



**Cuestión 1 del**

**Orden del Día: Revisión de las conclusiones y recomendaciones de reuniones anteriores de CARSAMMA y el Grupo de Escrutinio**

- b) **Presentación del Cálculo del Riesgo de Colisión Vertical Cuantitativo del año 2014 (CRM)**

**CÁLCULO DEL RIESGO DE COLISIÓN VERTICAL EN EL  
ESPACIO AÉREO RVSM DE LAS FIR CAR/SAM**

(Presentada por CARSAMMA)

<b>RESUMEN</b>	
Esta nota presenta un resumen del Cálculo del Riesgo de Colisión Vertical en las FIR CAR/SAM en el año 2014 y el análisis con la metodología CRM propugnada por la OACI.	
<b>Referencias:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Manual sobre una separación vertical mínima de 300m (1 000ft) entre FL 290 y FL 410 incluso – ICAO Doc 9574-AN/934, tercera edición – 2012.</li><li>• Movimiento de aeronaves en el espacio RVSM en el año 2014.</li><li>• Informes de Grandes Desviaciones de Altitud (LHD) en 2014.</li></ul>	
<b>Objetivos estratégicos de la OACI:</b>	<i>A - Seguridad Operacional</i>

1. **Introducción**

1.1. El propósito de este trabajo es demostrar que los criterios de seguridad definidos en el Doc. 9574 de la OACI continúan cumpliéndose en el espacio aéreo RVSM de las Regiones CAR/SAM.

1.2. Este documento es el informe del análisis de los riesgos de colisión vertical del espacio aéreo RVSM en el año 2014 en las Regiones de Información de Vuelo (FIR) del Caribe y América del Sur. Para la realización del trabajo se utilizó la metodología del Cálculo del Riesgo de Colisión Vertical (*Collision Risk Model – CRM*), como recomendado por la OACI en el espacio aéreo RVSM.

## 2. Contexto

2.1. Entre las actividades de una RMA (como CARSAMMA) está hacer una evaluación constante de la utilización segura del espacio aéreo RVSM, utilizando para eso métodos cuantitativos (CRM) en la evaluación del riesgo de colisión.

2.2. Para la evaluación cuantitativa, se utiliza el Modelo del Riesgo de Colisión Vertical de REICH, recomendado por la OACI. Ese es un modelo de base matemática intensiva que al final del tratamiento de los datos recibidos del movimiento aéreo de las FIR (hojas de cálculo que contienen los datos de los vuelos realizados en el espacio RVSM), se estima el TLS – Nivel Deseado de Seguridad – de la región de vuelo en estudio. Se utilizan varias herramientas de cálculo y bases de datos para la realización de los diferentes cálculos durante el proceso, y se emplean muchas horas de análisis de los expertos.

2.3. Esta nota de estudio contiene un resumen de los resultados de la evaluación del mantenimiento de la seguridad operacional de la Separación Vertical Mínima Reducida de 300m (1 000ft) en el espacio aéreo de las FIR del Caribe y América del Sur en 2014.

2.4. Esta etapa corresponde a la continuación de la estrategia de implementación del Doc. 9574 – *“Manual sobre una Separación Vertical Mínima de 300m (1 000ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive”* de la OACI, Montreal, tercera edición – 2012.

2.5. Según este documento, se debe hacer una evaluación para garantizar que las operaciones en el espacio aéreo RVSM no han inducido un aumento en el riesgo de colisión, y que el riesgo total vertical no supere los objetivos de seguridad definidos en el manual citado.

2.6. La evaluación de seguridad RVSM se lleva a cabo en un período de doce meses de evaluación continua.

2.7. Se requiere atención especial para garantizar que:

- Todas las aeronaves que operan en el espacio aéreo de separación vertical mínima reducida tengan la certificación RVSM;
- La validez del proceso de certificación de la aeronave aún esté vigente;
- El Nivel Deseado de Seguridad (TLS) de  $5 \times 10^{-9}$  accidentes mortales por hora de vuelo (para el seguimiento de la realización de mantenimiento de altitud de una muestra representativa de las aeronaves) se siguen cumpliendo;
- El uso de la RVSM no aumenta el nivel de riesgo debido a errores operacionales y procedimientos de contingencia;
- Existe la evidencia de la estabilidad del sistema de altimetría (ASE) de las aeronaves;
- La introducción de la RVSM no aumenta el nivel de los factores de riesgo, debido a errores operacionales y contingencias en vuelo, de acuerdo con un nivel predeterminado de confianza

estadística;

- Las posibles medidas de seguridad adicionales efectivas sean adoptadas para reducir el riesgo de colisión y cumplir con los objetivos de la seguridad debido a los errores operacionales y en vuelo de contingencia;
- Existe evidencia de la estabilidad del Error del Sistema Altimétrico (ASE);
- Los procedimientos de control de tránsito aéreo siguen siendo eficaces.

2.8. Los procedimientos metodológicos utilizados se basan en la normativa recomendada por la OACI y aceptada internacionalmente como la más adecuada para la evaluación del espacio aéreo RVSM. La evaluación de los datos, las conclusiones y recomendaciones deducidas se presentarán al final.

### 3. **Espacio Aéreo RVSM CAR/SAM**

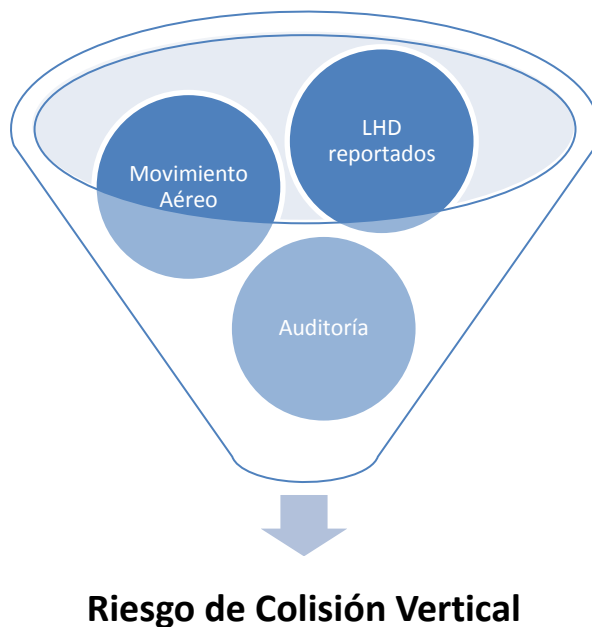
3.1. El espacio aéreo RVSM CAR/SAM se compone de 34 Regiones de Información de Vuelo (FIR), que constan de los siguientes Estados: Antigua, Antillas Holandesas, Argentina, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Granada, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Guyana Francesa, Haití, Honduras, Jamaica, Martinica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, S. Bartolomé, S. Kitts and Nevis, Santa Lucía, San Vicente, Surinam, Trinidad y Tabago, Uruguay y Venezuela.

3.2. Cada parte del espacio aéreo fue tratada como un sistema aislado, con sus propios parámetros estadísticos.

3.3. Se analizaron los datos de 967.135:07 horas de vuelo relativos a los aviones en tránsito que utilizaron tramos de 486 aerovías de las 34 (treinta y cuatro) FIR CAR/SAM, entre los niveles de vuelo 290 a 410.

3.4. En cuanto a la ocurrencia de desviaciones verticales (LHD) reportadas en las Regiones CAR/SAM, CARSAMMA ha recibido un total de 1.717 LHD durante el año 2014, que tras el análisis y la validación realizada por teleconferencias con la presencia de representantes de las Oficinas OACI de Lima y México, las FIR involucradas, la IATA y CARSAMMA, se consideraron válidos 1.451 LHD (escenario 1) para ser utilizado en los cálculos del modelo de colisión vertical (CRM), y 58 LHD válidos (escenario 2) en caso de que no se tuvieron en cuenta los LHD con código "E".

## FLUJO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO DE COLISIÓN VERTICAL



### 4. Recopilación de los datos del movimiento de aeronaves

4.1. Los datos de la muestra para estimar la frecuencia de paso y los parámetros físicos así como la dinámica de una aeronave típica en la evaluación del riesgo de colisión vertical, fueron recogidos en el período del 01 a 31 de diciembre 2014.

4.2. Fueron tratados los datos de movimiento de las aeronaves recibidos de las 34 FIR CAR/SAM, y estos datos se utilizaron para evaluar la seguridad del espacio aéreo RVSM, según lo recomendado por la OACI. El número de horas de vuelo utilizados se muestra en la **Tabla 1**.

	Horas de Vuelo	%
Región CAR	32 133:02	3,3225 %
Región SAM	935 002:05	96,6775 %
Regiones CAR/SAM	967 135:07	100,00 %

Tabla 1 – Total de horas de vuelo en las Regiones CAR/SAM

### 5. Población de aeronaves

5.1. Es esencial que el 100% de la población de aeronaves aprobadas RVSM cumplan los requisitos RVSM. Sin embargo, durante la evaluación de la seguridad, CARSAMMA detectó algunas aeronaves que no estaban en su base de datos RVSM y utilizaron este espacio durante el año 2014.

5.2. Esto llevó a una búsqueda mundial, conseguida gracias al apoyo de los organismos de monitoreo de otras Regiones de la OACI, con el cruce de información en sus bases de datos. Al final se encontró que de hecho

algunas de estas aeronaves en realidad no eran certificadas RVSM por cualquier Estado, tal como se describe en la **Tabla 2**.

STATE	FIR	DATE	DELIVERED	NO RVSM	% NO RVSM
Argentina	Córdoba – SACU	13/02/15	5823	67	1,15
	Ezeiza – SAEU	13/02/15	3702	38	1,03
	Mendoza – SAMV	13/02/15	4170	156	3,74
	Resistência – SARU	15/02/15	3414	34	1,00
	Comodoro - SAVU	13/02/15	2322	72	3,10
Bolivia	La Paz – SLLF	12/01/15	5544	53	0,96
Brasil	Atlântico – SBAO	09/03/15	5462	10	0,18
	Amazônica – SBAZ	13/02/15	39328	213	0,54
	Brasília – SBBS	12/02/15	38450	111	0,29
	Curitiba – SBCW	13/02/15	65532	337	0,51
	Recife – SBRE	13/02/15	25130	66	0,26
Chile	Punta Arena – SCCZ	03/02/15	473	11	2,33
	Santiago – SCEZ	03/02/15	12969	56	0,43
	Antofagasta – SCFZ	03/02/15			
	Isla de Pascua – SCIZ	03/02/15	180	1	0,56
	Puerto Montt – SCTZ	03/02/15	1564	0	0,00
Colômbia	Bogotá – SKED	26/03/15	13109	15	0,11
	Barranquilla – SKEC	26/03/15			
Ecuador	Guayaquil – SEGU	06/03/15	7740	146	1,89
Guyana	Georgetown – SYGC	06/03/15	2073	49	2,36
French Guyana	Cayenne – SOOO	14/04/15	1166	44	3,77
Panamá	Panamá – MPZL	07/04/15	16999	148	0,87
Paraguay	Asunción – SGFA	21/01/15	1991	18	0,90
Peru	Lima – SPIM	15/02/15	12594	15	0,12
Surinam	Paramaribo – SMPM	30/03/15	2119	5	0,24
Uruguay	Montevideo – SUEO	11/02/15	4373	172	3,93
Venezuela	Maiquetia – SVZM	13/02/15	3720	636	17,10
<b>SUBTOTAL SAM</b>	27	27	279947	2473	0,88
STATE	FIR	DATE	DELIVERED	NO RVSM	% NO RVSM
Netherlands Antilles	Curacao – TNCF	26/01/15	6815	100	1,47
COCESNA	Central America – MHTG	02/02/15	14052	120	0,85
Cuba	Havana – MUFH	15/02/15	20258	21	0,10
Haiti	Port Au Prince – MTEG	12/01/15	3246	77	2,37
Jamaica	Kingston – MKJK				
Dominican Republic	Santo Domingo – MDCS	15/02/15	7735	105	1,36
Trinidad Tobago	Piarco – TTZP	20/04/15	6388	71	1,11
<b>SUBTOTAL CAR</b>	7	6	58494	494	0,84
<b>TOTAL CAR/SAM</b>	34	33	338441	2967	0,88

Tabla 2 – Vuelos NO RVSM en las Regiones CAR/SAM

*\*los cuadros sin datos son ocasionados por la falta de entrega del movimiento aéreo*

5.3. Los informes que contienen la lista nominativa de aeronaves no certificadas RVSM encontradas en

el presente análisis, se pasarán individualmente a las Autoridades de Aviación Civil presentes en esta GTE/15, para que hagan los arreglos necesarios. Las cantidades de aeronaves no certificadas se presentaron en la Reunión de las Agencias de Monitoreo - que OACI celebró en mayo de este año en Bangkok, Tailandia – en que todas las RMA recibieron un listado de las aeronaves sin aprobación RVSM que utilizaron ese espacio.

## 6. Depuración de los datos recibidos

6.1. Tras la recepción de los datos de movimientos de aeronaves, CARSAMMA realizó una purificación y tratamiento de los mismos, mostrándose en la **Tabla 3** (abajo), los siguientes resultados, donde se visualiza la población de aeronaves que volaron en las FIR CAR/SAM, con sus dimensiones y el porcentaje de horas de vuelo, incluyendo un avión típico, que se utiliza una dimensión basada en el Modelo de Cálculo de Riesgo Vertical.

Tipo ACFT	Longitud $\lambda_x$	Envergadura $\lambda_y$	Altura $\lambda_z$	Horas de Vuelo	% Horas de Vuelo	Número de Vuelos	% de Vuelos
A320	0,020286	0,018413	0,00640	24334:22	2,5	44371	16,3
E190	0,019568	0,015507	0,00571	11942:57	1,2	29216	10,8
B763	0,029644	0,025702	0,00756	17013:38	1,8	21857	8,0
B737	0,018898	0,011852	0,00675	9560:43	1,0	20681	7,6
A319	0,018272	0,018413	0,00640	40218:23	4,2	17407	6,4
A332	0,031749	0,032559	0,00940	7969:46	0,8	9589	3,5
B772	0,034395	0,032883	0,00999	7202:07	0,7	9521	3,5
B738	0,021328	0,018521	0,00675	27039:03	2,8	54243	2,8
B752	0,025551	0,020788	0,00732	45073:43	4,7	6690	2,5
B77W	0,034395	0,034989	0,01004	4630:17	0,5	6076	2,2
A321	0,024033	0,018413	0,00640	3415:18	0,4	5357	2,0
A343	0,034341	0,032559	0,00910	3225:25	0,3	3395	1,2
B733	0,017279	0,016199	0,00648	437070:51	45,3	2992	1,1
A318	0,016982	0,018413	0,00678	816:32	0,1	2410	0,9
A346	0,040659	0,034260	0,00934	1977:26	0,2	2304	0,8
B788	0,030778	0,032397	0,00918	2058:22	0,2	2268	0,8
B744	0,038175	0,034773	0,01048	1763:45	0,2	2075	0,8
B762	0,026188	0,025702	0,00756	1317:20	0,1	2004	0,7
B77L	0,034395	0,034989	0,01004	1562:05	0,2	1915	0,7
B764	0,033153	0,028024	0,00756	1129:10	0,1	1720	0,6
MD11	0,033261	0,028077	0,00947	1249:39	0,1	1463	0,5
Otras				315665:45	32,6	24105	8,87
<b>Acft Típica</b>	<b>0,01686493</b>	<b>0,0154023</b>	<b>0,0052932</b>				
				<b>967135:07</b>	<b>100,00</b>	<b>271659</b>	<b>100,00</b>

Tabla 3 – Aeronaves que volaron RVSM en las FIR CAR/SAM  
(Las medidas de dimensión están en millas náuticas)

**7. Procesamiento de los datos**

7.1. Ya en el primer paso del procesamiento de los datos tratados introducidos en el programa de cálculo de riesgo, se puede ver algunos productos, como las tasas estimadas entre el número de eventos LHD y la característica de la población de las aeronaves que utilizaron las aerovías en niveles RVSM. Algunos de estos productos se enumeran en este capítulo.

7.2. Tramos más volados en las FIR CR/SAM

7.2.1 En la **Tabla 4** a continuación, se muestra un índice donde el número de LHD que se produjo en un tramo de la aerovía, se dividió por el movimiento total de las aeronaves que volaron el mismo tramo.

Estado	FIR	Movimiento Total	Fix A	Aerovía	Fix B	Movimiento en el Tramo (7)	Porcentaje del Movimiento	Número de LHD	LHF/ (7)
<b>Antillas</b>	Curacao	21188	DUSAN	UA315	PENKO	1023	5%	20	1,96%
<b>Argentina</b>	Córdoba	18981	PORKA	UL550	OPTIR	1001	5%	-	-
	Ezeiza	6161	ROKER	UL550	ROS	502	8%	-	-
	Mendoza	9390	TOSOR	UA306	RYD	930	10%	4	0,43%
	Resistência	10316	MCS	UW64	KORTA	876	8%	4	0,46%
	Comodoro	7488	MIGUS	UA570	VIE	819	11%	2	0,24%
	La Paz	25401	MEVOT	UA304	MOSGO	933	4%	-	-
<b>Brasil</b>	Atlântico	15558	BUGAT	UL206	REGIS	752	5%	-	-
	Amazônica	39328	ACARI	UZ52	NEBAN	405	1%	2	0,49%
	Brasília	14731	ETIGU	UM409	REINA	831	6%	-	-
	Curitiba	25146	OGNAV	UZ10	TBE	1226	5%	-	-
	Recife	15059	POSMU	UZ36	MARSU	703	5%	-	-
<b>Chile</b>	Punta Arena	431	SATIN	UT100	PNT	416	97%	-	-
	Santiago Antofagasta	9502	WISEK	UL531	NEBEG	980	10%	-	-
	Isla Pascua	177	MORSA	UL348	VINAP	64	36%	-	-
	P. Montt	1447	NIA	UT112	ICO	741	51%	-	-
<b>Cocensa</b>	Central América	43960	PENSO	UB753	PIKRO	1165	3%	6	0,52%
<b>Colombia</b>	Bogotá Barranquilla	13109	AGUJA	UA319	NESMO	405	3%	13	3,21%
<b>Cuba</b>	Habana	44824	URSUS	UA301	UCA	4783	11%	3	0,06%
<b>Ecuador</b>	Guyaquil	4505	VAKUD	UL780	UGUPI	1489	33%	55	3,69%
<b>Guyana</b>	Georgetown	7256	TIM	UA312	KOXAM	983	14%	2	0,20%
<b>Guyana Francesa</b>	Cayena	1628	MAVKO	DCT	GOGSO	305	19%	4	1,31%

Estado	FIR	Movimiento Total	Fix A	Aerovía	Fix B	Movimiento en el Tramo (7)	Porcentaje del Movimiento	Número de LHD	LHF/ (7)
<b>Haití</b>	Port au Prince	11485	MEDON	UA315	JOSES	1492	13%	25	1,68%
<b>Jamaica</b>	Kingston	-	-	-	-	-	-	15	-
<b>Panamá</b>	Panamá	19457	BUFEO	UA317	BITOR	1132	6%	1	0,09%
<b>Paraguay</b>	Asunción	1732	REPAM	UA556	SAMGU	283	16%	-	-
<b>Peru</b>	Lima	35194	ATOGO	UG436	BTE	1705	5%	-	-
<b>Rep. Dominicana</b>	Sto Domingo	17670	VESKA	UA315	KATIN	1378	8%	22	1,60%
<b>Surinam</b>	Paramaribo	1493	KOXAM	UA312	ACARI	834	56%	1	0,12%
<b>Trinidad Tobago</b>	Piarco	10718	PELMA	UG449	PERRY	2102	20%	1	0,05%
<b>Uruguay</b>	Montevideo	11607	ISALA	UN741	OGLAP	1102	9%	-	-
<b>Venezuela</b>	Maiquetia	24159	ENPUT	UA567	STB	608	3%	-	-

Tabla 4 – Índice de LHD por Tramos de Aerovías

7.2.2 En la Tabla 4, de un total de 180 LHD y un movimiento aéreo de 31 968, el índice mediano es el 0,56%.

7.2.3 Se muestra en el siguiente gráfico la tasa estimada en los tramos más volados de las aerovías en las Regiones CAR/SAM, y se puede señalar que los tramos de las aerovías donde hay una mayor tasa son:

- VAKUD/UGUPI – UL780 – FIR GUAYAQUIL (SEFG) ECUADOR;
- AGUJA/NESMO – UA319 – FIR BARRANQUILLA (SKEC) COLOMBIA;
- DUSAN/PENKO – UA315 – FIR CURAZAO (TNCF) ANTILLAS HOLANDESAS;
- MEDON/JOSES – UA315 – FIR PORT-AU-PRINCE (MTEG) HAITI; y
- VESKA/KATIN – UA315 – FIR STO. DOMINGO (MDCS) REP. DOMINICANA.

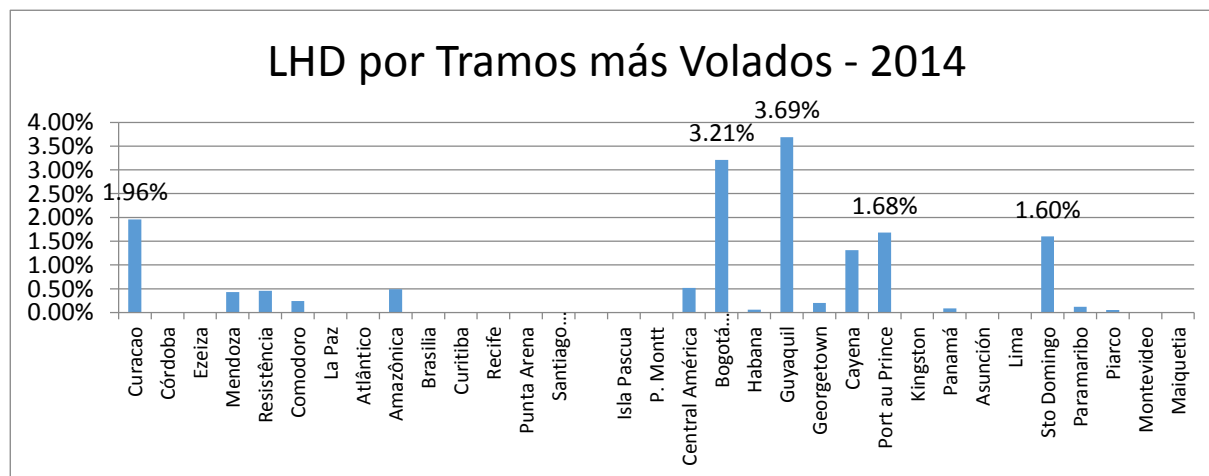


Gráfico 1 – LHD por Tramos de Aerovías

7.2.3 Los índices muestran que en estos pasajes hay una mayor incidencia de LHD, sin tener necesariamente la responsabilidad de la FIR en la que ocurrió el evento. LHD cuyos valores de riesgo se destacaron en el año 2014

7.3. Los tres LHD a continuación muestran las situaciones que ocurren en el espacio RVSM que seguramente llevaron el índice del riesgo de colisión a un nivel de inseguridad extrema.

LHD 192 – FIR que sufre el riesgo CENTRAL AMÉRICA – día 09 de febrero 2014

Report #: 192	POSITION: LIXAS	AMERICAN	LIXAS	MODE C: NO	HT LHD: 2.000
DATE: 09/02/2014	HOUR: 07:12	FLIGHT ID: AAL940	REGISTRATION: N765AN	CLRD FL: 340	DURATION: 1.800
ROUTE: UZ512 - SCEL (SANTIAGO) / KDFW (DALLAS FORT WORTH)	ACFT TYPE: B772		EVENT FL: 360	CODE: E1	
REPORTING UNIT: CENTRAL AMÉRICA	FIR ERROR: GUAYAQUIL	IMC / VMC: V	XFL SAME: 1	XFL OPS: 1	
OTHER ACFT (2ª):	#N/D	DISTANCE: 0	POSITION 2ª ACFT: 0	FL 2ª ACFT: 0	
CAUSE: ERROR OPERACIONAL EN EL CICLO DE COORDINACIÓN ATC		STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 1.800	GTE CODE: B	
ACC GUAYAQUIL PASO ESTIMADO LIXAS 07:12 FL340 PERO NO PASO CAMBIO DE NIVEL A FL360. AAL940 NOTIFICO RADIM 07:43 FL360. SE RECLAMO A GUAYAQUIL ACC Y DUERON QUE ELLOS LO TENIAN A FL340 Y NO PUDO EXPLICAR QUE PASO O QUIEN LO ASCENDIO A FL360.					
PROBABILIDAD: 4	DURACIÓN: 3	GRAVEDAD: 4	RADAR / ADS: 10	WEATHER: 0	OTRO TRAFICO: 0
VALOR DEL RIESGO: 58		ACCIÓN MITIGADORA: REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN			

LHD 576 – FIR que sufre el riesgo MONTEVIDEO – día 22 de abril 2014

Report #: 576	POSITION: 3400S 03200W	IBERIA	SUEOSAEU6	MODE C: NO	HT LHD: 0
DATE: 22/04/2014	HOUR: 17:40	FLIGHT ID: IBE6842	REGISTRATION: ECJCY	CLRD FL: 0	DURATION: N/A
ROUTE: AORRA - FHAW (ILLAS ASCENCION)	ACFT TYPE: A346		EVENT FL: 350	CODE: E2	
REPORTING UNIT: MONTEVIDEO	FIR ERROR: EZEIZA	IMC / VMC: 0	XFL SAME: 0	XFL OPS: 0	
OTHER ACFT (2ª):	#N/D	DISTANCE: 0	POSITION 2ª ACFT: 0	FL 2ª ACFT: 0	
CAUSE: ATC LOOP ERROR		STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 3.000	GTE CODE: E2	
NO SE RECIBIO TRANSFERENCIA DE LA FIR EZEIZA NI COMODORO RIVADAVIA. LA INFORMACION FUE RECIBIDA POR LA FIR SBAO. *** CARSAMMA: DEL PUNTO DE ENTRADA HASTA EL PUNTO EN QUE LA AERONAVE LLAMA ATLANTICO SON 3.000 SEGUNDOS VOLADOS EN ESPACIO AEREO DE MONTEVIDEO. ***					
PROBABILIDAD: 3	DURACIÓN: 3	GRAVEDAD: 3	RADAR / ADS: 10	WEATHER: 5	OTRO TRAFICO: 0
VALOR DEL RIESGO: 51		ACCIÓN MITIGADORA: REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN			

LHD 588 – FIR que sufre el riesgo ANTOFAGASTA – día 25 de abril 2014

Report #: 588	POSITION: KONRI	TRANS PERU	KONRI	MODE C: NO	HT LHD: 0
DATE: 25/04/2014	HOUR: 11:46	FLIGHT ID: TPU904	REGISTRATION: N492TA	CLRD FL: 340	DURATION: 240
ROUTE: UL550 - SAEZ / SPIM	ACFT TYPE: A320		EVENT FL: 340	CODE: E2	
REPORTING UNIT: ANTOFAGASTA	FIR ERROR: CORDOBA	IMC / VMC: 0	XFL SAME: 0	XFL OPS: 0	
OTHER ACFT (2ª):	#N/D	DISTANCE: 0	POSITION 2ª ACFT: 0	FL 2ª ACFT: 0	
CAUSE: AUSENCIA DE COORDINACIÓN		STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 240	GTE CODE: E2	
A LAS 11:46 TPU904 NOTIFICA EM POSICION KONRI A FL340 SIN TRANSFERENCIA POR PARTE DE CORDOBA ACC. EL TRANSITO ES VISUALIZADO POSTERIOR A LA NOTIFICACION. 20 NM AL NW DE KONRI.					
PROBABILIDAD: 3	DURACIÓN: 3	GRAVEDAD: 3	RADAR / ADS: 10	WEATHER: 5	OTRO TRAFICO: 0
VALOR DEL RIESGO: 51		ACCIÓN MITIGADORA: REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN			

8. Evaluación de Seguridad del Riesgo de Colisión (CRM)

8.1. Esta sección concluye y considera los resultados de la evaluación de la seguridad del espacio aéreo RVSM dentro de las FIR CAR/SAM.

8.2. Por lo tanto, la metodología del riesgo de colisión aceptada internacionalmente (CRM) se ha aplicado en la evaluación de la seguridad del espacio aéreo RVSM del Caribe y América del Sur.

8.3. En esta etapa del análisis de la visualización de los datos, el uso masivo de la informática se aplica con el fin de conocer los resultados finales del modelo del riesgo de colisión. Describimos brevemente cómo se utilizan y combinan los datos derivados de la muestra tratada del movimiento aéreo, junto a los datos validados de LHD.

8.4. Los datos de movimiento de las aeronaves ya depurados, fueron añadidos a los datos de Grandes Desviaciones de Altitud (LHD) emitidos durante el año 2014 por la FIR en cuestión, y se recopilaron y analizaron durante teleconferencias mensuales producidas con la participación de expertos de las FIR involucradas, más oficiales de las Oficinas Regionales de Lima y México de la OACI y CARSAMMA. IATA también participa en estas teleconferencias como consultora invitada.

8.5. Durante las teleconferencias, el LHD se valida, los valores de los parámetros encontrados se fusionan y se colocan en la Fórmula General del Modelo del Riesgo de Colisión de REICH, que se muestra en el siguiente capítulo.

#### 9. Las estimaciones de parámetros de CRM

$$N_{ax} = 2P_y(0)P_z(0) \left( \frac{|\overline{\dot{x}(m)}|}{2\lambda_x} + \frac{|\overline{\dot{y}_0}|}{2\lambda_y} + \frac{|\overline{\dot{z}_0}|}{2\lambda_z} \right) \frac{2\lambda_x}{|\overline{\dot{x}(m)}|} \frac{1}{T} \sum_s E(s)Q(s)$$

Figura 1 – Formula General del Modelo del Riesgo de Colisión de REICH

9.1. El material y cantidad de la fuente utilizada para estimar los valores de cada uno de los parámetros inherentes al modelo del riesgo de colisión aceptado internacionalmente (CRM) que se utiliza para realizar la evaluación de la seguridad del espacio aéreo RVSM se resumen en la **Tabla 5**.

Parámetro	Descripción	Valor
$\lambda_x$	Longitud media de la muestra de aeronaves	0.01686493 nm
$\lambda_y$	Extensión media de la muestra de aeronaves	0.0154023 nm
$\lambda_z$	Altura media de la muestra de aeronaves	0.0052932 nm
$ \overline{V} $	Velocidad media de la muestra de aeronaves (modulo)	463.1245 kt/h
$ \overline{\Delta V} $	Velocidad relativa en misma dirección de la muestra de aeronaves (modulo)	30.25444 kt/h
$ \overline{\dot{y}} $	Velocidad media relativa a la aproximación transversal de la muestra de aeronaves (modulo)	13 kts
$ \overline{\dot{z}} $	Velocidad vertical media relativa durante la pérdida de separación vertical de la muestra de aeronaves (modulo)	1,5 kts
$P_z(0)$	Probabilidad de dos aeronaves con el mismo nivel nominal estén en sobre posición vertical en la muestra de aeronaves	0.353416

Tabla 5 – Estimaciones de los parámetros CRM

#### 10. Demostración de la viabilidad técnica de aplicación de la RVSM en las Regiones CAR/SAM

10.1. Se trata de la evaluación de los resultados del seguimiento de los valores de los parámetros del Modelo del Riesgo de Colisión de REICH:

- Frecuencia de Paso  $N_x$ ;
- Probabilidad de superposición vertical  $P_z(1000)$ ; y
- Probabilidad de superposición lateral  $P_y(0)$ .

Para demostrarlo se alcanzaron los siguientes objetivos:

- proporcionar confianza en el cumplimiento de los TLS técnicos; y
- acreditar la estabilidad del ASE.

11. **Especificaciones de rendimiento total del Sistema**

11.1. Frecuencia de paso,  $N_x$  – Es el parámetro del espacio aéreo con la exposición de la aeronave para el riesgo de colisión vertical. La estimación de la frecuencia de paso equivalente se realizó teniendo en cuenta el vuelo de aeronaves en la misma dirección y en direcciones opuestas, como se muestra en la **Tabla 6**.

Frecuencia de Paso	Misma Dirección	Dirección Opuesta	Equivalente	Tiempo de Vuelo (h)
<b>Región CAR</b>	0,00278103	0,05379315	<b>0,053793156</b>	32 133:02
<b>Región SAM</b>	0,01215089	0,07857791	<b>0,078577917</b>	935 002:05
<b>Regiones CAR/SAM</b>	0,00746596	0,06618553	<b>0,066185537</b>	967 135:07

Tabla 6 – Frecuencia de paso CAR/SAM

11.2. Los valores son en relación con el sistema de espacio aéreo CAR/SAM. Hay que tener en cuenta que la frecuencia de paso que se informó en la Tabla 6 (**0,066185537**) se calculó sobre la base de las horas de vuelo totales depuradas de las 34 FIR CAR/SAM.

- El valor estimado de  $P_z (1000)$  que se utiliza en nuestros cálculos fue de  **$2,46 \times 10^{-8}$** .
- El valor estimado de  $P_y (0)$  calculado para el año 2014 es de **0,045606**. Teniéndose en cuenta que en la evaluación de la probabilidad de superposición lateral  $P_y (0)$ , no deberá superar el valor **0,05800** de conformidad con el Doc 9574 de la OACI (Ref. 1), la probabilidad de superposición lateral de 2014 es normal.

12. **Estimación del Riesgo de Colisión Total**

12.1. La **Tabla 7** contiene los grupos de parámetros físicos y dinámicos estimados en el Modelo del Riesgo de Colisión de REICH, así como el seguimiento de los parámetros principales relativos a las FIR CAR/SAM. Todos los parámetros se determinaron con base en el espacio aéreo de cada región como un sistema aislado.

	Ez (mismo)	$\Delta V$ (mismo)	Ez (0p)	$\Delta V$ (op)	Ez (cruce)	V
<b>CAR</b>	0,045382	22,91634	0,016077	934,4065	0,059224	457,5213
<b>SAM</b>	0,052684	37,59253	0,022186	897,1633	0,043942	468,7277
<b>CAR/SAM</b>	0,049033	30,25444	0,019132	915,7849	0,051583	463,1245

Tabla 7 – Parámetros físicos y dinámicos

13. **Conclusiones de la Evaluación de la Seguridad (CRM)**

13.1. Riesgo de Colisión Total (escenario 1 – todos LHD) - El Riesgo Operacional tenía sus valores estimados presentados en la **Tabla 8**, que se logra al final del procesamiento de todos los LHD recibidos y validados en 2014, más los archivos del movimiento de aeronaves en el espacio RVSM, procesados en los *softwares* específicos de CRM.

Región	Riesgo Técnico	Riesgo Operacional	Riesgo Total
<b>CAR</b>	0,0150 E <sup>-09</sup>	1,84 E <sup>-09</sup>	1,86 E <sup>-09</sup>
<b>SAM</b>	0,0585 E <sup>-09</sup>	1,79 E <sup>-09</sup>	1,85 E <sup>-09</sup>
<b>Media CAR/SAM</b>	<b>0,0508 E<sup>-09</sup></b>	<b>1,80 E<sup>-09</sup></b>	<b>1,85 E<sup>-09</sup></b>

Tabla 8 – Riesgo de Colisión Vertical Total (escenario 1)

13.1.1. El riesgo técnico de las FIR CAR/SAM **satisface** la cantidad que no exceda **2,5 x 10<sup>-9</sup> accidentes fatales por hora de vuelo** debido a la pérdida de la separación vertical padrón de 1 000 pies y todas las otras causas.

- El riesgo operacional no tiene un valor predeterminado de límite bajo el Doc 9574 de la OACI.
- El riesgo total estimado en el caso de las FIR evaluadas, es de **1,80 x 10<sup>-9</sup>** por debajo del TLS, que es de **5,0 x 10<sup>-9</sup>**.

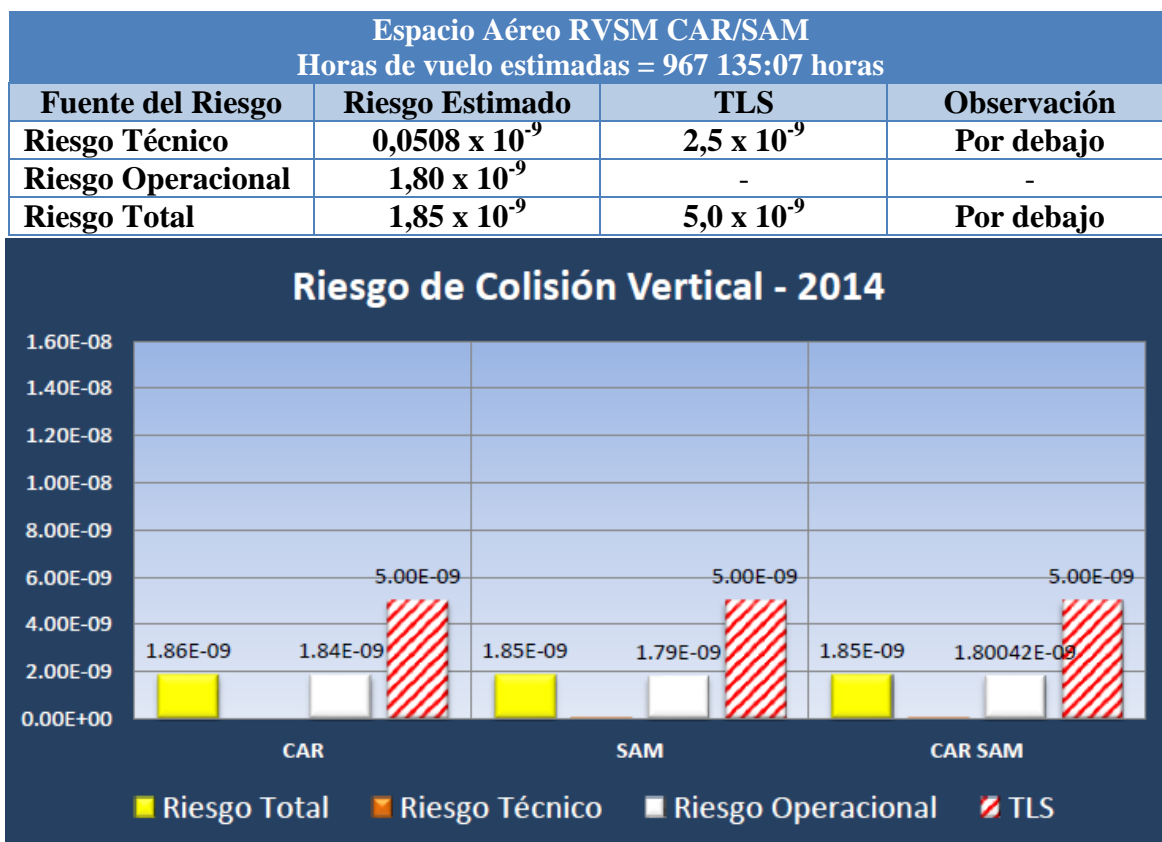


Tabla 9 y Gráfico 2 – Estimaciones del Riesgo anual para las FIR CAR/SAM en el Espacio RVSM

13.2. Riesgo de Colisión (escenario 2 – sin los LHD código “E”) - El riesgo operacional tiene sus valores estimados presentados en la **Tabla 10**, retirados todos los LHD validados con el código "E", y procesados en el software CRM específico.

Región	Riesgo Técnico	Riesgo Operacional	Riesgo Total
<b>CAR</b>	0,0150 E <sup>-9</sup>	0,379 E <sup>-9</sup>	0,394 E <sup>-9</sup>
<b>SAM</b>	0,0585 E <sup>-9</sup>	0,0581 E <sup>-9</sup>	0,117 E <sup>-9</sup>
<b>Media CAR/SAM</b>	<b>0,0508 E<sup>-9</sup></b>	<b>0,115E E<sup>-9</sup></b>	<b>0,166E E<sup>-9</sup></b>

Tabla 10 – Riesgo de Colisión Vertical (escenario 2)

13.2.1. El riesgo técnico de las FIR CAR/SAM satisface la cantidad que no exceda de  $2,5 \times 10^{-9}$  accidentes fatales por hora de vuelo debido a la pérdida de la separación vertical padrón de 1 000 pies y todas las otras causas.

- El riesgo operacional no tiene un valor predeterminado de límite bajo Doc 9574 de la OACI.
- El riesgo total estimado en el caso de las FIR evaluadas, es de  $0,166 \times 10^{-9}$  por debajo, por lo tanto del TLS, que es de  $5,0 \times 10^{-9}$ .

Espacio Aéreo RVSM CAR/SAM			
Horas de vuelo estimadas = 967 135:07 horas			
Fuente del Riesgo	Riesgo Estimado	TLS	Observación
Riesgo Técnico	$0,0508 \times 10^{-9}$	$2,5 \times 10^{-9}$	Por debajo
Riesgo Operacional	$0,115 \times 10^{-9}$	-	-
Riesgo Total	$0,166 \times 10^{-9}$	$5,0 \times 10^{-9}$	Por debajo

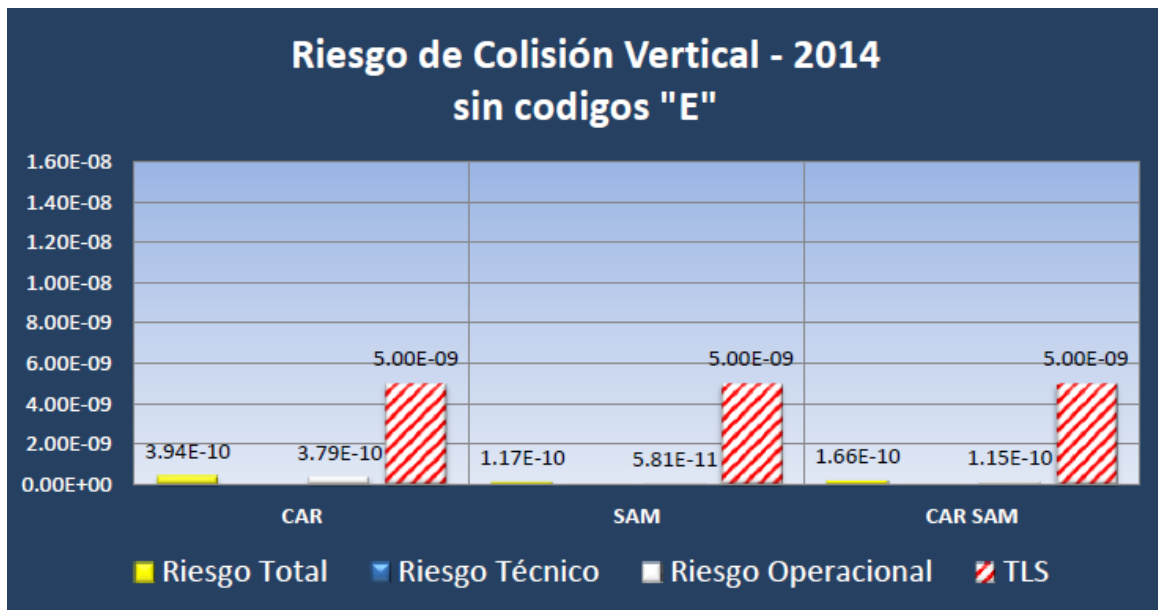


Tabla 11 y Gráfico 3 – Estimaciones del Riesgo anual para las FIR CAR/SAM en el Espacio RVSM

13.3. Análisis de Escenarios del Riesgo de Colisión Vertical – De los escenarios presentados, se toma nota de una mayor disminución en la estimación del riesgo de colisión vertical y el volumen anual de LHD es el escenario 2 (sin códigos “E”), como se muestra en las Tablas 12a y 12b.

MES	#LHD	DURACIÓN (min)
ENE	136	502
FEB	107	465
MAR	126	423
ABR	136	393
MAY	102	315
JUN	95	125
JUL	103	215
AGO	109	313
SEP	134	272
OCT	144	164
NOV	124	192
DIC	135	108
<b>TOTAL</b>	<b>1451</b>	<b>3487</b>
<b>Riesgo Total: <math>1,85 \times 10^{-9}</math></b>		

Tabla 12a – Comparativo de los LHD (escenario 1)

MES	#LHD	DURACIÓN (min)
ENE	4	2.67
FEB	8	36.08
MAR	3	2.40
ABR	2	2.00
MAY	1	7.00
JUN	4	6.50
JUL	4	93.17
AGO	5	126.50
SEP	8	5.67
OCT	6	6.50
NOV	6	4.75
DIC	7	6.00
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>299.23</b>
<b>Riesgo sin códigos "E": 0,166 x 10<sup>-9</sup></b>		

Tabla 12b – Comparativo de los LHD (escenario 2)

13.3.1. Los escenarios estimados de Riesgo de Colisión Vertical muestran sin lugar a dudas que las Autoridades de Aviación Civil de las Regiones deberían centrar sus mejores esfuerzos con el fin de aumentar las alertas para una mayor coordinación durante la transferencia de tráfico a los sectores adyacentes, la que tomaría el estimado del riesgo de colisión CAR/SAM para un nivel de riesgo insignificante (escenario 2).

14. **Acción sugerida:**

14.1. Se invita a la Reunión a:

- a) Reconocer los términos de la presente nota de estudio, y los Estados que estén dispuestos, pueden utilizar la información que aquí se presenta como una referencia para la padronización de sus procesos y metodologías de empleo de las medidas mitigadoras de los LHD; y
- b) presentar dicha decisión a los miembros del GTE para su conocimiento.