



Vigesimotercera Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio (GTE/23) del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS)

Lima, Perú, 11 – 15 de septiembre de 2023

Cuestión 2 del

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

INFORME DE MONITOREO DE SEGURIDAD OPERACIONAL VERTICAL PARA EL ESPACIO AÉREO DE MIAMI OCEÁNICO, NEW YORK OESTE Y SAN JUAN – 2022

(Presentada por la Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO))

RESUMEN EJECUTIVO

Esta Nota proporciona el informe de monitoreo de seguridad operacional vertical para el uso seguro y continuo de la Separación vertical mínima reducida (RVSM) en el espacio aéreo de Miami oceánico, New York Oeste y San Juan. La evaluación de la seguridad operacional se ha realizado según la metodología avalada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este trabajo utiliza informes de Desviaciones de altitud importante (LHD) y datos de muestra de tráfico (TSD) para el año calendario 2022.

El propósito de este informe es comparar el desempeño real con los objetivos de seguridad operacional relacionados con el uso continuo del RVSM. Este informe contiene un resumen de los informes LHD recibidos por la NAARMO para el año calendario 2022. Hay 34 sucesos reportados que representan 91 minutos pasados en un nivel de vuelo (FL) inesperado/incorrecto durante el año calendario 2022. Este informe también contiene una estimación del riesgo de colisión vertical. La estimación del riesgo de colisión vertical para el espacio aéreo supera el valor del nivel objetivo de seguridad operacional (TLS) de 5.0×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo.

Acción:	Las acciones sugeridas se encuentran incluidas en la Sección 4.
Objetivos Estratégicos:	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad Operacional• Capacidad y eficiencia de la navegación aérea
Referencias:	<ul style="list-style-type: none">• Doc 9574 - <i>Manual sobre una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive</i>• Doc 9937 - <i>Procedimientos y métodos operacionales para los organismos regionales de vigilancia en relación con el uso de una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive</i>

1. Introducción

1.1 La Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO), un servicio delegado al Centro Técnico WJH, cumple el rol de Agencia de Monitoreo Regional (RMA) para el uso continuo y seguro del RVSM en Miami Oceánico, New York Oeste, y el espacio aéreo de San Juan.

1.2 Este espacio aéreo contiene principalmente operaciones que viajan entre América del Norte y el Caribe. La FAA de Estados Unidos es el proveedor de Servicios de tránsito aéreo (ATS) para las Regiones de información de vuelo (FIR) de Miami oceánico, Nueva York y San Juan. El RVSM fue introducido en noviembre de 2001 en este espacio aéreo. La NAARMO lleva a cabo actividades continuas de monitoreo de la seguridad operacional del espacio aéreo para ayudar a garantizar el uso seguro continuo de la RVSM.

1.3 Este informe cubre el año calendario 2022. Dentro de este informe, el lector encontrará un resumen de los informes de LHD recibidos por la NAARMO y la correspondiente estimación del riesgo de colisión vertical. Se presentaron 34 informes de este tipo a la NAARMO para el año calendario 2022.

2. Discusión

2.1 Datos de muestra de tráfico

2.1.1 NAARMO tiene acceso al Sistema de Gestión del Flujo de Tráfico (TFMS) de la Administración Federal de Aviación (FAA), que incluye observaciones de aeronaves en el espacio aéreo de Miami oceánico y San Juan. Cada registro de movimiento de tráfico dentro de la muestra de datos TFMS contiene la fecha, hora, latitud, longitud, nivel de vuelo (FL), identificación de vuelo de la aeronave, tipo de aeronave, aeropuerto de origen y 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.

2.1.2 La fuente de datos de tráfico para la FIR Nueva York Oeste son los archivos y reducción de datos (DR&A) del sistema de automatización oceánica de Tecnologías Avanzadas y Procedimientos Oceánicos (ATOP) de la FAA. Estos datos contienen todas las posiciones de las aeronaves informadas, así como las comunicaciones por radio de alta frecuencia (HF) piloto-ATC y los mensajes de comunicaciones por enlace de datos del controlador-piloto (CPDLC). La Figura 2-1 muestra las ubicaciones de las posiciones de las aeronaves dentro de la FIR New York oeste y los datos TFMS para las FIR Miami oceánico y San Juan para el 17 de diciembre de 2022. El tráfico de Miami oceánico y San Juan observado en los datos TFMS se combinan con el tráfico de Nueva York. Tráfico del oeste observado en ATOP DR&A.

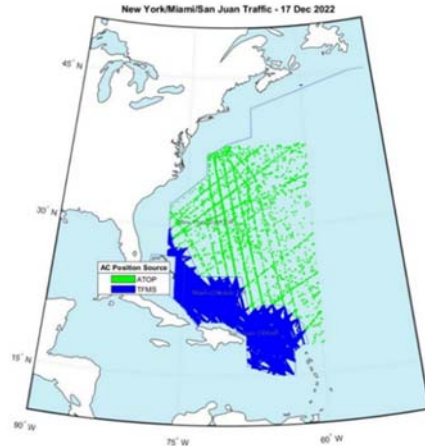


Figura 2-1 Operaciones de tráfico aéreo FIR de Miami Océanico, New York oeste, San Juan – 17 de diciembre de 2022

2.1.3 La Figura 2-2 muestra el número de operaciones de vuelo por mes para la FIR Nueva York Oeste desde el año calendario 2020 hasta mayo de 2023. Se esperan variaciones estacionales en el volumen de tránsito en el espacio aéreo. Normalmente, el período de alto tráfico en el espacio aéreo de Miami Océanico, New York oeste y San Juan comienza en noviembre y termina en abril/mayo. La Figura 2-2 muestra que para finales del año calendario 2021, los niveles de tráfico están aumentando y se observa una recuperación sostenida en el número de operaciones en los datos actuales trazados hasta mayo de 2023.

2.1.4 La Figura 2-3 muestra el número de operaciones de vuelo por día para el año calendario 2022. El número promedio de vuelos por día para el año calendario 2022 fue de 571 vuelos, lo que representa un aumento con respecto al número promedio de 448 vuelos por día observado en 2021.



Figura 2-2. FIR Nueva York Oeste, número promedio de operaciones de vuelo por día por mes – año calendario 2020 hasta mayo de 2023

2.2 Desviaciones de altura importante (LHD) reportadas

2.2.1 La NAARMO utiliza la base de datos de informes y análisis de datos electrónicos completos (CEDAR) de la FAA, que contiene todos los informes de eventos potencialmente relacionados con la seguridad operacional de varias fuentes internas de la FAA. Hubo 46 sucesos reportados revisados por el grupo de escrutinio para el espacio aéreo de Miami Oceánico, New York Oeste y San Juan. El grupo de escrutinio está formado por expertos operativos de cada instalación de control de tránsito aéreo, representantes de Estándares de vuelo y seguridad del espacio aéreo de la FAA y expertos en análisis de seguridad de NAARMO. El grupo de escrutinio se reunió virtualmente varias veces y revisó los cuarenta y seis sucesos reportados desde el año calendario 2022. El grupo de escrutinio determinó que hubo treinta y cuatro sucesos de LHD validados durante el año calendario 2022. La Tabla 2-1 contiene un resumen de todos los LHD validados por mes.

2.2.2 Los 34 informes LHD validados están tabulados por mes y se muestran en la Tabla 2-1. La Tabla 2-1 incluye el número de informes, la duración del LHD y los niveles de vuelo cruzados sin autorización por mes. La revisión del grupo de escrutinio determinó una causa general para cada uno de los 34 informes LHD validados. La Tabla 2-2 resume los LHD notificados clasificados por causa general. Uno de los treinta y cuatro LHD reportados enumerados en la Tabla 2-2 es un evento de riesgo técnico. El LHD de riesgo técnico es de categoría J, la tripulación de vuelo sigue correctamente el TCAS RA. La duración asociada y/o los niveles de vuelo cruzados para los LHD de riesgo técnico no se incluyen en el cálculo del riesgo vertical operacional y no se muestran en la Tabla 2-2. Sólo los LHD notificados clasificados como riesgo operacional y su duración asociada en FL incorrecto y el número de FL incorrectos cruzados sin autorización ATC contribuyen a la estimación del riesgo operacional de colisión vertical.

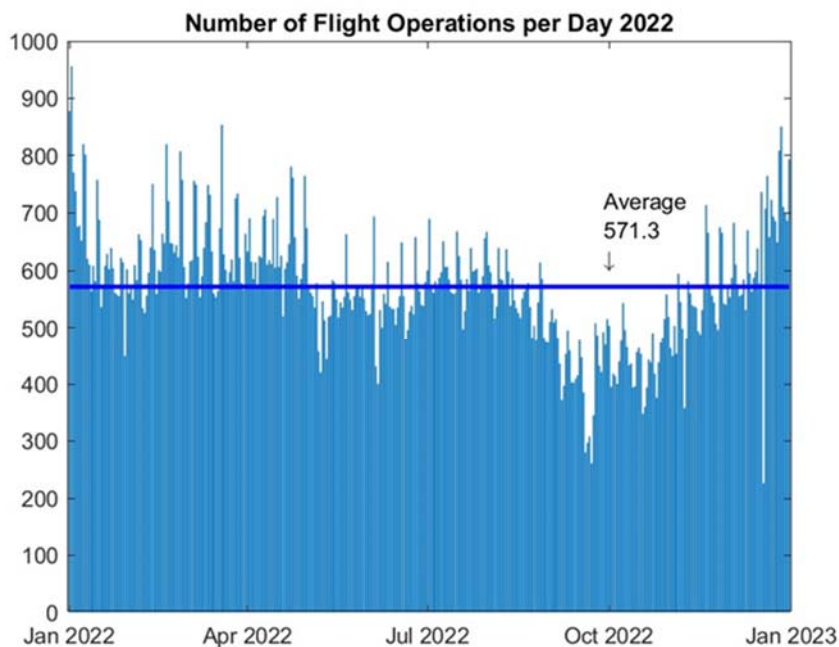


Figura 2-3. New York West FIR, Número de operaciones de vuelo por día – año calendario 2022

Tabla 2-1. LHD validados – 2022

Month	Count	Duration at Unexpected FL (mins)	Number of Unexpected FLs Crossed
Jan-22	7	3	27
Feb-22	3	0	0
Mar-22	1	0	0
Apr-22	5	3	2
May-22	1	0	0
Jun-22	2	67	0
Jul-22	1	0	0
Aug-22	1	0	0
Sep-22	4	4	1
Oct-22	2	0.5	0
Nov-22	5	13.5	2
Dec-22	2	0	2
TOTAL	34	91	34

Tabla 2-2. Informes LHD validados por causa – 2022

LHD Category Code	LHD Category Description	Number of LHD	Duration at Incorrect FL (minutes)	Number of Incorrect FLs Crossed
A	Flight crew failing to climb / descend the aircraft as cleared	3	0	2
B	Flight crew climbing /descending without ATC clearance	9	67	17
C	Incorrect operation of airborne equipment	1	0	0
D	ATC system loop error; (e.g., ATC issues incorrect clearance or flight crew misunderstands clearance message)	7	3.5	3
E1	Coordination errors (wrong FL, time, route) in the ATC-unit-to-ATC-unit transfer of control responsibility as a result of human factors issues	9	17.5	0
E2	Negative Coordination in the ATC-unit-to-ATC-unit transfer of control responsibility as a result of human factors issues	1	3	0
F	Coordination errors in the ATC-to-ATC transfer of control responsibility as a result of equipment outage or technical issues	0	0	0
G	Aircraft contingency event leading to sudden inability to maintain assigned flight level	1	0	12
H	Airborne equipment failure leading to unintentional or undetected change of flight level	0	0	0

LHD Category Code	LHD Category Description	Number of LHD	Duration at Incorrect FL (minutes)	Number of Incorrect FLs Crossed
I	Turbulence or other weather related causes – <i>contributes towards technical risk</i>	1	0	0
J	TCAS resolution advisory; flight crew correctly following the resolution advisory	1	0	0
K	TCAS resolution advisory; flight crew incorrectly following the resolution advisory	0	0	0
L	An aircraft being provided with RVSM separation is not RVSM approved (e.g. flight plan indicating RVSM approval but aircraft not approved, ATC misinterpretation of flight plan)	0	0	0
M	Other	1	0	0
TOTAL		34	91	34

2.2.3 En 2022 se observó un aumento tanto en el número de LHD reportados como en la duración pasada en el FL inesperado/incorrecto en comparación con los años anteriores. Este resultado se esperaba debido a la recuperación en curso de la pandemia de COVID-19 y el aumento asociado en la actividad de vuelos. La Figura 2-4 muestra la comparación de la cantidad de LHD validados, la duración y los niveles de vuelo cruzados sin autorización ATC para los años calendario 2017 a 2022. La cantidad de LHD reportados y la duración asociada en 2022 es comparable a la cantidad de LHD reportados durante el período previo a años de COVID.

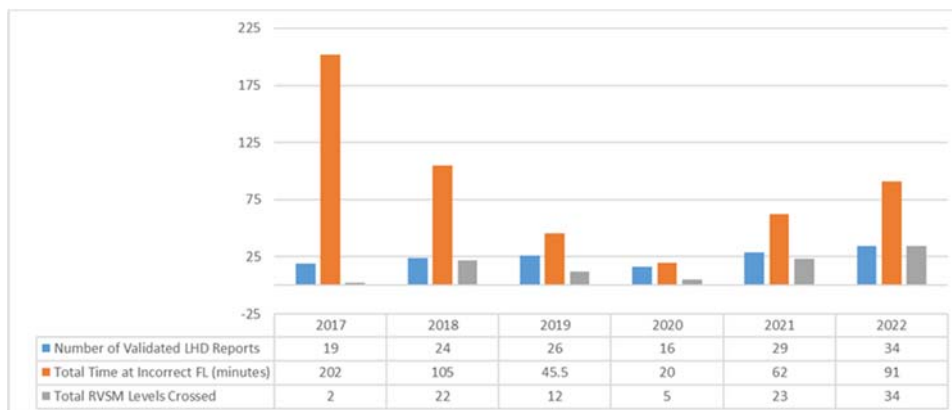


Figure 2-4. Validated LHD Reports, calendar years 2017 through 2022

2.2.4 Reportes LHD Significativos

2.2.4.1 La mayor contribución al riesgo vertical fue un evento de larga duración, superior a 20 minutos, dentro de la OCA Oeste de Nueva York. La aeronave involucrada no tenía radio de alta frecuencia (HF) en el avión. Se requiere que las aeronaves tengan una radio HF en funcionamiento en el espacio aéreo oceánico. En algún momento durante la parte oceánica del vuelo, el piloto ascendió a un nivel de vuelo (FL) no autorizado. El FL incorrecto se descubrió cuando la aeronave entró en el espacio aéreo de

vigilancia por radar. El tiempo total de vuelo dentro del espacio aéreo oceánico para este vuelo fue de 67 minutos. El tipo de operación de aeronave involucrada en este suceso fue Aviación General Internacional (IGA). Se notificó al regulador estatal correspondiente. El personal de ARTCC de Nueva York indicó un aumento en el número de aviones IGA que ingresan al espacio aéreo oceánico sin el equipo de radio adecuado. La categoría LHD asignada para este suceso es la categoría B con una categoría secundaria de “fallo de comunicación”.

2.2.4.2 Los sucesos notificados en el año calendario 2022 incluyeron muchos casos de fallas de comunicación. El LHD notificado de 67 minutos descrito anteriormente fue el único informe que implicó una desviación del nivel o ruta de vuelo autorizado. NAARMO recibió cuarenta informes de fallas de comunicación para el espacio aéreo OCA Oeste de Nueva York y Miami/San Juan que involucraban fallas de comunicación; las cifras por espacio aéreo se enumeran en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Informes de fallas de comunicación – 2022

Airspace	Number of Communication Failure Reports - 2022
Miami Oceanic/San Juan FIRs	29
New York West FIR	11
Total	40

2.2.4.3 La segunda mayor contribución al riesgo vertical provino de un suceso que duró 13 minutos. Para este LHD informado, la coordinación entre las dos unidades ATC fue exitosa; sin embargo, la unidad ATC transferida no proporcionó autorización a la aeronave para el FL coordinado. La aeronave entró en el espacio aéreo de la unidad ATC receptora en un FL diferente al coordinado y estaba en conflicto con una aeronave cercana. La unidad ATC receptora tardó 13 minutos en identificar el error y proporcionar autorizaciones a la aeronave afectada. Este suceso fue asignado a la categoría E1 con una categoría secundaria D.

2.2.4.4 Los eventos LHD que conllevan riesgo operacional se dividen en dos áreas; aquellos que ocurren dentro del espacio aéreo de Nueva York Oeste y aquellos que ocurren dentro de las Regiones de Información de Vuelo (FIR) de Miami Oceánico/San Juan y los límites de Nueva York Oeste. La Tabla 2-4 contiene el desglose de los eventos LHD operativos y las duraciones asociadas para cada área. La Figura 2-5 muestra las ubicaciones aproximadas de los LHD operativos en 2022. Las ubicaciones de los eventos de categoría E ocurren en un límite ATC.

Tabla 2-4. LHD operativos validados por área – 2022

Airspace	Number of LHD	Duration at unexpected FL (min)	Number of unexpected FLs crossed
Miami Oceanic/San Juan FIRs	20	7.5	17
New York West FIR	14	83.5	17
Total	34	91	34

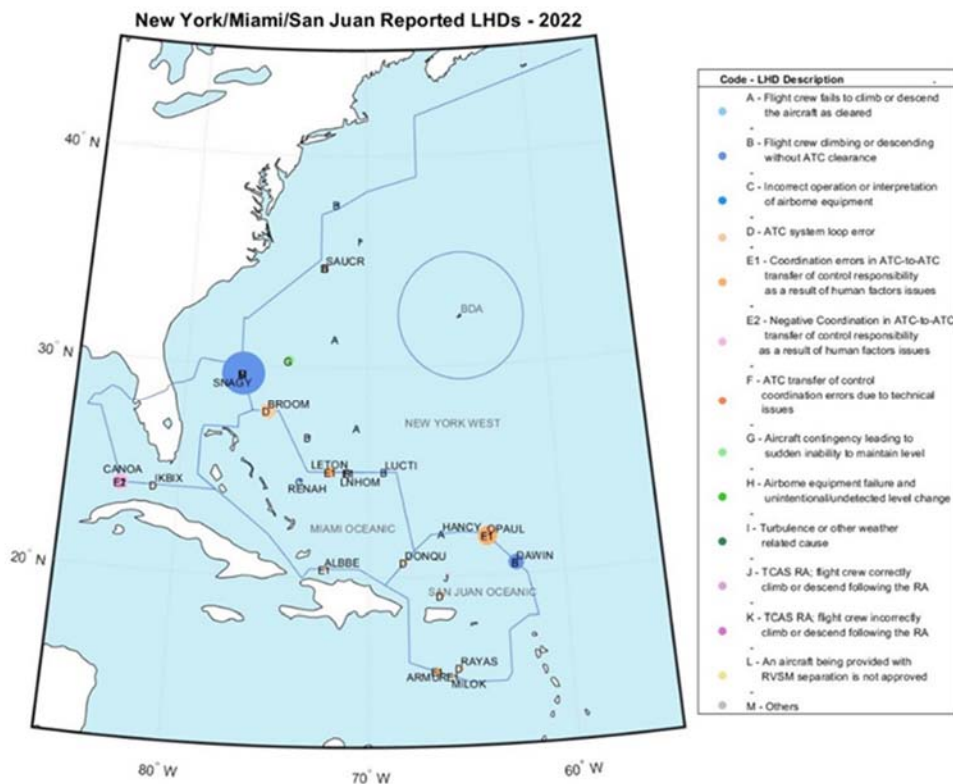


Figura 2-5. Ubicación aproximada de los LHD que conllevan riesgos – 2022

2.2.5 Estimación del riesgo de colisión vertical

2.2.5.1 Esta sección de la nota proporciona las estimaciones de 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 utilizados para estimar los parámetros del modelo de riesgo.

2.2.5.2 El TLS acordado internacionalmente para el estándar de separación vertical de 1,000 pies se especifica para riesgo técnico y operacional por separado. El riesgo técnico vertical proporciona el riesgo asociado con los efectos de la turbulencia, la pérdida de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema para evitar colisiones en el aire, además de los errores que surgen de la altimetría de la aeronave y el desempeño del sistema de mantenimiento de la altitud. La estimación del riesgo operativo vertical proporciona el riesgo asociado con 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 1000 pies se especifica como:

- el riesgo de colisión por todas las causas no supera los 5 accidentes mortales en 10^9 horas de vuelo y, simultáneamente,
- el riesgo de colisión debido a los sistemas de mantenimiento de altura de las aeronaves no supera los 2.5 accidentes mortales en 10^9 horas de vuelo

2.2.5.3 Con base en los datos de tráfico de diciembre de 2022, la NAARMO estima aproximadamente 692,857 horas de vuelo anuales para 2022 en el espacio aéreo de Miami Océánico, New York oeste y San Juan donde se aplica la RVSM. Esto representa un aumento promedio del 12 por ciento en las horas de vuelo en comparación con 2021.

2.2.5.4 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 las aeronaves son similares dentro de ambas áreas, la vigilancia y las comunicaciones ATC disponibles difieren. Además, existen diferencias en la fuente de datos de tráfico disponibles para las dos áreas. Las estimaciones de riesgo individuales para cada área se combinan para proporcionar una estimación del espacio aéreo utilizando las horas de vuelo anuales observadas dentro de cada área.

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

$$N_{az} = N_{az}(\text{igual}) + N_{az}(\text{opp}) + N_{az}(\text{cruz})$$

2.2.5.6 Los términos del lado derecho de la ecuación representan el número esperado de accidentes por hora de vuelo de aeronaves resultantes de colisiones de pares de aeronaves asignadas a niveles de vuelo adyacentes debido a la pérdida de la separación vertical planificada. Los tres términos del lado derecho se estiman a partir de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes que vuelan en la misma dirección en la misma ruta, $N_{az}(\text{misma})$, dirección opuesta en la misma ruta, $N_{az}(\text{opp})$, y en rutas cruzadas, independientemente de los títulos relativos, $N_{az}(\text{cruz})$.

2.2.5.7 Los modelos para los tres tipos diferentes de riesgo de colisión (en dirección opuesta, en la misma dirección y en rutas cruzadas) tienen básicamente la misma estructura. La estimación del riesgo operacional vertical para el tráfico en la misma dirección y en dirección opuesta se compone de dos partes: la que se debe al tiempo pasado en niveles incorrectos y la que se debe a los niveles que se transfirieron sin autorización.

2.2.6 Tipos de aeronaves observadas en las FIR Miami Océánico, New York Oeste y San Juan

2.2.6.1 La Figura 2-6 proporciona los principales tipos de aeronaves observados en los datos de tráfico de diciembre de 2022 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 provienen del TFMS y los datos de New York oeste provienen de ATOP DR&A. Los tipos de aeronaves en la Figura 2-6 representan más del 75 por ciento del total de horas de vuelo observadas en el espacio aéreo. El Airbus A320 es el avión observado con más frecuencia en el espacio aéreo del oeste de Nueva York. El Boeing B738 es el avión observado con más frecuencia en el espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan.

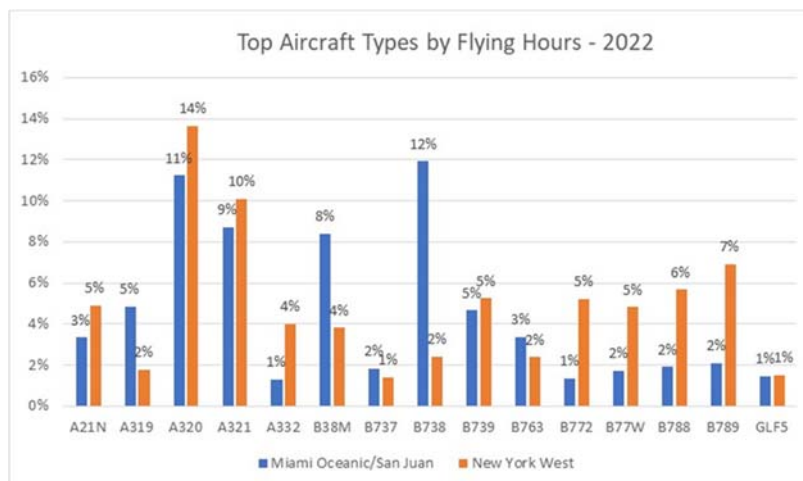


Figura 2-6. Tipos de aeronaves observados en términos de horas de vuelo en el espacio aéreo de Miami Océánico/San Juan y Nueva York Oeste - 2022

2.2.7 Tamaño de aeronaves

2.2.7.1 Los parámetros del modelo de riesgo de colisión (CRM) relacionados con el tamaño de la aeronave son: longitud, envergadura y altura. Estos parámetros se estiman directamente a partir de los datos de TFMS y ATOP DR&A de diciembre de 2022 y las especificaciones de aeronaves relacionadas. Las dimensiones ponderadas se calculan utilizando las dimensiones reales del tipo de aeronave multiplicadas por la proporción del tiempo total de vuelo observado para el tipo en la muestra de tráfico. Los parámetros CRM resultantes para la longitud, envergadura y altura de la aeronave se presentan en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5. Estimaciones de parámetros de CRM para el tamaño de la aeronave

Airspace	Length λ_x (NM)	Wingspan λ_y (NM)	Height λ_z (NM)
Miami Oceanic/San Juan	0.0223 <i>(135 ft)</i>	0.0199 <i>(121 ft)</i>	0.0066 <i>(40 ft)</i>
New York West	0.0270 <i>(164 ft)</i>	0.0249 <i>(151 ft)</i>	0.0076 <i>(46 ft)</i>

2.2.8 Frecuencias de pase vertical en la misma dirección, en la dirección opuesta y en el cruce de rutas

2.2.8.1 Los datos de tránsito se utilizan para estimar los valores de ocupación vertical del espacio aéreo. La Tabla 2-6 muestra estimaciones de ocupación vertical en direcciones iguales y opuestas para el espacio aéreo de Miami Océánico/San Juan y Nueva York Oeste en el año calendario 2022. Los datos muestran valores de ocupación vertical similares en 2022 en comparación con 2021.

Tabla 2-6. Estimaciones de ocupación vertical en dirección igual y opuesta

Airspace	Same Direction Vertical Occupancy Value	Opposite Direction Vertical Occupancy Value
Miami Oceanic and San Juan	0.0372	0.0905
New York West	0.0419	0.1044

2.2.9 Probabilidad de superposición vertical atribuible al desempeño técnico de mantenimiento de altura y LHD reportados

2.2.9.1 Se considera que el riesgo técnico RVSM surge de los efectos de la turbulencia, la pérdida de altitud mantenida y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema anticollisión de a bordo, así como de errores en la altimetría de la aeronave y en 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.

2.2.9.2 Las estimaciones del error del sistema de altimetría (ASE) y la desviación de altitud asignada (AAD) de las aeronaves se obtienen a partir de procesos de monitoreo de la altura de las aeronaves desarrollados por la NAARMO. Estos procesos requieren varios conjuntos de datos, incluidos datos meteorológicos y de altura geométrica de las aeronaves. Los datos geométricos de las aeronaves se obtienen del elemento de monitoreo de altura geométrica de las aeronaves de EE. UU. (AGHME), de los datos 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 del Estado, el cual debe ser mantenido por los operadores en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM.

2.2.9.3 La estimación de la NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes, $P_z(1000)$, 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, $P_z(0)$, utilizada en la estimación del riesgo operacional vertical es 0.42.

2.2.10 Tiempo pasado en FL inesperado/incorrecto

2.2.10.1 La proporción de tiempo de vuelo pasado en niveles incorrectos, P_i , 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 conllevan riesgos para el año calendario 2022 contienen 91 minutos de tiempo de vuelo a un nivel de vuelo inesperado.

2.2.10.2 La Tabla 2-3, proporcionada anteriormente en esta nota, proporciona la duración en niveles de vuelo inesperados/incorrectos para ambas áreas. La proporción de tiempo de vuelo pasado 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 310,102 horas. Las horas de vuelo anuales estimadas para el espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan obtenidas de los datos combinados del TFMS son 382,754 horas de vuelo. Las proporciones de tiempo pasado en un nivel de vuelo inesperado

son 2.7×10^{-4} y 1.9×10^{-5} para el espacio aéreo de Nueva York Oeste y Miami Océánico/San Juan, respectivamente.

2.2.11 Parámetros del modelo de riesgo de colisión

2.2.11.1 Los parámetros individuales de los modelos, sus definiciones, estimaciones y fuentes se dan en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Estimaciones de parámetros del modelo de riesgo de colisión vertical – 2021

Term	Definition	Estimate	Source
$P_z(S_z)$	Probability that two aircraft nominally separated by the vertical separation minimum S_z are in vertical overlap.	1.93×10^{-9}	Value used in the US CONUS vertical risk estimate
$P_z(0)$	Probability that two aircraft operating on the same flight level are in vertical overlap	0.42	Value used in the vertical risk estimates for Pacific airspace
$P_y(0)$	Probability that two aircraft on the same track are in lateral overlap.	0.1	Value used in the vertical risk estimates for Pacific airspace
λ_x	Average aircraft length.	0.0223 NM and 0.0270 NM	Estimated from Miami Oceanic/San Juan and New York West traffic data
λ_y	Average aircraft wingspan.	0.0199 NM and 0.0249 NM	Estimated from Miami Oceanic/San Juan and New York West traffic data
λ_z	Average aircraft height with undercarriage retracted.	0.0066 NM and 0.0076 NM	Estimated from Miami Oceanic/San Juan and New York West traffic data
$E_z(\text{same})$	Same-direction vertical occupancy for a pair of aircraft at adjacent flight levels on same route.	0.0372 and 0.0419	Estimated from Miami Oceanic/San Juan and New York West traffic data
$E_z(\text{opp})$	Opposite-direction vertical occupancy for a pair of aircraft at adjacent flight levels on same route.	0.0905 and 0.1044	Estimated from Miami Oceanic/San Juan and New York West traffic data
$ \overline{\Delta V} $	Average absolute relative along-track speed between aircraft on same-direction routes.	13 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{V} $	Average absolute aircraft ground speed.	480 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{\dot{y}} $	Average absolute relative cross-track speed for an aircraft pair nominally on the same route.	5 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{\dot{z}} $	Average absolute relative vertical speed of an aircraft pair that have lost all vertical separation	1.5 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates

<i>F(NY)</i>	Estimated flying hours within New York West FIR	310,102	Estimated from FAA ATOP DR&A for New York West airspace
<i>F(MS)</i>	Estimated flying hours within Miami Oceanic and San Juan FIRs	382,754	Estimated from TFMS data for Miami Oceanic and San Juan airspace

3. Resultados y conclusiones

3.1 Los LHD que asumen riesgos se separan según la ubicación del evento. Los LHD que conllevan riesgos dentro del espacio aéreo de Nueva York Oeste se aplican 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 2-8 proporciona las estimaciones ponderadas para 2022 del riesgo vertical técnico y operativo para el espacio aéreo de Miami Oceánico, New York Oeste y San Juan. La última fila de la Tabla 2-7 contiene la suma ponderada del riesgo de las dos áreas.

Tabla 2-8. Estimaciones de riesgo vertical para 2022 para Miami Oceánico, New York Oeste y el espacio aéreo de San Juan ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fafh))

Airspace	Technical	Operational	Overall
New York West	0.03	12.53	12.56
Miami Oceanic and San Juan	0.04	5.39	5.43
Total	0.07	17.92	17.99

3.2 El riesgo técnico estimado en el espacio aéreo RVSM es de 0.07×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo (fafh). 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.

3.3 La estimación del riesgo vertical operacional para el espacio aéreo RVSM 17.92×10^{-9} fapfh. La suma de este valor y la estimación del riesgo técnico para el espacio aéreo es 17.99×10^{-9} fapfh, que es mayor que el objetivo general de seguridad de 5.0×10^{-9} fapfh.

3.4 LHD reportados y riesgo vertical correspondiente

3.4.1 La mayor contribución a la estimación del riesgo vertical proviene de un LHD de categoría B notificado con una duración de 67 minutos. La estimación del riesgo asociado con esta ocurrencia es 9.6×10^{-9} fapfh, un valor que es más de la mitad de la estimación del riesgo vertical general.

3.4.2 La segunda contribución más importante a la estimación del riesgo vertical proviene de un LHD de categoría E1 con una duración de 13 minutos. La estimación del riesgo asociado con esta ocurrencia es 1.86×10^{-9} fapfh.

3.4.3 La Figura 2-7 muestra las estimaciones del riesgo vertical por categoría de LHD. La estimación del riesgo vertical asociado con los informes LHD de Categoría B es 11.05×10^{-9} fapfh; la mayor parte de este valor de riesgo vertical se atribuye a la ocurrencia de 67 minutos. La siguiente categoría más grande en términos de contribución al riesgo vertical es la categoría E1.

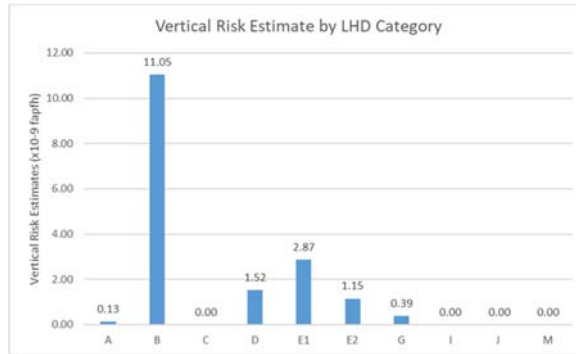


Figura 2-7. Estimaciones de riesgo vertical por categoría LHD ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))

3.4.4 La estimación del riesgo vertical para 2022, que se muestra en la Tabla 2-8, es un aumento con respecto a la estimada para el año calendario 2021, pero es comparable a las estimaciones de riesgo del período previo a la COVID (por ejemplo, 2017 – 2019). El aumento en la estimación del riesgo vertical está directamente relacionado con el aumento en el tiempo pasado en niveles de vuelo inesperados, como se muestra en la Figura 2-4. A modo de comparación, la Tabla 2-9 y la Figura 2-7 proporcionan las estimaciones de riesgo vertical para los años calendario 2017 a 2022.

Tabla 2-9. Estimaciones de riesgo vertical para Miami Océánico, New York Oeste y el espacio aéreo de San Juan ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))

Calendar Year	Technical Risk	Operational Risk	Overall Vertical Risk	TLS
2017	0.05	87.44	87.50	5
2018	0.07	48.04	48.11	5
2019	0.07	20.67	20.75	5
2020	0.07	5.61	5.68	5
2021	0.08	14.28	14.36	5
2022	0.07	17.92	17.99	5

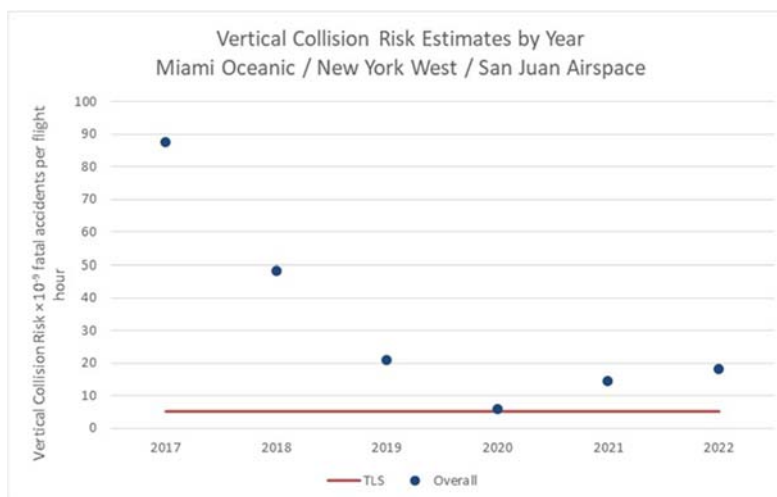


Figura 2-8. Estimaciones de riesgo vertical para Miami Océánico, New York Oeste y el espacio aéreo de San Juan ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))

4. Acciones sugeridas

4.1 Se invita a la Reunión a:

- a) Tomar nota y discutir la información proporcionada;
- b) Solicitar que ambas dependencias ATC involucradas en sucesos de LHD de categoría E continúen compartiendo información para mejorar los resultados de la validación; y
- c) Alentar a los Estados a recordar a los operadores el equipo de radio necesario para las operaciones en el espacio aéreo oceánico y remoto.