

MATERIAL DE ORIENTACION

SOBRE

**LA IMPLANTACION DE UNA SEPARACION VERTICAL
MINIMA (VSM) DE 300 M (1000 FT)
ENTRE FL290 y FL410 INCLUSIVE
PARA SU APLICACION
EN EL ESPACIO AEREO DE LAS REGIONES DEL CARIBE
Y SUDAMERICA**

**BORRADOR Versión 1
19-Sept-2003**

Prefacio

Este documento tiene como propósito brindar orientación a los explotadores y proveedores de servicio en preparación para la implantación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica. El documento toma en cuenta el resultado de años de estudio y análisis a nivel internacional, y refleja tanto las normas internacionales de seguridad operacional desarrolladas por el Grupo de Expertos sobre la Revisión del Concepto General de Separación (RGCSP) como la experiencia acumulada a través de otras implantaciones regionales. El Doc 9574 de la OACI, *Manual de Implantación de una Separación Vertical Mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 Inclusive*; y el Doc 002 de la Región del Atlántico Norte (NAT), *Material de Orientación sobre la Implantación de una Separación Vertical Mínima de 300 m (1000 ft) en el Espacio Aéreo de la Región del Atlántico Norte donde se aplica las Especificaciones de Performance Mínima de Navegación*; y el *Material de Orientación sobre la Implantación de una Separación Vertical Mínima de 300 m (1000 ft) entre FL290 y FL410 Inclusive para su Aplicación en el Espacio Aéreo de la Región Asia Pacífico*, sirvieron de material para este documento.

Este documento fue desarrollado por autoridades ATS, expertos en aeronavegabilidad y usuarios del espacio aéreo, dentro del contexto del Grupo de Tarea RVSM del Grupo Regional CAR/SAM de Planificación y Ejecución (GREPECAS). Contiene una breve historia del desarrollo de los materiales de orientación de la OACI; y brinda orientación sobre la aprobación de aeronaves y explotadores, los requisitos y procedimientos para los servicios de tránsito aéreo y las tripulaciones de vuelo, y la vigilancia del espacio aéreo RVSM.

Se espera que la publicación de este material de orientación contribuya a lograr un estado de preparación para la implantación de la RVSM, brindando la información que necesitan los usuarios del espacio aéreo para obtener las aprobaciones, y las autoridades ATS para hacer los cambios oportunos y apropiados en cuanto a los procedimientos y la automatización.

INDICE

LISTA DE SIGLAS	I
LISTA DE DEFINICIONES	II
PARTE 1 – INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Alcance y propósito del documento	3
PARTE 2 – FUNCIONAMIENTO DEL ESPACIO AEREO RVSM.....	5
2.1 Requisitos básicos.....	5
2.2 La Especificación de Performance del Sistema Global y la MASPS RVSM	6
2.3 Planificación de la vigilancia.....	7
2.4 Verificación y ensayos.....	8
PARTE 3 - AERONAVEGABILIDAD	10
3.1 Introducción.....	10
3.2 Aprobación de aeronavegabilidad	10
PARTE 4 - APROBACION ESTATAL DE LAS AERONAVES PARA OPERACIONES RVSM.....	14
4.1 Proceso de aprobación	14
4.2 Aprobación y mantenimiento de la aeronavegabilidad	14
4.3 Aprobación operacional.....	14
4.4 Disposiciones para el vigilancia de las aeronaves	14
4.5 Base de Datos Nacional (SDB)	15
4.6 Información sobre vigilancia y bases de datos en el sitio <i>web</i> de la FAA	15
PARTE 5 - PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES PARA LA TRIPULACION DE VUELO.....	16
5.1 Introducción.....	16
5.2 Procedimientos en vuelo dentro del espacio aéreo RVSM.....	16
5.3 Puntos en los que se debe poner especial énfasis: instrucción de la tripulación de vuelo	18
5.6 Manuales y listas de verificación de operaciones.....	18
PARTE 6 – PROCEDIMIENTOS ATC	19
6.1 Generalidades	19
6.2 Operaciones militares	19
6.3 Confirmación de la situación de aprobación	19
6.4 Vigilancia táctica del espacio aéreo RVSM	20
PARTE 7 - PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA PARA PILOTOS Y CONTROLADORES.....	21
7.1 Objetivo	21
7.2 Responsabilidad del piloto al mando.....	21
7.3 Falla de los AKD automáticos (<i>e.g.</i> , mantenimiento de altitud en piloto automático)	22
7.4 Pérdida de redundancia de los sistemas altimétricos primarios, si el sistema altimétrico restante funciona normalmente.....	23
7.5 Todos los sistemas altimétricos primarios fallan, o no son considerados confiables.....	24
7.6 Los altímetros primarios difieren en más de 200 ft.....	25
7.7 Turbulencia (más que moderada) que, en opinión del piloto, afectará la capacidad de	

la aeronave de mantener el CFL	26
7.8 Falla del transpondedor	26
7.9 Condiciones meteorológicas.....	26
PARTE 8 - VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE DEL SISTEMA	28
8.1 Generalidades	28
8.2 Modelo de Riesgo de Colisión (CRM)	29
8.3 Vigilancia y evaluación de los parámetros de la especificación del CRM.....	30
8.4 Errores técnicos de vigilancia y desviaciones importantes de altitud para evaluar la $P_z(1000)$	30
8.5 Vigilancia de la $P_z(1000)$	31
8.6 Pronóstico de ocupación (frecuencia de encuentros) de aeronaves RVSM previa a la implantación de la RVSM.....	32
8.7 Vigilancia de la frecuencia de encuentro de aeronaves luego de la implantación de la RVSM	33
8.8 Vigilancia de la probabilidad de superposición lateral.....	33
8.9 Vigilancia de los demás parámetros del CRM	33
8.10 Vigilancia y evaluación del cumplimiento de la performance del sistema	34
8.11 Performance del sistema regional.....	34
8.12 Performance del sistema global.....	35
8.13 Vigilancia y evaluación del cumplimiento de la MASPS	35
8.14 Evaluación de la seguridad operacional de las operaciones RVSM en el Caribe y Sudamérica.....	36
8.15 Responsabilidades de la agencia regional de monitoreo	36
8.16 Objetivos del sistema de vigilancia de altitud	38
8.17 Descripción del sistema de vigilancia de altitud de la Región NAT.....	39
8.18 Descripción del sistema de vigilancia de altitud del Caribe y Sudamérica	40
APENDICE A - Texto de Orientación Provisional de la FAA 91-RVSM/Cambio 1	A -
APENDICE B - Modelo de riesgo de colisión para la dimensión vertical.....	B -
APENDICE C - Descripción del modelo de simulación de la Región NAT.....	C -
APENDICE D - Evaluación del cumplimiento de la MASPS.....	D -
APENDICE E - Folleto Provisional de Orientación – 6 de la JAA.....	E -
APENDICE F - Ejemplo de solicitud de aprobación presentada por el explotador	F -

LISTA DE ACRÓNIMOS

AAD	desviación respecto a la altitud asignada
AKD	dispositivo de mantenimiento de altitud
APANPIRG	Grupo Regional Asia/Pacífico de Planificación y Ejecución de la Navegación Aérea
APARMO	Organización de Registro y Vigilancia de Aprobaciones de la Región Asia/Pacífico
ASE	error del sistema altimétrico
ATC	control de tránsito aéreo
ATS	servicios de tránsito aéreo
CAR	Caribe
CFL	nivel de vuelo autorizado
CMA	agencia central de monitoreo
CRM	modelo de riesgo de colisión
FL	nivel de vuelo
FTE	error técnico de vuelo
GMS	sistema de vigilancia basado en el sistema mundial de determinación de la posición
GMU	monitor del sistema mundial de determinación de la posición
GNE	error grave de navegación
GPS	sistema mundial de determinación de la posición
GREPECAS	Grupo Regional CAR/SAM de Planificación y Ejecución
HMU	monitor de altitud
ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
in. Hg	pulgadas de mercurio
JAA	Autoridades Conjuntas de Aviación
MASPS	especificación de performance mínima de los sistemas de aeronave
NAT	Atlántico septentrional
NAT SPG	Grupo sobre Planeamiento de Sistemas Atlántico septentrional
OTS	sistema organizado de derrotas
PAC	Pacífico
PEC	corrección de error de posición
$P_y(0)$	probabilidad de superposición lateral para aeronaves que vuelan en la misma ruta (es decir, sin una planificación de distancia lateral entre aeronaves que vuelan en la misma ruta)
$P_z(1000)$	probabilidad de superposición vertical para aeronaves con una separación planificada de 1000 ft entre niveles de vuelo
RGCSF	Grupo de Expertos sobre el Examen del Concepto General de Separación
RPG	grupo regional de planificación
RVSM	separación vertical mínima reducida de 300m (1000 ft) entre niveles de vuelo
SAM	Sudamérica
SD	desviación característica
SDB	base de datos nacional
SSEC	corrección de 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

LISTA DE DEFINICIONES

Las siguientes definiciones tienen como finalidad aclarar ciertos términos especializados utilizados en este manual.

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.

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.

Distribución de errores del sistema altimétrico.

La distribución de un conjunto de errores del sistema altimétrico.

Desviación respecto a la altitud asignada (AAD).

Diferencia entre la altitud obtenida del transpondedor 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.

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. (Nota – se considera que una colisión ocasiona dos accidentes).

Frecuencia de cruce de derrotas.

Frecuencia de casos en que dos aeronaves se hallan dentro de una determinada distancia al viajar en rutas convergentes en niveles de vuelo adyacentes y con la separación vertical planificada.

Frecuencia equivalente de encuentro en sentidos opuestos.

Valor único calculado en base a una combinación de frecuencias de encuentros en el mismo sentido y en sentidos opuestos que hacen el mismo aporte a la evaluación del riesgo de colisión. Permite una fácil comparación de distintos conjuntos de frecuencias de encuentros en el mismo sentido y en sentidos opuestos.

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.

Capacidad de mantenimiento de altitud.

Performance de mantenimiento de altitud de la aeronave que puede esperarse bajo condiciones ambientales nominales de operación, aplicando métodos de operación y mantenimiento de aeronaves apropiados.

Performance de mantenimiento de altitud.

Performance observada de la aeronave en lo que atañe al cumplimiento del nivel de vuelo.

Aeronave que no satisface los requisitos.

Aeronave cuyo valor absoluto real de TVE, ASE ó AAD es mayor que el valor aceptable para las aeronaves aprobadas para operar en un entorno RVSM

Ocupación.

Parámetro del modelo de riesgo de colisión que equivale al doble del número de pares próximos de aeronaves en una misma dimensión, dividido entre el número total de aeronaves que vuelan en las posibles trayectorias en el mismo intervalo de tiempo.

Error operacional.

Desviación vertical respecto al nivel de vuelo correcto, como resultado de un error del bucle ATC-piloto o de una autorización incorrecta.

Separación vertical planificada.

Distancia planificada que se adopta entre aeronaves en el plano vertical a fin de evitar una colisión.

Error de posición.

Aquella porción del error de fuente estática resultante de la posición de la sonda/puerto estático en la aeronave (ver error de fuente estática).

Error de fuente estática.

Diferencia entre la presión detectada por el sistema estático en el puerto estático y la presión ambiente sin perturbaciones en una condición dada.

Corrección del error de fuente estática (SSEC).

Corrección que se puede aplicar para compensar el error de fuente estática asociado con una aeronave.

Error técnico.

Se refiere a los errores del sistema altimétrico o a los errores técnicos de vuelo.

Nivel deseado de seguridad (TLS).

Término genérico que representa el nivel de riesgo que se considera aceptable en circunstancias particulares.

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).

Frecuencia de encuentro vertical.

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

PARTE 1 – INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

1.1.1 A mediados de la década de 1970, la escasez mundial de combustibles y la escalada en los costos de los mismos destacaron la necesidad de hacer un uso más eficiente del espacio aéreo. Estas fuerzas resaltaron la necesidad de una evaluación pormenorizada de la factibilidad de reducir la separación vertical mínima (VSM) por encima del nivel de vuelo (FL) 290, de 600 m (2000 ft) a 300 m (1000 ft). Así, en su cuarta reunión (realizada en 1980), el Grupo de Expertos sobre el Examen del Concepto General de Separación (RGCSP) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) concluyó que, a pesar del costo y tiempo involucrados, los beneficios potenciales de esta medida eran tan grandes que se debería alentar a los Estados a llevar a cabo las evaluaciones necesarias.

1.1.2 En 1982, con la coordinación del RGCSP, los Estados iniciaron programas completos a fin de estudiar la cuestión de la reducción de la VSM por encima del FL 290. Los estudios fueron llevados a cabo por ocho Estados: Canadá, Japón, Francia, la ex-República Federal de Alemania, el Reino de los Países Bajos, el Reino Unido, la ex-Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y Estados Unidos de Norteamérica. En diciembre de 1988, los resultados fueron presentados al RGCSP en su sexta reunión (RGCSP/6).

1.1.3 En dichos estudios, se empleó métodos cuantitativos de evaluación del riesgo en apoyo de las decisiones operacionales relativas a la factibilidad de reducir la VSM. La evaluación de riesgo comprendía dos elementos. Primero, el cálculo del riesgo, que consiste en desarrollar y utilizar métodos y técnicas que permiten calcular el nivel real de riesgo de una actividad; y segundo, la evaluación del riesgo, que involucra el nivel de riesgo que se considera como el valor máximo admisible para un sistema seguro. El nivel de riesgo que se considera aceptable se denomina nivel deseado de seguridad (TLS).

1.1.4 Como parte del proceso de cálculo del riesgo para al plano vertical, se determinó la precisión de performance de mantenimiento de altitud de la población de aeronaves que operaban en el FL 290 ó a niveles superiores. Esto se logró mediante el uso de radares de alta precisión para determinar la altura geométrica real de las aeronaves en vuelo horizontal y en línea recta. Luego, se comparó la altitud de la aeronave medida por radar con la altitud geométrica del nivel de vuelo asignado a la aeronave, a fin de determinar el error vertical total (TVE) de la aeronave en cuestión. Con este conocimiento sobre la población de aeronaves, fue posible calcular el riesgo de colisión resultante únicamente de errores de navegación vertical de las aeronaves a las que se había aplicado en forma correcta una separación vertical de procedimiento. Asimismo, si bien se derivó la evaluación del TLS por el RGCSP para ser aplicada únicamente a esta contribución al riesgo de colisión, no incluyó los aportes de otras fuentes de riesgo de colisión vertical, tales como los descensos de emergencia o cualquier forma de error humano.

1.1.5 El reconocimiento de la existencia de diversas fuentes de error de riesgo vertical, además de los errores de navegación vertical, influyó en la selección de los valores TLS por parte de los Estados durante sus estudios. Se ha seguido diversos métodos para establecer una gama apropiada de valores, entre ellos, el considerar todas las colisiones en vuelo en ruta y el período implícito entre colisiones, y ajustar el TLS hasta que el período de tiempo resulte aceptable. No obstante, el método principal, que también es el tradicional, consistió en la utilización de los datos históricos provenientes de fuentes mundiales, proyectados hasta alrededor del año 2000, a fin de mejorar la seguridad operacional y asignar los presupuestos de riesgo resultantes para derivar el elemento de riesgo de colisión vertical.

1.1.6 Los valores derivados correspondientes al TLS oscilaban entre 1×10^{-8} y 1×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo. Basándose en estas cifras, el RGCSP utilizó un TLS de evaluación de

2.5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo de aeronave para evaluar la factibilidad técnica de una VSM de 300 m (1000 ft) por encima del FL 290. Ese mismo TLS fue utilizado para desarrollar los requisitos relativos a la capacidad de mantenimiento de altitud de las aeronaves para las operaciones con una VSM de 1000 ft.

1.1.7 Utilizando el TLS de evaluación de 2.5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo de aeronave, el RGCSP/6 llegó a la conclusión que una VSM de 300 m (1000 ft) por encima del FL 290 era técnicamente factible. Esta factibilidad técnica se refiere a la capacidad fundamental de los sistemas de mantenimiento de altitud de la aeronave, los cuales pueden ser construidos, mantenidos y operados de tal manera que la performance esperada o característica permita la implantación y uso seguros de una VSM de 300 m (1000 ft) por encima del FL 290. Al llegar a esta conclusión acerca de la factibilidad técnica, el grupo de expertos consideró necesario establecer:

- a) requisitos de performance de aeronavegabilidad, incorporados dentro de una especificación completa de performance mínima de los sistemas de la aeronave (MASPS), para todas las aeronaves que apliquen la separación reducida;
- b) nuevos procedimientos operacionales; y
- c) un método completo de verificación del funcionamiento seguro del sistema.

1.1.8 Durante la séptima reunión del RGCSP (noviembre de 1990), el grupo de expertos concluyó el material de orientación mundial sobre la implantación de la separación vertical mínima reducida (RVSM) de 1000 pies. El principal objetivo del material (Doc 9574) era proporcionar a los grupos regionales de planificación (RPG) los criterios, requisitos y la metodología para el desarrollo de los documentos, procedimientos y programas que permitieran la introducción de la RVSM en sus respectivas regiones. El grupo de expertos también observó que los RPG tendrían que realizar un trabajo detallado ulterior para establecer las condiciones para la implantación de la RVSM en cada región individualmente, y que cualquier enmienda a los Procedimientos Suplementarios Regionales de la OACI (Doc 7030) tendría que ser desarrollada por el RPG interesado. El grupo de expertos resaltó especialmente la necesidad de que los RPG aplicaran su criterio operacional al momento de determinar el nivel admisible de riesgo atribuible a aquellas causas de error no incluidas en el TLS global (es decir, el TLS de evaluación de 2.5×10^{-9}). El grupo de expertos también consideró que la Región NAT sería la apropiada para la implantación anticipada de la RVSM debido al flujo básicamente unidireccional del tránsito NAT y a que la población de aeronaves que cumplen con la especificación de performance mínima de navegación (MNPS) ostenta una precisión de mantenimiento de altitud superior al promedio.

1.1.9 En forma paralela al trabajo del RGCSP, en mayo de 1990, el Grupo sobre Planeamiento de Sistemas Atlántico Septentrional (NAT SPG) inició estudios (NAT SPG/26) para la aplicación de la RVSM en la Región NAT. Durante su vigésimo séptima reunión (junio de 1991), el NAT SPG acordó que:

- a) la RVSM debería implantarse dentro del ámbito del espacio aéreo MNPS existente;
- b) las áreas de transición debería tener una extensión vertical del FL 290 al FL 410 inclusive; estar contenidas dentro de las dimensiones horizontales determinadas por los Estados proveedores ya sea individualmente o previa consulta; estar adyacentes o superpuestas al espacio aéreo MNPS o estar contenidas dentro del mismo; y, en la medida de lo posible, contar con cobertura radar y comunicaciones directas controlador/piloto;
- c) sería necesario adoptar una definición más amplia de riesgo vertical que incluya a todas las fuentes de error. La definición incluiría los errores del equipo para los cuales se hubieren desarrollado MASPS, así como los errores operacionales del piloto

y del controlador. En consecuencia, se acordó que el TLS debía aumentarse de 2.5×10^{-9} a 5×10^{-9} a fin de ser consistentes con la nueva definición. El NAT SPG concluyó (Conclusión 27/22) que:

- i) el TLS para el riesgo de colisión en la dimensión vertical debido a todas las causas sería 5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo, y que el riesgo de colisión total en el plano vertical debía evaluarse en base a este TLS; y
- ii) el TLS no debía dividirse en componentes separados para los distintos tipos de riesgo. No obstante, sería necesario evaluar la performance de mantenimiento de altitud en relación a un nivel restringido de seguridad operacional de 2.5×10^{-9} , ya que este es el valor que ha sido utilizado para obtener la MASPS.

1.1.10 La MASPS fue desarrollada por grupos de expertos que tradujeron los requisitos de distribución del TVE en especificaciones y procedimientos detallados que rigen las normas de mantenimiento de altitud de las aeronaves que operan en el espacio aéreo RVSM. Las especificaciones y procedimientos detallados fueron desarrollados para ser utilizados por los diseñadores, fabricantes, explotadores y autoridades encargadas de otorgar las aprobaciones, y son aplicables a la aprobación de aeronavegabilidad de grupos de aeronaves o de aeronaves individuales.

1.1.11 La Décima Reunión del GREPECAS, realizada en 2001, concluyó (Conclusión 10/11) que el Grupo de Tarea RVSM del ATM/CNS/SG debería llevar a cabo la implantación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica. Esta conclusión inicial especificaba que la RVSM debía ser implantada en dos fases: la primera, en abril de 2004, entre el FL350 y FL390; y la segunda incluiría las altitudes restantes (del FL290 al FL410, inclusive) en una fecha por definirse.

1.1.12 La tercera reunión de Autoridades y Planificadores de la Gestión del Tránsito Aéreo (AP/ATM/3) llegó a la conclusión (Conclusión 3/18) que el Grupo de Tarea RVSM debía estudiar la posibilidad de armonizar los programas de implantación de la RVSM de las Regiones CAR/SAM y de Estados Unidos. Asimismo, observó que se podría utilizar el Proyecto PNUD/OACI RLA/98/003 como mecanismo para ayudar a los Estados en la implantación de la RVSM en las Regiones CAR/SAM.

1.1.13 Este material de orientación ha sido desarrollado para las Regiones del Caribe y Sudamérica, en base al Manual de Implantación de una Separación Vertical Mínima Reducida (Doc 9574 de la OACI), al trabajo que actualmente realiza el RGCSP, al Doc 002 NAT, y al Material de Orientación sobre la Implantación de una Separación Vertical Mínima de 300 m (1000 ft) entre el FL290 y FL410 Inclusive para su Aplicación en el Espacio Aéreo de la Región Asia/Pacífico. Este material también toma en cuenta la experiencia adquirida en la implantación de la RVSM en las Regiones NAT y Asia/Pacífico, la cual se realizó en tres fases:

Fase de verificación. La región continúa operando con una VSM de 2000 ft mientras se recolecta datos para verificar que el sistema puede operar en forma segura con una VSM de 1000 ft.

Fase de ensayo. Se inicia las operaciones con 1000 ft, y se vigila todos los sistemas para asegurar una operación segura.

Fase operacional. Plena implantación de la RVSM. Continúan la vigilancia y la evaluación del riesgo para crear confianza en la segura y continua operación de la RVSM.

1.2 Alcance y propósito del documento

1.2.1 Este documento busca abordar todos los aspectos de la implantación y operación de una VSM

de 1000 ft dentro de las Regiones del Caribe y Sudamérica. Las rutas y espacios aéreos designados para operaciones RVSM serán especificados mediante NOTAM y publicados en los Procedimientos Suplementarios Regionales de la OACI (Doc 7030).

1.2.2 Las aeronaves que pretendan operar aplicando la RVSM tendrán que llevar a bordo y utilizar el equipo descrito en la MASPS RVSM. Esta MASPS ha sido desarrollada con el fin de lograr un nivel mínimo de precisión de navegación vertical o performance de mantenimiento de altitud que permita la introducción de la RVSM de 1000 ft.

1.2.3 Este material de orientación tiene como finalidad:

- a) consolidar el material de orientación del RGCSP sobre la implantación de una VSM de 300 m (1000 ft), a fin de cumplir con las exigencias particulares del espacio aéreo del Caribe y Sudamérica;
- b) brindar orientación a las autoridades de aviación de los Estados en cuanto a las medidas necesarias para asegurar el cumplimiento de los criterios y requisitos en sus diversas áreas de responsabilidad (por ejemplo, provisión de servicios ATC, aprobación de aeronavegabilidad y vigilancia del espacio aéreo);
- c) brindar a los explotadores información que les permita cumplir con los requisitos para operar en espacio aéreo RVSM y ayudar en la elaboración de manuales de operaciones y de procedimientos para la tripulación de vuelo; y
- d) constituirse en un documento de referencia básico a ser utilizado por las autoridades de los Estados para el desarrollo de procedimientos y documentación para la aprobación de aeronaves y explotadores.

PARTE 2 – OPERACION DEL ESPACIO AEREO RVSM

2.1 Requisitos básicos

2.1.1 La principal consideración para la introducción y operación continua de la RVSM de 1000 ft en las Regiones del Caribe y Sudamérica es que el riesgo de colisión como consecuencia de una pérdida de separación vertical, sea cual fuere la causa, debe ser inferior al TLS acordado de 5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo. Esta condición trae consigo los siguientes requisitos básicos:

- a) Todas las aeronaves que pretendan operar en espacio aéreo RVSM deben estar equipadas y ser mantenidas de acuerdo con la MASPS y los respectivos procedimientos de aeronavegabilidad del Estado. La Parte 3 y los apéndices ofrecen la orientación apropiada.
- b) Todas las aeronaves que pretendan operar en espacio aéreo RVSM deben contar con la aprobación específica para dichas operaciones, otorgada ya sea por la autoridad aeronáutica del Estado de matrícula de la aeronave o por la autoridad aeronáutica del explotador. La aprobación incluirá el equipamiento y mantenimiento de la aeronave, los procedimientos de aeronavegabilidad, la instrucción de las tripulaciones de vuelo y los procedimientos de operaciones. La responsabilidad de obtener la aprobación necesaria recae en el explotador de la aeronave. Sin embargo, las autoridades aeronáuticas del Estado deberán realizar verificaciones regulares y mantener registros de las aprobaciones que hubieren otorgado. La orientación pertinente aparece en la Parte 4.
- c) La tripulación de vuelo debería operar la aeronave de acuerdo con los procedimientos de operaciones recomendados. Estos procedimientos serán aprobados por la autoridad estatal correspondiente y deberían basarse en el material contenido en la Parte 5.
- d) Los Estados proveedores ATS tendrán la responsabilidad de desarrollar los procedimientos necesarios para dar apoyo a la RVSM. La Parte 6 de este documento brinda orientación adicional. Los Estados proveedores ATS deberían estar conscientes que la transición desde/hacia el espacio aéreo de 2000 ft adyacente debería efectuarse, en la medida de lo posible, dentro de la cobertura radar y donde se cuente con comunicaciones directas controlador/piloto.
- e) El quinto requisito básico consiste en un método para vigilar la performance del sistema para asegurar que las medidas arriba indicadas tengan el efecto deseado (es decir, el cumplimiento del TLS). Debido a que el TLS vertical comprende todas las causas de riesgo vertical, es importante notificar todas las desviaciones conocidas de la altitud asignada (AAD). Entre las fuentes de información, figuran:
 - i) los datos de los sistemas de vigilancia de altitud;
 - ii) las desviaciones AAD del Modo C reportadas por el control de tránsito aéreo (ATC);
 - iii) los informes ordinarios de posición al ATC, que identifican las operaciones que se realizan en niveles de vuelo incorrectos;
 - iv) los informes de incidentes; y
 - v) la recolección específica de datos (por ejemplo, registradores digitales de datos de vuelo de a bordo, Modo C, etc.).

2.1.2 Es sumamente importante que los proveedores ATS registren y notifiquen todos los casos de

desviaciones de altitud en las Regiones del Caribe y Sudamérica a la agencia regional de monitoreo. El detalle de los procedimientos aparece en la Parte 8 de este documento.

2.2 La Especificación de Performance del Sistema Global y la MASPS RVSM

2.2.1 Si bien la Región NAT fue la primera en implantar la RVSM, se anticipaba que otras regiones harían lo mismo. Al desarrollar los requisitos para las operaciones RVSM, el RGCSP tomó en cuenta las condiciones a nivel mundial. Es importante aplicar especificaciones uniformes en todo el espacio RVSM, especialmente con respecto a la performance de la aeronave. Por lo tanto, los requisitos de performance de mantenimiento de altitud de la aeronave aplicados en la Región NAT y que se aplicarán en las Regiones del Caribe y Sudamérica estarán basados en los requisitos mundiales desarrollados por el RGCSP. Un objetivo secundario importante durante la implantación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica será demostrar que es posible cumplir con los requisitos mundiales.

2.2.2 Para poder determinar los requisitos de performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves a ser utilizadas en un ambiente RVSM, se requiere tres datos: el TLS, la frecuencia de encuentro vertical y la precisión de navegación lateral de la población de aeronaves.

2.2.3 Como se explicó en la introducción, el TLS desarrollado por el RGCSP para la implantación de la RVSM a nivel mundial es 2.5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo. Este valor TLS se aplica al riesgo de colisión asociado con la performance de navegación vertical, denominado “performance de mantenimiento de altitud”. No contempla el riesgo resultante de errores en las instrucciones del ATC o de la pérdida de separación vertical asociada con emergencias durante el vuelo.

2.2.4 La frecuencia de encuentro vertical es una medida de la cantidad de veces que las aeronaves se encuentran en niveles de vuelo adyacentes con la separación vertical planificada. Este parámetro refleja tanto la densidad como los patrones de tránsito, y su valor varía considerablemente de una región a otra. Cuanto mayor el valor de la frecuencia de encuentro, mayor será el riesgo de colisión por hora de vuelo. A fin de asegurar que la performance de mantenimiento de altitud requerida garantizaría operaciones RVSM seguras en cualquier región, fue necesario elegir un valor para la frecuencia de encuentro vertical que tuviera pocas probabilidades de ser excedido en cualquier espacio aéreo durante cierto tiempo. Se consideró que una frecuencia equivalente de encuentro en direcciones opuestas¹ de 2.5 por hora de vuelo sería apropiada para cualquier espacio aéreo hasta el año 2005. (Como referencia, la frecuencia equivalente de encuentro en direcciones opuestas para la Región NAT en 1994 fue de aproximadamente 0.25.)

2.2.5 La precisión de navegación lateral tiene un impacto sobre el riesgo de colisión vertical, ya que este parámetro determina la magnitud de la probabilidad de superposición lateral entre dos aeronaves que se hallan nominalmente en la misma derrota. Por lo tanto, cuanto mejor la precisión de navegación lateral, mayor será el riesgo vertical. Para calcular los requisitos globales de performance en relación a la capacidad técnica de mantenimiento de altitud, el RGCSP eligió un valor no menor de 0.3 NM para la desviación característica de la precisión de navegación lateral. Se consideró que este valor era apropiado para la navegación en ruta hasta el año 2005. (Como referencia, en 1991, se calculó una desviación característica de la precisión de navegación lateral de 1.76 NM para el espacio aéreo MNPS NAT.)

2.2.6 Utilizando estos valores para el TLS, la frecuencia de encuentro y la precisión de navegación lateral, se puede calcular el valor máximo admisible para la probabilidad de superposición vertical (es

¹ Las frecuencias de encuentro pueden dividirse en frecuencias de encuentro en la misma dirección y en direcciones opuestas. Estos dos componentes pueden ser combinados para obtener una frecuencia equivalente de encuentro en direcciones opuestas que hace la misma contribución al riesgo de colisión.

decir, la probabilidad que dos aeronaves nominalmente separadas por una norma de separación se hallen, en realidad, en superposición vertical). El valor de la probabilidad de superposición vertical está determinado por la performance de mantenimiento de altitud de la población de aeronaves. El RGCSP obtuvo un valor de 1.7×10^{-8} .

2.2.7 En conjunto, la frecuencia de encuentro, la probabilidad de superposición lateral y la probabilidad de superposición vertical conforman la especificación de performance del sistema global. Se les considera como parámetros críticos que caracterizan a un espacio aéreo de condiciones adversas extremas en términos de riesgo de colisión vertical. Los niveles de estos parámetros fueron fijados de manera que pudieran perdurar hasta el año 2005. La especificación también define la performance de mantenimiento de altitud requerida de las aeronaves para que el riesgo de colisión en dicho espacio aéreo de condiciones adversas extremas no exceda 2.5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo. La expresión cuantitativa de la especificación de performance del sistema global es:

- a) una frecuencia de encuentro igual o inferior al equivalente de 2.5 encuentros en direcciones opuestas por hora de vuelo de aeronave;
- b) una desviación característica (SD) del error de mantenimiento lateral de la trayectoria igual o superior a 0.3 NM; y
- c) una probabilidad de que dos aeronaves, nominalmente separadas por 1000 pies, se hallen en una superposición vertical, $P_z(1000)$, igual o inferior a 1.7×10^{-8} .

2.2.8 La evaluación del cumplimiento del requisito global de probabilidad de superposición vertical es un proceso matemático complejo. A fin de relacionar estos requisitos con la performance de mantenimiento de altitud de la aeronave, se elaboró una especificación de performance global de mantenimiento de altitud. El conjunto de las performances TVE en el espacio aéreo debe cumplir con esta especificación. La especificación de performance global de mantenimiento de altitud requiere el cumplimiento simultáneo de las cuatro condiciones siguientes:

- a) la proporción de TVE de una magnitud superior a 300 ft debe ser inferior a 2.0×10^{-3} ;
- b) la proporción de TVE de una magnitud superior a 500 ft debe ser inferior a 3.5×10^{-6} ;
- c) la proporción de TVE de una magnitud superior a 650 ft debe ser inferior a 1.6×10^{-7} ;
- d) la proporción de TVE de una magnitud entre 950 y 1050 ft debe ser inferior a 1.7×10^{-8} .

2.2.9 Se ha desarrollado una MASPS para garantizar el cumplimiento de los requisitos de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud por parte de las aeronaves que operan en las Regiones del Caribe y Sudamérica. La MASPS consiste en especificaciones y procedimientos detallados para los diseñadores, fabricantes, explotadores y autoridades encargadas de otorgar las aprobaciones. Los requisitos de la MASPS aparecen descritos en la Parte 3. Los mecanismos propuestos para comprobar el cumplimiento de los requisitos de la especificación de performance del sistema global aparecen descritos en la Parte 7 de este documento.

2.2.10 Cabe recalcar que el cumplimiento de la especificación de performance del sistema global no garantiza automáticamente el cumplimiento del TLS de 5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo para todo el sistema. También se debe vigilar otras fuentes de error, y se debe evaluar el aporte de éstas al riesgo total de colisión.

2.3 Planificación de la vigilancia

2.3.1 El plan para evaluar la performance de mantenimiento de altitud en las Regiones del Caribe y Sudamérica durante el período de verificación y ensayo operacional, así como después de completarse la implantación, toma en cuenta los siguientes factores:

- a) el tamaño de la muestra de datos necesaria para evaluar la seguridad operacional de todo el sistema aeroespacial, en base a factores tales como el nivel de confianza estadística;
- b) las prioridades en cuanto a los objetivos específicos de vigilancia a fin de obtener de los programas de vigilancia una muestra representativa. Esto incluirá tomar en cuenta las prioridades en cuanto a los tipos de aeronave individuales, los tipos de aeronaves individuales usadas por los explotadores individuales, y células individuales; y
- c) la capacidad de vigilar la AAD, los errores operacionales y las desviaciones importantes de altitud.

2.4 Verificación y ensayos

Generalidades

2.4.1 Durante la fase de verificación, cada grupo de aeronaves de cada explotador que no haya recibido previamente aprobación para realizar operaciones RVSM deberá someterse a una verificación de la performance de mantenimiento de altitud. Para ello, la aeronave debería llevar a bordo un Monitor del Sistema Mundial de Determinación de la Posición (GPS) (GMU), ya que no se contará en las regiones con un monitor de altura en un emplazamiento fijo para la verificación y los ensayos en el Caribe y Sudamérica.

Nota: Si bien la aeronave que lleva el GMU a bordo no tiene que estar necesariamente en un vuelo en el Caribe o Sudamérica, deberá utilizarse en un vuelo horizontal entre el FL 290 y FL 410.

2.4.2 Durante los ensayos operacionales y luego de la implantación de la RVSM, cada explotador deberá cooperar con la agencia regional de monitoreo en la recolección de datos sobre la performance de mantenimiento de altitud de cada tipo de aeronave a fin de recibir la aprobación para operar dicho tipo de aeronave en el espacio aéreo RVSM.

Fase de verificación

2.4.3 Antes de implantar la RVSM y mientras se está operando en un ambiente de 2000 ft, será necesario verificar que el nivel de seguridad operacional del sistema RVSM propuesto permanecerá igual o será inferior al TLS. Esta fase de verificación está programada para durar un año, para demostrar que:

- a) en un ambiente de 1000 ft, se cumpliría el TLS de 5.0×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo debidos a la pérdida de separación vertical;
- b) la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves aprobadas para operar en un ambiente RVSM cumple con la MASPS mencionada en la Parte 3. Para ello, se deberá verificar que:
 - i) las causas de los errores de mantenimiento de altitud que no cumplen con la especificación de performance global de mantenimiento de altitud sean corregidas y que la aeronave sea nuevamente sometida a vigilancia;
 - ii) cualquier tendencia adversa o error que pudiera resultar en una performance inaceptable en una aeronave o grupo de aeronaves sea corregida y, de ser necesario, sea nuevamente sometida a vigilancia para constatar el cumplimiento;
 - iii) se ponga mayor énfasis en la vigilancia de los grupos de aeronaves que se sabe excedían los requisitos de la MASPS antes de la aplicación de los procedimientos de aeronavegabilidad;

- iv) las matrículas de aeronave reportadas a la agencia regional de monitoreo estén debidamente registradas; y
 - v) el programa de vigilancia de altitud realice observaciones en una muestra de aeronaves y explotadores aprobados para operar en un ambiente RVSM que sea representativa de toda la población, de tal manera que se pueda esperar que las aeronaves no observadas tengan una performance que sea consistente con la MASPS.
- c) los procedimientos operacionales adoptados para operaciones RVSM sean efectivos y apropiados; y
 - d) el programa de vigilancia de altitud sea efectivo.

2.4.4 Los datos recolectados durante la fase de verificación son utilizados para evaluar si el riesgo en el sistema permanecerá en el TLS o a un nivel inferior en el futuro, tomando en cuenta el aumento del tráfico y las mejoras en la navegación lateral como resultado de las nuevas tecnologías.

2.4.5 En base al número de aeronaves aprobadas, se evalúa si la fase de ensayo de la RVSM puede respaldar la implantación de la RVSM en todos los niveles de vuelo entre 290 y 410 inclusive. Al hacer esta evaluación, se debería tomar en cuenta aquellas aeronaves que no están en capacidad de obtener la aprobación.

Fase de ensayo

2.4.6 Luego de la fase de verificación en un ambiente de 2000 ft, habrá un período adicional de ensayo de un año, operando con una separación de 1000 ft. En esta fase de ensayo, continuarán todas las verificaciones realizadas en el ambiente de 2000 ft. La finalidad de esta fase es asegurar que las predicciones y simulaciones realizadas durante la Fase de Verificación reflejen con precisión la verdadera performance del sistema. El sistema operará en forma idéntica a como lo hará en la Fase Operacional, pero la performance y la seguridad operacional serán vigiladas más de cerca a fin de asegurar que no se ha descuidado detalle alguno durante la Fase de Verificación. Los estudios que se efectúen durante esta fase de ensayo serán utilizados para confirmar y, luego, sustentar estadísticamente que el riesgo en el sistema es igual o inferior al TLS, y para evaluar si continuará a ese nivel, tomando en cuenta el aumento del tráfico y las mejoras en la performance de navegación lateral.

2.4.6.1 En esta fase de ensayo, también se intenta demostrar que:

- a) las aeronaves no aprobadas están efectivamente excluidas del espacio aéreo RVSM,
- b) las causas de los errores del sistema altimétrico (ASE) que exceden los requisitos de la MASPS han sido identificadas y corregidas, y
- c) el explotador de cualquier célula que exceda los requisitos ASE sea notificado e impedido de utilizar el espacio aéreo RVSM hasta el problema de performance de la célula haya sido corregido, nuevamente se haya efectuado la vigilancia de la célula y se haya demostrado su cumplimiento con el ASE.

Fase Operacional

2.4.8 Una vez completada la Fase de Ensayo en forma exitosa, se iniciará la Fase Operacional, que implica la operación normal y vigilancia de la performance de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica. La evaluación de la seguridad operacional del sistema se hará en forma anual. Se seguirá recolectando datos sobre la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves en la región a fin de asegurar el cumplimiento con la especificación de performance global. La efectividad del programa de vigilancia será examinada en forma anual.

PARTE 3 - AERONAVEGABILIDAD

3.1 Introducción

3.1.1 Las MASPS han sido publicadas por la Administración Federal de Aviación (FAA) bajo la forma de un texto de orientación provisional (Apéndice A) y por las Autoridades Conjuntas de Aviación (JAA) como un folleto provisional de orientación (Apéndice E). Estos documentos detallan los programas de aeronavegabilidad, mantenimiento de la aeronavegabilidad y de operaciones que se requieren para otorgar la aprobación a explotadores y aeronaves para realizar vuelos en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM.

3.1.2 Los requisitos de ingeniería de las aeronaves para la aprobación RVSM de las mismas han sido desarrollados en base a las siguientes características. Para las aeronaves en servicio, los documentos de aprobación de aeronavegabilidad han adoptado la forma de Boletines de Servicio, Cambios de Servicio de las Aeronaves y Certificados de Tipo Suplementario emitidos por los fabricantes de las aeronaves. Estos documentos se encuentran disponibles para la mayoría de las aeronaves en servicio. Los requisitos RVSM también han sido incluidos en el proceso de certificación de las aeronaves fabricadas más recientemente.

3.1.3 Las características fueron desarrolladas de conformidad con las conclusiones de la Reunión RGCSP/6 (Doc 9536 de la OACI), a fin de satisfacer los límites de distribución del TVE y para que el impacto de la aeronavegabilidad de las aeronaves sobre el cumplimiento de los requisitos sea insignificante. Las características son aplicables estadísticamente a grupos individuales de aeronaves nominalmente idénticas que operan en el espacio aéreo. Asimismo, describen la performance que los grupos deben ser capaces de alcanzar en servicio, excluyendo los errores por el factor humano y las influencias ambientales extremas, para poder cumplir con los requisitos TVE del sistema del espacio aéreo. Los requisitos, que sirvieron de base para el desarrollo de la MASPS, son los siguientes:

- a) el ASE medio del grupo no deberá exceder ± 25 m (± 80 ft);
- b) la suma del valor absoluto del ASE medio para el grupo más tres desviaciones características del ASE dentro del grupo no deberá exceder 75 m (245 ft); y
- c) los errores de mantenimiento de altitud deberán ser simétricos alrededor de una media de 0 m (0 ft) y deberán tener una desviación característica no mayor de 13 m (43 ft), y deberán permitir que la frecuencia de error disminuya conforme aumenta la magnitud del error a una tasa que sea, por lo menos, exponencial.

3.1.4 Las características arriba indicadas deberán ser utilizadas para establecer las normas de aprobación de tipo en lo referente a la capacidad de diseño, aunque éstas se refieren, básicamente, a la parte central de los requisitos de distribución del TVE. A fin de restringir los aspectos de la distribución de cola correspondientes a la aeronave y al equipo, también será necesario desarrollar especificaciones y procedimientos detallados referidos a la entrega de producción y al mantenimiento de la aeronavegabilidad.

3.2 Aprobación de aeronavegabilidad

Introducción

3.2.1 La aprobación de aeronavegabilidad debe, en todos los casos, satisfacer los requisitos de la MASPS, que incluyen especificaciones y procedimientos relativos a los distintos aspectos de la aprobación de tipo, entrega de producción, y mantenimiento de la aeronavegabilidad. A continuación, se presenta estos distintos aspectos de la aprobación, así como su aplicabilidad a la aprobación de las aeronaves existentes.

3.2.2 Todas las aprobaciones se aplicarán a aeronaves individuales o grupos de aeronaves nominalmente idénticas en lo que atañe a diseño aerodinámico y elementos de equipo que contribuyen a la precisión de mantenimiento de altitud, tal como se define en el párrafo 3.1.3 anterior.

Definición de grupos de tipos de aeronaves

3.2.3 Al agrupar las aeronaves según sus similitudes, desde el punto de vista de la aprobación o evaluación de las normas o requisitos de mantenimiento de altitud, hay que tener presente que las aeronaves con designaciones de tipo o serie muy similares o aparentemente idénticas, en algunos casos, son muy diferentes en cuanto a diseño aerodinámico y equipo de aviónica. Por el contrario, aeronaves con distintas designaciones de serie pueden ser idénticas en todas las características que contribuyen a su capacidad de mantenimiento de altitud.

3.2.4 Por lo tanto, hay que asegurarse que todas las aeronaves que se entiende conforman un grupo tengan un diseño y construcción idénticos con respecto a todos los detalles que podrían afectar la precisión de la performance de mantenimiento de altitud. Todas las aeronaves del mismo grupo tienen que haber sido diseñados y ensamblados por el mismo fabricante. El sistema pitot/estático de las células deberá estar instalado de una manera y en una posición idénticas y, de ser necesario, se deberá incluir las mismas acciones correctivas para cumplir con los requisitos RVSM. Todas las aeronaves en un grupo deberán tener los mismos sistemas de altimetría, mantenimiento de altitud y advertencia de altitud instalados originalmente y deberán ser capaces de satisfacer los requisitos RVSM. Cualquier variación en las mismas con respecto a la instalación inicial deberá contar con la autorización del fabricante de la célula o de una organización de diseño reconocida que certifique que su capacidad de cumplir con la RVSM no ha sido afectada.

3.2.5 Esto no excluye la aprobación por similitud, pero, en caso de existir diferencias, se debería evaluar el posible impacto de todos estos detalles antes de otorgar o extender la aprobación para abarcar dichas variaciones.

Aprobación de tipo de aeronave

3.2.6 Al evaluar un paquete de aprobación, hay que asegurarse que los datos de calibración en vuelo utilizados para evaluar el error de posición residual sean representativos de las aeronaves y de su envolvente operacional típico en el espacio aéreo RVSM. Todas las fuentes y variaciones de error deberían ser tomadas en cuenta en el proceso de aprobación, incluyendo las incertidumbres inherentes a dichos datos de calibración en vuelo. Asimismo, se debería desarrollar datos para las condiciones extremas de operación de las aeronaves en el envolvente operacional RVSM.

3.2.7 La aplicación de buenos métodos de diseño, fabricación, certificación y mantenimiento brinda un nivel de confiabilidad en los equipos que da apoyo a la RVSM. Para asegurar que la integridad del sistema global se mantendrá a un nivel alto, durante el proceso de aprobación de aeronavegabilidad, se debería demostrar analíticamente que la ocurrencia de fallas no detectadas en el sistema altimétrico será inferior a 1×10^{-5} por hora de vuelo. En este análisis, se puede tomar en cuenta el requisito de contar con sistemas altimétricos redundantes y la capacidad de la tripulación de vuelo de detectar fallas en el sistema altimétrico mediante procedimientos de verificación cruzada.

Puesta en circulación de la producción

3.2.8 La MASP incorpora especificaciones y procedimientos que garantizan que cada una de las aeronaves incluidas en una aprobación grupal, que han sido fabricadas o modificadas para satisfacer las normas de aprobación con posterioridad al otorgamiento de dicha aprobación, cumplan con los requisitos. Idealmente, estos procedimientos incluirían una prueba en vuelo en todas las aeronaves, por lo menos en un punto del envolvente operacional, a fin de demostrar la similitud en la producción. Es posible moderar los requisitos de la prueba en vuelo hasta un nivel apropiado de prueba por

muestreo, dependiendo del nivel de repetibilidad productiva que el fabricante pueda convalidar. Se podría utilizar datos ya existentes obtenidos de las mediciones del TVE para demostrar la capacidad de repetibilidad productiva de un determinado fabricante. En ese caso, también se debe demostrar que las incertidumbres asociadas con los datos, incluyendo su aplicabilidad al grupo específico de aeronaves en cuestión, no invalidan las conclusiones.

Mantenimiento de la aeronavegabilidad

3.2.9 Se debería desarrollar especificaciones y procedimientos, que luego serían incorporados en los requisitos de mantenimiento de la MASPS, que garanticen que cada una de las aeronaves, a lo largo de su vida útil, sigue cumpliendo con los requisitos desarrollados de conformidad con el párrafo 3.1 anterior. Estos procedimientos deberían incluir algún tipo de prueba periódica en vuelo para demostrar su precisión de mantenimiento de altitud. El texto de orientación provisional que aparece en el Apéndice A ilustra estos procedimientos. Podría resultar aceptable utilizar instalaciones independientes de vigilancia del TVE para cumplir con este requisito, siempre y cuando se demuestre que los errores e incertidumbres asociados con las mediciones cumplen con los requisitos, y se pueda evaluar las contribuciones individuales de la célula, la aviónica y el error técnico de vuelo (FTE) al TVE. La periodicidad requerida no será necesariamente igual para todas las aeronaves, y se puede utilizar datos existentes obtenidos de mediciones del TVE para determinar el intervalo de convalidación apropiado.

Aprobación de aeronaves existentes

3.2.10 A continuación, se ofrece orientación sobre la forma como se deben aplicar los elementos de la MASPS:

- a) Aprobación de tipo. Se aplica los requisitos de la MASPS que aparecen en el Apéndice A. En muchos casos, es probable que ya existan suficientes datos de pruebas en vuelo provenientes del programa de desarrollo de tipo para satisfacer esa parte de los requisitos de aprobación. En otros casos, se puede utilizar datos independientes sobre el TVE para cumplir con los requisitos de aprobación de la prueba en vuelo. En este caso, se puede hacer una evaluación detallada de los grupos de tipo en los que son aplicables dichos datos, demostrando que los errores e incertidumbres asociados con dichos datos satisfacen los requisitos. Si los datos originales de la prueba en vuelo y los datos independientes del TVE son insuficientes para cumplir con los requisitos de aprobación, entonces será necesario generar nuevos datos. Cuando se evalúa la capacidad de diseño en base a datos obtenidos de aeronaves que han estado en servicio por un período prolongado, se permite una tolerancia por concepto de degradación por envejecimiento atribuible al ASE, dentro de los límites establecidos por el acápite b) del párrafo 3.1.2 anterior. Los expertos deberían evaluar si también hay efectos de envejecimiento atribuibles a los sistemas de piloto automático. Cuando se utiliza datos de performance para evaluar la capacidad de diseño, será necesario recolectar datos más extensos, para un determinado nivel de confianza, de lo que sería necesario si se pudiera evaluar la capacidad de diseño en forma directa.
- b) Control de repetibilidad y mantenimiento de la aeronavegabilidad
 - i) Para las aeronaves en servicio, será necesario considerar los requisitos de los párrafos 3.2.8 y 3.2.9 en forma conjunta. En muchas de las aeronaves existentes, es poco probable que se pueda demostrar la aplicación de los controles de entrega de producción mencionados en el párrafo 3.2.8, pero bien se podría cumplir con los objetivos de dichos requisitos en las aeronaves que han estado en servicio por un tiempo prolongado, mediante los requisitos

de mantenimiento de la aeronavegabilidad del párrafo 3.2.9. Antes de recibir la aprobación, dichas aeronaves deberían someterse, individualmente, a las verificaciones apropiadas de mantenimiento de la aeronavegabilidad desarrolladas según el párrafo 3.2.9 anterior y cumplir con los requisitos de aprobación de tipo.

- ii) Para las aeronaves con poco tiempo de servicio, es aceptable asumir que se ha logrado la repetibilidad productiva normal, excepto cuando existen evidencias de variaciones inusualmente significativas. Debería ser obligatorio revelar dicha evidencia. La conversión de dicha evidencia --en caso de exista con respecto a algunas aeronaves en base a datos independientes del TVE-- a requisitos de aprobación adicionales y específicos dependerá de cuán bien el fabricante y/o explotador puede identificar la fuente del problema y si se determina que tiene su origen en la producción o en la operación.

Nota: Las definiciones de "tiempo prolongado" y "poco tiempo de servicio", tal como se utilizan en los párrafos anteriores, deberían ser interpretadas en relación al intervalo apropiado de convalidación del mantenimiento de la aeronavegabilidad desarrollado según el párrafo 3.2.9.

PARTE 4 – APROBACION ESTATAL DE LAS AERONAVES PARA OPERACIONES RVSM

4.1 Proceso de aprobación

4.1.1 A partir de una fecha efectiva acordada, las aeronaves que operen en espacio aéreo designado dentro de las Regiones del Caribe y Sudamérica y que deseen obtener los beneficios de la RVSM deberán obtener una aprobación para realizar dichas operaciones. El explotador de la aeronave es quien tiene la responsabilidad de obtener la aprobación necesaria. No obstante, las autoridades aeronáuticas del Estado deberían realizar verificaciones regulares y mantener un registro de las aprobaciones otorgadas. La aprobación incluye: 1) la aprobación de la aeronavegabilidad, incluyendo el mantenimiento de la misma, 2) la aprobación operacional, y 3) disposiciones para la vigilancia.

4.2 Aprobación y mantenimiento de la aeronavegabilidad

4.2.1 Las autoridades de aeronavegabilidad del Estado otorgan la aprobación para operar en el espacio aéreo RVSM a las aeronaves que cumplen con los requisitos de mantenimiento de altitud.

4.2.2 Asimismo, los explotadores de aeronaves deben contar con equipos altimétricos y de mantenimiento de altitud, de acuerdo con los procedimientos y cronogramas de servicio aprobados.

4.3 Aprobación operacional

4.3.1 Cada tipo o grupo de aeronaves y cada célula a ser utilizados en las operaciones RVSM deben obtener la aprobación de aeronavegabilidad. Las autoridades que otorgan la aprobación operacional deberían evaluar los documentos de aeronavegabilidad para cada tipo o grupo y para cada célula. En la mayoría de los casos, se espera que los documentos de aeronavegabilidad le den a la autoridad la seguridad que el mantenimiento de altitud se aplicará a los niveles requeridos. En ciertos casos, puede que el explotador tenga que demostrar la performance de mantenimiento de altitud para el tipo de aeronave.

4.3.2 La autoridad encargada de otorgar la aprobación debe estar convencida que los programas operacionales son adecuados. Se debería evaluar la instrucción de las tripulaciones de vuelo, así como los manuales de operaciones.

4.3.3 Cada tipo o grupo de aeronaves deberá recibir la aprobación operacional para realizar operaciones RVSM. Cada aeronave deberá recibir la aprobación de aeronavegabilidad antes de ser aprobada para su utilización por parte del explotador.

4.3.4 Las autoridades encargadas de emitir las aprobaciones deben desarrollar procedimientos que les sirvan de base confiable para otorgar la aprobación operacional según el párrafo 3.2.10 b) anterior.

4.3.5 Si la experiencia operacional demuestra que la performance de mantenimiento de altitud de un determinado tipo de aeronave utilizado por un explotador excede los requisitos de los párrafos 3.1.3 b) y c) anteriores, el explotador debería estar obligado a tomar medidas para mejorar la performance hasta los niveles requeridos. Si no mejora la performance, entonces se debería retirar la aprobación operacional para el tipo de aeronave. En aquellos casos en que se observa un grave error en la performance de mantenimiento de altitud, se debería retirar la aprobación de inmediato.

4.4 Disposiciones para la vigilancia de las aeronaves

4.4.1 El explotador debería elaborar un plan para participar en el programa de verificación/vigilancia de la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves.

Normalmente, este programa debería incluir la verificación de, por lo menos, una parte de las aeronaves del explotador mediante un sistema independiente de vigilancia de altitud. Se considera que este programa es un elemento necesario para la implantación de la RVSM. Los programas de verificación y vigilancia tienen como objetivo principal observar y evaluar la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves, a fin de tener la certeza que los usuarios del espacio aéreo están llevando a cabo el proceso de aprobación de aeronaves y/o explotadores en forma efectiva, y que, cuando se implante la RVSM, se mantendrá la seguridad operacional. Se anticipa que la necesidad de un programa semejante disminuirá o, posiblemente, desaparecerá una vez que se tenga la certeza que el programa RVSM está funcionando de la manera esperada.

4.5 Base de datos nacional (SDB)

4.5.1 A fin de lograr una vigilancia adecuada del espacio aéreo RVSM en el plano vertical, las autoridades aeronáuticas estatales deberán mantener una SDB de todas las aprobaciones que hubieren otorgado para la realización de operaciones dentro del espacio aéreo RVSM. Los detalles acerca de la compilación y formateo de los datos y de los parámetros operacionales del sistema están en proceso de desarrollo. Idealmente, las SDBs aportarán información a la agencia regional de monitoreo en forma regular, lo cual facilitará la vigilancia táctica de la situación de aprobación de las aeronaves y la exclusión de los usuarios no aprobados. La Agencia de Vigilancia del Caribe y Sudamérica (CARSAMMA) es de autoridad regional de vigilancia para las Regiones del Caribe y Sudamérica.

4.6 Información sobre vigilancia y bases de datos en el sitio *web* de la CARSAMMA

4.6.1 *El sitio web de la CARSAMMA está en proceso de elaboración; entretanto* – El sitio *web* RVSM de la FAA contiene información actualizada sobre los requisitos y procedimientos de vigilancia y de base de datos. La dirección del sitio *web* es www.faa.gov/ats/ato/rvsm1.htm.

PARTE 5 – PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES PARA LA TRIPULACION DE VUELO

5.1 Introducción

5.1.1 Por regla general, los procedimientos operacionales para la tripulación de vuelo en el espacio aéreo RVSM no son diferentes a los que se aplican en otros espacios aéreos; sin embargo, la implantación de la RVSM puede exigir que se modifiquen algunos procedimientos, como, por ejemplo, los procedimientos de contingencia (Parte 7). Dados los requisitos en materia de seguridad operacional y el efecto que las desviaciones importantes de altitud podrían tener en los niveles de riesgo, debería advertirse a las tripulaciones que deben ejercer una mayor vigilancia para reducir al mínimo los casos de desviaciones respecto al nivel de vuelo asignado. En consecuencia, durante la instrucción de rutina, debería advertirse a las tripulaciones de vuelo acerca de la importancia de aplicar los siguientes procedimientos durante el vuelo.

5.1.1 El Apéndice 4 del Texto de Orientación Provisional de la FAA (91-RVSM) o el Folleto Provisional de Orientación - 6 de la JAA (TGL-6), que se adjuntan a este material de orientación, deberían servir de base para el desarrollo de programas de instrucción de pilotos y, de ser el caso, de despachadores para operaciones normales. El Apéndice 5 del Texto de Orientación Provisional de la FAA debería servir de base para la instrucción de pilotos y, de ser el caso, de despachadores en materia de procedimientos de contingencia para las operaciones.

5.1.2 Asimismo, los explotadores deben incluir en los programas de instrucción los procedimientos y la información relativos a la operación RVSM publicados en los NOTAM y en las Publicaciones de Información Aeronáutica de los Estados.

5.2 Procedimientos en vuelo dentro del espacio aéreo RVSM

5.2.1 Antes de ingresar al espacio aéreo RVSM, el piloto debería revisar las condiciones en que se encuentra el equipo requerido. El equipo siguiente debería estar funcionando en forma normal:

- a) dos sistemas altimétricos primarios;
- b) un dispositivo automático de mantenimiento de altitud; y
- c) un dispositivo de alerta de altitud.

5.2.2 En caso de falla de alguno de los equipos requeridos antes del ingreso de la aeronave al espacio aéreo RVSM, el piloto debería solicitar una nueva autorización para evitar volar en dicho espacio aéreo.

5.2.3 Durante el vuelo, se debería adoptar las siguientes acciones:

- a) se debería poner énfasis en el rápido reglaje de la sub-escala de todos los altímetros primarios a 29.92 pulgadasHg/1013.2 hPa al atravesar la altitud de transición, y en la verificación nuevamente del correcto reglaje del altímetro al llegar al nivel de vuelo inicial autorizado (CFL);
- b) cuando esté en crucero en vuelo horizontal, es fundamental que la aeronave se mantenga en el CFL. Esto exige especial cuidado a fin de asegurar que se entiendan bien y se acaten las autorizaciones del ATC. Salvo en caso de emergencia, la

aeronave no debería salirse intencionalmente del CFL sin una autorización positiva del ATC;

- c) durante la transición autorizada entre niveles, la aeronave no debería alejarse más de 45 m (150 ft) por encima o por debajo del viejo o del nuevo nivel de vuelo;
- d) durante el crucero en vuelo horizontal, debería haber un dispositivo de mantenimiento de altitud (AKD) operativo y activado, salvo cuando circunstancias tales como la necesidad de modificar la compensación de la aeronave o turbulencia exijan su desactivación. En todo caso, el mantenimiento de la altitud de crucero debería efectuarse tomando como referencia uno de los dos altímetros primarios;
- e) el dispositivo de alerta de altitud debería estar operativo y activado;
- f) a intervalos de una hora aproximadamente, se debería verificar los altímetros primarios en forma cruzada. Al menos dos de ellos deben coincidir dentro de un margen de 60 m (200 ft). De no respetarse esta condición, deberá declararse defectuoso el sistema altimétrico, notificándose al ATC;

Nota: Se debería considerar el uso del tercer altímetro, en caso de estar instalado, como una forma de mantener el sistema operativo. Los sistemas futuros podrán utilizar comparadores altimétricos en vez de verificaciones regulares.

- g) el transpondedor de notificación de altitud que esté en funcionamiento debería estar conectado al sistema altimétrico que se esté utilizando para controlar la aeronave;
- h) el piloto debería notificar al ATC acerca de las contingencias (fallas del equipo, condiciones meteorológicas) que afecten su capacidad de mantener su CFL y coordinar un plan de acción. Si no puede notificar al ATC y obtener una autorización del mismo antes de desviarse del CFL, el piloto debería seguir los procedimientos de contingencia establecidos que aparecen detallados en la Parte 7 para alejarse de la ruta o derrota asignada y obtener la autorización del ATC a la brevedad posible. Algunos ejemplos de fallas de equipo y condiciones meteorológicas que deberían ser notificadas al ATC son:

- i) falla de todos los AKD automáticos a bordo de la aeronave;
 - ii) pérdida de redundancia de los sistemas altimétricos, o cualquier parte de los mismos, a bordo de la aeronave;
 - iii) pérdida de empuje en un motor, haciendo necesario un descenso;
 - iv) cualquier otra falla del equipo que afecte la capacidad de mantener el CFL; y
 - v) una turbulencia más que moderada.
- i) Los pilotos deberían utilizar la frase "RVSM IMPOSIBLE DEBIDO EQUIPO" para indicarle al ATC que la aeronave no cumple los requisitos para operar dentro del espacio aéreo designado para operaciones RVSM.

Nota: La Parte 7 contiene los procedimientos de contingencia específicos para las tripulaciones de vuelo y los controladores.

5.3 Puntos en los que se debe poner especial énfasis: instrucción de las tripulaciones de vuelo

5.3.1 Los programas de instrucción de las tripulaciones de vuelo deberían poner énfasis en los siguientes puntos:

- a) conocimiento y comprensión de la fraseología ATC normalizada utilizada en cada área de operaciones;
- b) la importancia de una verificación cruzada entre los miembros de la tripulación, para asegurar el inmediato y correcto cumplimiento de las autorizaciones del ATC;
- c) uso y limitaciones de precisión de los altímetros de reserva en casos de contingencia. De ser el caso, el piloto debería revisar la aplicación de la corrección de error de la fuente estática (SSEC) y la corrección de error de posición (PEC) mediante el uso de tarjetas de corrección;
- d) problemas de percepción visual en el avistamiento de otras aeronaves a una distancia de 300 m (1000 ft) de separación vertical bajo condiciones nocturnas, ante la presencia de luces septentrionales, para el tránsito en direcciones opuestas y en la misma dirección, y durante giros;
- e) características de los sistemas de detección de altitud de la aeronave que pudieran dar lugar (overshoots);
- f) relación entre altimetría, control automático de altitud y sistemas de transpondedor bajo condiciones normales y anormales; y
- g) restricciones operacionales de las aeronaves (en caso de ser requeridas para el grupo específico de aeronaves) relacionadas con la aprobación de aeronavegabilidad.

5.6 Manuales y listas de verificación de operaciones

5.6.1 Se debería modificar los manuales y listas de verificación apropiados de manera que incluyan información y/u orientación sobre los procedimientos de operación normalizados y las limitaciones de error altimétrico para las verificaciones en tierra. Los manuales y listas de verificación apropiados deberían ser presentados a las autoridades para su revisión, como parte del proceso de solicitud.

PARTE 6 – PROCEDIMIENTOS ATC

6.1 Generalidades

6.1.1 La implantación de la RVSM exige:

- a) una mayor vigilancia con respecto a:
 - i) la emisión de autorizaciones a las aeronaves; y
 - ii) la verificación de la debida comprensión y cumplimiento de las autorizaciones por parte de las tripulaciones de vuelo;
- b) la adopción de medidas para enfrentar una potencial concentración de tránsito; y
- c) informar a los controladores acerca de sus responsabilidades en cuanto a las acciones a ser adoptadas:
 - i) cuando se planifica vuelos de aeronaves que se sabe carecen del equipo necesario para efectuar vuelos en espacio aéreo RVSM;
 - ii) cuando reciben información que una aeronave ha perdido la capacidad de mantener un CFL apropiado a los requisitos RVSM;
 - iii) cuando el piloto solicita información de tránsito para ayudar a aliviar posibles problemas de percepción visual;
 - iv) para salvaguardar la separación entre aeronaves cuando el piloto notifica que la capacidad del AKD ha caído por debajo de lo requerido para un espacio aéreo RVSM; y
 - v) cuando exista una diferencia de 300 ft ó más entre la altitud indicada y el CFL.

6.2 Operaciones militares

6.2.1 Se recuerda a los Estados la responsabilidad reconocida que tienen respecto al tránsito militar, como se especifica en los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea/Gestión del Tránsito Aéreo* (PANS-ATM, Doc 4444), Parte II, Sección 6. Al respecto, debe elaborarse procedimientos relativos a las operaciones aéreas militares que no satisfacen los requisitos mencionados en la Parte 3 de este documento en relación a los equipos. En dichos procedimientos, se debe especificar la manera en que las operaciones aéreas militares que no cumplen con los requisitos RVSM se deberán efectuar en dicho espacio aéreo, separándolas del tránsito aéreo que cuenta con una VSM de 1000 ft por encima del FL 290. Entre los métodos de operación aplicables, figuran:

- a) reservas provisionales de espacio aéreo;
- b) altitudes por bloques;
- c) rutas especiales exclusivas para aeronaves militares; y
- d) rutas especiales para aeronaves militares que requieran una VSM de 2000 ft por encima del FL 290.

6.3 Confirmación de la situación de aprobación

6.3.1 Una responsabilidad secundaria de las autoridades ATS consiste en establecer verificaciones de rutina de la situación de aprobación de las aeronaves que pretenden operar en espacio aéreo RVSM. Esta responsabilidad se satisface de la siguiente manera:

- a) examinando a fondo los planes de vuelo ATS;
- b) reteniendo las autorizaciones ATC para las operaciones que no cumplen con los requisitos del espacio aéreo.

6.3.1.1 Los proveedores de ATS que estén en condiciones de hacerlo pueden también ampliar la verificación de manera que incluya:

- a) verificaciones cruzadas con la base de datos central; y
- b) el cuestionamiento de los explotadores que no cumplen con los requisitos del espacio aéreo.

6.4 Vigilancia táctica del espacio aéreo RVSM Excluyente

6.4.1 El controlador deberá verificar la situación de la aprobación RVSM de la aeronave si el piloto solicita operar en espacio aéreo RVSM y el sufijo del equipo de a bordo no indica que la aeronave esté aprobada. Si el piloto no confirma que la aeronave cuenta con la aprobación del Estado, entonces, salvo en una situación de emergencia, el controlador no emitirá una autorización para operar en espacio aéreo RVSM.

6.4.2 Los proveedores de ATS deberán brindar información a la CARSAMMA sobre los vuelos que no se realizan en espacio aéreo RVSM.

PARTE 7 – PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA PARA PILOTOS Y CONTROLADORES

7.1 Objetivo

7.1.1 El siguiente material tiene por objeto brindar orientación al piloto y al controlador de tránsito aéreo en cuanto a las acciones a ser adoptadas bajo ciertas condiciones de falla de equipo y de turbulencia. Se reconoce que el piloto y el controlador utilizarán su criterio para determinar las acciones más apropiadas en una determinada situación. El material de orientación reconoce que, para ciertas fallas de equipo, el curso de acción más seguro podría ser que la aeronave continúe en espacio aéreo RVSM mientras el piloto y el controlador adoptan medidas cautelares para proteger la separación. Sin embargo, para los casos extremos de fallas de equipo, el curso de acción más seguro podría ser que la aeronave abandone el espacio aéreo RVSM, obteniendo una autorización revisada del ATC o, si no puede obtener la autorización previa del ATC, ejecutando la maniobra de contingencia especificada en los Procedimientos Suplementarios Regionales (Doc 7030 de la OACI) para abandonar la ruta o derrota asignada. Se ha desarrollado procedimientos de desviación de derrota para su publicación en el Doc 7030 de la OACI. Estos procedimientos son únicamente aplicables a las aeronaves que operan en un sistema organizado de derrotas (OTS).

7.1.2 Además de las condiciones de emergencia que requieren un descenso inmediato, como la pérdida de empuje o de presurización, se deberá informar al ATC acerca de las condiciones menos explícitas que hacen imposible que una aeronave mantenga su CFL mientras se encuentra en espacio aéreo RVSM. Los controladores deben reaccionar ante tales condiciones, pero no se puede especificar cuáles deben ser estas acciones, ya que dependerán de las condiciones dinámicas del momento.

7.2 Responsabilidad del piloto al mando

7.2.1 De ninguna manera deberá entenderse que la siguiente orientación sobre procedimientos de contingencia menoscaba la autoridad y la responsabilidad que, en última instancia, tiene el piloto al mando por la segura operación de la aeronave.

7.3 Falla de los AKD automáticos (e.g., mantenimiento de altitud en piloto automático)

	El piloto debería	El controlador debería
Inicialmente	<p>mantener el CFL y</p> <p>evaluar la capacidad de la aeronave de mantener la altitud mediante control manual</p>	
Posteriormente	<p>estar alerta al tráfico en conflicto, tanto visualmente como a través del ACAS, en caso de contar con dicho equipo</p> <p>si lo considera necesario, alertar a las aeronaves cercanas, utilizando al máximo las luces exteriores y difundiendo su posición, nivel de vuelo e intenciones en los 121.5 MHz (como respaldo, se puede utilizar la frecuencia VHF aire-aire entre pilotos)</p> <p>notificar al ATC acerca de la falla utilizando la frase "RVSM IMPOSIBLE DEBIDO EQUIPO", así como del curso de acción que pretende adoptar. Entre los posibles cursos de acción, figuran:</p> <ul style="list-style-type: none"> mantener el CFL, siempre y cuando la aeronave pueda mantener el nivel; solicitar autorización al ATC para ascender por encima o descender por debajo del espacio aéreo RVSM, en caso que la aeronave no pueda mantener el CFL, y el ATC no pueda establecer una separación lateral, longitudinal o vertical convencional; o ejecutar la maniobra de contingencia del Doc 7030 para desviarse de la derrota y altitud asignadas si no puede obtener la autorización del ATC y la aeronave no puede 	<p>averiguar la intención del piloto y transmitir información esencial sobre el tránsito</p> <p>si el piloto tiene intenciones de continuar en espacio aéreo RVSM, evaluar la situación del tránsito para determinar si se puede dar cabida a la aeronave brindando separación lateral, longitudinal o vertical convencional y, en ese caso, aplicar la separación mínima apropiada</p> <p>si el piloto solicita autorización para salir del espacio aéreo RVSM, darle las facilidades de inmediato, de ser posible</p> <p>si no se puede establecer una separación adecuada y no es posible satisfacer la solicitud del piloto de autorizarlo a salir del espacio aéreo RVSM, proporcionar al piloto información esencial sobre el tránsito, notificar a las otras aeronaves cercanas y continuar</p>

	mantener el CFL	vigilando la situación notificar a las instalaciones/sectores ATC adyacentes acerca de la situación
--	-----------------	--

7.4 Pérdida de redundancia de los sistemas altimétricos primarios, si el sistema altimétrico restante funciona normalmente

El piloto debería	El controlador debería
Si el sistema altimétrico restante funciona normalmente, acoplar dicho sistema al sistema automático de control de altitud, notificar al ATC acerca de la pérdida de redundancia y mantenerse alerta al mantenimiento de la altitud	reconocer la situación y continuar vigilando su desarrollo

7.5 Todos los sistemas altimétricos primarios fallan, o no son considerados confiables

El piloto debería	El controlador debería
<p>mantener el CFL, tomando como referencia el altímetro de reserva (si la aeronave cuenta con dicho equipo)</p> <p>alertar a las aeronaves cercanas, utilizando al máximo las luces exteriores y difundiendo su posición, nivel de vuelo e intenciones en los 121.5 MHz (como respaldo, se puede utilizar la frecuencia VHF aire-aire entre pilotos)</p> <p>considerar declarar una emergencia. Notificar al ATC acerca de la falla y del curso de acción que pretende tomar, utilizando la frase "RVSM IMPOSIBLE DEBIDO EQUIPO". Entre los posibles cursos de acción, figuran:</p> <p>mantener el CFL y la ruta, siempre y cuando el ATC pueda proporcionar la separación lateral, longitudinal o vertical convencional</p> <p>solicitar al ATC autorización para ascender por encima o descender por debajo del espacio aéreo RVSM, si el ATC no puede establecer una separación adecuada con las otras aeronaves</p> <p>ejecutar la maniobra de contingencia del Doc 7030 para desviarse de la derrota y altitud asignadas si no puede obtener la autorización del ATC</p>	<p>evaluar la situación del tránsito a fin de determinar si se puede acomodar a la aeronave brindando separación lateral, longitudinal o vertical convencional y, de ser así, aplicar la separación mínima apropiada</p> <p>si no se puede brindar la separación, proporcionar al piloto información esencial sobre el tránsito, y preguntarle acerca de sus intenciones</p> <p>si el piloto solicita autorización para salir del espacio aéreo RVSM, darle las facilidades de inmediato, de ser posible</p> <p>en caso de no poder dar la autorización para que la aeronave salga del espacio aéreo, proporcionar al piloto información sobre el tránsito, alertar a las aeronaves cercanas y vigilar la situación</p> <p>notificar a las instalaciones/sectores ATC adyacentes acerca de la situación</p>

7.6 Los altímetros primarios difieren en más de 200 ft

El piloto debería
tratar de identificar el sistema defectuoso mediante los procedimientos establecidos para la detección de fallas y/o comparando las lecturas del altímetro primario con el altímetro de reserva (corregidas con las tarjetas de corrección, de ser necesario)
si se puede identificar el sistema defectuoso, acoplar el sistema altimétrico que está operativo al AKD y proceder según 7.4 arriba
si no se puede identificar el sistema defectuoso, seguir las indicaciones del párrafo 7.5 arriba en relación a la falla o lecturas no confiables en todos los altímetros primarios.

7.7 Turbulencia (más que moderada) que, en opinión del piloto, afectará la capacidad de la aeronave de mantener el CFL

El piloto debería	El controlador debería
estar alerta al tránsito en conflicto, tanto visualmente como a través del ACAS, en caso de contar con dicho equipo	
alertar a las aeronaves cercanas, utilizando al máximo las luces exteriores y difundiendo su distintivo de llamada, posición, nivel de vuelo, naturaleza y severidad de la turbulencia e intenciones en los 121.5 MHz (como respaldo, se puede utilizar la frecuencia VHF aire-aire entre pilotos)	
<p>notificar al ATC acerca del curso de acción que pretende adoptar. Entre los posibles cursos de acción, figuran:</p> <p>mantener el CFL y la ruta, siempre y cuando el ATC pueda proporcionar separación lateral, longitudinal o vertical convencional</p> <p>de ser necesario, solicitar cambio de nivel de vuelo</p> <p>ejecutar la maniobra de contingencia del Doc 7030 para abandonar la derrota y nivel de vuelo asignados si no puede obtener la autorización del ATC y la aeronave no puede mantener el CFL</p>	<p>evaluar la situación del tránsito a fin de determinar si puede acomodar a la aeronave brindando separación lateral, longitudinal o mayor separación vertical y, de ser así, aplicar la separación mínima apropiada</p> <p>si no se puede brindar la separación, proporcionar al piloto información esencial sobre el tránsito, preguntarle acerca de sus intenciones, notificar a las otras aeronaves cercanas y vigilar la situación</p> <p>notificar a las instalaciones/sectores ATC adyacentes acerca de la situación</p> <p><i>Nota: En base a esta información, el proveedor ATS debería considerar la suspensión de las operaciones RVSM</i></p>

7.8 Falla del transpondedor

El piloto debería	El controlador debería
notificar al ATC antes de ingresar a un espacio aéreo donde normalmente se requiere un transpondedor	adoptar las acciones establecidas por el Estado proveedor.

7.9 Condiciones meteorológicas

7.9.1 Las condiciones meteorológicas pueden causar turbulencia que puede perjudicar la precisión de mantenimiento de altitud. Si una aeronave informa acerca de turbulencia más que moderada y se encuentra dentro de un rango de 5 minutos de otra aeronave con una separación vertical de 1000 ft, el ATC tratará de establecer una separación de 2000 ft, haciendo que una de las dos aeronaves ascienda o descienda.

7.9.2 Cabe señalar que cualquier instalación ATC puede solicitar un aumento de la separación mínima como resultado de condiciones meteorológicas adversas, lo cual podría resultar en la suspensión temporal de la RVSM en áreas escogidas del espacio aéreo RVSM.

PARTE 8 - VIGILANCIA DE LA PERFORMANCE DEL SISTEMA

8.1 Generalidades

8.1.1 El siguiente material tiene como objeto brindar orientación sobre la vigilancia de la operación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica. La vigilancia 1) garantizará que el nivel del riesgo de colisión no exceda el TLS regional, y 2) permitirá evaluar el cumplimiento de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud por parte de las aeronaves (ver la sección 2.2). La información recolectada por la agencia de monitoreo será uno de los factores que los encargados de tomar decisiones tomarán en cuenta al momento de determinar si se están alcanzando las metas generales de seguridad operacional aplicables al espacio aéreo RVSM del Caribe y Sudamérica.

8.1.2 El criterio de seguridad operacional en las Regiones del Caribe y Sudamérica es que se debe cumplir con el TLS de cinco accidentes fatales en 10^9 horas de vuelo (que representa el riesgo debido a la pérdida de separación vertical por cualquier causa).

8.1.3 Los errores de mantenimiento de altitud que generan riesgo de colisión pueden dividirse en dos categorías: errores técnicos y desviaciones importantes de altitud. Los errores técnicos se deben a imprecisiones en el equipo de mantenimiento de altitud de la aeronave: ASE y FTE. Las desviaciones importantes de altitud se deben a:

- a) errores operacionales (la aeronave se encuentra a un nivel de vuelo que no es el asignado, debido a errores en el bucle ATC-piloto y a autorizaciones incorrectas);
- b) eventos de contingencia de la aeronave que ocurren en situaciones en que el piloto, en un inicio, no puede seguir los procedimientos de contingencia normales y se ve forzado a descender a través de niveles de vuelo antes de desviarse de la derrota;
- c) condiciones meteorológicas a grandes alturas, y
- d) avisos de resolución del TCAS.

8.1.4 A menudo, las aeronaves en el espacio aéreo del Caribe y Sudamérica son controladas mediante la aplicación de una separación de procedimiento, estando la vigilancia por parte del ATC restringida a los informes de posición del piloto en los puntos de recorrido. En consecuencia, las desviaciones importantes de altitud contribuyen al riesgo de colisión total en forma más significativa que en un ambiente con vigilancia radar. Se ha elegido un TLS que toma en cuenta el riesgo proveniente tanto de los errores técnicos como de las desviaciones importantes de altitud.

8.1.5 A fin de asegurar que no se exceda el TLS, es necesario vigilar, inicialmente, tanto la ocurrencia de errores verticales como ciertos valores de los parámetros del CRM; otros parámetros del CRM deberían ser vigilados constantemente. Muchos de los valores de los parámetros utilizados en el CRM están basados en un horizonte de planificación de aproximadamente 10 años, y requieren una vigilancia periódica.

8.1.6 Los parámetros del CRM pertenecen a dos grupos, desde el punto de vista de los requisitos de vigilancia. El primer grupo comprende tres parámetros que son críticos para la evaluación de la seguridad operacional, en el sentido que el riesgo real en el espacio aéreo varía en proporción a las variaciones en sus valores. El primer parámetro es la proporción de tiempo que las aeronaves están nominalmente separadas por 1000 ft en superposición vertical y es una medida de la performance de mantenimiento de altitud de la población total de aeronaves. Se denomina "probabilidad de superposición vertical" y se representa como $P_v(1000)$. El segundo es

una medida del número de encuentros de aeronaves por hora de vuelo, y se denomina "frecuencia de encuentro". El tercero es una medida de la performance de mantenimiento de altitud, denominado "probabilidad de superposición lateral" y que se representa como $P_y(0)$.

8.1.7 El segundo grupo de parámetros del CRM es menos exigente, ya sea porque el CRM es relativamente insensible a sus valores, o porque no se espera que cambien sustancialmente a lo largo del horizonte de planificación de este documento. Luego de su evaluación inicial, deberían ser reevaluados periódicamente, a fin de verificar que sus valores reflejan el sistema de espacio aéreo RVSM vigente.

8.1.8 Cabe resaltar que los requisitos de vigilancia, especialmente la medición del TVE, fueron establecidos a un nivel riguroso que resultaba apropiado para una aplicación inicial en la primera región donde se implantó la RVSM. Como resultado de ese trabajo inicial y en base a los datos recolectados y a la experiencia operacional adquirida, es posible aplicar requisitos de vigilancia algo menos rigurosos en otras regiones donde se introduce la RVSM como parte de un proceso de implantación mundial. Por ejemplo, algunos de los explotadores y tipos de aeronaves que utilizan el espacio aéreo RVSM en las Regiones NAT, EUR y Asia/PAC también operan en las Regiones del Caribe y Sudamérica. Los requisitos de vigilancia para estos explotadores deberían reducirse considerablemente.

8.1.9 Es importante recordar que todas las medidas que, en conjunto, constituyen o sirven para verificar la performance de mantenimiento de altitud de una aeronave desempeñan un papel dentro del concepto de vigilancia que se aplicará a lo largo de la vida de la aeronave y contribuyen a reducir el riesgo. Las medidas incluyen:

- a) el requisito de que la aeronave esté equipada de acuerdo a lo establecido en la MASPS RVSM;
- b) los procedimientos iniciales de instalación, las pruebas y, en caso necesario, las verificaciones en vuelo del equipo altimétrico de la aeronave;
- c) el cumplimiento de los procedimientos de aprobación de aeronavegabilidad por parte del Estado;
- d) el cumplimiento de los requisitos de mantenimiento de la aeronavegabilidad;
- e) el cumplimiento de los procedimientos ATC; y
- f) el cumplimiento de los procedimientos operacionales previos al vuelo y en vuelo.

8.1.10 Todas las medidas arriba indicadas han sido abordadas en las partes pertinentes de este material de orientación. No obstante, estas medidas no constituyen una indicación directa del cumplimiento del criterio general de seguridad operacional. Esto se puede lograr, únicamente, mediante una vigilancia independiente de la performance del sistema.

8.2 Modelo de riesgo de colisión (CRM)

8.2.1 El método utilizado para evaluar el riesgo de colisión del sistema en las Regiones del Caribe y Sudamérica será el mismo al utilizado en la determinación original de la factibilidad de la RVSM, el CRM de Reich. Este modelo combina factores del sistema operacional, mediante elementos probabilísticos y determinísticos, para generar un estimado del riesgo promedio de colisión a largo plazo de las aeronaves en el sistema. Para la dimensión vertical, el enunciado del modelo se divide en seis partes. La parte 1 se aplica al nivel de vuelo; la parte 2 se aplica a las aeronaves que descienden atravesando distintos niveles de vuelo; la parte 3 se aplica a las aeronaves que utilizan un nivel de vuelo incorrecto; la parte 4 se aplica a las rutas convergentes; la parte 5 se aplica a los vuelos en formación; y la parte 6 se aplica a las aeronaves alineadas verticalmente durante todo el cruce a niveles de vuelo adyacentes. Cada una de las 6 partes del

modelo de riesgo de colisión para la dimensión vertical aparecen en el Apéndice B.

8.3 Vigilancia y evaluación de los parámetros de la especificación del CRM

8.3.1 A fin de garantizar que el riesgo de colisión en las operaciones RVSM de las Regiones del Caribe y Sudamérica no exceda el TLS regional, los parámetros del CRM deben ser vigilados y evaluados en forma constante.

8.4 Errores técnicos de vigilancia y desviaciones importantes de altitud para evaluar la $P_z(1000)$

8.4.1 El TLS de 5.0×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo para operaciones RVSM acordado para las Regiones del Caribe y Sudamérica exige una evaluación de la probabilidad de superposición vertical ($P_z(1000)$) del sistema total. Para ello, se deberá notificar y evaluar la duración de todos los errores importantes en el plano vertical. Además de los errores técnicos detectados mediante el sistema de vigilancia de altitud (es decir, el TVE, ASE y AAD), también es necesario informar acerca de las desviaciones importantes de altitud.

8.4.2 La evaluación del TVE es esencial para evaluar la $P_z(1000)$. Por consiguiente, la precisión con la que se mida el TVE constituye una preocupación importante. Se puede medir el TVE comparando la altitud geométrica de la aeronave, medida a través de un HMU o GMS o cualquier otro sistema apropiado, con la altitud geométrica de su nivel de vuelo asignado, medida a través de un modelo meteorológico apropiado. La precisión de la medición del TVE deber ser tal que el error medio sea 0 ft y la desviación característica del error no exceda 50 ft.

8.4.3 Estos datos medidos del TVE son fundamentales para el proceso de vigilancia. Se requiere grandes cantidades de estos datos TVE para obtener inferencias del proceso de vigilancia con un alto nivel de confianza. La Parte 2 de este documento describe un proceso para apoyar la introducción de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica en base a los datos de vigilancia.

8.4.4 Las desviaciones importantes de altitud pueden dividirse en cuatro tipos principales:

- a) errores operacionales (errores de bucle ATC-piloto y autorizaciones incorrectas);
- b) contingencias relacionadas con la aeronave;
- c) desviaciones ocasionadas por efectos meteorológicos; y
- d) desviaciones ocasionadas por avisos de resolución del TCAS

8.4.5 Es probable que los errores operacionales harán que las aeronaves vuelen a múltiplos enteros de la norma de separación con respecto a su nivel correcto. Debido a los prolongados intervalos entre informes de posición y a los métodos de comunicación utilizados, los errores operacionales contribuyen al riesgo de colisión total mucho más que en un espacio aéreo con un control de tránsito aéreo basado en la vigilancia radar y en sistemas de comunicaciones directas. Los cálculos basados en las ocurrencias de errores verticales importantes de ese tipo reportados en la Región NAT indican que éstos son los que más contribuyen al riesgo de colisión. Por lo tanto, es muy importante calcular la contribución que hacen estos tipos de errores a la probabilidad de superposición vertical. La información sobre estos tipos de eventos se obtiene a través de los informes del ATC y del piloto. Es vital que las notificaciones de todos los errores operacionales sean enviadas por los Estados proveedores a la agencia regional de monitoreo.

8.4.6 El riesgo del sistema es directamente proporcional al total del tiempo de vuelo de la aeronave en un nivel de vuelo incorrecto. El cálculo de tales eventos será uno de los elementos clave para determinar si el sistema cumple o no con el TLS, utilizando los métodos matemáticos

y estadísticos apropiados.

8.4.7 Las fuentes de datos para calcular el tiempo que las aeronaves pasan en un nivel de vuelo incorrecto incluirán los informes enviados por las autoridades ATC y las aerolíneas a la agencia regional de monitoreo, así como los resultados de ejercicios especiales de recolección de datos en que se utilicen sistemas de vigilancia apropiados.

8.4.8 Las contingencias podrían representar un riesgo especialmente importante en espacio aéreo oceánico debido a la falta de vigilancia y al uso de comunicaciones indirectas. Los procedimientos de contingencia están diseñados para reducir estos riesgos al mínimo, pero es importante incluirlos en el análisis general. Si se sigue los procedimientos arriba indicados, el riesgo de colisión con otra aeronave debería quedar reducido a un mínimo en la mayoría de los casos. No obstante, es posible que la naturaleza de la emergencia sea tal que la aeronave se vea obligada a descender a través de uno o más niveles antes de poder desviarse de su derrota original. Es este descenso a través de niveles potencialmente ocupados lo que más contribuye al riesgo de colisión. Para poder evaluar el riesgo, el informe de contingencias que se exige de los pilotos debería incluir la cantidad de niveles transitados antes de empezar a desviarse de la derrota.

8.4.9 Las desviaciones meteorológicas incluyen los efectos de la turbulencia de aire y también podrían incluir eventos más inusuales tales como los efectos de las nubes de polvo volcánico. Esta categoría sólo incluye las desviaciones involuntarias ocasionadas por condiciones externas; los efectos de las desviaciones resultantes del evitamiento deliberado de condiciones meteorológicas adversas, etc., pueden ser determinados de la misma manera que para las contingencias.

8.4.10 Cuando una aeronave ingresa a aire turbulento, como el que existe dentro de los sistemas de tormentas, su capacidad de mantenimiento de altitud puede deteriorarse considerablemente. Esto puede generar desviaciones con respecto al nivel de presión correcto, que, en algunos casos, pueden ser de más de 1000 ft. Obviamente, este tipo de desviación puede aumentar el riesgo de colisión y la magnitud del riesgo será mayor si las normas de separación son menores. Será necesario vigilar y examinar continuamente la incidencia de las desviaciones causadas por turbulencia, a fin de asegurar que el riesgo asociado con tales eventos no sea excesivo.

8.4.11 El TCAS es un sistema anticolidión de a bordo exigido por algunos Estados para las aeronaves comerciales de gran tamaño. Por consiguiente, un alto porcentaje de aeronaves que operan en las Regiones del Caribe y Sudamérica está equipado con TCAS. El TCAS puede proporcionar avisos de tránsito (TA) y avisos de resolución (RA) cuando existe una separación normalizada en un ambiente RVSM. Es necesario evaluar la cantidad exacta y tipo de los TA y RA.

8.4.12 Si la magnitud de la desviación de altitud es significativa, es importante incluir el evento que da lugar a un RA del TCAS en el proceso de riesgo de colisión. En el espacio aéreo RVSM de las Regiones del Caribe y Sudamérica, el TCAS sólo emitirá RA auténticos como resultado de una de las categorías de desviación de altitud ya descritas (o como resultado de una desviación lateral). Por otro lado, los RA leves generalmente solicitarán al piloto que regrese la aeronave a su nivel original. Normalmente, los RA del TCAS no añadirán un riesgo “no justificado” al sistema, aunque, muy ocasionalmente, el TCAS puede ocasionar una pérdida de separación como resultado de un RA inapropiado. Por lo tanto, será necesario considerar cada evento del TCAS en forma individual.

8.5 Vigilancia de la $P_z(1000)$

8.5.1 Existen dos métodos para calcular la $P_z(1000)$. En el primer método, se deriva una función de densidad de probabilidad analítica directamente de la proporción de TVEs de una

magnitud dada, mediante modelos de distribución estadística, la cual es luego utilizada para derivar un estimado de la $P_z(1000)$. El segundo método consta de dos partes. En la primera parte, de la proporción de ASEs de una determinada magnitud, se deriva funciones de densidad de probabilidad analítica para cada tipo de aeronave, y luego se vuelven a combinar en las proporciones que se encuentran estos tipos de aeronaves en vuelo horizontal dentro del espacio aéreo del Caribe y Sudamérica. En la segunda parte, de los datos de la AAD y de las desviaciones importantes de altitud que no involucran desviaciones de aeronaves en niveles de vuelo incorrectos, se deriva funciones de densidad de probabilidad analítica. Luego, se combina numéricamente el modelo de distribución estadística del conjunto de ASEs con la función de densidad de probabilidad analítica de los datos de la AAD y las desviaciones importantes de altitud para generar una distribución estadística del TVE, la cual se utiliza luego para derivar un estimado de la $P_z(1000)$. La ventaja del primer método es que utiliza directamente los datos del TVE obtenidos de la vigilancia. La ventaja del segundo método es que elimina parte del sesgo de muestreo que podría ser introducido por el proceso de vigilancia, y que utiliza fuentes de desviaciones importantes de altitud que están fuera de las zonas de cobertura de la vigilancia de altitud.

8.6 Pronóstico de ocupación (frecuencia de encuentros) de aeronaves RVSM previa a la implantación de la RVSM

8.6.1 Una vez implantada la RVSM, se obtendrá valores estimados de la ocupación o frecuencia de encuentros, en base a un programa de muestreo de las operaciones vigentes. No obstante, durante la Fase de Verificación, se necesita un método para pronosticar la ocupación (o frecuencia de encuentros) en un ambiente con una VSM de 1000 ft, a fin de evaluar el riesgo de colisión esperado en un ambiente RVSM.

8.6.2 Los análisis de la RVSM para la Región NAT fueron realizados en base a un Modelo computarizado de Asignación de Tránsito para la Región NAT (NATTAM). Se necesita una simulación comutarizada de este tipo, desarrollada por Canadá, para predecir la futura ocupación a ser utilizada en la evaluación del riesgo de colisión previo a la implantación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica. A fin de brindar información de referencia y evaluar el alcance y capacidad del modelo de simulación que se necesita para las Regiones del Caribe y Sudamérica, el Apéndice C presenta una breve descripción del NATTAM. Las capacidades del modelo de simulación para las Regiones del Caribe y Sudamérica deberían incluir:

- a) la asignación de rutas, niveles de vuelo y horarios de vuelo;
- b) los volúmenes y patrones de tránsito;
- c) la estructura del espacio aéreo y del sistema de derrotas;
- d) concentración del tránsito hacia las derrotas y niveles de vuelo preferidos por los explotadores de aeronaves; y
- e) cálculo de la ocupación vertical y la frecuencia de encuentros.

8.6.3 Otra fuente de datos para el modelo de simulación que podría ser utilizada para perfeccionar la asignación de vuelos, la concentración hacia las derrotas principales y la resolución de conflictos podría ser el análisis de los cambios ocurridos en la Región NAT antes y después de la implantación de la RVSM.

8.6.7 Además de las capacidades de la simulación de la Región NAT, la simulación de las Regiones del Caribe y Sudamérica deberá poder pronosticar la frecuencia de cruce de derrotas en el ambiente RVSM.

8.7 Vigilancia de la frecuencia de encuentro de aeronaves luego de la implantación de la RVSM

8.7.1 La frecuencia de encuentro de aeronaves que vuelan en el mismo sentido, en sentidos opuestos o en derrotas convergentes en las Regiones del Caribe y Sudamérica será evaluada mensualmente por la agencia regional de monitoreo, utilizando datos del tráfico proporcionados por las autoridades ATC. Debido a que las Regiones del Caribe y Sudamérica tienen un mayor nivel de tráfico en rutas convergentes, es necesario evaluar la frecuencia de cruce de derrotas en las intersecciones de ruta. Se prevé que el nivel de frecuencia de encuentros seguirá siendo considerablemente inferior al utilizado para derivar la performance de mantenimiento de altitud de la aeronave en la especificación de performance del sistema global.

8.8 Vigilancia de la probabilidad de superposición lateral

8.8.1 La probabilidad de superposición lateral ($P_y(0)$) es la probabilidad que tienen dos aeronaves que nominalmente se hallan en la misma derrota de hallarse a una distancia lateral no mayor de (la envergadura promedio de las aeronaves) entre sí. El valor de este parámetro depende de la precisión de navegación lateral y envergadura de las aeronaves en la región. Cuanto mayor la precisión de navegación o la envergadura, mayor será la probabilidad de superposición lateral. Para los cálculos del riesgo de colisión vertical, se utiliza los errores de las aeronaves *que ingresan* al océano para determinar $P_y(0)$. Se espera que la desviación característica en estos errores sea menor que la observada en los errores de aeronaves *que salen* de la Región Asia/Pacífico, pero su utilización garantiza que el riesgo de colisión vertical promedio no será subestimado. La forma de la distribución utilizada para modelar la performance de navegación en la región principal también afecta el valor de $P_y(0)$.

8.8.2 Debido a que una mejor precisión de mantenimiento de la trayectoria lateral, si todos los otros factores permanecen constantes, aumenta el riesgo de colisión resultante de la pérdida de una separación vertical de 1000 ft, la agencia regional de monitoreo examinará periódicamente los errores de cruce de derrotas en el espacio aéreo, en base a los datos proporcionados por las autoridades ATS. La especificación de performance global de mantenimiento de altitud para el TVE fue desarrollada asumiendo una precisión de navegación lateral con una desviación característica de 0.3 NM. Las autoridades deberían reconocer que los cambios en la precisión de mantenimiento de la trayectoria lateral de las aeronaves tienen un efecto directo sobre el CRM y deberían efectuar revisiones periódicas para evaluar los efectos que podrían tener cambios obligatorios o de otra índole en el equipo de navegación de la aeronave.

8.9 Vigilancia de los demás parámetros del CRM

8.9.1 Los demás parámetros del CRM en el espacio aéreo RVSM de las Regiones del Caribe y Sudamérica son la velocidad promedio de las aeronaves, la velocidad relativa entre aeronaves y la longitud, ancho y altura promedio de las aeronaves. Como se ha mencionado anteriormente, o el riesgo de colisión en vuelo es relativamente insensible a los valores de estos parámetros, o no se prevé que los valores cambien de manera significativa en el horizonte de planificación del presente documento. La vigilancia intensiva de los valores de los citados parámetros no debería ser necesaria una vez calculados inicialmente. La agencia regional de monitoreo debería estar consciente de la importancia relativa de los mismos en el proceso 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.

8.9.2 Todos los parámetros relacionados con las características físicas de las aeronaves pueden ser calculados en base a observaciones directas del sistema. Las dimensiones de las aeronaves ($\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$) se obtienen utilizando la envergadura, longitud y altura de los distintos tipos de

aeronave. Luego, se calcula los valores medios para la población de aeronaves en las Regiones del Caribe y Sudamérica, utilizando ponderaciones basadas en la frecuencia de encuentros realizados por cada uno de los tipos.

8.9.3 La velocidad aerodinámica absoluta promedio de la aeronave ($\overline{|V|}$) se obtiene utilizando las velocidades autorizadas de las aeronaves que operan en la región. La precisión de este cálculo está determinada por el tamaño de la muestra utilizada. Para calcular la velocidad relativa absoluta promedio paralela a la derrota ($\overline{|\Delta V|}$), se utiliza datos sobre pares de aeronaves en niveles adyacentes. Como ocurre con la velocidad aerodinámica promedio, la precisión de este cálculo depende del tamaño de la muestra.

8.9.4 La velocidad relativa absoluta promedio perpendicular a la derrota ($\overline{|\dot{y}|}$) se evalúa utilizando los datos radar sobre las aeronaves que salen del sistema del Caribe y Sudamérica. Se espera que este parámetro se mantenga bastante estable con el transcurso del tiempo, cambiando sólo gradualmente con la introducción de nuevos sistemas de navegación con una performance significativamente mejor.

8.9.5 En teoría, se debería determinar la velocidad vertical relativa absoluta promedio ($\overline{|\dot{z}|}$) para pares de aeronaves que han perdido toda separación vertical. En la práctica, es improbable que se observe una pérdida total de separación vertical. Por lo tanto, el valor se calcula indirectamente en base a mediciones radar de la precisión de las velocidades relativas para pares de aeronaves con distintas desviaciones, y haciendo la extrapolación con respecto a la norma de separación vigente.

8.9.7 Actualmente, la determinación de los otros parámetros λ_{xz} (igual) y λ_{zx} (opuesto) para la longitud de la trayectoria en el modelo de riesgo de colisión para aeronaves en descenso deberá hacerse mediante simulación para las aeronaves de las Regiones del Caribe y Sudamérica.

8.10 Vigilancia y evaluación del cumplimiento de la performance del sistema

8.10.1 Una vez monitoreados los parámetros del CRM, se puede evaluar el sistema para determinar si cumple con las restricciones impuestas por los requisitos de performance ya sean globales o regionales. Es importante recordar la diferencia entre los requisitos de performance del sistema global y regional. Los requisitos de performance del sistema global se aplican únicamente al mantenimiento de altitud de las aeronaves y están diseñados para su aplicación a nivel mundial. En tal sentido, las restricciones en materia de mantenimiento de altitud y performance lateral de las aeronaves están diseñadas para ser más rigurosas que las requeridas para el cumplimiento a nivel regional, mientras que las restricciones globales con respecto a los valores de ocupación se supone serán menos rigurosas que los valores regionales (dando cabida a la amplia gama de ocupaciones regionales previstas a nivel mundial).

8.10.2 Los requisitos de performance del sistema regional se aplican a las desviaciones verticales resultantes de todas las causas. No obstante, se espera que los requisitos regionales oceánicos de mantenimiento de altitud serán menos severos que los requisitos globales, ya que 1) las ocupaciones pueden ser muy inferiores a los valores utilizados para derivar los requisitos globales (como se prevé dentro del espacio aéreo oceánico) y 2) la performance lateral no alcanza los niveles de diseño utilizados para los requisitos globales.

8.11 Performance del sistema regional

8.11.1 El cumplimiento del TLS regional se determina desde dos puntos de vista. Una perspectiva se obtiene calculando directamente el riesgo del sistema, reemplazando cada uno de los cálculos de los parámetros en las ecuaciones de riesgo de colisión que aparecen en el

Apéndice B. La aplicación de esta perspectiva generará un solo valor estimado del riesgo de colisión, y ofrece una medida que puede ser comparada con el TLS. Sin embargo, está sujeta a la incertidumbre impuesta por cada uno de los cálculos de los parámetros.

8.11.2 Otra perspectiva se obtiene evaluando si se está cumpliendo con el TLS en forma altamente confiable en términos estadísticos. Esta perspectiva se puede usar para pronosticar si se cumplirá con el TLS en un ambiente RVSM o para determinar si se está cumpliendo con el TLS una vez implantada la RVSM. Esta perspectiva no requiere un estimado del parámetro $P_z(1000)$ del CRM. Sin embargo, depende de la confirmación de que la MASPS --la cual está diseñada para generar un riesgo insignificante debido al ASE para las aeronaves aprobadas para operar en un ambiente RVSM-- está funcionando y que el riesgo debido a contingencias es insignificante.² Este proceso se basa en un método de evaluación del riesgo con muestreo secuencial. Este método compara las desviaciones importantes de altitud reales, incluyendo los errores operacionales y los errores técnicos de vuelo, para poder determinar, con un alto nivel de confianza, si el sistema está cumpliendo con el TLS, si el sistema no está cumpliendo con el TLS o si se necesita más datos.

8.11.3 La evidencia obtenida del método de evaluación del riesgo con muestreo secuencial, tanto para la implantación de prueba a corto plazo como para el año 2005, será utilizada para demostrar si existe un alto grado de confianza en que se cumplirá con el TLS de 5×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo en el ambiente RVSM o si se requiere vigilancia adicional de los errores de mantenimiento de altitud (excluyendo el ASE y las contingencias).

8.12 Performance del sistema global

8.12.1 Además del requisito que establece que la performance del sistema total debe cumplir con el TLS general, el proceso de vigilancia servirá para verificar que la flota de aeronaves que vuela en espacio aéreo RVSM cumple con la especificación de performance del sistema global de la que se derivaron la MASPS RVSM (ver también el párrafo 2.2 anterior).

8.12.2 Debido a que la especificación de performance de posición del sistema global y, especialmente, la $P_z(1000)$ de 1.7×10^{-8} , fueron utilizadas para derivar las especificaciones de performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves, las cuales están expresadas como requisitos con respecto al TVE, este aspecto del programa de vigilancia sólo incluye los errores resultantes del incorrecto funcionamiento del equipo.

8.12.3 Hay dos métodos que se utilizan para evaluar el cumplimiento de los requisitos globales de mantenimiento de altitud por parte del TVE. Un método calcula directamente la proporción de TVEs de una determinada magnitud, mediante modelos de distribución estadística, y compara los resultados con los requisitos globales del TVE, y el otro método evalúa el cumplimiento de la MASPS.

8.13 Vigilancia y evaluación del cumplimiento de la MASPS

8.13.1 Con una medición del TVE y una diferencia simultánea entre la altitud notificada automáticamente en Modo C y el nivel de vuelo asignado o AAD, será posible desarrollar un estimado del ASE de una aeronave como la diferencia entre su TVE y AAD. Será importante derivar los valores del ASE para las células y para los tipos de aeronaves para evaluar los valores que conforman el TVE, es decir, el ASE y la AAD.

8.13.2 La MASPS fue diseñada para que el TVE resultante, medido en base a los valores que conforman el ASE y la AAD, genere una $P_z(1000)$ insignificante. Para evaluar el cumplimiento

² El trabajo del RGCSP sugiere que el riesgo es insignificante cuando está, aproximadamente, dos órdenes de magnitud por debajo del TLS.

de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud, se verificará las premisas básicas utilizadas en la derivación de la MASPS, y se vigilará la performance de los valores que conforman el ASE y la AAD en comparación con los requisitos de la MASPS (ver el párrafo 3.1.2). El Apéndice D describe la evaluación del ASE y la AAD para cumplir con la MASPS.

8.14 Evaluación de la seguridad operacional de las operaciones RVSM en el Caribe y Sudamérica

8.14.1 Los parámetros del espacio aéreo derivados de los procedimientos de vigilancia arriba descritos permiten evaluar el riesgo de colisión en el sistema, comparándolo con el TLS regional. También se puede evaluar la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves y compararla con los requisitos de la especificación de performance global de mantenimiento de altitud descritos en el párrafo 3.1.3 del presente documento.

8.14.2 Antes de la implantación de la RVSM en las Regiones del Caribe y Sudamérica, se usará técnicas matemáticas y estadísticas para brindar información detallada acerca de la performance de pronóstico del sistema en términos del riesgo de colisión y la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves. Luego de la implantación de la RVSM, se continuará vigilando los parámetros del CRM y evaluando la performance del sistema a fin de identificar y corregir rápidamente cualquier tendencia adversa.

8.14.3 Durante el período de verificación y después de la implantación, se utilizará la tabulación de detalles para brindar información pormenorizada sobre el pronóstico de datos de cuasicolisión, informes de cuasicolisión en vuelo o cualquier otra fuente similar de información del sistema en relación al riesgo de colisión y la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves.

8.15 Responsabilidades de la agencia regional de monitoreo

8.15.1 El monitoreo será llevado a cabo por la agencia regional de monitoreo, e incluirá el monitoreo de la precisión de mantenimiento de altitud y de los errores verticales. Las tareas adicionales son las siguientes:

- a) transferir y cotejar los datos sobre la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves obtenidos de otras agencias de monitoreo;
- b) recibir notificaciones de los sistemas de vigilancia de altitud sobre las desviaciones de altitud cuyos valores sean iguales o superiores a los siguientes criterios:
 - i) TVE : 300 ft;
 - ii) ASE : 245 ft; ó
 - iii) AAD : 300 ft;
- c) recibir notificaciones de los Estados proveedores sobre los detalles de los errores operacionales y desviaciones importantes de altitud identificados en la región;
- d) tomar las medidas necesarias con el Estado o explotador pertinente a fin de:
 - i) determinar la causa probable de la desviación de altitud; y
 - ii) verificar la situación de aprobación del explotador pertinente;
- e) recomendar, cuando sea posible, medidas correctivas;

- f) analizar datos con el objeto de detectar tendencias de desviaciones de altitud y adoptar las medidas indicadas en d) ;
- g) efectuar las compilaciones de datos necesarias con el objeto de:
 - i) investigar la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves en la parte central de la distribución;
 - ii) establecer una base de datos (o introducir datos adicionales) sobre la performance de mantenimiento de altitud de:
 - a) la población de aeronaves;
 - b) los tipos o categorías de aeronaves; y
 - c) las células tomadas individualmente;
 - iii) brindar datos adicionales sobre la performance de mantenimiento de altitud que se requieran para llevar a cabo los estudios que se considere necesarios. Tales estudios podrían incluir el análisis del FTE en el espacio aéreo, basado en el examen de los registros de los datos de vuelo;
- h) recolectar datos sobre todos los vuelos que ingresan a la región desde todos los Estados proveedores. Estos datos deberían incluir los números de matrícula de las aeronaves a fin de facilitar la verificación de la situación de aprobación tomando como referencia una base de datos de los usuarios aprobados;
- i) vigilar el nivel de riesgo de colisión como consecuencia de errores operacionales y técnicos y procedimientos de emergencia de la manera siguiente:
 - i) establecer un mecanismo para recibir todos los informes sobre desviaciones de altitud de 90 m (300 ft) o más ocasionadas por los mencionados errores y/o procedimientos;
 - ii) determinar, de ser posible, la causa fundamental de la desviación, así como su magnitud y duración;
 - iii) calcular la frecuencia de sucesos;
 - iv) evaluar el nivel de riesgo en el ambiente RVSM;
 - v) comparar el nivel de riesgo debido a errores operacionales con el nivel experimentado en el ambiente de 600 m (2000 ft); e
 - vi) iniciar medidas correctivas;
- j) mantener una base central de datos sobre los usuarios aprobados, e iniciar verificaciones sobre la “situación de aprobación” de las aeronaves que operan en el ambiente RVSM en cuestión; y
- k) distribuir informes mensuales sobre todas las desviaciones relacionadas con el mantenimiento de altitud, así como los gráficos y tablas necesarios para ilustrar la relación estimada entre el riesgo del sistema y el TLS.

8.15.2 La Agencia de Monitoreo del Caribe y Sudamérica (CARSAMMA) es el organismo de vigilancia en las Regiones del Caribe y Sudamérica. La CARSAMMA tiene la responsabilidad de recolectar, cotejar y difundir los datos relacionados con la performance de navegación.

Además, actúa como punto focal para las notificaciones sobre desviaciones de 300 pies o más. Si bien existe un procedimiento formalizado y universalmente acordado para manejar los errores graves de navegación (GNE), aún no existe un procedimiento oficial semejante para manejar las desviaciones de altitud. Por lo tanto, durante y después de la fase de verificación de la RVSM, la agencia regional de monitoreo, además de sus tareas existentes, tendrá las siguientes responsabilidades:

- a) iniciar la verificación de la situación de aprobación de las aeronaves que operan en el ambiente RVSM, mediante una vigilancia táctica del espacio aéreo;
- b) mantener una base de datos sobre las aeronaves aprobadas para operar en espacio aéreo RVSM, incluyendo detalles de la performance observada a través del GMS;
- c) mantener una base de datos sobre las aeronaves “inobservantes”, recopilada de todas las fuentes de vigilancia;
- d) mantener cualquier otra base de datos que fuera necesaria para vigilar el TLS en relación a los criterios de performance de mantenimiento de altitud observada;
- e) tomar las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de las metas mínimas de vigilancia de aeronaves;
- f) hacer el seguimiento e iniciar la investigación de las desviaciones de altitud que excedan una magnitud predeterminada, y recomendar acciones correctivas; y
- g) preparar informes de rutina y difundir los datos de vigilancia, según se requiera.

8.16 Objetivos del sistema de vigilancia de altitud

8.16.1 Para poder recomendar un sistema de vigilancia, primero fue necesario definir las metas generales de vigilancia. Luego de revisar la información y los datos recolectados en los programas de estudios verticales, se asumió que, para fines de planificación, el ASE para las células individuales permanecería invariable por un período de dos años. Por lo tanto, los principales objetivos del período de verificación fueron la caracterización de la performance con respecto al ASE de las células que serán utilizadas en las Regiones del Caribe y Sudamérica para operaciones RVSM, y la confirmación de la estabilidad del ASE. La estabilidad del ASE sigue siendo evaluada mediante la vigilancia de las aeronaves en la Región NAT y en otros espacios aéreos RVSM.

8.16.2 En base a la premisa anterior, fue posible establecer los objetivos del programa de vigilancia y analizar cómo se podría alcanzar dichos objetivos. En primer lugar, el objetivo final sería la realización de un censo completo de las células. Por lo tanto, el sistema de vigilancia debería estar diseñado para que, en principio, pueda llevar a cabo dicho censo en el lapso de un año. Debido a que un censo completo constituye una meta poco práctica para la fase de verificación, la Región NAT acordó los siguientes objetivos mínimos. Estos objetivos también deberían permitir la recolección de suficiente información sobre la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves que operan en las Regiones del Caribe y Sudamérica:

- a) medir suficientes células como para garantizar que un mínimo de 90% de los vuelos realizados en un año en las Regiones del Caribe y Sudamérica serán realizados por aeronaves que hayan sido vigiladas por lo menos una vez;

- b) vigilar no menos de 60% de todas las células aprobadas según la MASPS RVSM, por lo menos una vez durante la fase de verificación, a través del proceso de vigilancia de la RVSM en el Caribe y Sudamérica;
- c) realizar, por lo menos, un censo de los tipos de aeronaves aprobados según la MASPS RVSM;
- d) realizar, por lo menos, un censo de los tipos de aeronaves aprobados según la MASPS RVSM, por cada explotador comercial; y
- e) medir la mayor cantidad posible de aeronaves de la aviación general internacional (IGA) aprobadas según la MASPS RVSM, y no menos de 80% de la población total de dichas aeronaves. Se debería hacer un esfuerzo extraordinario por realizar un censo de las aeronaves IGA aprobadas según la MASPS RVSM.

8.16.3 Es posible que un análisis de los explotadores y tipos de aeronaves que operan en el espacio aéreo del Caribe y Sudamérica revele que muchas aeronaves ya han sido materia de vigilancia mientras operaban en el entorno RVSM de la Región NAT, y que ahora es posible lograr el objetivo de un censo de las aeronaves que tiene intenciones de operar en el entorno RVSM del Caribe y Sudamérica. En ese caso, se debería modificar las metas de vigilancia para aumentar las probabilidades de realizar un censo durante el período de verificación del Caribe y Sudamérica.

8.16.4 Las metas de vigilancia de la Región NAT fueron diseñadas como objetivos mínimos con el fin de asegurar una buena muestra representativa de aeronaves que cumplen con la MASPS RVSM. Los datos obtenidos de un programa de vigilancia que cumple con estas metas serían suficientes para brindar:

- a) mayores evidencias de la estabilidad del ASE;
- b) orientación sobre la eficacia de la MASPS RVSM y la efectividad de las modificaciones del sistema altimétrico;
- c) la seguridad que la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves, según las mediciones de la Región NAT, se puede transferir al espacio aéreo del Caribe y Sudamérica; y
- d) confianza en el cumplimiento del TLS.

8.16.5 Las metas fueron acordadas bajo el supuesto que la performance de mantenimiento de altitud de las aeronaves cumpliría con los requisitos globales. Así, el riesgo de colisión debido a este aspecto del sistema sería una contribución muy pequeña al TLS regional. Si la performance observada es muy inferior a los requisitos globales de mantenimiento de altitud, se incrementará los requisitos mínimos de muestreo para asegurar que el TLS regional no se vea amenazado.

8.17 Descripción del sistema de vigilancia de altitud de la Región NAT

8.17.1 El sistema de vigilancia de altitud para la implantación de la RVSM en la Región NAT consistió en un sistema híbrido de vigilancia de altitud compuesto por HMUs y un GMS. El GMS estaba conformado por GMUs portátiles, estaciones de referencia GPS, acceso al Modo C e información MET, instalaciones de procesamiento posterior al vuelo y un adecuado apoyo logístico.

8.17.2 Para la aplicación de la RVSM en el espacio aéreo inicial, hubiera sido muy difícil alcanzar los objetivos de vigilancia con sólo uno de los sistemas de vigilancia propuestos - el HMU ó el GMS. Los HMUs permitieron obtener una amplia muestra de células en un corto período. Se recolectó muestras repetidas de las aeronaves individuales en el espacio RVSM de la Región NAT a lo largo de extensos períodos de tiempo para ayudar a verificar la premisa de la estabilidad del ASE y caracterizar el rango típico de ASE para una gama de tipos de aeronaves. Las aeronaves que no fueron vigiladas con el sistema HMU fueron candidatas para la vigilancia con el GMS. El GMS permitía mediciones repetidas de células de las que no se tenía la seguridad de su cumplimiento, y la concentración de la vigilancia en sub-poblaciones con una performance deficiente comprobada. Asimismo, se utilizó el GMS para obtener muestras de los explotadores y/o tipo de aeronaves que, en sus operaciones normales, no sobrevolaban el emplazamiento geográfico de un HMU.

8.17.3 Además, la limitación de la ubicación fija del HMU se veía compensada con la capacidad del GMS de acomodarse a cada aeronave. En consecuencia, un sistema combinado facilitó la realización de un censo completo, por explotador, tipo o célula. Asimismo, el costo unitario relativamente alto del HMU se vió compensado con el menor costo de un GMS complementario.

8.17.4 El volumen relativamente bajo de datos recolectados diariamente por el GMS se vio compensado con la alta tasa diaria de adquisición de datos del HMU. Mientras que la performance de una aeronave vigilada mediante el GMS puede no haber sido la típica “en ese momento”, las aeronaves vigiladas pasivamente mediante el HMU tenían más probabilidades de ser representativas de su performance normal. Los problemas administrativos y/o logísticos previstos en la operación de un GMS autónomo se vieron ampliamente reducidos gracias al aporte complementario del sistema HMU.

8.17.5 Por lo tanto, las desventajas del sistema HMU fueron mitigadas por las características del GMS y las desventajas del GMS fueron compensadas por las características del sistema HMU. Además, el sistema ofrecía ventajas independientes adicionales. La combinación de los HMU y el GMS ofrecía el mejor medio para alcanzar los objetivos de verificación y vigilancia en el entorno RVSM de la Región NAT. No obstante, se reconoció que, debido a los sistemas complementarios, ambos elementos (HMU/GMS) eran igualmente esenciales para la composición del sistema híbrido.

8.18 Descripción del sistema de vigilancia de altitud del Caribe y Sudamérica

8.18.1 No es seguro que se cuente con un sistema de emplazamiento fijo del tipo HMU en las Regiones del Caribe y Sudamérica, con lo cual se corre el riesgo de perder las ventajas del sistema híbrido de vigilancia. Si bien el tamaño de la población de explotadores y de tipos de aeronaves indica que debería poder alcanzarse las metas de vigilancia mediante el GMS, sería necesario incorporar algunas de las características del HMU en el GMS, entre las cuales figuran:

- a) mediciones repetidas de las células para asegurar la estabilidad del ASE;
- b) vigilancia constante de las aeronaves para asegurar que se mantiene la performance de mantenimiento de altitud. En los datos de la Región NAT, se encontró ASEs importantes en tres tipos de aeronaves que habían recibido la aprobación de aeronavegabilidad. Si bien se corrigió el problema en cada una de las células, aún se desconoce la causa de las fallas; y
- c) la garantía continua de que el riesgo del sistema se mantiene a un nivel inferior al TLS.