \quad (1)$$

siendo $P_y(0)$ la estimación de la probabilidad de superposición lateral. En la Figura A-3 se indica la región de la frecuencia de encuentro aceptable en el mismo sentido y en sentidos opuestos para dos valores de $P_y(0)$, a saber, $P_y(0) = 0,058$ y $P_y(0) = 0,029$. El primero de estos valores satisface apenas el correspondiente requisito de la especificación de performance del sistema global de 2.2.2 b) del presente manual y reproduce el resultado de la Figura A-1. El segundo valor equivale a la mitad del primero y representa una doble desviación característica del error de mantenimiento lateral de la trayectoria. En la Figura A-2 se indica que se permiten entonces combinaciones de mayores valores de frecuencia de encuentro.

Nota.— El producto de los números en la parte derecha de la desigualdad (1) representa 0,145 encuentros en sentidos opuestos con superposición horizontal (véase 2.2.3 en el presente manual).

3.15 Si los valores estimados correspondientes a la frecuencia de encuentro en el mismo sentido y en sentidos opuestos se sitúan en la parte más grande de la Figura A-3, entonces la compensación ha tenido éxito. Si se sitúan fuera de dicha zona, entonces puede ser posible una compensación diferente, o sea entre los parámetros en el dominio horizontal y el vertical como se indica en 2.2.7 del presente manual. La verificación del efecto combinado de la frecuencia de encuentro en el mismo sentido y en sentidos opuestos se indica entonces mediante la desigualdad siguiente:

$$N_x(\text{op}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{mismo}) \leq \left(\frac{0,058}{P_y(0)} \right) \left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) 2,5 \quad (2)$$

3.16 Para el espacio aéreo que contiene rutas que se cruzan, se elaboró una verificación prudente teniendo en cuenta los ángulos de cruce y las velocidades de las aeronaves. Esta verificación consiste en determinar si la frecuencia combinada de todos los encuentros dentro de la región respeta la ecuación siguiente:

$$\frac{2,5}{0,96} N_x(\text{mismo}) + N_x(\text{op}) + 37,5 N_{xy}(\text{cruce}) \leq 2,5 \quad (3)$$

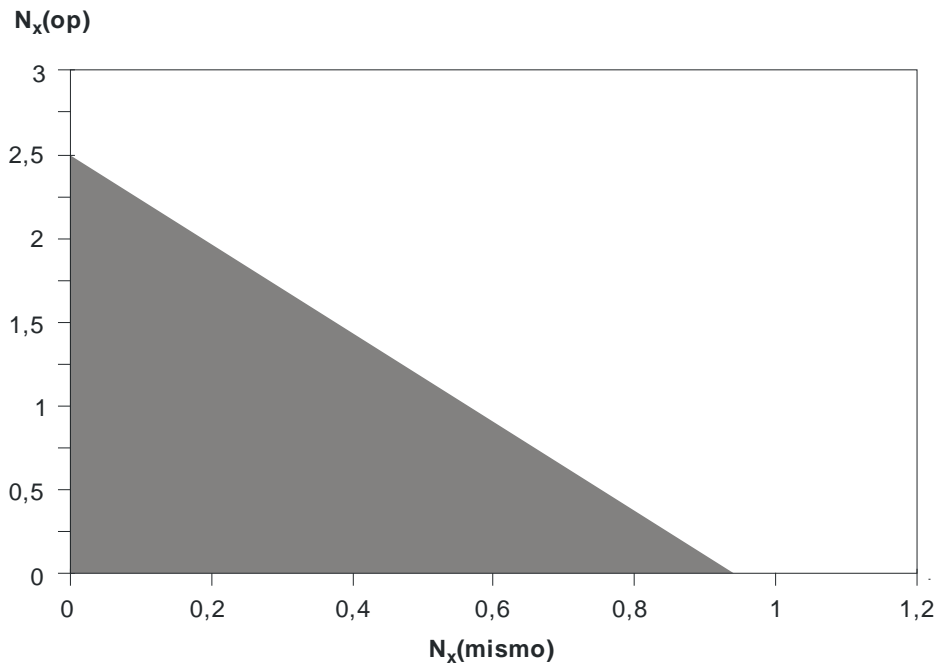


Figura A-1. Región de frecuencia de encuentro de aeronaves aceptable para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos

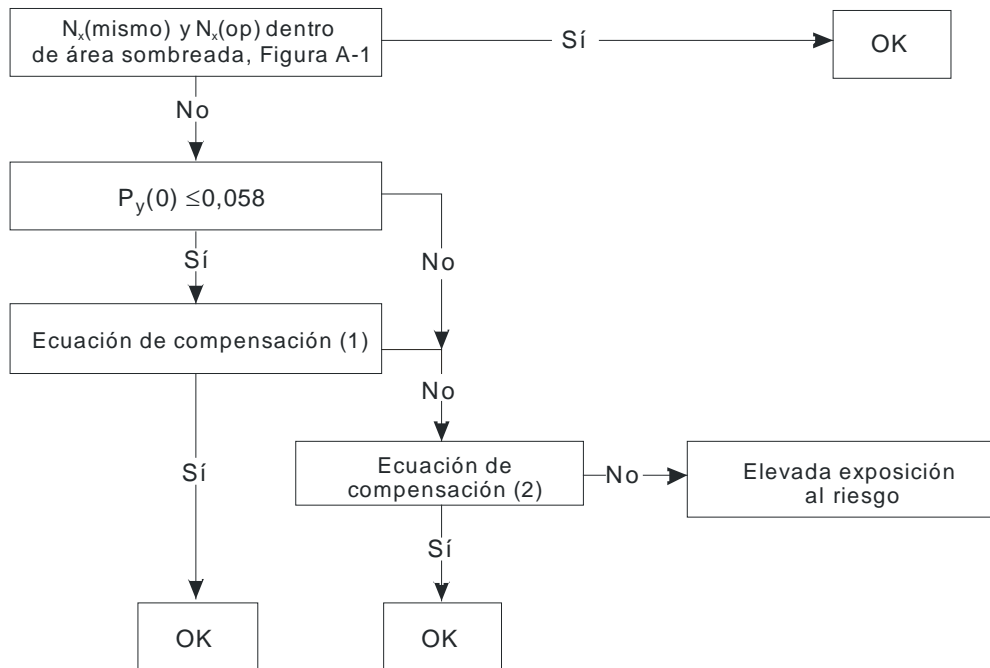


Figura A-2. Diagrama de la compensación entre parámetros de la especificación de performance del sistema global para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos cuando $P_y(0) \leq 0,058$ y suponiendo que $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

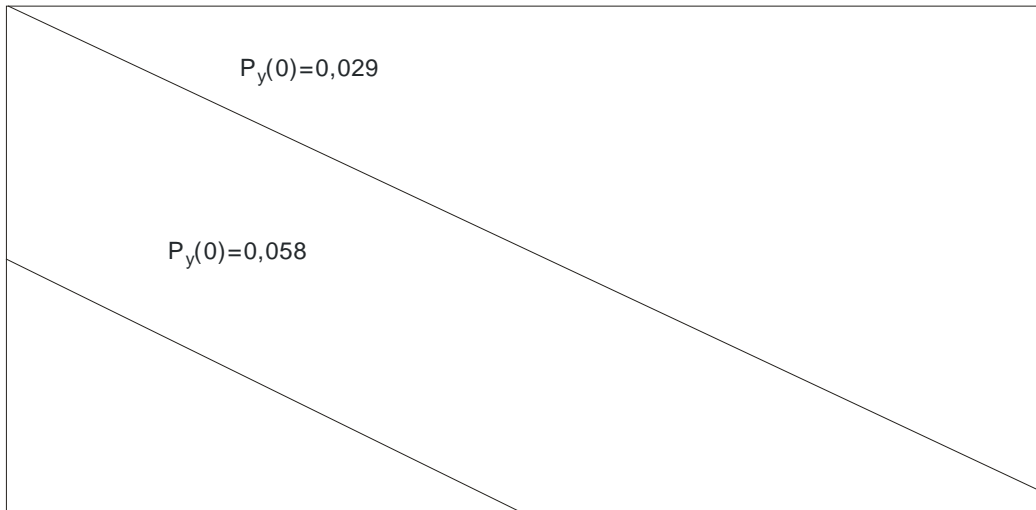


Figura A-3. Región de frecuencia aceptable de encuentro de aeronaves para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos basándose en una compensación con una probabilidad de superposición lateral, $P_y(0)$, correspondiente a dos valores de $P_y(0)$

Nota.— Esta representación gráfica no refleja las dimensiones reales.

3.17 Se aplica una verificación algo menos conservadora cuando el ángulo mínimo de cruce no es inferior a 10° , a saber:

$$\frac{2,5}{0,96} N_x(\text{mismo}) + N_x(\text{op}) + 21,4 N_{xy}(\text{cruce}) \leq 2,5 \quad (4)$$

3.18 Si la parte izquierda de la ecuación (3) o (4) alcanza 2,5 o menos, la verificación ha sido satisfactoria y la frecuencia de encuentro de aeronaves dentro del espacio aéreo que se está evaluando corresponde o es inferior al valor equivalente utilizado al elaborar la especificación de performance global de mantenimiento de altitud. Si la parte izquierda de la ecuación (3) o (4) es superior a 2,5, la verificación no ha sido satisfactoria. Esta última situación implica que la frecuencia de encuentro de aeronaves dentro del espacio aéreo que se está evaluando es demasiado elevada para satisfacer los requisitos o su combinación de ángulos de cruce y velocidades se sitúa fuera de los ámbitos considerados al elaborar la verificación de la desigualdad. Si esta situación se presenta, puede calcularse la frecuencia de encuentro utilizando parámetros del modelo procedentes del espacio aéreo respectivo. Puede también utilizarse la mencionada desigualdad en lugar de la Figura A-1 cuando no haya rutas que se crucen, dándole a $N_{xy}(\text{cruce})$ el valor de cero.

Vigilancia de la performance de navegación lateral

3.19 A medida que mejora la performance de navegación lateral en un espacio aéreo, aumenta el riesgo de colisión debido a la pérdida de separación vertical no radar. Este efecto paradójico exige que se examine la performance real de mantenimiento lateral de la trayectoria en el espacio aéreo RVSM a fin de asegurarse de que no se violan las hipótesis adoptadas al elaborarse la especificación de performance global de mantenimiento de altitud.

3.20 La performance de navegación lateral afecta a la determinación de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud mediante la desviación característica del mantenimiento lateral de la trayectoria. Suponiendo una primera distribución de Laplace del mantenimiento lateral de la trayectoria, la probabilidad de superposición lateral, $P_y(0)$, puede representarse mediante los símbolos siguientes:

$$P_y(0) = \lambda_y / (\sigma_y \sqrt{2}) \quad (5)$$

donde λ_y es la anchura media de las aeronaves y σ_y la desviación característica del mantenimiento lateral de la trayectoria. Como se indica en la Tabla A-1, se ha adoptado la hipótesis de una desviación característica de 550 m (0,3 NM) que representa una población de aeronaves dotadas en su totalidad de un sistema de navegación de área (RNAV) de precisión semejante.

3.21 Al tratarse de tipos diferentes de sistemas de navegación, se obtiene una estimación de la variación global mediante la ponderación de las variaciones individuales con las proporciones de aeronaves equipadas con cada tipo de sistema de navegación. La verificación de una performance de navegación lateral es sencilla: el valor estimado de la desviación característica debería ser superior al valor utilizado al elaborar la especificación de performance global de mantenimiento de altitud [o sea 550 m (0,3 NM)].

3.22 Si la verificación de la desviación característica es negativa, entonces será posible compensar la mejor performance de navegación lateral respecto a una frecuencia de encuentro que sea inferior a la que se había supuesto al elaborar la especificación de performance del sistema global (véase la Figura A-4). Suponiendo que la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, equivale a $1,7 \times 10^{-8}$, la compensación descrita en 2.2.6 del presente manual se obtiene invirtiendo la ecuación (1), o sea:

$$\frac{P_y(0)}{0,058} \leq \frac{2,5}{N_x(op) + \frac{2,73}{1,04} N_x(mismo)} \quad (6)$$

El denominador del lado derecho de la ecuación (6) será inferior al valor de 2,5 si la frecuencia combinada de todos los encuentros de aeronaves se sitúa dentro del área aceptable de la Figura A-1. El lado derecho será entonces superior a uno (1), que define el margen con el que $P_y(0)$ puede exceder su límite original de 0,058, sin ser incompatible con la parte horizontal de la especificación de performance del sistema global. El margen relativo a $P_y(0)$ puede transformarse directamente en un margen en la desviación característica σ_y de la distribución del error de mantenimiento lateral de la trayectoria mediante la ecuación (5).

3.23 Si la compensación descrita en 2.2.6 del presente manual no es posible, puede finalmente examinarse si una compensación entre los dominios vertical y horizontal como se describe en 2.2.7 es viable. Así, suponiendo que la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$, es netamente inferior al valor de $1,7 \times 10^{-8}$, la compensación se obtiene invirtiendo la ecuación (2), o sea:

$$\frac{P_y(0)}{0,058} \leq \left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) \frac{2,5}{N_x(op) + \frac{2,5}{1,96} N_x(mismo)} \quad (7)$$

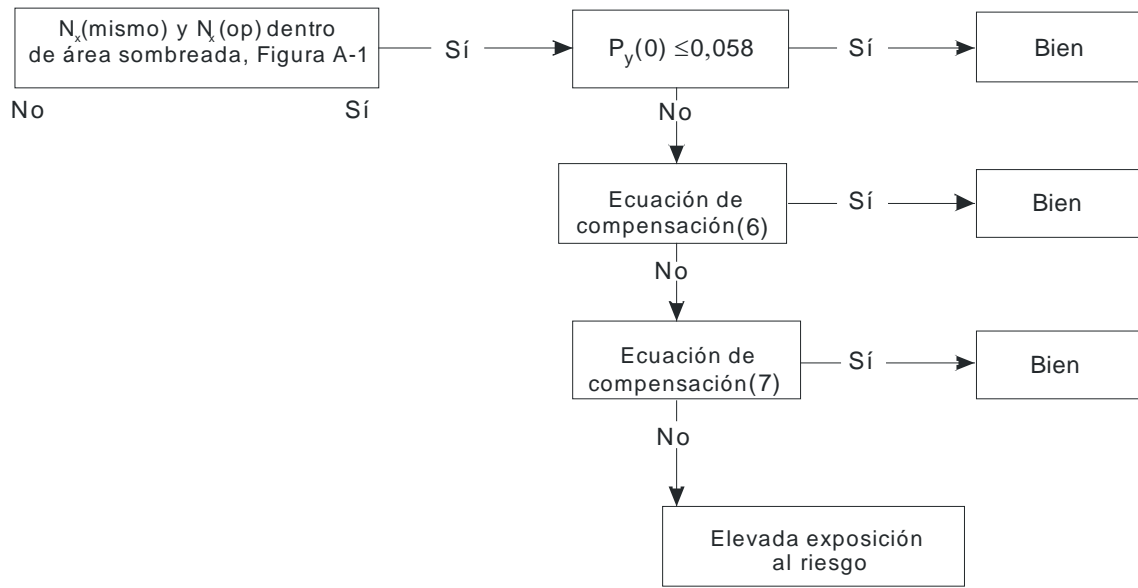


Figura A-4. Diagrama de la compensación entre parámetros de la especificación de performance del sistema global para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos cuando la frecuencia combinada de encuentros en el mismo sentido y en sentidos opuestos se sitúa dentro del área sombreada de la Figura A-1 y suponiendo que $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

3.24 La primera proporción en el lado derecho de la ecuación (7) proporciona el margen que se debe a que $P_z(1\ 000)$ es netamente inferior al límite de $1,7 \times 10^{-8}$, por ejemplo $1,7 \times 10^{-9}$. Esta relación da lugar entonces a un factor de 10. El margen que resulta para $P_y(0)$ depende del valor de la frecuencia de encuentro representado por la segunda relación en el lado derecho de la ecuación (7). Si los valores estimados de los dos componentes de frecuencias de encuentro se situaran dentro del área admisible de la Figura A-1, entonces esto proporciona cierto margen adicional (que por sí solo es insuficiente para cubrir la mayor performance de navegación lateral descrita respecto al primer tipo de compensación en 3.20). Si dichos valores se situaran fuera del área admisible, entonces la segunda relación es inferior a uno y toma una parte (o la totalidad) del margen proporcionado por la dimensión vertical (esto se habría ya descubierto independientemente al verificar la frecuencia de encuentro, véase 3.12 a 3.14). Así, el margen último para $P_y(0)$ se obtiene mediante la totalidad del lado derecho de la ecuación (7).

3.25 Las compensaciones ilustradas en las Figuras A-3 y A-4 pueden combinarse en un solo diagrama (Figura A-5). Se ha añadido una rama para el caso en que $N_x(\text{mismo})$ y $N_x(\text{op})$ no se sitúen dentro del área sombreada de la Figura A-1 y $P_y(0)$ no sea inferior ni igual a 0,058. En este caso, podría todavía ser posible la compensación que se describe en 2.2.7 entre la probabilidad de superposición vertical y los parámetros del espacio aéreo. La ecuación correspondiente a dicha compensación se formula como se indica a continuación:

$$P_y(0) \leq \left\{ N_x(\text{op}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{mismo}) \right\} \left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) (0,058)(2,5) \tag{8}$$

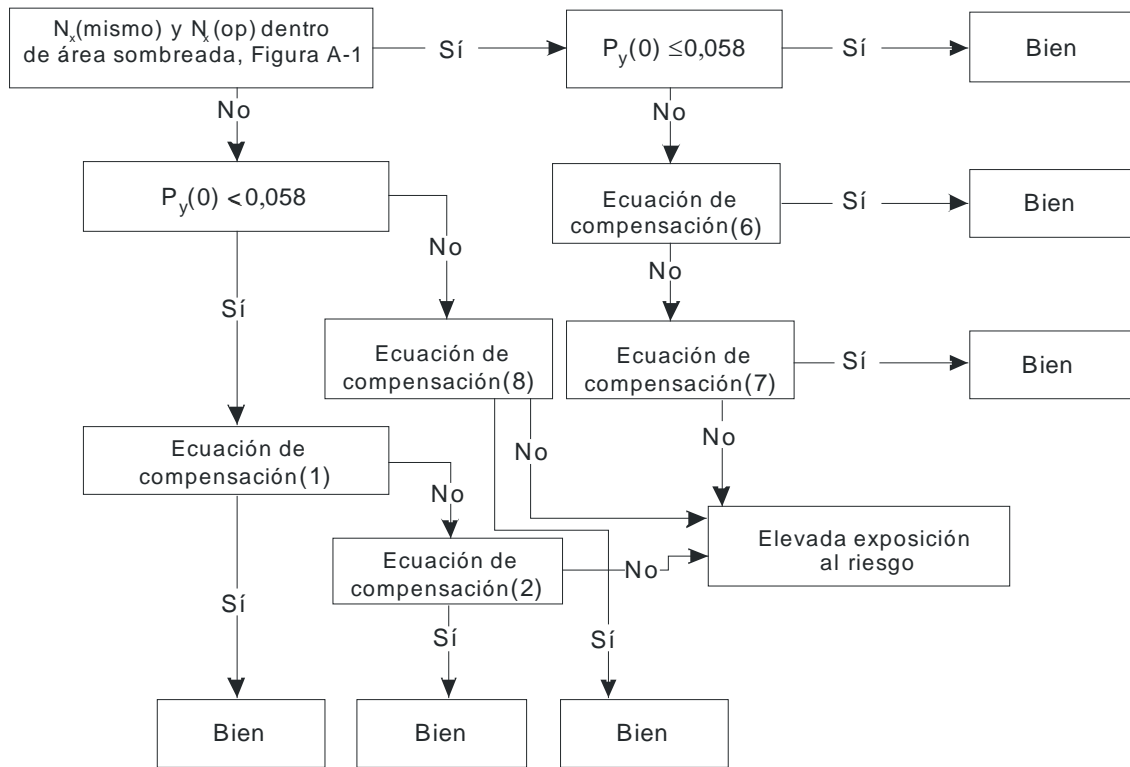


Figura A-5. Diagrama de la compensación entre parámetros de la especificación de performance del sistema global para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos y suponiendo que $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

Aplicación del procedimiento de verificación al espacio aéreo examinado por el RGCSF

3.26 El espacio aéreo examinado por el RGCSF fue analizado a fin de proporcionar ejemplos de la aplicación del procedimiento de verificación. Las desviaciones características del mantenimiento lateral de trayectoria y los valores correspondientes a la frecuencia de encuentro de aeronaves provienen del informe de la reunión RGCSF/6.

3.27 Como ejemplo de un espacio aéreo donde predominan las rutas paralelas, se han trazado en la Figura A-6 los valores correspondientes a la frecuencia de encuentro de aeronaves que se estiman para el espacio aéreo NAT y se observa que se hallan netamente dentro del área aceptable. En la figura se ha trazado también la frecuencia de encuentro de aeronaves en el mismo sentido y en sentidos opuestos en espacios aéreos de Estados Unidos, Europa y Japón.

3.28 La aplicación del procedimiento de verificación al espacio aéreo con rutas que se cruzan se basa en la ecuación (3). Los valores correspondientes al espacio aéreo europeo se han utilizado como ejemplo. Si se sustituyen estos valores de frecuencia de encuentro, la parte izquierda de la ecuación (3) equivale a 0,575. Dado que este valor es inferior a 2,5, se mantiene la desigualdad, mientras que la combinación de la frecuencia de encuentro de aeronaves en ruta y en rutas que se cruzan se halla dentro de los límites previstos al elaborarse la especificación de performance global de mantenimiento de altitud.

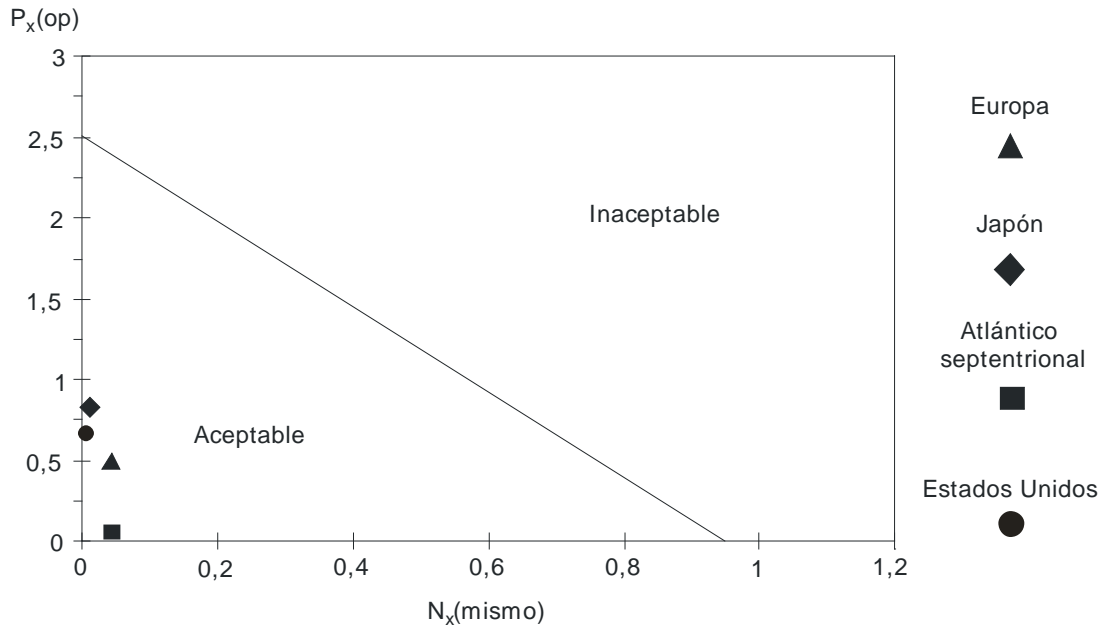


Figura A-6. Puntos de correspondencia en la región de la frecuencia aceptable de encuentro para tránsito en el mismo sentido y en sentidos opuestos

4. VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE DE MANTENIMIENTO DE ALTITUD

Introducción

4.1 En la presente sección se describen primero métodos para medir el TVE comparando la altura geométrica de una aeronave, seguida por monitores de mantenimiento de altitud (HMU) o por sistemas de vigilancia de la altitud (GMS), con la altura geométrica del nivel de vuelo asignado y, luego, métodos para estimar el TVE mediante la estimación de sus componentes: error del sistema altimétrico (ASE) y desviación respecto a la altitud asignada (AAD), donde AAD sustituye al error técnico de vuelo (FTE). Dado que es probable que el ritmo de recopilación de datos TVE medidos sea relativamente bajo, el TVE estimado será importante para aumentar el volumen de la muestra de datos y proporcionar mayor confianza desde el punto de vista estadístico, respecto a la satisfacción de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud. Es importante tomar nota, sin embargo, de que el método de los errores componentes para estimar el TVE depende de la disponibilidad de TVE medidos a partir de los cuales pueda derivarse el valor del ASE.

Nota.— Respondiendo a los avances en tecnología de vigilancia (como la ADS-B) y la consecuente capacidad de aplicar esa tecnología para la vigilancia del mantenimiento de altitud, esta sección se irá enmendando para incluir en ella dichos progresos tecnológicos, según corresponda.

Método general

4.2 En los cuatro párrafos que siguen se propone un método integrado por cuatro elementos para compilar y evaluar los datos relativos a la performance de mantenimiento de altitud en la fase de verificación. Este método puede permitir al RPG lograr una confianza creciente desde el punto de vista estadístico al satisfacer los objetivos en materia

de seguridad operacional y vigilancia en toda la fase de verificación. Los cuatro elementos se efectuarán simultáneamente, apoyándose las etapas mutuamente. En la primera, el examen de la performance característica incluirá la estimación de los valores ASE. Las aeronaves que tengan ASE marginalmente aceptables (aeronaves erráticas) o las que producen valores elevados (aeronaves que no satisfacen los requisitos) son las que causan mayor preocupación dado que la presencia de un número limitado de dichas aeronaves podría reducir la seguridad operacional del sistema. El segundo elemento del mecanismo consiste en realizar un recuento de los ASE con objeto de examinar y eliminar todo ASE excesivo con un grado elevado de confianza. En el tercer elemento se cuentan los errores importantes que comprometen directamente el nivel de riesgo y se proporciona el nivel de confianza correspondiente para los niveles deseados de seguridad. Por último, debe determinarse si se ha satisfecho la especificación de performance global de mantenimiento de altitud.

4.3 El primer elemento de la evaluación de datos consiste en examinar la performance característica de mantenimiento de altitud de las aeronaves con determinado nivel de confianza, determinando los valores TVE, ASE y AAD que sobrepasen los límites de tolerancia indicados en el Capítulo 5, 5.4.5 y contando el número de sucesos correspondientes a cada valor. Además, debería examinarse la performance de mantenimiento de altitud a fin de descubrir tendencias desfavorables que, al final, podrían dar lugar a una performance inaceptable. Este examen se centrará en la performance correspondiente a cada tipo de aeronave y explotador, analizándose las performances TVE, ASE y AAD medias, así como las variaciones respecto a los valores medios. Este examen debería repetirse periódicamente mientras dure el mecanismo de cuatro elementos.

4.4 El segundo elemento de dicho mecanismo consiste en realizar un recuento de los ASE. Naturalmente, su realización exigirá más tiempo que el primer elemento, puesto que su objetivo principal consiste en obtener estimaciones del ASE de cada aeronave y determinar aquéllos que sobrepasan el límite de tolerancia del ASE que se indica en 5.4.5 a) de modo que puedan tomarse medidas correctivas. Cuando dicho recuento no pueda llevarse a cabo, debe obtenerse una muestra representativa que, como mínimo, contenga un recuento de los tipos de aeronaves con aprobación MASPS RVSM y datos sobre cada combinación de parejas de aeronaves o explotadores. Por ejemplo, en el programa RVSM de la región NAT, como parte de la fase de verificación, se vigiló alrededor del 80% de la población prevista de aeronaves. Basándose en la calidad de los datos obtenidos, se consideró que los datos eran representativos de la población de aeronaves. En este apéndice se describe un método recomendado para tratar los datos ASE obtenidos.

4.5 El tercer elemento de la evaluación cuantitativa consiste en proporcionar una indicación del nivel de seguridad que se logra actualmente y del nivel de confianza que se logra dentro del sistema. Se aplicará una estimación del riesgo basada en gráficos de ajuste o de control de la distribución de la probabilidad en el caso de valores ASE, TVE y AAD críticamente elevados, semejantes a los que se han descrito en relación con la performance característica de mantenimiento de altitud. Este elemento debería abarcar también el nivel de riesgo que se debe a errores operacionales y medidas de emergencia.

4.6 El objetivo del cuarto elemento consiste en demostrar que se satisface la especificación de performance global de mantenimiento de altitud. Se mantendrá este objetivo una vez introducida la RVSM.

Errores componentes del TVE

Introducción

4.7 Se considera que el TVE de una aeronave es el resultado de las contribuciones (independientes desde el punto de vista estadístico y acumulables) de errores contemporáneos en los sistemas altimétricos y de mantenimiento de altitud de la aeronave. Se considera que estos dos errores componentes del TVE tienen características diferentes.

4.8 Es posible estimar el ASE y la AAD de una aeronave durante operaciones de vigilancia independiente de la performance del sistema. Estas estimaciones de dichos errores son necesarias para lograr el objetivo de la vigilancia,

que consiste en reducir el riesgo, de modo que todos los casos de TVE importantes que se hayan observado puedan clasificarse en relación con el subsistema de mantenimiento de altitud, que es probablemente la causa de dicho error.

Estimación del ASE

4.9 Se considera que el ASE de una aeronave varía dentro de determinados límites respecto a algún valor medio que es característico de cada aeronave dentro de un conjunto de condiciones operacionales. Se considera que dicho valor medio característico será en gran medida invariable para numerosos vuelos a menos de alguna intervención (daño o reparación) que pueda modificar las características del error. No se conoce de manera precisa el período durante el cual el ASE se mantiene relativamente constante, mientras no haya intervención alguna; con todo, los datos disponibles y la experiencia indican que el ASE aumenta ligeramente a medida que envejece el sistema altimétrico. Dichos datos y experiencia indican también que los errores de los sistemas altimétricos independientes del piloto y el copiloto no son necesariamente idénticos.

4.10 El ASE real de una aeronave en todo momento es la diferencia entre su TVE real y el FTE real contemporáneo. Si se considera una medición de TVE y una AAD contemporánea para la aeronave, la diferencia entre el primero y la segunda proporciona una estimación del ASE. El incremento mínimo de la cuantificación por 30 m (100 ft) inherente al Modo C y todo error entre la señal de retorno del Modo C y la altitud visualizada afectan a la precisión de dicha estimación. Sin embargo, cuando se calcula un valor medio a partir de un número de muestras repetidas, este método debería permitir que se establezca un valor representativo del ASE.

Estimación de la AAD

4.11 Los errores de mantenimiento de altitud pueden variar durante un mismo vuelo. Los datos relativos a errores de mantenimiento de altitud, procedentes de fuentes como los registradores de datos de vuelo y los sistemas de radar secundario de vigilancia (SSR), indican que predominan los errores inferiores a 15 m (50 ft) pero que, en ocasiones relativamente poco frecuentes, pueden ocurrir errores de 90 m (300 ft) o más. Normalmente, estos últimos errores se manifiestan durante períodos cortos, entre 30 y 180 segundos. Existen dos métodos para estimar la performance de los sistemas de mantenimiento de altitud. Si se utilizan las lecturas directas del altímetro o la información del registrador de datos de vuelo relativos a la altitud de presión medida por el sistema altimétrico, la diferencia entre esta altitud y el nivel de vuelo autorizado de la aeronave se denomina FTE. Si se utilizan las señales de retorno del SSR, la diferencia entre la lectura recibida del respondedor en Modo C y el nivel de vuelo autorizado (CFL) constituye la AAD.

4.12 Cuando sea posible en el espacio aéreo RVSM, deberían recopilarse los datos del SSR en Modo C si son disponibles. De manera característica, se dispondrá de una señal de retorno en Modo C sobre la altitud cada 4 a 12 segundos, si la aeronave es objeto de seguimiento por un solo SSR. Cada señal proporciona una estimación de la AAD de la aeronave al sustraerse el CFL. Estas estimaciones de la AAD no serán independientes desde el punto de vista estadístico, sin embargo permitirán observar posibles errores más importantes del sistema de mantenimiento de altitud. También debería considerarse la posibilidad de incluir FTE elevados (debidos a turbulencias, fallas del piloto automático, etc.) que podrían figurar en notificaciones de sucesos.

Procedimientos de vigilancia de la performance de mantenimiento de altitud

Introducción

4.13 La vigilancia independiente de la performance del sistema exige que se midan los errores de mantenimiento de altitud de la aeronave. Actualmente la medición directa del TVE de una aeronave sólo puede realizarse

midiendo la altura geométrica de la aeronave en un momento dado y estimando la altura geométrica contemporánea y el emplazamiento común del nivel de vuelo que se le ha asignado. La diferencia entre ambas alturas constituye el valor del TVE.

4.14 Dada la naturaleza de los errores componentes del TVE, la vigilancia independiente de la performance del sistema debería consistir en un conjunto integrado de procedimientos para:

- a) vigilar el TVE en el espacio aéreo con un sistema cuyas características de error se indican en 4.21 a fin de obtener la muestra más amplia posible de usuarios y tipos de aeronaves;
- b) vigilar la AAD mediante cobertura en Modo C; y
- c) producir una estimación conexa del ASE para cada valor TVE medido.

4.15 Para asegurar el mantenimiento del nivel de seguridad operacional dentro del espacio aéreo donde se aplica RVSM, será necesario compilar datos AAD representativos que, combinados con los mencionados datos TVE, se utilizarían en la estimación de P_z (1 000).

Precisión de medición del TVE

4.16 Los Estados que han contribuido con estimaciones del TVE para las deliberaciones del RGCSP han determinado de manera independiente que la desviación característica combinada del error de medición relativo a las alturas geométricas tanto de la aeronave como del nivel de vuelo no debería sobrepasar 15 m (50 ft). El error de medición individual medio relativo a ambas alturas debería ser de 0 m (0 ft). Debe considerarse que estos criterios relativos al error de medición se aplican también a todo programa de vigilancia de la performance del sistema. Las características de un sistema de vigilancia de la altitud se describen en 4.21.

Aeronaves erráticas y aeronaves que no satisfacen los requisitos

4.17 Los criterios que el RMA debe aplicar en el caso de aeronaves que no satisfacen los requisitos son los siguientes:

- a) $TVE \geq 90$ m (300 ft);
- b) $ASE \geq 75$ m (245 ft); y
- c) $AAD \geq 90$ m (300 ft).

Para decidir si una aeronave satisface o no los mencionados criterios, deben tenerse en cuenta la falta de precisión (error de medición) que caracteriza el sistema de vigilancia y la variación normal del ASE o TVE de una célula. Dos categorías de errores estadísticos afectan al procedimiento de decisión. Para evitar que se inicie una medida no justificada basándose en la medición de una desviación elevada (error de tipo I), los niveles de activación deben fijarse en valores ligeramente más elevados que los mencionados criterios. Se considera que una célula no satisface los requisitos si una de sus desviaciones observadas es superior a dichos niveles de activación. Sin embargo, debe también evitarse la situación en que una aeronave que no satisface los mencionados criterios se considera como habiéndolos satisfecho (error de tipo II). Para asegurarse de ello, los niveles de activación deben fijarse en valores ligeramente inferiores a los mencionados. Se considera errática una aeronave cuyas desviaciones de mantenimiento de altitud, al medirse, sean superiores a cualquiera de los niveles inferiores de activación. Por consiguiente, son aeronaves erráticas aquéllas cuya performance de mantenimiento de altitud es significativamente diferente a la performance media correspondiente que se haya medido para la población en conjunto.

4.18 Como ejemplo, se indica a continuación la serie de niveles de activación vigentes:

- a) para aeronaves erráticas: $|ASE| \geq 49$ m (160 ft) o $|TVE| \geq 52$ m (170 ft); y
- b) para aeronaves que no satisfacen los criterios: $|ASE| \geq 90$ m (300 ft) o $|TVE| \geq 107$ m (350 ft) o $|AAD| \geq 90$ m (300 ft).

Dado que la determinación de estos valores de activación depende de una evaluación de la precisión de medición del sistema de vigilancia y también la performance de mantenimiento de altitud de toda la población de aeronaves regional, los niveles de activación pueden ser objeto de modificación.

Estrategia de vigilancia de TVE y ASE

4.19 El TVE puede supervisarse solamente en partes limitadas de un espacio aéreo, debido al carácter de algunos de los sistemas especializados que se necesitan. Así, la supervisión del TVE debería planificarse y realizarse de tal modo que pueda observarse la muestra más representativa de usuarios y de tipos de aeronaves. La supervisión del TVE puede utilizarse para descubrir casos de ASE importantes que no ponen de manifiesto otros medios.

Estrategia de vigilancia de la AAD

4.20 Dado que por lo general los valores elevados de la AAD son de corta duración, debería supervisarse este error componente, en la medida de lo posible, dondequiera que se disponga de cobertura de vigilancia ATS en el espacio aéreo RVSM. Sin embargo, el procedimiento mismo de supervisión debería registrar únicamente los valores de la AAD de 90 m (300 ft) o más, tanto para la reducción de riesgos, recurriendo a medidas complementarias en relación con los errores, como para la evaluación del riesgo. Para llevar a cabo esta evaluación, será también necesario estimar el tiempo total de vuelo horizontal en el área de cobertura de vigilancia ATS en los niveles FL 290 a FL 410 inclusive y por encima de los mismos. Puede estimarse la proporción del tiempo durante la cual suceden errores AAD más grandes basándose en el número de los mismos y en el tiempo total de vuelo.

Características de un sistema de vigilancia de la altitud

4.21 El objetivo básico de un sistema de vigilancia de la altitud consiste en recopilar datos sobre la correspondiente performance técnica en vuelos rectos horizontales entre FL 290 y FL 410 inclusive. Las características siguientes constituyen la base del requisito operacional de dicho sistema:

- a) debería poder funcionar automáticamente, de ser posible;
- b) debería permitir que se mida la altura geométrica de una aeronave en vuelo recto horizontal entre FL 290 y FL 410 inclusive durante un período de 30 segundos o más;
- c) debería poder aceptar datos de entrada sobre la altura geométrica estimada de los niveles de vuelo utilizables entre FL 290 y FL 410 inclusive;
- d) debería registrar la altura geométrica de la aeronave y el nivel de vuelo;
- e) debería poder tener acceso a la identificación de las aeronaves y a las lecturas del SSR en Modo C durante el período de seguimiento del TVE;
- f) debería poder calcular el TVE, la AAD y el ASE;

- g) debería poder emitir “alertas” cuando un TVE, un ASE o una AAD predeterminados se hayan sobrepasado y dicha información debería tener un formato tal que pueda reconocerse fácilmente durante el examen inicial de los datos; y
- h) debería registrar todos los datos en un formato que facilite el examen posterior.

Reducción del riesgo utilizando los datos observados sobre performance de mantenimiento de altitud

4.22 Además de tomar medidas de investigación respecto a las aeronaves cuya performance de mantenimiento de altitud observada se considere que no cumple con la MASPS RVSM, cada caso observado de TVE, AAD o ASE errático debería también ser objeto de una investigación de seguimiento. Los errores que alcancen valores elevados deberían ser sucesos poco frecuentes en vista de los requisitos sobre sistemas componentes, que figuran en el Capítulo 3. Es importante analizar los registros de esos errores más grandes como un conjunto a fin de descubrir causas sistemáticas de desviaciones, así como tendencias adversas en los errores componentes. Cuando se hayan determinado tales causas, deberían ser objeto de medidas correctivas apropiadas (en relación, por ejemplo, con los métodos de mantenimiento de todos los usuarios que cuenten con determinado tipo de sistema altimétrico, si dichos métodos forman parte de las causas de grandes errores sistemáticos del sistema altimétrico). Si puede considerarse que se ha eliminado la causa de determinado error, puede ser razonable llevar a cabo posteriormente una evaluación del riesgo eliminándose de los resultados de la vigilancia los casos observados del tipo de error.

Nota.— Los valores de los TVE, AAD y ASE erráticos deberían determinarse basándose en la performance característica de la población total de aeronaves y deberían también permitir que se mida el error del sistema de vigilancia de la altitud utilizado.

Composición de las muestras de TVE

4.23 La composición de la muestra de TVE utilizada para la evaluación del riesgo es importante. Dado que se considera que el componente ASE del TVE de una aeronave constituye un error más bien de larga duración, que variará de un tipo de aeronave a otro y podrá ser diferente para cada célula dentro de un tipo de aeronave, la muestra de TVE debería reflejar un recuento del ASE de los sistemas altimétricos utilizados o que podrían utilizarse en el espacio aéreo RVSM (entre el FL 290 y FL 410 inclusive) porque un gran ASE no descubierto tiene repercusiones en el riesgo. En la práctica, puede ser imposible realizar tal recuento. Por lo mismo, durante la evaluación del riesgo será importante considerar lo que podría ser el ASE de las células que no se incluyen en la muestra de TVE en vista del ASE de tipos idénticos de aeronaves observados en la muestra. Se ha observado que el componente AAD refleja las condiciones operacionales ATC (tales como las áreas donde se transita de un nivel de vuelo a otro) y ambientes meteorológicos, así como variaciones debidas a los tipos de aeronaves y los usuarios del espacio aéreo. Por ello, la muestra de TVE debería reflejar dichas condiciones y ambientes en la medida de lo posible, pero idealmente en las proporciones con que ocurren en el espacio aéreo RVSM. Al evaluar el riesgo deberían tenerse en cuenta las proporciones en las que todas las condiciones relativas a la representación adecuada de la AAD están presentes en toda muestra de TVE, como en el caso de las consideraciones que se aplican a las observaciones de la componente ASE del TVE.

Estimación de la probabilidad de superposición vertical, $P_z(1\ 000)$

4.24 En el análisis del RGCSP se adoptaron dos métodos para establecer un modelo de los errores de mantenimiento de altitud observados. En el primero, se introduce una función de densidad de probabilidad (PDF) analítica directamente en los datos TVE, que es luego objeto de autoconvolución para evaluar la probabilidad de superposición vertical. En el segundo, se introduce cada PDF en los resultados ASE, desglosándose por grupo de

aeronaves y luego combinándose de nuevo en las proporciones en que dichos grupos atraviesan el espacio aéreo RVSM en cuestión. La distribución ASE total se convoluciona numéricamente luego con la PDF a fin de que los datos AAD produzcan una distribución del TVE, que se denomina TVE_{syn} . Se somete esta última a una autoconvolución para obtener la probabilidad de superposición vertical.

4.25 El segundo método es más complicado, pero es probablemente más preciso porque en él se tiene en cuenta la correspondencia de la muestra de la vigilancia con la situación global en el espacio aéreo bajo examen. Esto reviste particular importancia en el caso de pequeñas muestras de vigilancia, aunque en ese caso es difícil obtener datos suficientes para introducir distribuciones en los datos ASE respecto a cada grupo de aeronaves. En el caso de muestras importantes, tal vez la muestra de la vigilancia se acerca suficientemente (en lo que atañe a la proporción de tipos de aeronaves) a la situación global en el espacio aéreo, de modo que es posible introducir una PDF directamente en los datos TVE.

5. EXAMEN Y EVALUACIÓN DE LOS ERRORES OPERACIONALES Y LAS CONTINGENCIAS EN VUELO

5.1 Como se indica en 1.1.10 y en 5.3.1 a 5.3.3 del texto principal del presente manual, debe evaluarse el nivel de riesgo de colisión debido a errores en las instrucciones ATC y los procedimientos de emergencia en el espacio aéreo RVSM, además del causado por desviaciones técnicas de mantenimiento de altitud. Los tipos de errores y sus posibles consecuencias pueden variar de una región a otra.

5.2 Para ayudar en la evaluación de las desviaciones de altitud importantes (LHD), debería establecerse un Grupo de escrutinio de carácter regional o estatal para apoyar la función de vigilancia del RMA. El Grupo de escrutinio está integrado por expertos temáticos en los ámbitos operacional y técnico que apoyan la evaluación y clasificación de las LHD. Este Grupo de escrutinio es un componente importante de la gestión de la seguridad operacional dado que permite concentrar experiencia y conocimientos operacionales para analizar las circunstancias pertinentes a los errores operacionales y relacionar los tipos de sucesos ocurridos en un espacio aéreo con tendencias en la performance relacionada con la seguridad operacional. Durante los análisis de los datos y tendencias de performance desde una perspectiva operacional, el Grupo de escrutinio debería considerar las consecuencias de los procedimientos y métodos vigentes y examinarlos en relación con las mejores prácticas aceptadas.

5.3 Las actividades emprendidas por el Grupo de escrutinio apoyan directamente los principios de gestión de la seguridad operacional "completando el ciclo de seguridad". Esto se logra transformando los datos brutos en relación con las prácticas vigentes en recomendaciones para cambios de las políticas, métodos y procedimientos que mejoren la seguridad operacional del espacio aéreo. Las recomendaciones formuladas por un Grupo de escrutinio establecido con carácter regional normalmente avanzan a través de la jerarquía de grupos regionales hasta el PIRG pertinente para que los Estados adopten medidas. Cuando se haya establecido un Grupo de escrutinio de carácter estatal, las recomendaciones de ese grupo normalmente se coordinarán directamente con los participantes en la utilización del espacio aéreo, como los explotadores y las autoridades pertinentes.

5.4 Los RMA responsables deberían coordinar con el PIRG el establecimiento de un Grupo de escrutinio regional, o con las organizaciones pertinentes del Estado para establecer un Grupo de escrutinio estatal. En los *Procedimientos y métodos operacionales para los organismos regionales de vigilancia en relación con el uso de una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive* (Doc 9937) figura más orientación sobre el establecimiento de un Grupo de escrutinio.

5.5 Como orientación, el texto siguiente resume dos enfoques de la evaluación de los errores operacionales y las contingencias en vuelo que han sido elaboradas en el contexto de las regiones NAT y EUR.

Región NAT

5.6 El método NAT comprende los elementos siguientes:

- a) definición de los tipos de errores basándose en su causa;
- b) clasificación de los errores para fines de evaluación del riesgo;
- c) determinación de los valores apropiados de parámetros para cada error;
- d) estimación de la probabilidad de superposición vertical; y
- e) estimación del riesgo de colisión vertical.

5.7 La evaluación se inicia mediante la determinación de los tipos de errores operacionales que podrían existir en el espacio aéreo bajo examen. En la región NAT, las grandes desviaciones de altitud recopiladas por la entidad central de vigilancia (CMA) se dividen en cuatro categorías principales:

- a) errores de bucle ATC-piloto y autorizaciones incorrectas;
- b) contingencias relacionadas con la aeronave;
- c) desviaciones debidas a efectos meteorológicos; y
- d) desviaciones debidas al sistema anticolidión de a bordo (ACAS).

Dentro de cada categoría se han definido, como se indica a continuación, una o más clases de errores, que se caracterizan mediante códigos CMA distintos. (Existe una clase adicional de errores O, Otros). Para una descripción más detallada de las diversas clases de errores véase el Suplemento al NAT Doc 002.

Errores de bucle ATC-piloto y autorizaciones incorrectas

- D: Ascenso o descenso que no corresponde a la autorización;
- E: Ascenso o descenso sin autorización ATC;
- F: Entrada en el espacio aéreo RVSM a un nivel incorrecto; y
- G: Nueva autorización FL por el ATC debido a la pérdida de separación lateral o longitudinal.

Contingencias relacionadas con la aeronave

- A: Medida de contingencia debida a una falla de motor;
- B: Medida de contingencia debida a una falla de presurización; y
- C: Medida de contingencia debida a otra causa.

Desviaciones debidas a efectos meteorológicos

- I(W): Imposibilidad de mantener el nivel de la aeronave debido a condiciones meteorológicas.

Desviaciones debidas al ACAS

H: Desviación causada por avisos de resolución del ACAS.

5.8 La etapa siguiente consiste en clasificar cada desviación de altitud importante (LHD) para fines de evaluación del riesgo como desviación con riesgo o sin riesgo. En la región NAT, una LHD se clasifica como sin riesgo cuando sucede enteramente fuera del espacio aéreo MNPS o cuando se menciona explícitamente que se han seguido los procedimientos correctos de contingencia y que la aeronave se ha desviado de la derrota antes de cambiar de nivel.

5.9 Las desviaciones de altitud con riesgo se subdividen a su vez en las que abarcan o no números enteros de niveles de vuelo.

5.10 Al formarse una LHD que abarca números enteros de niveles de vuelo, pueden haberse cruzado uno o más niveles intermedios. Este hecho se toma en cuenta en el método NAT mediante los siguientes parámetros del incidente:

- a) duración de la presencia de la aeronave en los niveles de vuelo cruzados, de ser el caso;
 - 1) número de niveles de vuelo cruzados, de ser el caso;
 - 2) velocidad vertical de ascenso o descenso; y
- b) tiempo en que la aeronave ha estado en vuelo horizontal en niveles de vuelo no autorizados, de ser el caso.

El elemento b) se relaciona principalmente con errores de bucle ATC-piloto y autorizaciones incorrectas (clases de errores D, E, F y G); el elemento a) se relaciona principalmente con contingencias relacionadas con la aeronave (clases de errores A, B y C), pero puede también desempeñar una función en los errores de bucle ATC-piloto y autorizaciones incorrectas.

5.11 Se ha observado que la velocidad vertical de ascenso o descenso y el tiempo de vuelo horizontal en niveles no autorizados se incluyen raras veces en los informes sobre incidentes. Para dichos casos, se han elaborado estimaciones prudentes para la región NAT basándose en información procedente de explotadores y otras fuentes.

5.12 Las LHD de unos centenares de pies, pero que no abarcan números enteros de niveles de vuelo, pueden ser causadas por turbulencia o falsos avisos de resolución del ACAS. Los parámetros de esta categoría de incidentes son la desviación máxima y la duración total a partir del inicio de la desviación hasta que se haya establecido de nuevo el nivel de vuelo autorizado. Se han elaborado también estimaciones prudentes para estas situaciones para la región NAT porque la información acerca de la duración figura raras veces en los informes sobre incidentes.

5.13 Aplicando los diversos parámetros, pueden establecerse estimaciones de la probabilidad de superposición vertical relacionada con las diversas categorías de desviaciones importantes de altitud que abarcan un riesgo. La probabilidad de superposición vertical para aeronaves en vuelo horizontal en niveles no autorizados se calcula como el producto de la proporción del tiempo de vuelo total en niveles incorrectos y la probabilidad de que dos aeronaves que efectúan nominalmente vuelos en el mismo lugar estén en superposición vertical. En el caso de aeronaves que atraviesen lentamente un nivel de vuelo no autorizado, la probabilidad de superposición vertical puede estimarse como la proporción de la altitud media de una aeronave y la separación vertical mínima. (Se requiere una relación más complicada cuando se atraviesa un nivel de vuelo no autorizado a mayores velocidades).

5.14 La probabilidad de superposición vertical en el caso de desviaciones importantes de altitud que no abarcan números enteros de niveles de vuelo no se estima por separado. Más bien, se estima la frecuencia relativa correspondiente a cada magnitud de desviación (dividiendo su duración por el número total de horas de vuelo en el

sistema MNPS) y se añade cada distribución de la AAD (véase 4.6 y 4.18 en el presente Apéndice). De este modo, esta categoría de LHD se incluye en la distribución de los errores técnicos de mantenimiento de altitud y en la estimación del riesgo técnico.

5.15 El riesgo de colisión vertical relacionado con cada LHD, ya sea por efectuar un vuelo a un nivel no autorizado o cruzar un nivel no autorizado, se calcula mediante el CRM de Reich, en que la probabilidad de superposición vertical y la velocidad vertical relativa dependen del error concreto. Las estimaciones de riesgo vertical correspondientes a cada caso se combinan luego en una estimación global del riesgo total de colisión vertical debido a dichas LHD.

Región EUR

5.16 Además del método NAT, se ha elaborado para la región EUR un método basado en el análisis del peligro. Se han establecido dos grandes categorías de peligros:

- a) pérdida de separación vertical como resultado de desviaciones de altitud, siendo la principal categoría de situaciones el hecho de no establecer el vuelo horizontal a la altitud asignada (error relacionado con el nivel), siendo las causas principales errores del piloto y comunicaciones piloto-ATC deficientes;
- b) pérdida de separación vertical debido a errores de juicio del ATC, siendo la situación principal aquella en que el ATC sitúa a dos aeronaves muy próximas una de la otra durante un ascenso o descenso; las causas principales de dichas situaciones parecen ser errores graves del controlador, problemas de coordinación entre controladores militares y civiles y dificultades de coordinación entre coordinadores en sectores diferentes.

5.17 Por regla general, una desviación de altitud da lugar a una o varias de las situaciones siguientes:

- a) cruce de uno o varios niveles de vuelo no autorizados;
- b) acceso a un nivel de vuelo no autorizado; y
- c) establecimiento en vuelo horizontal entre niveles de vuelo.

El método consiste entonces en determinar la frecuencia de las desviaciones de altitud y calcular la correspondiente probabilidad de superposición vertical. Esta última depende de los efectos específicos y la probabilidad de que el ATC no logre intervenir eficazmente.

5.18 Un error de juicio del ATC se ha definido como la pérdida de separación vertical en que ambas aeronaves siguen los perfiles de vuelo según las instrucciones recibidas. Una diferencia esencial respecto a las desviaciones de altitud consiste en que dichos errores de juicio siempre ocurren en el contexto de la proximidad de otra aeronave. El procedimiento elaborado comprende ante todo la derivación de la frecuencia de errores de juicio del ATC que dan lugar a la pérdida de separación vertical y luego la división de dicha frecuencia en componentes con niveles de acceso o de cruce y con tránsito en sentidos diferentes. Luego se determinan las probabilidades de intervención del ATC para cada componente y se combinan los riesgos de colisión en la ausencia de ATC con probabilidades de una intervención ineficaz del ATC.

Apéndice B

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Lista de documentos existentes sobre mantenimiento de las operaciones RVSM y requisitos conexos

1. NAT Doc 001, T13.5N (octava edición); *Consolidated guidance material — North Atlantic Region*.
2. *Suplemento de NAT Doc 002, Risk assessment and system monitoring for the verification and operation of a 300 m (1 000 ft) VSM in the MNPS airspace of the North Atlantic Region*.
3. *North Atlantic MNPS Airspace Operations Manual* (octava edición).
4. Hoja de orientación provisional núm. 6 de las Autoridades Conjuntas de Aviación, revisión 1, *Guidance material on the approval of aircraft operators for flight in airspace above flight level 290 where a 300 m (1 000 ft) vertical separation minimum is applied*.
5. Administración Federal de Aviación (FAA) Document 91-RVSM, *Guidance Material on the Approval of Operators/ Aircraft for RVSM Operations*.
6. *Manual de gestión de la seguridad operacional (SMM)* (Doc 9859).
7. *Procedimientos y métodos operacionales para los organismos regionales de vigilancia en relación con el uso de una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive* (Doc 9937).

— FIN —

