



OACI

Organización de Aviación Civil Internacional
Oficina para Norteamérica, Centroamérica y Caribe

NOTA DE INFORMACIÓN

GTE/20 — NI/04
03/11/20

Vigésima Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio (GTE/20) del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS)
En línea, 9 – 11 de noviembre de 2020

**Cuestión 2 del
Orden del Día:**

Revisión de los resultados del análisis de Grandes Desviaciones de Altitud (LHD)

2.3 Resultados del proyecto de evaluación de la seguridad operacional en el espacio aéreo de RVSM para las Regiones CAR y SAM

INFORME DE MONITOREO DE SEGURIDAD VERTICAL DEL ESPACIO AÉREO DE MIAMI OCEÁNICO, NUEVA YORK OESTE Y SAN JUAN – 2019

(Presentada por Estados Unidos)

RESUMEN EJECUTIVO

Esta Nota de Información proporciona el informe de monitoreo de seguridad vertical para el uso continuo y seguro del Mínimo de Separación Vertical Reducida (RVSM) en el espacio aéreo de Miami Oceánico, Nueva York Oeste y San Juan. La evaluación de la seguridad se ha realizado de acuerdo con la metodología respaldada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este trabajo utiliza informes de grandes desviaciones de altura (LHD) y datos de muestras de tráfico (TSD) para el año calendario 2019.

El propósito de este informe es comparar la performance real con los objetivos de seguridad relacionados con el uso continuo del espacio aéreo RVSM en Miami Oceánico, Nueva York Oeste y San Juan. Este informe contiene un resumen de los informes LHD recibidos por NAARMO para el año calendario 2019. Hay 26 eventos reportados que representan 45.5 minutos pasados a un nivel de vuelo (FL) inesperado/incorrecto durante el año calendario 2019. Este informe también contiene una estimación del riesgo de colisión vertical. La estimación del riesgo de colisión vertical para el espacio aéreo excede el valor del nivel objetivo de seguridad (TLS) de 5.0×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo.

*Objetivos
Estratégicos:*

- Seguridad Operacional

Referencias:

- Informes de grandes desviaciones de altura (LHD) en 2019
- Datos de muestra de tráfico (TSD) del 2019 de la “FAA Advanced Technologies and Oceanic Procedures (ATOP) oceanic automation system data reduction and archives (DR&A)”
- Sistema de gestión de flujo de tráfico de la FAA (TFMS)”
- Doc 9574 de la OACI
- Doc 9937 de la OACI

1. Introducción

1.1. La Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO), un servicio proporcionado por el Centro Técnico de la FAA, cumple el rol de agencia de monitoreo regional (RMA) para el uso continuo y seguro del espacio aéreo RVSM en Miami Océánico, Nueva York Oeste y San Juan.

1.2. Este espacio aéreo contiene principalmente operaciones que viajan entre América del Norte y el Caribe. La FAA de EE. UU. es el proveedor de ATS para las regiones de información de vuelo (FIR) de Miami Océánico, Nueva York y San Juan. La **Figura 1-1** muestra la localización del espacio aéreo. El RVSM se introdujo en noviembre de 2001 en este espacio aéreo. NAARMO lleva a cabo las actividades de monitoreo de seguridad del espacio aéreo para ayudar a garantizar el uso continuo y seguro del RVSM.



Figura 1-1. FIRs de Miami Océánico, Nueva York Oeste y San Juan

1.3. Este informe cubre el año calendario 2019. Dentro de este informe, el lector encontrará un resumen de los informes de grandes desviaciones de altura (LHD) recibidos por NAARMO y la estimación del riesgo de colisión vertical correspondiente. Se enviaron 26 informes de este tipo a la NAARMO para el año calendario 2019.

2. Datos de muestra de tráfico

2.1 NAARMO tiene acceso al Sistema de Gestión de Flujo de Tráfico (TFMS) de la Administración Federal de Aviación (FAA), que incluye observaciones de aeronaves en el espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan. Cada registro de movimiento de tráfico dentro de la muestra de datos TFMS contiene la fecha, la hora, la latitud, la longitud, el nivel de vuelo (FL), la identificación de vuelo de la aeronave, el tipo de aeronave, el aeropuerto de origen y el aeropuerto de destino. Los datos TFMS contienen estimaciones de posición frecuentes para cada vuelo; se proporciona una estimación de posición aproximadamente una vez por minuto.

2.2 La fuente de datos de tráfico para la FIR Nueva York Oeste son los archivos y la reducción de datos del sistema de automatización oceánica de tecnologías avanzadas y procedimientos oceánicos (ATOP) de la FAA (DR&A). Estos datos contienen todas las posiciones de aeronaves informadas, así como las comunicaciones de radio de alta frecuencia (HF) piloto-ATC y los mensajes de comunicaciones de enlace de datos de controlador piloto (CPDLC). La **Figura 2-1** muestra las localizaciones de la posición de las aeronaves dentro de la FIR Nueva York Oeste y los datos TFMS para las FIR Miami Oceánico y San Juan para el 10 de diciembre de 2019. El tráfico de Miami Oceánico y San Juan observado en los datos TFMS se combinan con los del tráfico de Nueva York Oeste observado en ATOP DR&A.

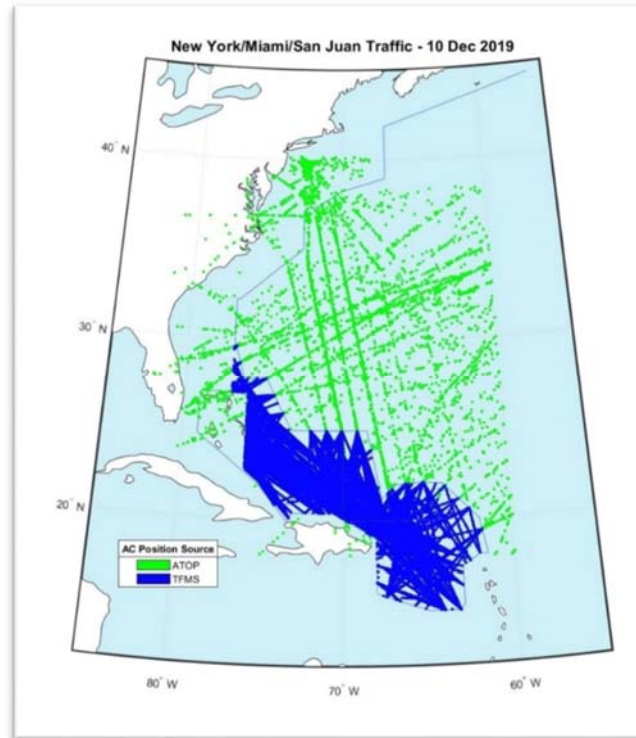


Figura 2-1. FIRs de Miami Oceánico, San Juan, y Nueva York Oeste – 10 diciembre 2019

2.3 La **Figura 2-2** muestra el número de vuelos por día en la FIR Nueva York Oeste para diciembre de 2019. Las barras verticales representan el número de operaciones de vuelo cada día observado en la muestra de datos. El número promedio de operaciones de vuelo por día observado en los datos es de 652 vuelos por día en diciembre de 2019. Esto representa un leve aumento en el número de operaciones de vuelo por día; en diciembre de 2018 este análisis mostró 593 operaciones de vuelo por día.

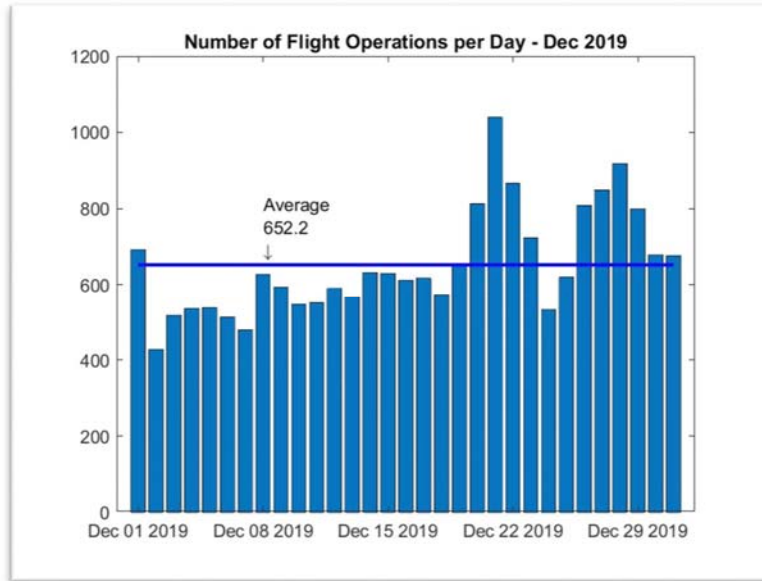


Figura 2-2. Número de operaciones de vuelo observadas por día: FIR de Nueva York Oeste diciembre de 2019

3. Desviaciones de gran altitud informadas (LHD)

3.1 La NAARMO utiliza la base de datos de Análisis e Informes Electrónicos Integrales de Datos (CEDAR) de la FAA, que contiene todos los informes de eventos que son potencialmente relacionados con la seguridad, estos provienen de varias fuentes internas de la FAA. Hubo veintiséis eventos reportados durante el año calendario 2019 revisados por el grupo de escrutinio para el espacio aéreo de Miami Oceánico, Nueva York Oeste y San Juan. El grupo de escrutinio está formado por expertos operativos de cada instalación de control de tráfico aéreo y expertos en análisis de seguridad de NAARMO. La **Tabla 3-1** contiene un resumen de todos los LHD con riesgo por mes.

Tabla 3-1. LHD con riesgo - 2019

Mes	Conteo	Duración en FL inesperado (mins)	Número de FLs inesperados cruzados
Ene-19	2	16	1
Feb-19	6	12.5	5
Mar-19	2	1.5	0
Abr-19	1	0	0
May-19	1	0	1
Jun-19	1	0.5	0
Jul-19	2	0	0
Ago-19	3	9	0
Sep-19	0	0	0
Oct-19	3	3.5	3
Nov-19	4	2	2
Dec-19	1	0.5	0
TOTAL	26	45.5	12

3.2 La revisión de escrutinio determinó una causa general para cada uno de los veinticinco informes LHD con riesgo en 2019. La **Tabla 3-2** resume los LHD reportados con riesgo categorizados por causa general. Los LHD de categoría A reportados tuvieron la mayor contribución a la duración en niveles de vuelo (FL) incorrectos en 2019.

Tabla 3-2. Informes LHD con riesgo por causa – 2019

Código de categoría LHD	Descripción de la categoría LHD	Número de LHD	Duración en FL incorrecto (minutos)	Número de FL incorrectos cruzados
A	La tripulación de vuelo falla en ascender/descender la aeronave según lo autorizado	6	18	6
B	Tripulación de vuelo ascendiendo/descendiendo sin autorización ATC	3	0	1
C	Operación incorrecta de equipos de abordaje	0	0	0
D	Error de bucle del sistema ATC; (por ejemplo, el ATC emite una autorización incorrecta o la tripulación de vuelo malinterpreta el mensaje de autorización)	5	11.5	2
E	Errores de coordinación en la transferencia de responsabilidad de control de dependencia ATC a dependencia ATC como resultado de cuestiones de factores humanos	6	2	3
F	Errores de coordinación en la transferencia de responsabilidad de control de ATC a ATC como resultado de cortes de equipo o problemas técnicos	3	5	0
G	Evento de contingencia de la aeronave que conduce a una incapacidad repentina para mantener el nivel de vuelo asignado	0	0	0
H	Fallo del equipo de a bordo que provoca un cambio de nivel de vuelo no intencionado o no detectado	0	0	0
I	Turbulencia u otras causas relacionadas con el clima	1	0	0
M	Otra - aplicación correcta del procedimiento de contingencia Wx, utilice una probabilidad de superposición vertical diferente	2	9	0
	TOTAL	26	45.5	12

3.3 En 2019 se observa una disminución en la duración del nivel de vuelo (FL) inesperado/incorrecto asociado con los LHD reportados en comparación con los dos años anteriores. Hay 105 minutos en el año 2018 y 202 minutos en el año 2017.

3.4 La **Figura 3-1** muestra la comparación en el número de informes LHD que conllevan riesgos observados en 2019 con los resultados de años anteriores por categoría LHD. El eje vertical muestra los recuentos observados dentro de cada categoría de LHD. Las categorías en las que el número de informes de riesgo había observado aumentos en 2019 fueron la falla del piloto para ascender/descender como autorizado (categoría A) y el error de bucle ATC (categoría D). Los dos LHD reportados clasificados como categoría M, Otra, involucran la aplicación correcta de procedimientos de desviación climática. En estos casos, el riesgo adicional se mide para dos aeronaves que tienen una separación vertical de +/- 300 pies durante la ocurrencia de una desviación climática.

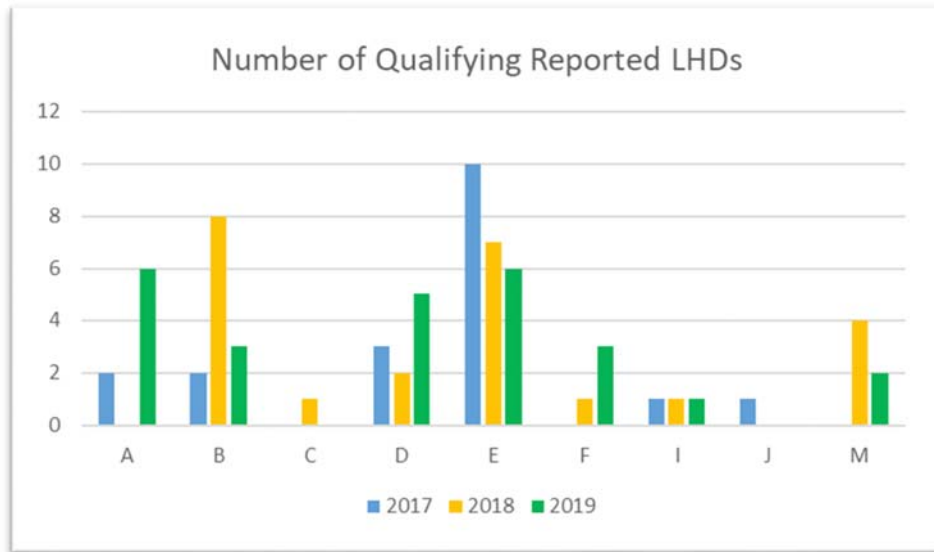


Figura 3-1. Número de LHD con riesgo notificados por código de categoría, 2017-2019

3.5 La **Figura 3-2** muestra la comparación de la duración asociada para los LHD reportados en 2019 con los resultados de años anteriores por categoría de LHD. El eje vertical muestra la suma de las duraciones informadas dentro de cada categoría de LHD. Hubo más tiempo asociado con LHD reportados que involucraron a la tripulación aérea que no pudo ascender/descender como autorizado (categoría A) en 2019 en comparación con 2018. Las categorías restantes de LHD muestran menos duración en FL incorrecto en 2019 en comparación con años anteriores.

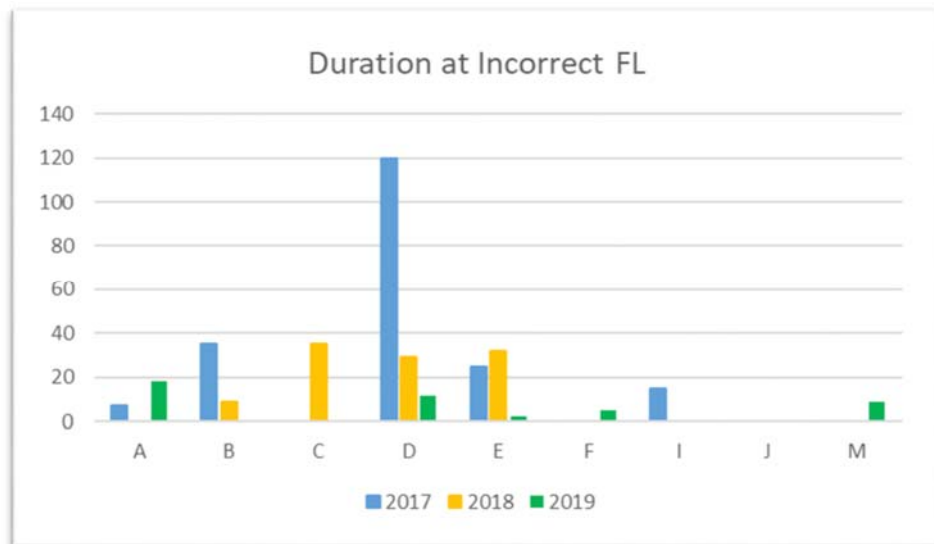


Figura 3-2. Duración en FL incorrecto (minutos) por categoría LHD, 2017 - 2019

3.6 La definición de LHD de larga duración es aquella con una duración de veinte minutos o más. No se informaron LHD de larga duración en 2019. A modo de comparación, se informó de un LHD de larga duración en 2018.

3.7 El LHD reportado con el código de categoría "I" involucró turbulencia. Este LHD reportado se atribuye al riesgo técnico, no al riesgo operativo. El piloto informó una desviación vertical de 500 pies debido a turbulencias severas. No se informó de pérdida de separación por este hecho.

3.8 Dos de los tres LHD de categoría F reportados fueron causados por errores en la coordinación automatizada. En estos casos, la aeronave viajó desde el espacio aéreo oceánico al espacio aéreo con cobertura de radar y luego regresó al espacio aéreo oceánico. El reingreso al espacio aéreo oceánico no se coordinó adecuadamente en estos sucesos. El tiempo total pasado a niveles de vuelo sin protección fue de cinco minutos. La última aparición de este problema fue en noviembre de 2019. La solución para este problema se implementó en el software de ATOP, y hasta la fecha no se han reportado ocurrencias repetidas.

3.9 Se reportaron cuatro LHD de categoría A que fueron causados por un malentendido de las autorizaciones condicionales de CPDLC. El tiempo total pasado a un nivel de vuelo incorrecto fue de diecisiete minutos. Una ocurrencia reportada representó dieciséis de los diecisiete minutos de duración. Los cuatro de estos sucesos involucraron la mala interpretación de una autorización de cambio de altitud emitida por ATC. Los siguientes conjuntos de mensajes CPDLC a veces se entienden mal:

3.9.1 UM21 - AT (time) CLIMB TO AND MAINTAIN (altitude) / *UM21 - A (hora) Ascienda Y MANTENGA (altitud)*

3.9.2 UM24 - AT (time) DESCEND TO AND MAINTAIN (altitude) / *UM24 A (hora) DESCienda Y MANTENGA (altitud)*

3.9.3 UM26 - CLIMB TO REACH (altitude) BY (time) / *UM26 - ASCIENDA PARA ALCANZAR (altitud) A LAS (tiempo)*

3.9.4 UM28 - DESCEND TO REACH (altitude) BY (time) / *UM28 - DESCienda PARA ALCANZAR (altitud) A LAS (tiempo)*

3.10 La región del Atlántico Norte (NAT) ha estudiado los sucesos notificados que implican autorizaciones condicionales. El uso de "AT" o "BY" puede resultar confuso para las tripulaciones de vuelo. La versión en inglés actual del boletín NAT OPS, OESB - Errores oceánicos, se proporciona en el Apéndice A de este informe. La sección Desviación de gran altura que comienza en la tercera página del boletín contiene definiciones e información práctica para los operadores de aeronaves que reciben autorizaciones condicionales del ATC. Las definiciones de "AT" y "BY" en el contexto de las autorizaciones de cambio de altitud se dan a continuación:

3.10.1 "BY" significa

- "Antes de pasar" cuando se refiere a una **posición**, ó
- "A más tardar de" cuando se refiere a **tiempo**.

3.10.2 "AT" significa

- "Después de pasar" cuando se refiere a una posición, ó
- "No antes de" cuando se refiere a tiempo.

3.11 Los dos LHD de categoría M reportados involucran la aplicación correcta de procedimientos climáticos/de contingencia que incurren en una vertical medible debido al cambio de nivel requerido de 300 pies o 500 pies. El cálculo del riesgo vertical operacional para estas ocurrencias implica el uso de un parámetro de probabilidad de superposición vertical diferente, $P_z(300)$ o $P_z(500)$, en lugar del habitual $P_z(0)$. La probabilidad de superposición vertical se explicará en las últimas secciones de

este informe. Hubo un total de nueve minutos en los que dos aviones estaban potencialmente separados por 300 pies para estos sucesos informados.

3.12 Los eventos LHD que conllevan riesgos operativos se dividen en dos áreas; los que ocurren dentro del espacio aéreo de Nueva York Oeste y los que ocurren dentro de las Regiones de Información de Vuelo (FIR) de Miami Océanico/San Juan y la frontera de Nueva York Oeste. La **Tabla 3-3** contiene el desglose de los eventos LHD que conllevan riesgos y las duraciones asociadas para cada área. En esta tabla hay dos filas para la FIR de Nueva York Oeste. La duración de LHD asociada con aeronaves que operan con una separación vertical potencialmente cero ($P_z(0)$) y la duración de LHD asociada con aeronaves que operan con una separación vertical nominal de 300 pies ($P_z(300)$). La última clasificación se agrega para medir el riesgo adicional asociado con la aplicación correcta del procedimiento de desviación climática.

3.13 La **Figura 3-3** muestra las localizaciones aproximadas de los LHD que conllevan riesgos en 2019. Todos los eventos de categoría E y F ocurren en un límite ATC. En la localización de los eventos de LHD informados, no hay un patrón aparente o una tendencia obvia.

Tabla 3-3. LHD reportados con riesgo operacional por área - 2019

Espacio aéreo	Número de LHD	Duración en FL inesperado (min)	Número de FL inesperados cruzados
Miami Océanico/FIRs San Juan y frontera de Nueva York Oeste	7	12	1
FIR Nueva York Oeste ($P_z(0)$)	18	24.5	11
FIR Nueva York Oeste ($P_z(300)$)	1	9	0
Total	25	45.5	12

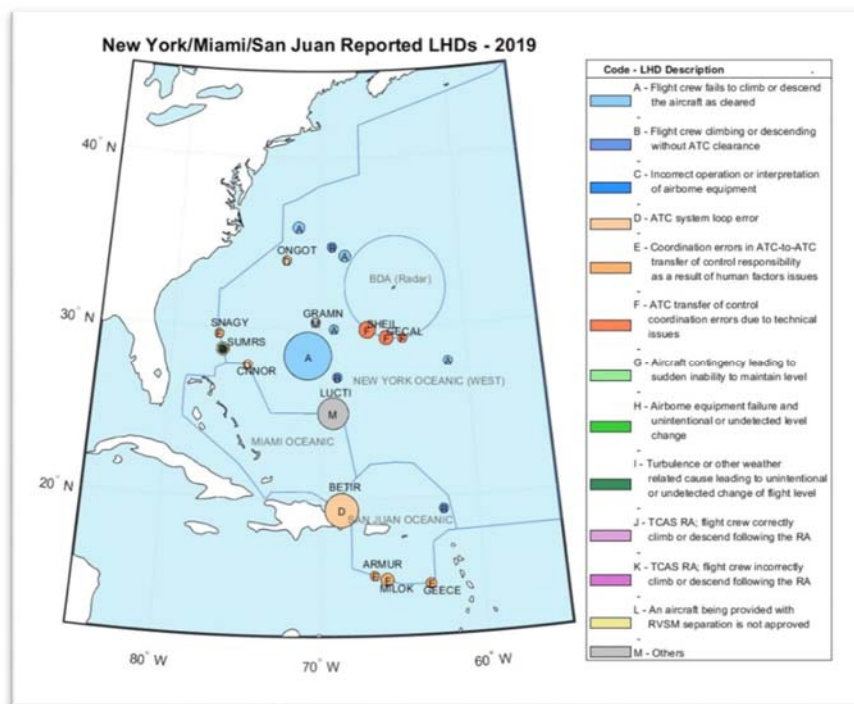


Figura 3-3. Localización aproximada de los LHD con riesgo – 2019

4. Estimación del riesgo de colisión vertical

4.1 Esta sección del documento proporciona las estimaciones de los parámetros utilizados en el modelo de riesgo vertical de la OACI. La metodología del riesgo de colisión consiste en un modelo matemático para estimar el riesgo y compararlo con el criterio de seguridad, el nivel objetivo de seguridad (TLS). La sección también proporciona información sobre las fuentes de datos utilizadas para estimar los parámetros del modelo de riesgo.

4.2 El TLS acordado internacionalmente para el estándar de separación vertical de 1 000 pies se especifica por separado para el riesgo técnico y operativo. El riesgo técnico vertical proporciona el riesgo asociado con los efectos de la turbulencia, la pérdida de retención de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema de prevención de colisiones de a bordo, además de los errores que surgen de la altimetría de la aeronave y la performance del sistema de mantenimiento de altitud. La estimación del riesgo operativo vertical proporciona el riesgo asociado con los errores operativos. El riesgo por todas las causas es la suma de las estimaciones verticales de riesgo operativo y técnico. El TLS para el estándar de separación vertical de 1 000 pies se especifica como:

- a) El riesgo de colisión por todas las causas no supera los 5 accidentes mortales en 10⁹ horas de vuelo y, simultáneamente,
- b) El riesgo de colisión debido a los sistemas de mantenimiento de altura de las aeronaves no supera los 2.5 accidentes mortales en 10⁹ horas de vuelo.

4.3 De acuerdo a los datos de tráfico de diciembre de 2019, NAARMO estima aproximadamente 519,324 horas de vuelo anuales para 2019 en el espacio aéreo de Miami Océánico, Nueva York Oeste y San Juan, donde se aplica RVSM.

4.4 La metodología aplicada en el cálculo del riesgo de colisión para el espacio aéreo divide el espacio aéreo en dos áreas. El espacio aéreo de Nueva York Oeste se considera por separado del espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan. Aunque las operaciones de la aeronave son similares en ambas áreas, la vigilancia y las comunicaciones ATC disponibles difieren. Además, existen diferencias en la fuente de datos de tráfico disponible para las dos áreas. Las estimaciones de riesgo individual para cada área se combinan para proporcionar una estimación del espacio aéreo utilizando las horas de vuelo anuales observadas dentro de cada área.

4.5 El espacio aéreo consiste en una combinación de rutas paralelas y de cruce; por lo tanto, el riesgo total se expresa como la suma de tres tipos básicos de riesgo de colisión de la siguiente manera:

$$N_{oz} = N_{oz}(same) + N_{oz}(opp) + N_{oz}(cross)$$

Los términos en el lado derecho de la ecuación representan el número esperado de accidentes por hora de vuelo de aeronave resultantes de colisiones de pares de aeronaves asignados a niveles de vuelo adyacentes en rutas donde las aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes vuelan en la misma dirección en la misma ruta, sentido opuesto en la misma ruta y en rutas de cruce independientemente de los rumbos relativos, respectivamente, debido a la pérdida de la separación vertical planificada.

4.6 Los modelos para los tres tipos diferentes de riesgo de colisión (dirección opuesta, misma dirección y rutas de cruce) tienen básicamente la misma estructura. La estimación del riesgo operacional

vertical para el tráfico en la misma dirección y en sentido opuesto se compone de dos partes: la debida al tiempo transcurrido en niveles incorrectos y la debida a niveles transitados sin autorización.

4.7 *Tipos de aeronaves observados en las FIR Miami Océánico, Nueva York Oeste y San Juan*

4.7.1 La **Figura 4-1** proporciona los 15 tipos de aeronaves principales observados en los datos de tráfico de diciembre de 2019 por horas de vuelo. Las dos fuentes de datos de tráfico se mantienen en la figura; Los datos de tráfico de Miami Océánico y San Juan se obtienen del TFMS y los datos de Nueva York Oeste se obtienen del ATOP DR&A. Los tipos de aeronaves de la **Figura 4-1** representan más del 70 por ciento del total de horas de vuelo observadas en el espacio aéreo. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Boeing 737 NGX; incluyendo el B737, B738 y B739 es el 21 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico. El Airbus A320 es el segundo avión más observado en el espacio aéreo. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Airbus 320; incluidos A319, A320 y A321, es más del 20 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico.

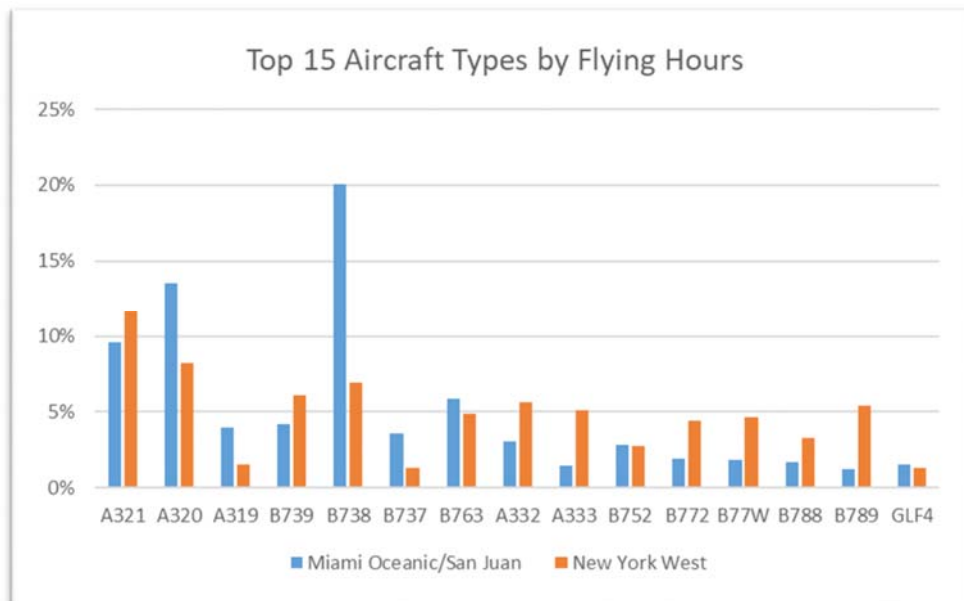


Figura 4-1. Tipos de aeronaves observados en términos de horas de vuelo en el espacio aéreo Miami Océánico/San Juan y Nueva York Oeste

4.8 *Tamaño de la aeronave*

4.8.1 Los parámetros del modelo de riesgo de colisión (CRM) relacionados con el tamaño de la aeronave son: longitud, envergadura de las alas y altura. Estos parámetros se estiman directamente a partir de los datos de TFMS y ATOP DR&A de diciembre de 2019 y las especificaciones de aeronaves relacionadas. Las dimensiones promedio se calculan utilizando las dimensiones reales del tipo de aeronave multiplicadas por la proporción del tiempo de vuelo total observado para el tipo en la muestra de tráfico. Los parámetros de CRM resultantes para la longitud, la envergadura de las alas y la altura de la aeronave se presentan en la **Tabla 4-1**.

Tabla 4-1. Estimaciones de parámetros de CRM para el tamaño de la aeronave

Espacio aéreo	Longitud λ_x (NM)	Envergadura de las alas λ_y (NM)	Altura λ_z (NM)
Miami Oceánico/San Juan	0.0230 (140 pies)	0.0206 (125 pies)	0.0069 (42 pies)
Nueva York Oeste	0.0271 (165 pies)	0.0247 (150 pies)	0.0077 (47 pies)

4.9 Frecuencias de paso vertical en la misma dirección, en dirección opuesta y en la ruta de cruce

4.9.1 Los datos de tráfico se utilizan para estimar los valores de ocupación vertical del espacio aéreo. La **Tabla 4-2** muestra las estimaciones de ocupación vertical en la misma dirección y en dirección opuesta para el espacio aéreo Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste. El valor de ocupación vertical en la misma dirección para el espacio aéreo de Nueva York Oeste para 2019 es ligeramente más bajo que el valor estimado en 2018. El valor de ocupación vertical en dirección opuesta para el espacio aéreo de Nueva York Oeste para 2019 es un 13 por ciento más alto que el valor estimado en 2018.

Tabla 4-2. Estimaciones de ocupación vertical en la misma dirección y en dirección opuesta

Espacio aéreo	Valor de ocupación vertical en la misma dirección	Valor de ocupación vertical en dirección opuesta
Miami Oceánico y San Juan	0.0372	0.0912
Nueva York Oeste	0.0345	0.0970

4.9.2 La ocupación vertical de la ruta de cruce se estima por el número de pares de aeronaves verticalmente próximos en las rutas que se cruzan en un ángulo específico, θ . Tanto las consideraciones matemáticas como la experiencia en evaluaciones de seguridad previas han establecido que la ocupación vertical estimada para pares de aeronaves en intersecciones de rutas es generalmente menor en un orden de magnitud que la de pares de aeronaves en la misma ruta en niveles de vuelo adyacentes. Por lo tanto, se espera que la estimación del riesgo de colisión para las rutas de cruce estará por debajo del riesgo de las operaciones en la misma ruta en niveles de vuelo adyacentes. El número de pares de aviones que cruzan la ruta observada en la muestra de tráfico de diciembre de 2019 del espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan fue de 5,734. Este valor, prorrateado a partir de los 31 días de muestra para el año calendario 2019, es de 67,513 pares de aviones al año.

4.10 Probabilidad de superposición vertical atribuible al rendimiento técnico de mantenimiento de altura y LHD informados

4.10.1 Se considera que el riesgo técnico RVSM surge de los efectos de la turbulencia, la pérdida de retención de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema de prevención de colisiones de a bordo, así como de errores en la altimetría de la aeronave y el desempeño del sistema de mantenimiento de altitud. Por lo tanto, la estimación de la probabilidad de superposición vertical debe tener en cuenta las contribuciones al error vertical que surgen de todas estas fuentes.

4.10.2 Las estimaciones del error del sistema altimétrico de la aeronave (ASE) se obtienen de los procesos de monitoreo de altura de la aeronave desarrollados por NAARMO. Estos procesos requieren varios conjuntos de datos, incluidos están datos meteorológicos y de altura geométrica de aeronaves. Los datos geométricos de las aeronaves se obtienen del elemento de monitoreo de altura geométrica de las aeronaves de los Estados Unidos (AGHME), de los datos de vigilancia dependiente automática - transmisión (ADS-B) o del sistema de la unidad de monitoreo GPS (GMU). El control del ASE de aeronaves es uno de los principales objetivos del proceso de aprobación RVSM estatal, el cual debe ser realizado por los operadores en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM.

4.10.3 La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes, Pz (1 000), utilizada en la estimación del riesgo técnico vertical es 1.93×10^{-9} . La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo, Pz (0), utilizada en la estimación del riesgo operacional vertical es 0.42.

4.10.4 La probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves nominalmente separados por 300 pies, Pz (300), se utiliza en la estimación del riesgo vertical operacional para sucesos específicos notificados. El procedimiento de desviación meteorológica para el espacio aéreo oceánico se revisó recientemente junto con la implementación de una separación lateral mínima reducida. Se revisaron los LHD reportados en 2019 y se determinó el tiempo transcurrido a +/- 300 pies desde un nivel de vuelo autorizado cuando la tripulación utilizó la aplicación correcta del procedimiento de desviación climática. Esta duración se separa de la duración asociada con otros sucesos notificados para tener en cuenta la diferencia en la probabilidad de superposición vertical esperada.

4.11 *Tiempo pasado en FL inesperado*

4.11.1 La proporción de tiempo de vuelo pasado en niveles incorrectos, Pi, se determina como la relación entre la cantidad de tiempo pasado en niveles incorrectos y la cantidad total de tiempo de vuelo en el espacio aéreo durante el período en que ocurrieron los eventos de nivel de vuelo incorrecto. Los LHD que asumen riesgos para el año calendario 2019 contienen 45.5 minutos de tiempo de vuelo a un nivel de vuelo inesperado.

4.11.2 La **Tabla 3-3** (de la página 9 de este documento) proporciona la duración a un nivel de vuelo inesperado/incorrecto para ambas áreas. La proporción de tiempo de vuelo transcurrido a un nivel de vuelo inesperado se estima para cada área utilizando los valores de la tabla y dividiendo por las horas de vuelo estimadas para cada área. Las horas de vuelo anuales estimadas para el espacio aéreo de Nueva York Oeste obtenidas de los datos de ATOP DR&A son 277,504 horas. Las horas de vuelo anuales estimadas para el espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan obtenidas de los datos combinados del TFMS son 313,820 horas de vuelo. Las proporciones de tiempo transcurrido a un nivel de vuelo inesperado son 2.01×10^{-6} y 6.37×10^{-7} para el espacio aéreo de Nueva York Oeste y Miami Oceánico/San Juan, respectivamente.

4.12 *Parámetros del modelo de riesgo de colisión*

4.12.1 Los parámetros individuales de los modelos, sus definiciones, estimaciones y fuentes se dan en la **Tabla 4-3**.

Tabla 4-3. Estimaciones de los parámetros del modelo de riesgo de colisión vertical

Término	Definición	Estimado	Fuente
$P_z(S_z)$	Probabilidad de que dos aeronaves separadas nominalmente por el mínimo de separación vertical S_z estén en superposición vertical.	1.93×10^{-9}	Valor utilizado en la estimación de riesgo vertical EE. UU. CONUS
$P_z(0)$	Probabilidad de que dos aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo estén en superposición vertical	0.42	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical para el espacio aéreo del Pacífico
$P_z(300)$	Probabilidad de que dos aeronaves que están nominalmente separadas por 300 pies estén en superposición vertical	0.01082	Valor determinado a través del Panel de Separación y Seguridad Aérea de la OACI (SASP)
$P_y(0)$	Probabilidad de que dos aviones en la misma ruta estén en superposición lateral	0.1	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical para el espacio aéreo del Pacífico
λ_x	Longitud promedio de la aeronave	0.0230 NM y 0.0271 NM	Estimado de los datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste
λ_y	Envergadura promedio de las alas de la aeronave	0.0206 NM y 0.0247 NM	Estimado de los datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste
λ_z	Altura promedio de la aeronave con el tren de aterrizaje retraído	0.0069 NM y 0.0077 NM	Estimado de los datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste
$E_z(\text{same})$	Ocupación vertical en la misma dirección para un par de aeronaves en niveles de vuelo adyacentes en la misma ruta	0.037 y 0.035	Estimado de los datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste
$E_z(\text{opp})$	Ocupación vertical en dirección opuesta para un par de aeronaves en niveles de vuelo adyacentes en la misma ruta	0.091 y 0.097	Estimado de los datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y Nueva York Oeste
$ \overline{\Delta V} $	Velocidad relativa absoluta promedio a lo largo de la vía entre aeronaves en rutas en la misma dirección	13 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo del Atlántico norte, Pacífico y doméstico de EE. UU.
$ \overline{V} $	Velocidad absoluta promedio de la aeronave	480 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo del Atlántico norte, Pacífico y doméstico de EE. UU.
$ \overline{\dot{y}} $	Velocidad absoluta relativa transversal promedio para un par de aeronaves nominalmente en la misma ruta	5 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo del Atlántico norte, Pacífico y doméstico de EE. UU.
$ \overline{\dot{z}} $	Velocidad vertical relativa absoluta promedio de un par de aviones que ha perdido toda la separación vertical	1.5 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo del Atlántico norte, Pacífico y doméstico de EE. UU.

Término	Definición	Estimado	Fuente
F(NY)	Horas de vuelo estimadas dentro de la FIR Nueva York Oeste	277,504	Estimado de FAA ATOP DR&A para el espacio aéreo de Nueva York Oeste
F(MS)	Horas de vuelo estimadas dentro de las FIR de Miami Oceánico y San Juan	313,820	Estimado de los datos TFMS para el espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan

5. Resultados y conclusiones

5.1 Los LHD que asumen riesgos se separan según la localización del evento. Los LHD que soportan riesgos dentro del espacio aéreo de Nueva York Oeste son aplicadas a las horas de vuelo estimadas y los valores de ocupación vertical para el espacio aéreo de Nueva York Oeste. El mismo método se aplica a los datos del espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan. La **Tabla 5-1** proporciona las estimaciones ponderadas de 2019 del riesgo vertical técnico y operativo para el espacio aéreo de Miami Oceánico, Nueva York Oeste y San Juan. La última fila de la **Tabla 5-1** contiene la suma ponderada del riesgo de las dos áreas.

Tabla 5-1. Estimaciones de riesgo vertical de 2019 para el espacio aéreo de Miami Oceánico, Nueva York Oeste y San Juan
($\times 10^{-9}$ accidentes mortales por hora de vuelo (fapfh))

Espacio aéreo	Técnico	Operational	En general
Nueva York Oeste	0.04	15.11	15.15
<i>Mismo Nivel de vuelo, $P_z(0)$</i>		<i>13.24</i>	
<i>Separación vertical nominal de 300-ft $P_z(300)$</i>		<i>1.87</i>	
Miami Oceánico y San Juan	0.04	5.56	5.60
Total	0.08	20.67	20.75

5.2 El riesgo técnico estimado en el espacio aéreo RVSM es de 0.08×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh). Esta estimación está significativamente por debajo de 2.5×10^{-9} fapfh, que es la parte del TLS establecida como objetivo de seguridad para el rendimiento técnico de mantenimiento de altura.

5.3 La estimación del riesgo vertical operacional para el espacio aéreo RVSM 20.67×10^{-9} fapfh. La suma de este valor y la estimación de riesgo técnico para el espacio aéreo es 20.75×10^{-9} fapfh, o cuatro veces mayor que el objetivo general de seguridad de 5.0×10^{-9} fapfh. Los LHD informados de categoría A contribuyen con el cincuenta y ocho por ciento del riesgo total de colisión vertical estimado, o 12.1×10^{-9} fapfh.

5.4 La contribución a la estimación del riesgo operacional vertical de la correcta aplicación del procedimiento de desviación climática se proporciona en la Tabla 5-1. En el 2019 se informaron dos LHD relacionados con la aplicación correcta del procedimiento de desviación climática con nueve minutos de duración. El riesgo vertical adicional asociado con este procedimiento se calcula como 1.87×10^{-9} fapfh.

5.5 La estimación de riesgo vertical estimado para el 2019, que se muestra en la Tabla 5-1, es más baja que las estimaciones del 2018, 2017 y 2016. Las estimaciones de riesgo vertical general en 2018, 2017 y 2016 fueron 48.1, 87.5 y 219.2 x 10-9 fapfh, respectivamente. La disminución en la estimación de riesgo vertical se atribuye a menos tiempo dedicado a niveles de vuelo inesperados. El uso de rutas bidireccionales conduce a un alto valor de ocupación vertical en dirección opuesta. La estimación del riesgo de colisión vertical es muy sensible a un valor alto de ocupación vertical en dirección opuesta.