



OACI

Organización de Aviación Civil Internacional
Oficina Regional Sudamericana

NOTA DE INFORMACIÓN

GTE/19 — NI/15
06/11/19

Décimo novena Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS)
Barranquilla, Colombia, 18 al 22 de noviembre de 2019

**Cuestión 3 del
Orden del Día:**

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

INFORME DE MONITOREO DE SEGURIDAD VERTICAL DEL ESPACIO AÉREO MÉXICO - 2018

(Presentada por Estados Unidos)

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento provee 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 México. La evaluación de la seguridad se realizó de acuerdo con la metodología aprobada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este trabajo hace uso de informes de grandes desviaciones de altitud (LHD) y datos de muestras de tráfico (TSD) proporcionados por México a NAARMO para el año calendario 2018.

El propósito de este informe es comparar el desempeño real con los objetivos de seguridad relacionados con el uso continuo del RVSM en el espacio aéreo de México. Este informe contiene un resumen de los informes de grandes desviaciones de altitud recibidos por NAARMO para el año calendario 2018. Hay 75 grandes desviaciones de altura reportadas en el año calendario 2018 para el espacio aéreo de México. Este informe también contiene una estimación del riesgo de colisión vertical. La estimación del riesgo de colisión vertical para el espacio aéreo de México excede el nivel objetivo de valor de seguridad (TLS) de 5.0×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo.

<i>Objetivos Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad Operacional
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Reportes de Grandes desviaciones de altitud (LHD) del 2018• Datos de muestra de tráfico mexicano de diciembre de 2018 (TSD)• Sistema de gestión de flujo de tráfico de la FAA (TFMS)• Doc OACI 9574• Doc OACI 9937

1. Introducción

1.1 La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC México) implementó el Mínimo de Separación Vertical Reducida (RVSM) entre el nivel de vuelo 290 y el nivel de vuelo 410, inclusivo, en todo el espacio aéreo Mexicano soberano y delegado el 20 de enero de 2005. Por mutuo acuerdo, junto con México, Canadá y Estados Unidos, los Estados Trilaterales de Aviación de América del Norte, implementaron el RVSM simultáneamente en la misma fecha en todo el espacio aéreo de América del Norte.

1.2 La Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO), un servicio proporcionado por el Centro Técnico de la FAA, cumple la función de agencia de monitoreo regional (RMA) para el uso continuo y seguro del RVSM en el espacio aéreo de América del Norte.

1.3 Este informe cubre el año calendario 2018. Dentro de este informe, el lector encontrará un resumen de los informes de grandes desviaciones de altitud (LHD) recibidos por NAARMO y la estimación del riesgo de colisión vertical correspondiente. Hubo 75 LHD reportados enviados a NAARMO para el año calendario 2018.

2. Datos de muestra de tráfico

2.1 La NAARMO recibió una muestra de datos de tráfico (TSD) de diciembre de 2018 para el espacio aéreo de México. Estos datos incluyeron observaciones de vuelo de cuatro centros de control de aéreo (ACC): México (MMEX), Monterrey (MMTY), Mazatlán (MMZT) y Mérida (MMID). La información proporcionada para cada operación de vuelo incluye la fecha, el distintivo de llamada de la aeronave, la marca de registro de la aeronave, el tipo de aeronave, el aeropuerto de origen, el aeropuerto de destino y la información de posición de la aeronave.

2.2 Además del TSD recibido de los cuatro ACC, la 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 México. Cada registro de movimiento de tráfico dentro de la muestra de datos TFMS contiene la fecha, hora, latitud, longitud, nivel de vuelo, identificación de vuelo de la aeronave, tipo de aeronave, aeropuerto de origen y aeropuerto de destino. Los datos del TFMS contienen estimaciones de posición frecuentes para cada vuelo; se proporciona una estimación de posición aproximadamente una vez por minuto. La **Figura 2-1** presenta las posiciones de las aeronaves proporcionadas en los datos del TFMS para el 15 de diciembre de 2018.

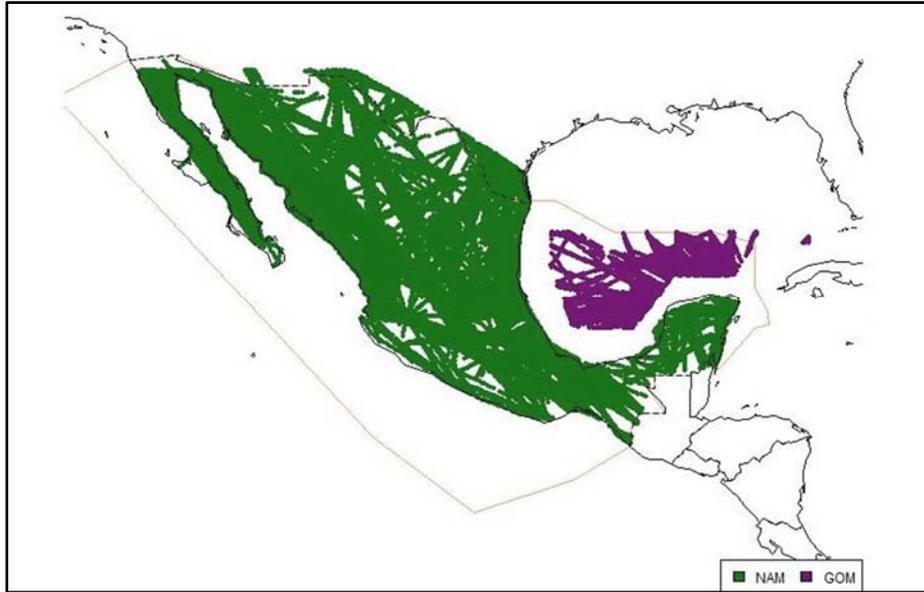


Figura 2-1. Datos de posición de la aeronave proporcionados en TFMS - 15 de diciembre de 2018

2.3 La **Figura 2-2** muestra el número de vuelos por día en los datos de TFMS para diciembre de 2018. La línea azul horizontal representa el número promedio de operaciones de vuelo por día observadas en la muestra de datos. El número promedio de operaciones de vuelo por día observadas en los datos de TFMS es de 2,710 vuelos por día. Este valor es casi el mismo que el observado en los datos de 2017; la **Tabla 2-1** muestra la tendencia.

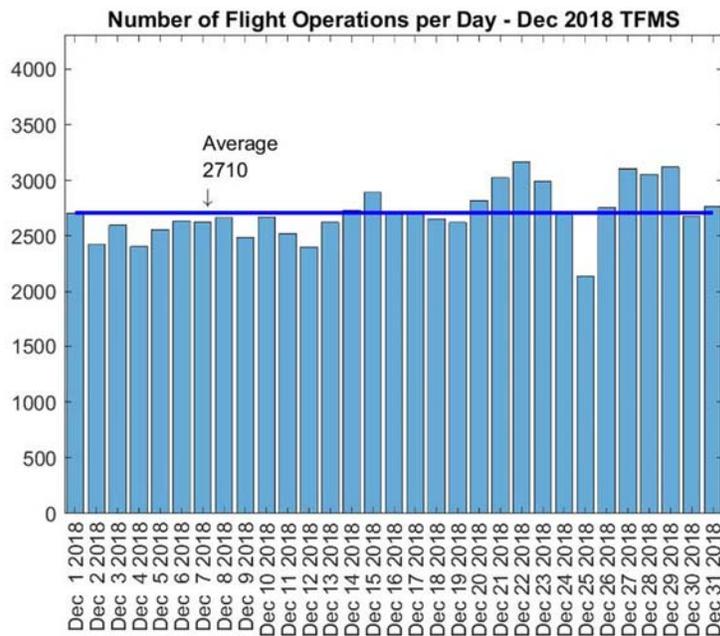


Figura 2-2. Número de operaciones de vuelo observadas por día - TFMS diciembre de 2018

Tabla 2-1. Número promedio de operaciones de vuelo diarias - Tendencia

Mes-Año	Número promedio de operaciones de vuelos diarios
Diciembre 2015	2,378
Diciembre 2016	2,508
Diciembre 2017	2,732
Diciembre 2018	2,710

3. Auditoría del espacio aéreo RVSM

3.1 El TSD de diciembre de 2018 recibido de México para los ACC MMEX, MMTY, MMZT y MMID se utiliza para identificar las operaciones que operan dentro del espacio aéreo RVSM. Estos datos totalizan aproximadamente 148,000 operaciones en el mes de diciembre de 2018.

3.2 El TSD de diciembre de 2018 para el espacio aéreo de México se comparó con la base de datos de aprobaciones colectivas al 31 de agosto de 2019 para determinar el estado de aprobación de cada operación observada. Las operaciones para las que no se encuentra una aprobación o una aprobación caducada se identifican para su posterior verificación. La **Tabla 3-1** proporciona un resumen de los resultados de la Auditoría del espacio aéreo RVSM de México luego del proceso de verificación inicial. Los resultados se enumeran alfabéticamente por estado del operador/registro. Esta lista contiene 176 operaciones civiles no aprobadas de diez Estados diferentes observadas dentro del espacio aéreo RVSM en México. Este es un aumento significativo de los mismos resultados de verificación en 2017. Hubo 58 operaciones civiles no aprobadas informadas en diciembre de 2017. El aumento observado en el número de operaciones no aprobadas se debe a las mejoras de proceso realizadas en la base de datos de aprobaciones de NAARMO.

3.3 Hay veintiuna operaciones de aeronaves identificadas como no aprobadas en el TSD de diciembre de 2018 que también se observaron cómo no aprobadas en 2017. Estas veintiuna operaciones observadas como no aprobadas en 2017 y 2018 se destacan en la Tabla 3-1 en **Amarillo**.

Tabla 3-1. Auditoría del espacio aéreo RVSM de México – 2018

Estado del operador/registro	Registro de aeronave	RMA	Conteo de observaciones
México	XBMSZ	NAARMO	49
México	XBNPF	NAARMO	46
México	XBVFJ	NAARMO	43
México	XBNZS	NAARMO	43
México	XALRD	NAARMO	42
México	XBPND	NAARMO	42
México	XACAL	NAARMO	38
Estados Unidos	N43PJ	NAARMO	38
México	XAUZD	NAARMO	37
Estados Unidos	N464FG	NAARMO	36
México	XALAU	NAARMO	32
México	XBSYT	NAARMO	32

Estado del operador/registro	Registro de aeronave	RMA	Conteo de observaciones
México	XCDGO	NAARMO	32
México	XACZG	NAARMO	31
Estados Unidos	N31EA	NAARMO	30
México	XBOHX	NAARMO	28
México	XCBJG	NAARMO	28
<i>México</i>	<i>XAJAO</i>	<i>NAARMO</i>	<i>25</i>
<i>México</i>	<i>XAHEL</i>	<i>NAARMO</i>	<i>23</i>
México	XALTS	NAARMO	23
México	XAOLI	NAARMO	23
México	XAUWF	NAARMO	23
México	XBOYD	NAARMO	23
México	XBNZW	NAARMO	22
México	XCHIX	NAARMO	22
México	XAARR	NAARMO	21
México	XALRM	NAARMO	21
México	XCGDT	NAARMO	21
México	XARCL	NAARMO	20
México	XARKY	NAARMO	20
México	XASOF	NAARMO	20
México	XASSE	NAARMO	19
México	XAVCM	NAARMO	19
México	XAVYE	NAARMO	19
México	XBOEC	NAARMO	19
México	XADON	NAARMO	18
México	XAUBI	NAARMO	18
México	XBODW	NAARMO	18
México	XBPGQ	NAARMO	18
México	XBRSC	NAARMO	18
México	XAOOI	NAARMO	17
México	XASRD	NAARMO	17
Estados Unidos	N145MB	NAARMO	17
<i>Estados Unidos</i>	<i>N875HB</i>	<i>NAARMO</i>	<i>16</i>
México	XAARB	NAARMO	16
México	XABEG	NAARMO	16
México	XACTL	NAARMO	16
México	XBMNV	NAARMO	16
Panamá	HP2010DA	CARSAMMA	16
Estados Unidos	N375TC	NAARMO	16
Estados Unidos	N800CJ	NAARMO	16
México	XABNG	NAARMO	15
México	XAUUW	NAARMO	15
México	XASYJ	NAARMO	14
México	XAUPX	NAARMO	14
México	XBGCU	NAARMO	14
México	XBJOA	NAARMO	14

Estado del operador/registro	Registro de aeronave	RMA	Conteo de observaciones
México	XBPGP	NAARMO	14
México	XBSMV	NAARMO	14
México	XCHIE	NAARMO	14
México	XAVRF	NAARMO	13
México	XBGTH	NAARMO	13
Estados Unidos	N428P	NAARMO	13
<i>México</i>	<i>XBNVE</i>	<i>NAARMO</i>	<i>12</i>
México	XAEBM	NAARMO	12
México	XBVXS	NAARMO	12
México	XCPFT	NAARMO	12
Estados Unidos	N214DV	NAARMO	12
<i>México</i>	<i>XAOFM</i>	<i>NAARMO</i>	<i>11</i>
México	XAQLO	NAARMO	11
México	XBNXX	NAARMO	11
Estados Unidos	N440AZ	NAARMO	11
Estados Unidos	N723LK	NAARMO	11
México	XARJT	NAARMO	10
México	XAUZO	NAARMO	10
México	XBPEB	NAARMO	10
Estados Unidos	N145GL	NAARMO	10
Estados Unidos	N43AG	NAARMO	10
<i>México</i>	<i>XAEGU</i>	<i>NAARMO</i>	<i>9</i>
<i>México</i>	<i>XAUFF</i>	<i>NAARMO</i>	<i>9</i>
México	XAAMI	NAARMO	9
México	XAFRC	NAARMO	9
México	XAUSF	NAARMO	9
México	XBGFI	NAARMO	9
México	XBJHV	NAARMO	9
<i>México</i>	<i>XAXTR</i>	<i>NAARMO</i>	<i>8</i>
<i>México</i>	<i>XBMBP</i>	<i>NAARMO</i>	<i>8</i>
<i>Estados Unidos</i>	<i>N38VC</i>	<i>NAARMO</i>	<i>8</i>
México	XANZF	NAARMO	8
México	XBFCR	NAARMO	8
México	XBGOE	NAARMO	8
México	XBOTZ	NAARMO	8
México	XBPGY	NAARMO	8
México	XBRGB	NAARMO	8
México	XCGDC	NAARMO	8
Estados Unidos	N337CM	NAARMO	8
<i>México</i>	<i>XADHM</i>	<i>NAARMO</i>	<i>7</i>
<i>México</i>	<i>XAUZF</i>	<i>NAARMO</i>	<i>7</i>
<i>México</i>	<i>XBELJ</i>	<i>NAARMO</i>	<i>7</i>
México	XAHCR	NAARMO	7
México	XARAB	NAARMO	7
México	XAVCO	NAARMO	7

Estado del operador/registro	Registro de aeronave	RMA	Conteo de observaciones
México	XBOAE	NAARMO	7
México	XCHIF	NAARMO	7
Estados Unidos	N195ME	NAARMO	7
Estados Unidos	N397MG	NAARMO	7
México	XAGDQ	NAARMO	6
Canadá	CFBWS	NAARMO	6
Canadá	CFZUB	NAARMO	6
México	XAPAG	NAARMO	6
México	XARIB	NAARMO	6
México	XBDGA	NAARMO	6
México	XBJTG	NAARMO	6
México	XBNVN	NAARMO	6
México	XBRAY	NAARMO	6
Panamá	HP1910DA	CARSAMMA	6
Estados Unidos	N994EA	NAARMO	6
Canadá	CCAXZ	NAARMO	5
Canadá	CFTXW	NAARMO	5
Canadá	CFZUR	NAARMO	5
Canadá	CGKOD	NAARMO	5
Canadá	CGTXV	NAARMO	5
México	XAPMH	NAARMO	5
México	XAYCC	NAARMO	5
México	XBMAM	NAARMO	5
Estados Unidos	N949CL	NAARMO	5
México	XARED	NAARMO	4
México	XATFR	NAARMO	4
México	XBMTG	NAARMO	4
Canadá	CGTVC	NAARMO	4
México	XABZN	NAARMO	4
México	XADIJ	NAARMO	4
México	XAERM	NAARMO	4
México	XAGRB	NAARMO	4
México	XAMMD	NAARMO	4
México	XARFB	NAARMO	4
México	XBCAF	NAARMO	4
México	XBCYA	NAARMO	4
México	XBGSM	NAARMO	4
México	XBNYV	NAARMO	4
México	XBODN	NAARMO	4
México	XBOKR	NAARMO	4
México	XBOXV	NAARMO	4
México	XBPHP	NAARMO	4
México	XBTTT	NAARMO	4
México	XCLJS	NAARMO	4
Estados Unidos	N102ES	NAARMO	4

Estado del operador/registro	Registro de aeronave	RMA	Conteo de observaciones
Estados Unidos	N2112	NAARMO	4
Estados Unidos	N253RM	NAARMO	4
Estados Unidos	N77MA	NAARMO	4
Estados Unidos	N813NA	NAARMO	4
Venezuela	YV3333	CARSAMMA	4
Guatemala	TGDAE	CARSAMMA	3
Brasil	PRODF	CARSAMMA	3
Canadá	CGJWO	NAARMO	3
Canadá	CGKOE	NAARMO	3
México	XALFJ	NAARMO	3
México	XBCSI	NAARMO	3
México	XBOUZ	NAARMO	3
México	XCVSA	NAARMO	3
Estados Unidos	N357MJ	NAARMO	3
Estados Unidos	N476MM	NAARMO	3
Estados Unidos	N767CB	NAARMO	3
Estados Unidos	N863JB	NAARMO	3
Argelia	7TVPS	ARMA	2
Canadá	CFXCD	NAARMO	2
Canadá	CGZEH	NAARMO	2
México	XBCRL	NAARMO	2
México	XBJFV	NAARMO	2
México	XBLWW	NAARMO	2
Panamá	HP1810DA	CARSAMMA	2
Estados Unidos	N106PA	NAARMO	2
Estados Unidos	N269RC	NAARMO	2
Estados Unidos	N31YA	NAARMO	2
Estados Unidos	N898AW	NAARMO	2
Venezuela	YV484T	CARSAMMA	2

4. Grandes desviaciones de altitud (LHDs)

4.1 La NAARMO recibe informes mensuales de LHD para el espacio aéreo de México. Hubo 75 LHD reportados durante el año calendario 2018. Después de la revisión del grupo de escrutinio, se determinó que quince de los 75 LHD reportados eran riesgosos. La **Tabla 4-1** contiene un resumen de todos los LHD calificados reportados por mes. La última fila de la Tabla 4-1 muestra que hubo 85.5 minutos de tiempo de vuelo en niveles de vuelo no aclarados/incorrectos y diez niveles de vuelo cruzados sin autorización/incorrectamente.

4.2 Los diez niveles de vuelo cruzados sin autorización se asociaron con un solo evento de contingencia. La velocidad de descenso supuesta para este evento corresponde a un descenso rápido de emergencia y es de 5000 pies/min.

Tabla 4-1. LHD calificados reportados para el espacio aéreo de México – 2018

Mes	Conteo	Duración en nivel de vuelo incorrecto	Número de niveles de vuelo cruzados
Enero 2018	1	1	0
Febrero 2018	0	0	0
Marzo 2018	1	0.5	0
Abril 2018	2	0.5	0
Mayo 2018	1	23	0
Junio 2018	1	0.5	0
Julio 2018	1	0	0
Agosto 2018	1	22	0
Septiembre 2018	1	0	0
Octubre 2018	2	3	10
Noviembre 2018	2	1	0
Diciembre 2018	2	34	0
Total 2018	15	85.5	10

4.3 Un evento LHD con una duración de veinte minutos o más se considera un evento de larga duración. Se notificaron tres eventos de LHD de larga duración en 2018. Debido a que los LHD de larga duración tienen un efecto mayor en la estimación del riesgo de colisión vertical, a continuación, se muestra un resumen de-identificado de cada evento de larga duración.

4.3.1 La mayor duración de LHD reportada fue de veintitrés minutos. Este evento tuvo lugar en un área sin vigilancia por radar. La causa de la ocurrencia reportada es un error en la coordinación ATC. El vuelo fue coordinado, pero fue coordinado a la altitud incorrecta.

4.3.2 Otro evento tuvo una duración LHD de veintidós minutos. Este evento ocurrió en el espacio aéreo en alta mar sin vigilancia por radar. La causa de la ocurrencia reportada fue un error en la coordinación ATC, en este caso no se recibió ningún mensaje de plan de vuelo.

4.3.3 El informe final LHD de larga duración fue de veinte minutos de duración. Este evento ocurrió en el espacio aéreo sin vigilancia por radar. La causa de la ocurrencia reportada fue un error en la coordinación ATC. El vuelo fue coordinado, pero la coordinación fue para un nivel de vuelo (FL) diferente al ocupado por el avión.

4.4 La revisión de escrutinio determinó la causa de cada uno de los quince informes LHD calificados en 2018. Once de los informes LHD calificados involucran errores de coordinación en la transferencia ATC. La **Tabla 4-2** es un resumen de los informes de LHD calificados por causa.

Tabla 4-2. Informes clasificatorios de LHD por causa – 2018 (versión en inglés)

LHD Category Code	LHD Category Description	Number of LHD	Duration at Incorrect FL	Number of FLs Crossed
E	Coordination errors in the ATC-unit-to-ATC-unit transfer of control responsibility as a result of human factors issues (e.g. late or non-existent coordination, incorrect time estimate/actual, flight level, ATS route etc)	11	85.5	0
G	Aircraft contingency event leading to sudden inability to maintain assigned flight level (e.g. pressurization failure, engine failure)	1	0	10
H	Airborne equipment failure leading to unintentional or undetected change of flight level (e.g. altimetry errors)	1	0	0
I	Turbulence or other weather related causes	1	0	0
J	TCAS resolution advisory; flight crew correctly following the resolution advisory	1	0	0
	TOTALS	15	85.5	10

4.5 La **Figura 4-1** muestra las ubicaciones de las aeronaves para los quince LHD reportados que califican en 2018. Once de los eventos calificados son categoría E, errores de coordinación en la transferencia de control de la unidad ATC a la unidad ATC.



Figura 4-1. Informes clasificatorios de LHD - 2018

4.6 La NAARMO organizó teleconferencias grupales de escrutinio entre el ATC de México y el ATC de Houston para revisar los eventos reportados durante 2018. Sin embargo, la revisión de escrutinio tuvo lugar varios meses después del final del año calendario. Este lapso de tiempo no permitió que el equipo de escrutinio obtuviera respuestas de los operadores de aeronaves y limitó cualquier información adicional de los ANSP. En el futuro, para solicitar tanta información como sea posible, la NAARMO organizará reuniones de escrutinio a principios del año calendario.

4.7 *Reportes de fallas de comunicación*

4.7.1 Hubo 58 incidentes reportados que especificaron fallas de comunicación entre ATC y la aeronave durante un período de tiempo. Uno de estos informes indicó que el piloto se desvió de la ruta de vuelo despejada, este informe involucró una operación de aviación general internacional (IGA). En los 57 casos restantes, no hubo indicios de desviación del piloto ni de la ruta despejada ni de la altitud durante el período de falla de comunicación. Debido a que no hubo indicios de desviación de la ruta o altitud despejada, no hay contribución para la estimación del riesgo de colisión vertical.

4.7.2 La tendencia en el número de informes de fallas de comunicación está aumentando. Durante los años calendario anteriores 2017 y 2016, hubo 27 y 15 informes de este tipo, respectivamente. Debido a los numerosos casos reportados de fallas de comunicación, DGAC México, SENEAM y NAARMO acordaron que debería haber algún estudio adicional sobre estos datos.

4.7.3 En el año calendario 2017, los 27 informes de falla de comunicación representaron 805 minutos en los que ATC no pudo comunicarse con una aeronave. En el año calendario 2018, los 58 informes de fallas de comunicación representaron 1,587 minutos en los que ATC no pudo comunicarse con una aeronave.

4.7.4 Las dos localizaciones principales, en términos de duración de la falla de comunicación, son los fijos ELURA y AXOMU del espacio aéreo. Estas dos localizaciones del espacio aéreo son consistentes con los informes de fallas de comunicación del año calendario 2017. La **Figura 4-2** resalta las localizaciones de las principales localizaciones incluidas en los informes de fallas de comunicación.

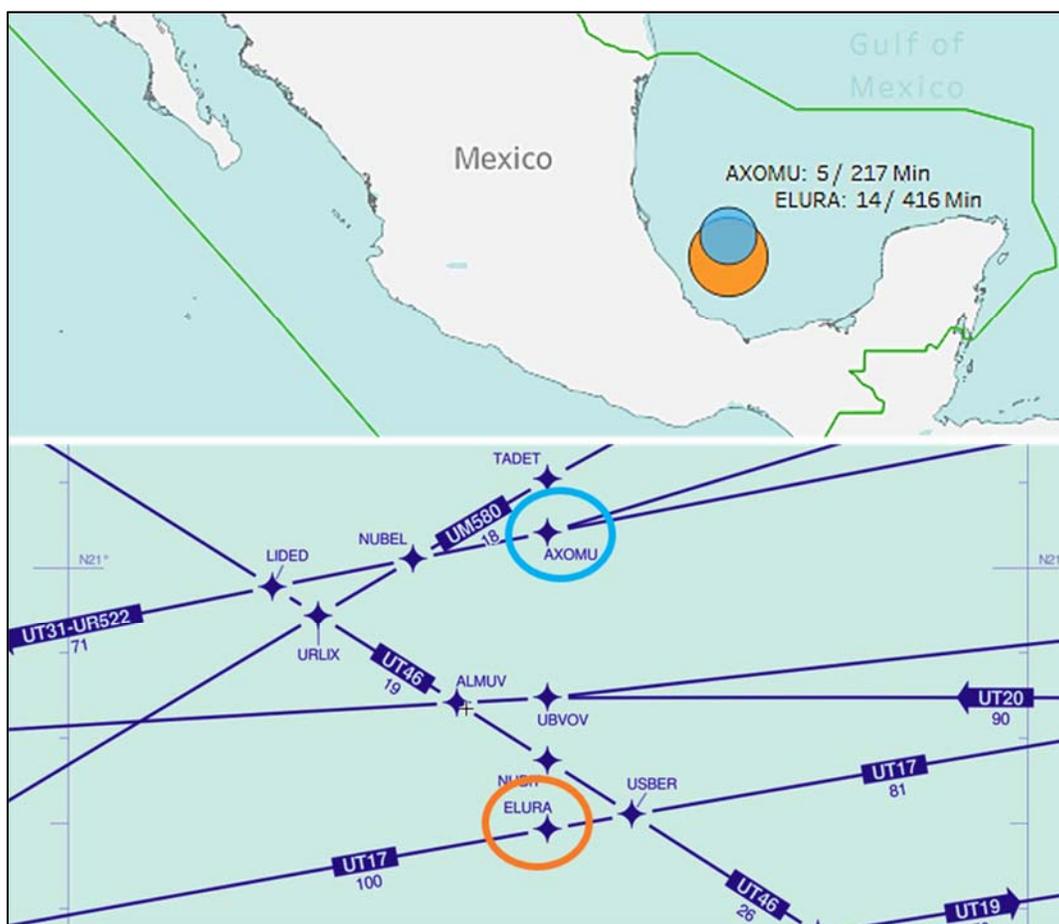


Figura 4-2. Localizaciones principales provistas en los informes de fallas de comunicación - 2018

4.7.5 Hubo 14 informes de fallas en la comunicación cerca del espacio aéreo del fijo ELURA, lo que representa 416 minutos de ATC incapaz de comunicarse con una aeronave. Hubo 5 informes cerca del fijo AXOMU, que está cerca de ELURA, lo que representa 217 minutos. La Figura 4-3 provee la localización general de todos los informes de fallas de comunicación que fueron reportados. El tamaño del icono refleja la duración total de las fallas de comunicación reportadas en la localización del fijo en el espacio aéreo.

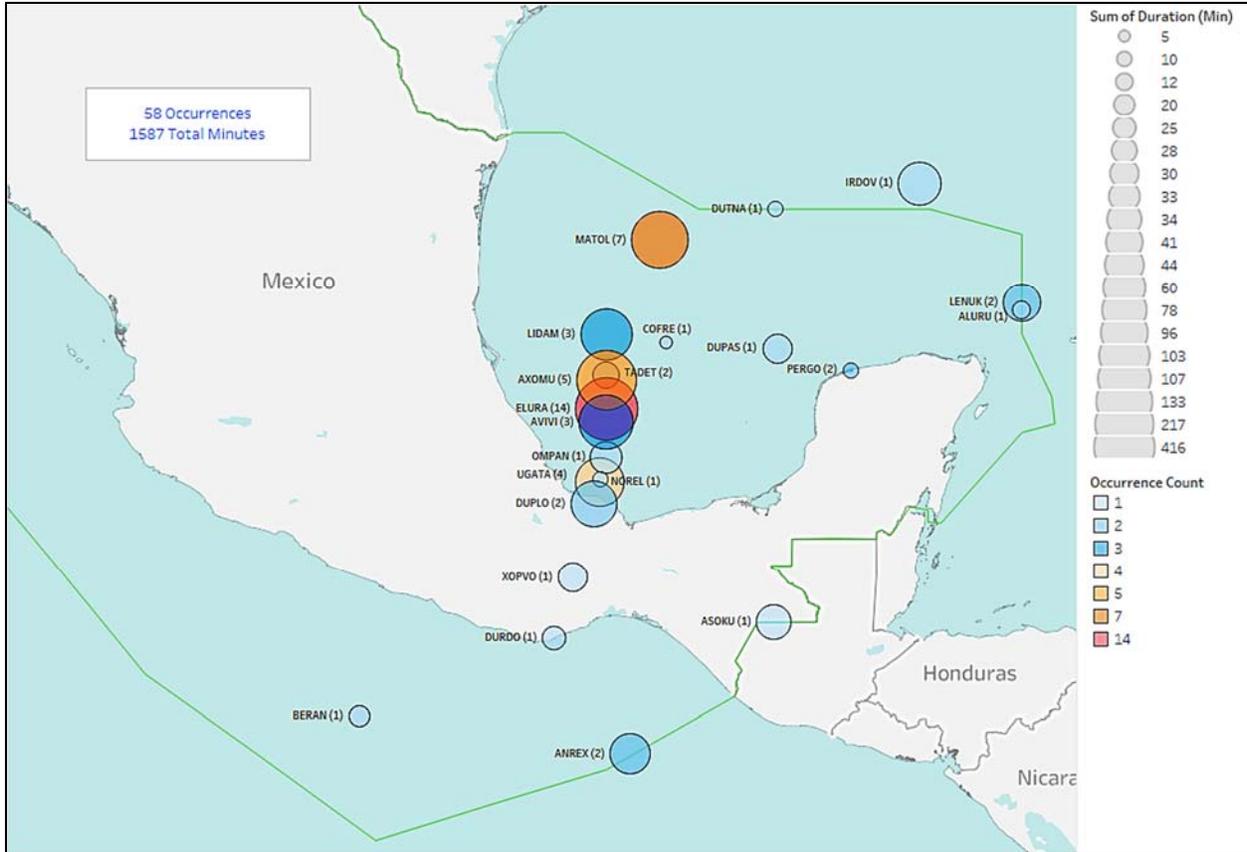


Figura 4-3. Fallas de comunicación reportadas - 2018

4.7.6 Los operadores de aeronaves involucrados en los informes de fallas de comunicación se enumeran en la **Tabla 4-3**. El operador de aeronaves ABC Aerolíneas (AIJ) tuvo once informes de fallas de comunicación que representaron 394 minutos. El operador de la aeronave Aerovías de México (AMX) estuvo involucrado en diez informes de fallas de comunicación que representaron 275 minutos. La **Tabla 4-3** contiene todos los detalles del operador asociados con los informes de fallas de comunicación de 2018.

Tabla 4-3. Operadores involucrados en los informes de fallas de comunicación – 2018

Código de operador OACI	Nombre del operador	Estado del operador/registro	Número de reportes	Duración (minutos)
AIJ	ABC AEROLÍNEAS S.A. DE C.V.	México	11	394
AMX	AEROVIAS DE MÉXICO S.A. DE C.V.	México	10	275
VIV	AEROENLACES NACIONALES S.A. DE C.V.	México	6	134
VOI	Volaris	México	6	86
-	International General Aviation (IGA) Operators	México	5	159
CMP	COMPAÑÍA PANAMEÑA DE AVIACIÓN, S.A.	Panamá	5	130

Código de operador OACI	Nombre del operador	Estado del operador/registro	Número de reportes	Duración (minutos)
AAL	American Airlines	Estados Unidos	4	152
LAN	LATAM Airlines	Chile	2	45
UAL	United Airlines	Estados Unidos	2	16
DAL	Delta Air Lines, Inc.	Estados Unidos	1	43
GMT	Magnicharters	México	1	39
RPN	---		1	35
UAE	Emirates	Emiratos Árabes Unidos	1	30
SWA	Southwest Airlines	Estados Unidos	1	27
JBU	JetBlue Airways Corporation	Estados Unidos	1	12
WJA	WestJet Airlines Ltd.	Canadá	1	10

4.7.7 La revisión de escrutinio de los LHD reportados para 2018 tuvo lugar varios meses después del final del año calendario. Este lapso de tiempo no permitió que el equipo de escrutinio obtuviera respuestas de los operadores de aeronaves. En el futuro, para solicitar una respuesta del operador por un evento de falla de comunicación, es posible que IATA pueda transmitir el informe de falla de comunicación al operador de la aerolínea. Muchos operadores de líneas aéreas borran los datos de sus sistemas dentro de un mes del vuelo, tener informes más de seguida les dará la oportunidad de responder. Esta información debería ayudar a determinar las causas relacionadas.

5. Estimación del riesgo de collision vertical

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

5.2 El TLS acordado internacionalmente para el estándar de separación vertical de 1 000 pies se especifica para el riesgo técnico y operativo 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 anticollision que están a bordo, además de los errores derivados de la altimetría de la aeronave y los errores del sistema de rendimiento de mantenimiento de altura. La estimación del riesgo operacional vertical proporciona el riesgo asociado con los errores operacionales. El riesgo debido a 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 10^9 horas de vuelo y, simultáneamente,
- b) el riesgo de colisión debido a los sistemas de rendimiento de mantenimiento de altura no supera los 2.5 accidentes fatales en 10^9 horas de vuelo

5.3 Según los datos de TFMS de diciembre de 2018, NAARMO estima aproximadamente 955,000 horas de vuelo anuales para 2018 en el espacio aéreo de México donde se aplica el RVSM. Dado que se supone que una colisión debido a la pérdida de la separación vertical de 1 000 pies da como resultado dos accidentes fatales, el TLS se puede expresar como 2.5 colisiones en el aire fatales debido a todas las causas en 10^9 horas de vuelo.

5.4 El espacio aéreo de México consiste en 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:

$$N_{az} = N_{az}(same) + N_{az}(opp) + N_{az}(cross) \quad (1)$$

Los términos en el lado derecho de la ecuación representan el número esperado de accidentes por hora de vuelo de la aeronave como resultado de colisiones de pares de aeronaves en las mismas rutas opuestas y cruzadas, respectivamente, debido a la pérdida de separación vertical entre aeronaves en niveles de vuelo adyacentes.

5.5 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 dirección opuesta se compone de dos partes: la debida al tiempo empleado en niveles incorrectos y la debida a niveles en transición sin autorización.

5.6 *Tipos de aeronaves observadas en el espacio aéreo de México*

5.6.1 La **Figura 5-1** proporciona los 25 principales tipos de aeronaves observados en los datos de tráfico de TFMS México de diciembre de 2018 por horas de vuelo. Estos tipos de aeronaves representan el 90 por ciento del total de horas de vuelo observadas en el espacio aéreo de México. Las horas de vuelo asociadas con el tipo de avión Airbus A320 representan el 30 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en la muestra de tráfico. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Airbus A320; incluidos el A319, A320 y A321, representan el 41 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico. El Boeing 737-800 es el segundo avión más observado en el espacio aéreo de México. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Boeing 737 NGX; incluyendo B737, B738 y B739, es el 25 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico.

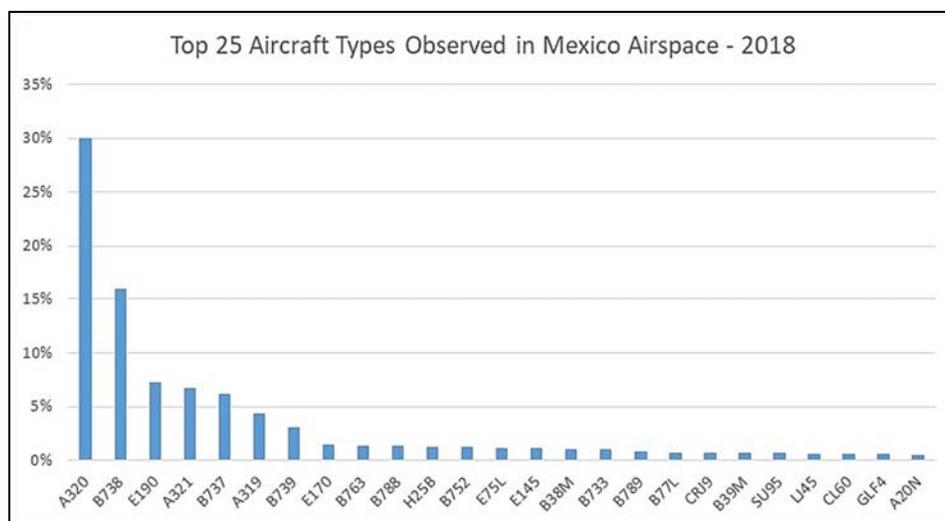


Figura 5-1. Tipos de aeronaves observadas en términos de horas de vuelo en el espacio aéreo de México (2018)

5.7 *Tamaño de la aeronave*

5.7.1 Los parámetros del modelo de riesgo de colisión relacionados con el tamaño de la aeronave son: longitud, envergadura y altura. Estos parámetros se estiman directamente a partir de los datos del TFMS de México de diciembre de 2018 y las especificaciones de aeronaves relacionadas. Las dimensiones promedio se calculan utilizando las dimensiones reales del tipo de avión multiplicado por la proporción del tiempo de vuelo total observado para el tipo en la muestra de tráfico. Los parámetros CRM resultantes para la longitud, la envergadura y la altura de la aeronave se presentan en la **Tabla 5-1**.

Tabla 5-1. Estimaciones de los parámetros de CRM para el tamaño de la aeronave

Longitud λ_x (NM)	Envergadura λ_y (NM)	Altura λ_z (NM)
0.0201	0.0184	0.0063

5.8 *Frecuencias de paso vertical de la misma dirección, dirección opuesta y ruta de cruce*

5.8.1 Los datos del TFMS se utilizan para estimar el número de pasos verticales de aeronaves por hora. Las estimaciones de ocupación vertical en la misma dirección y en dirección opuesta son 0.040 y 0.060, respectivamente. Las mejoras en el TSD ayudarían a proporcionar mejores estimaciones de ocupación. NAARMO examinará la diferencia en las estimaciones de ocupación vertical para el espacio aéreo doméstico versus oceánico/costa afuera.

5.8.2 La ocupación vertical de la ruta de cruce se estima por el número de pares de aeronaves verticalmente próximos en rutas que se cruzan en un ángulo específico, θ . Tanto las consideraciones matemáticas como la experiencia en evaluaciones de seguridad anteriores 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 cruzar rutas esté por debajo del riesgo para los mismos niveles de vuelo adyacentes. El número de pares de aviones de ruta cruzada observados en los datos de TFMS de diciembre de 2018 fue de 19,774. Este valor, prorrateado de los 31 días de muestra para el año calendario 2018 es 232,823 pares de aviones.

5.9 *Probabilidad de solapamiento vertical atribuible al rendimiento técnico de mantenimiento de altura y LHDs reportados*

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

5.9.2 Actualmente, el Sistema de Monitoreo de Altura Geométrica de la Aeronave de EE. UU. (AGHME) y los sistemas de la Unidad de Monitoreo GPS (GMU) proveen a NAARMO estimaciones del error del sistema de altimetría de la aeronave (ASE), un contribuyente importante al riesgo estimado. El control de ASE es uno de los objetivos principales del proceso de aprobación del RVSM de cada Estado, que debe mantenerse por el operador en el espacio aéreo donde se aplica RVSM.

5.9.3 La estimación de NAARMO para la probabilidad de solapamiento vertical para los pares de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes, $P_z(1000)$, utilizada en la estimación del riesgo técnico vertical es 1.64×10^{-9} . La estimación de NAARMO para la probabilidad de solapamiento vertical para los pares de aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo, $P_z(0)$, utilizada en la estimación del riesgo operativo vertical es 0.42.

5.10 *Tiempo dedicado en nivel de vuelo no despejado*

5.10.1 La proporción de tiempo de vuelo en niveles incorrectos, P_i , se determina como la relación entre la cantidad de tiempo que se pasa en niveles incorrectos y la cantidad total de tiempo de vuelo en el espacio aéreo de México durante el período en que el nivel de vuelo incorrecto de los eventos ocurridos. Los LHD que califican para el año calendario 2018 contienen 85.5 minutos de tiempo de vuelo invertido a nivel de vuelo no despejado. La proporción del tiempo total de vuelo empleado en niveles de vuelo no despejados es 1.49×10^{-6} .

5.11 *Parámetros del modelo de riesgo de colisión*

5.11.1 Los parámetros individuales de los modelos, sus definiciones, estimaciones y fuentes se dan en la **Tabla 5-2**.

Tabla 5-2. Estimaciones de los parámetros del modelo de riesgo de colisión vertical – (versión en inglés)

Term	Definition	Estimate	Source
$P_z(S_z)$	Probability that two aircraft operating on the same route 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 route and flight level are in vertical overlap.	0.42	Value used in the US CONUS vertical risk estimate
$P_y(0)$	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.	0.0201 NM	Estimated using December 2018 México TFMS sample
λ_y	Average aircraft wingspan.	0.0184 NM	Estimated using December 2018 México TFMS sample
λ_z	Average aircraft height with undercarriage retracted.	0.0063 NM	Estimated using December 2018 México TFMS sample
$E_z(\text{same})$	Same-direction vertical occupancy for a pair of aircraft at adjacent flight levels on same route.	0.040	Estimated using December 2018 México TFMS sample
$E_z(\text{opp})$	Opposite-direction vertical occupancy for a pair of aircraft at adjacent flight levels on same route.	0.060	Estimated using December 2018 México TFMS sample
$ \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{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{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

6. Resultados y conclusiones

6.1 La **Tabla 6-1** provee estimaciones para 2018 del riesgo vertical técnico y operativo para el espacio aéreo de México.

Tabla 6-1. Estimaciones de riesgo vertical 2018 para el espacio aéreo RVSM de México

Descripción	Estimado de riesgo ($\times 10^{-9}$ fapfh)
Estimación de riesgo técnico	0.05
Estimación del riesgo debido a la operación en niveles de vuelo incorrectos	16.67
Estimación del riesgo general	16.7

6.2 El riesgo técnico estimado en el espacio aéreo RVSM de México es de 0.050×10^{-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 conjunto TLS como objetivo de seguridad para el rendimiento del mantenimiento de altura técnico.

6.3 La estimación del riesgo operacional para el espacio aéreo RVSM de México 16.7×10^{-9} fapfh. La suma de este valor y la estimación del riesgo técnico para el espacio aéreo de México es de 16.7×10^{-9} fapfh, o aproximadamente un 23 por ciento por encima del objetivo de seguridad general de 5.0×10^{-9} fapfh.

6.4 La **Tabla 6-2** provee las estimaciones generales de riesgo vertical para los años calendario 2015-2018 para el espacio aéreo RVSM de México. El aumento en la estimación de riesgo vertical para el año calendario 2018 ocurre debido a la ocurrencia de tres LHD informados de larga duración. Sin estos tres LHD reportados, el riesgo vertical general estimado sería 4.27×10^{-9} fapfh.

Tabla 6-2. Estimaciones generales de riesgo vertical para el espacio aéreo RVSM de México

Año del calendario	Estimación de riesgo de colisión vertical ($\times 10^{-9}$ fapfh)
2015	4.8
2016	4.8
2017	3.2
2018	16.7