



**Cuestión 5 del  
Orden del Día:**

**Implantación operacional de nuevos sistemas automatizados ATM e  
integración de los existentes**

**ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD Y CONVENIENCIA DEL  
USO DEL SERVICIO ADS-B POR SATÉLITE EN LA RÉGION SAM**

(Presentada por la Secretaría)

<b>RESUMEN</b>	
Esta nota de estudio presenta informaciones con respecto al estudio solicitado en la Reunión SAM/IG/19, para analizar la factibilidad y conveniencia de la adopción del servicio ADS-B Satelital a nivel regional.	
<b>Referencias:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Informe de la Décimo Novena Reunión/Taller del Grupo de Implantación SAM (SAM/IG/19 - Lima, Perú, del 22 al 26 de mayo de 2017)</li><li>- Informe de la Décimo Primera Reunión del Comité de Coordinación del Proyecto RLA/06/901 (RCC/11) - Lima, Perú, 5 de octubre de 2018)</li><li>- Informe de la Vigésima Primera Reunión/Taller del Grupo de Implantación SAM (SAM/IG/21 - Lima, Perú, del 21 al 25 de mayo de 2018)</li><li>- Estudio sobre la Factibilidad y Conveniencia del ADS-B Satelital en una Implantación Regional</li></ul>	
<b>Objetivos estratégicos de la OACI:</b>	<i>A – Seguridad operacional</i> <i>C – Capacidad y eficiencia de la navegación aérea</i>

**1. Antecedentes**

1.1 En la Décimo Primera Reunión del Comité de Coordinación del Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/06/901 (RCC/11 – Lima, 5 de octubre de 2017) se aprobó la realización de un estudio sobre la factibilidad y conveniencia de la adopción del servicio ADS-B Satelital a nivel regional.

1.2 Para la realización del estudio, se contrató a un experto en vigilancia (Sr. Iván Salas) de Ecuador, por el período de una semana en abril de 2018, quien ha preparado un documento preliminar, que fue presentado en la Reunión SAM/IG/21.

1.3 La Reunión SAM/IG/21 (Lima, del 21 al 25 de mayo de 2018) solicitó a los Estados que revisen el estudio preliminar y aporten las informaciones necesarias para complementar el estudio. La misma Reunión, recomendó al Comité de Coordinación del Proyecto RLA/06/901, proporcionar otra semana de trabajo al experto de vigilancia, para conjuntamente con representantes del proveedor del servicio y el personal de la Oficina Regional de OACI en Lima, completar el estudio solicitado.

1.4 Con la aprobación en la RCC/12 del Proyecto RLA/06/901 (Lima del 23 al 24 de agosto de 2018), el trabajo fue realizado en la Oficina Regional de la OACI en Lima, en el periodo del 24 al 28 de septiembre de 2018.

## 2 Análisis

2.1 El estudio presenta informaciones sobre las características, rendimiento, coberturas y costos de las tecnologías actuales de vigilancia, que permitan a los Estados comparar la adopción del servicio ADS-B Satelital con otras posibilidades de vigilancia aeronáutica como radar secundario (SSR) y estaciones ADS-B terrestres.

2.2 Luego de una breve introducción sobre la tecnología ADS-B y presentación de los documentos claves de referencia sobre el asunto, una descripción del servicio proveído es proporcionada para después entrar en los puntos principales del estudio: factibilidad y conveniencia. El **Apéndice A** a esta nota de estudio presenta el documento en su versión final.

### 2.3 Factibilidad

2.3.1 En la Reunión SAM/IG/19, los Estados ya habían reconocido los beneficios y ventajas operacionales que podrían brindar el servicio ADS-B Satelital, tales como:

- ✓ Cobertura en los *gaps* existentes en los sistemas de vigilancia de los Estados de la región;
- ✓ Cobertura en las zonas de frontera como alternativa al intercambio de datos de vigilancia entre Estados adyacentes;
- ✓ Cobertura en las zonas oceánicas fuera del alcance de los sistemas de vigilancia terrestres;
- ✓ Solución de vigilancia para el Espacio No FIR;
- ✓ Actualización constante de la posición de los blancos, a diferencia de la actualización periódica proporcionada por el ADS-C.

2.3.2 El estudio concluye la factibilidad del uso del sistema ADS-B Satelital en la Región, por su capacidad de cobertura, tiempo de respuesta en el proceso de traslado de la información o latencia y disponibilidad de la información, para espacios aéreos en ruta arriba de los 10,000 pies, que fue el espacio aéreo analizado en este estudio.

2.3.3 Los siguientes beneficios en una implantación regional son apuntados en el estudio:

2.3.3.1 **Seguridad operacional** – La vigilancia efectiva en áreas donde no hay cobertura actualmente, contribuye definitivamente para el aumento de la seguridad operacional.

2.3.3.2 **Eficiencia de los vuelos** – La capacidad de vigilancia efectiva de las informaciones ADS-B, proporciona medios para optimizar los vuelos y aumentar la capacidad de utilización de los espacios aéreos.

2.3.3.3 **Flexibilidad** – El servicio provisto permite al ANSP contratar específicas áreas o volúmenes, en los niveles de vuelo de interés operacional, como medio único de vigilancia o como aumento de una infraestructura de vigilancia existente, así como redundancia en áreas de interés operacional crítico.

2.3.3.4 **Homogeneidad** – Al recibir los Estados información de una misma fuente con los mismos niveles de parámetros, se hace posible la homogenización de los servicios de navegación aérea en toda la Región.

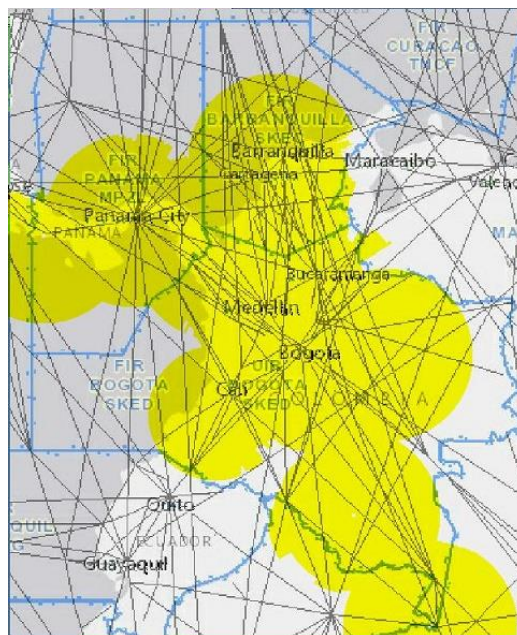
2.3.3.5 **Ambiente** – La mejor gestión de los vuelos, aumentando la capacidad, proporcionando vuelos más directos y disminuyendo los tiempos de espera, contribuyen a disminuir los impactos adversos de la aviación en el ambiente.

2.3.3.6 **Rentabilidad** – Con vuelos más eficientes y económicos la rentabilidad para los operadores de aeronaves se torna sostenible, con impactos positivos para el usuario final. Del punto de vista de los ANSPs, la disminución de la infraestructura implantada y el mantenimiento requerido, impactan sensiblemente en este aspecto.

## 2.4 Conveniencia

2.4.1 La conveniencia fue analizada de una manera cuantitativa, con base en la metodología empleada en el estudio preliminar, presentado en la Reunión SAM/IG/21 (mayo de 2018), comparando los costos de las tecnologías SSR y ADS-B terrestre, respecto al ADS-B satelital.

2.4.2 El enfoque adoptado busca de una forma simple aproximar la limitación de cobertura de los sensores terrestres con la amplia capacidad de cobertura del ADS-B Satelital. Para los Estados que presentan áreas oceánicas y continentales con cantidades de tráfico relativamente iguales (homogéneos), como Panamá y Colombia, el abordaje se adecuó mejor. La Figura 1 muestra que el interés operacional de cobertura en las áreas oceánicas y continentales, son prácticamente iguales.

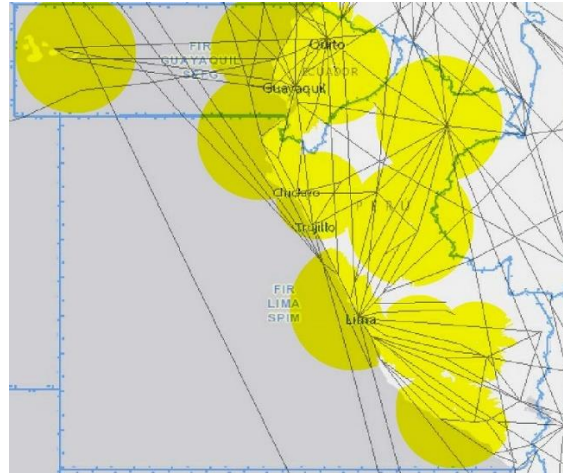


**Figura 1 – Estados con áreas oceánicas y continentales más homogéneas**

2.4.3 Por otro lado, los Estados que presentan una gran área oceánica en las FIR de su responsabilidad, el enfoque debe ser acompañado de algunas consideraciones, pero es válido como referencia. Es el caso de Perú que tiene una gran área oceánica. En estos casos, si bien el volumen de tráfico no es tan alto como en áreas terrestres, una cobertura completa del espacio aéreo mejoraría las

operaciones SAR, la seguridad operacional y la posibilidad de mejor eficiencia en operaciones, utilizando UPR (User Preferred Route).

2.4.4 Asimismo, la posibilidad de cobertura en áreas oceánicas y/o continentales remotas, lo que es impracticable con sensores terrestres, puede impulsar rediseños de redes de ruta en base a la estrategia adoptada en cada Estado.



**Figura 2 – Estados con grandes áreas oceánicas**

2.4.5 Se mantuvo la metodología adoptada en el estudio preliminar para mantener compatibilidad con todos los análisis realizados en términos de conveniencia.

2.4.6 Una forma práctica de percibir el enfoque utilizado es considerar la proporción que las coberturas de los sensores terrenos implantados representan en la cobertura de todas las áreas del FIR de responsabilidad del Estado.

2.4.7 Las siguientes tablas presentan los porcentajes de cobertura aproximados de la forma que fueron calculados en el estudio, para los países que se tomaron como muestra.

**Tabla 1 – Porcentajes de cobertura con estaciones terrenas de ADS-B**

<i>No</i>	<i>País</i>	<i>ADS-B</i>	<i>Área(s) FIR (Km<sup>2</sup>)</i>	<i>Área Contiente (Km<sup>2</sup>)</i>	<i>Relación FIR/Cont</i>	<i>Cobertura a 10.000 pies</i>	<i>Cobertura a 15.000 pies</i>	<i>Cobertura a 25.000 pies</i>
1	FRENCH GUI.	5	1.383.199,17	83.534,00	16,56	11,67%	15,34%	16,56%
2	GUYANA	5	270.916,57	214.970,00	1,26	91,86%	96,90%	100,00%
3	PARAGUAY	6	399.136,50	406.752,00	1	92,61%	99,50%	100,00%

**Tabla 2 – Porcentajes de cobertura con SSR**

No.	País	SSR	Área(s) FIR (Km <sup>2</sup> )	Área Continente (Km <sup>2</sup> )	Relación FIR/Cont .	Cobertura a 10.000 pies	Cobertura a 15.000 pies	Cobertura a 25.000 pies
1	ARGENTINA	25	17.908.074,6 2	2.792.573,0 0	6,41	12,37%	15,27%	18,58%
2	BOLIVIA	7	1.085.891,42	1.098.581,0 0	1	26,10%	40,85%	70,35%
3	BRASIL	84	22.110.440,0 0	8.514.877,0 0	2,6	27,86%	35,01%	46,26%
4	CHILE	11	10.038.771,5 4	756.102,00	13,28	8,96%	11,66%	17,55%
5	COLOMBIA	15	1.648.431,14	1.141.748,0 0	1,44	37,37%	49,33%	77,73%
6	ECUADOR	7	942.758,82	283.561,00	3,32	27,45%	45,74%	74,49%
7	FRENCH GUI.		1.383.199,17	83.534,00	16,56	n/a	n/a	n/a
8	GUYANA		270.916,57	214.970,00	1,26	n/a	n/a	n/a
9	PANAMÁ	3	621.464,86	74.177,00	8,38	33,70%	41,63%	59,48%
10	PARAGUAY	2	399.136,50	406.752,00	1	30,87%	40,39%	69,21%
11	PERU	8	3.564.434,95	1.285.216,0 0	2,77	13,14%	19,70%	43,21%
12	SURINAME		262.126,10	163.820,00	1,6	n/a	n/a	n/a
13	URUGUAY	2	2.326.000,97	176.215,00	13,2	3,18%	5,30%	7,43%
14	VENEZUELA	10	1.204.815,45	916.445,00	1,31	48,87%	65,23%	83,64%

2.4.8 Desde el estudio preliminar, fue utilizado un período de 15 años de vida útil para sensores radar (SSR) y 10 años para los sensores ADS-B terrenos. Asimismo, fue considerado un porcentaje de 20% por mantenimiento (personal, equipo y *spare parts*), telecomunicaciones, costos con infraestructura de los sitios, en toda la vida útil de los sensores terrenos. De esta forma, utilizando las coberturas en los niveles indicados se llega al costo anual por km<sup>2</sup> de FIR (total).

2.4.9 Es importante señalar que el porcentaje de 20% de mantenimiento es considerado una estimación relativamente por debajo de lo que se considera en la práctica para mantenimiento de infraestructuras terrestres, considerando los periodos de vida útil indicados (10 y 15 años).

2.4.10 De modo contrario, los valores anuales utilizados para los costos del ADS-B Satelital, son con base en el tráfico promedio anual estimado hasta el año 2030, considerándose la contratación de la FIR total de los Estados por un plazo de 15 años. La Tabla 3 presenta los valores para los cuatro Estados de ejemplificación en el estudio.

**Tabla 3 – Costo de vigilancia con el servicio ADS-B Satelital**

País	ADS-B Sat.	Costo Servicio (US\$)	% Cobertura FIR (10-15-25 mil pies)	Costo anual/ Km2 FIR
Chile	1	2.022.467	100-100-100	0,20
Colombia	1	1.922.467	100-100-100	1,17
Ecuador	1	722.467	100-100-100	0,77
Perú	1	2.122.467	100-100-100	0,60

2.4.11 Queda evidencia en el estudio, que la comparación del ADS-B Satelital con los sensores radar, apunta a una sustancial desventaja en la utilización de este tipo de sensor terrestre.

2.4.12 Con relación a los sensores ADS-B terrestres, la comparación es más próxima y aunque en general el ADS-B satelital presenta costos menores, en algunos Estados, dependiendo del nivel de vuelo considerado, el costo anual por km<sup>2</sup> de FIR del ADS-B terrestre aparenta ser más interesante.

**Tabla 4A – Costo del servicio de vigilancia con sensores terrestres ADS-B / 10.000 pies**

País	No. ADS	Costo Equipos (US\$)	Costo Total (+ 20%)	Costo Anual (10 años)	% Cobertura FIR (10mil pies)	Costo anual / Km2 FIR Cont.
Chile	11	3.300.000	3.960.000	396.000	8,96	5,85
Colombia	15	4.500.000	5.400.000	540.000	37,37	1,27
Ecuador	7	2.100.000	2.520.000	252.000	27,45	3,24
Perú	8	2.400.000	2.880.000	288.000	13,14	1,71

**Tabla 4B – Costo del servicio de vigilancia con sensores terrestres ADS-B / 15.000 pies**

País	No. ADS	Costo Equipos (US\$)	Costo Total (+ 20%)	Costo Anual (10 años)	% Cobertura FIR (15mil pies)	Costo anual/ Km2 FIR
Chile	11	3.300.000	3.960.000	396.000	11,66	4,49
Colombia	15	4.500.000	5.400.000	540.000	49,33	0,96
Ecuador	7	2.100.000	2.520.000	252.000	45,74	1,94
Perú	8	2.400.000	2.880.000	288.000	19,7	1,14

**Tabla 4C – Costo del servicio de vigilancia con sensores terrestres ADS-B / 25.000 pies**

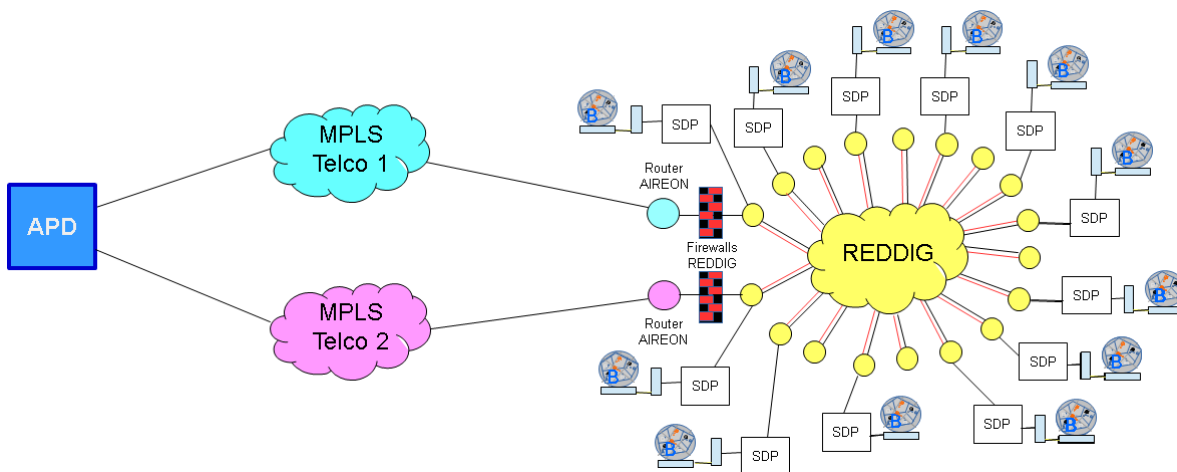
País	No. ADS	Costo Equipos (US\$)	Costo Total (+ 20%)	Costo Anual (10 años)	% Cobertura FIR (25 mil pies)	Costo anual/ Km2 FIR
Chile	11	3.300.000	3.960.000	396.000	17,55	2,98
Colombia	15	4.500.000	5.400.000	540.000	77,73	0,61
Ecuador	7	2.100.000	2.520.000	252.000	74,49	1,19
Perú	8	2.400.000	2.880.000	288.000	43,21	0,52

2.4.13 Se menciona esto como aparente ventaja, porque debido las limitaciones de los sensores terrestres y factores como la orografía de la región y el espacio aéreo de interés operacional, no es posible lograr cobertura completa de vigilancia con el sensor terrestre, si bien se tiene una relación costo anual por km<sup>2</sup> de FIR menor.

2.4.14 El estudio concluye, con base a la comparación de costos, que el sistema ADS-B satelital resulta también conveniente para los Estados desde un punto de vista económico. En Apéndice B a esta nota de estudio se presenta una tabla con las informaciones de todos los Estados de la región SAM.

## 2.5 Utilización de la REDDIG para distribución de la información de vigilancia a nivel regional

2.5.1 La utilización de la Red Digital de la Región SAM (REDDIG) puede bajar los costos de implantación de los Estados que se interesen en contratar los servicios de ADS-B Satelital y facilitaría una implementación regional. En la Figura 3 se presenta una topología básica de interconexión a través de la REDDIG, entre otras que se está investigando.



**Figura 3 – Topología básica de conexión vía REDDIG**

2.5.2 A diferencia de lo que fue presentado en la SAM/IG/19 (WP/20), la empresa ha concluido que implantar dos Puntos de Entrega de Servicio (SDP) en la Región no es factible por presentar las siguientes particularidades técnicas y administrativas:

- ✓ El aspecto de seguridad se garantiza mejor con SDP individualizado;
- ✓ Con SDP individualizados en cada Estado, el control de entrega del servicio es más eficiente; y
- ✓ La gestión para el Administrador de la REDDIG es más simple y de fácil implementación.

## 2.6 Próximos pasos para una implantación regional

2.6.1 Algunos Estados (Argentina, Brasil y Perú) ya firmaron o están en la inminencia de firmar un Memorando de Entendimiento (MoU) con la empresa, para pruebas y posible contratación del servicio. Sin embargo, es probable que la posibilidad de una implantación regional atienda a los intereses específicos de estos Estados.

2.6.2 Considerando que el estudio ha indicado la factibilidad y conveniencia de la adopción del servicio ADS-B Satelital, los Estados de la Región deben deliberar al respecto el interés de implantar el servicio regionalmente.

2.6.3 Una posibilidad sería utilizar el Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/03/901 para implantar la infraestructura de acceso de los Estados interesados al Centro de Procesamiento y Distribución (APD) del proveedor, y que cada Estado gestione la contratación del servicio (Contrato, SLA, pruebas de aceptación, etc.).

2.6.4 Otra posibilidad sería que los Estados interesados establezcan un nuevo Acuerdo de Cooperación Técnica, con un nuevo proyecto regional, donde la OACI gestione la implantación de la infraestructura de acceso vía REDDIG (adquisición de los equipos de SDP y enlaces de comunicación), como también gestionen la contratación de los servicios de datos de vigilancia en áreas de interés operacional indicados por los Estados participantes, por ejemplo, áreas oceánicas sin ninguna cobertura de vigilancia.

### **3 Acciones sugeridas**

3.1 Se invita a la Reunión a:

- a) tomar nota de la información de esta Nota de Estudio;
- b) analizar los documentos presentados en los **Apéndice A** y **B** de esta nota de estudio;
- c) deliberar sobre los próximos pasos cuanto a una posible implantación regional.

-----

## APÉNDICE B

TABLA COMPARATIVA CON TODOS LOS ESTADOS DE LA REGIÓN SAM

Estado (FL)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (ADS-B Satelital)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (SSR)	ADS-B Satelital (Costo Anual/km2 FIR )	SSR (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )	ADS-B Terrestre (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )
Argentina (FL 100)	100	12,37	0,15	8,68	2,61
Argentina (FL 150)	100	15,27	0,15	7,04	2,11
Argentina (FL 250)	100	18,58	0,15	5,78	1,73
Bolivia (FL 100)	100	26,10	0,57	2,93	0,88
Bolivia (FL 150)	100	40,85	0,57	1,87	0,56
Bolivia (FL 250)	100	70,35	0,57	1,09	0,33
Brasil (FL 100)	100	27,86	0,53	4,25	1,27
Brasil (FL 150)	100	35,01	0,53	3,38	1,01
Brasil (FL 250)	100	46,26	0,53	2,56	0,77
Chile (FL 100)	100	8,96	0,20	19,48	5,85
Chile (FL 150)	100	11,66	0,20	14,97	4,49
Chile (FL 250)	100	17,55	0,20	9,95	2,98
Colombia (FL 100)	100	37,37	1,17	4,22	1,27
Colombia (FL 150)	100	49,33	1,17	3,20	0,96
Colombia (FL 250)	100	77,73	1,17	2,03	0,61
Ecuador (FL 100)	100	27,45	0,77	10,79	3,24
Ecuador (FL 150)	100	45,74	0,77	6,48	1,94
Ecuador (FL 250)	100	74,49	0,77	3,98	1,19
Guayana Francesa (FL 100)	100	<b>ADS-B 11,67</b>	0,30		Nota b) 18,46

Estado (FL)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (ADS-B Satelital)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (SSR)	ADS-B Satelital (Costo Anual/km2 FIR )	SSR (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )	ADS-B Terrestre (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )
Guayana Francesa (FL 150)	100	<b>ADS-B 15,34</b>	0,30		Nota b) 14,05
Guayana Francesa (FL 250)	100	<b>ADS-B 16,56</b>	0,30		Nota c) 13,01
Guyana (FL 100)	100	<b>ADS-B 91,86</b>	1,26		Nota c) 0,91
Guyana (FL 150)	100	<b>ADS-B 96,9</b>	1,26		Nota c) 0,86
Guyana (FL 250)	100	<b>ADS-B 100</b>	1,26		Nota b) 0,84
Panamá (FL 100)	100	33,70	2,29	14,40	4,32
Panamá (FL 150)	100	41,63	2,29	11,66	3,50
Panamá (FL 250)	100	59,48	2,29	8,16	2,45
Paraguay (FI 100)	100	<b>SSR - 30,87/ADS 92,61</b>	1,31	1,91	Nota d) 0,57
Paraguay (FI 150)	100	<b>SSR - 40,39/ADS 99,5</b>	1,31	1,46	Nota d) 0,53
Paraguay (FI 250)	100	<b>SSR - 69,21/ADS 100</b>	1,31	0,85	Nota d) 0,53
Peru (FL 100)	100	13,14	0,60	5,68	1,71
Peru (FL 150)	100	19,70	0,60	3,79	1,14
Peru (FL 250)	100	43,21	0,60	1,73	0,52
Suriname (FI 100)	100		1,23		
Suriname (FI 150)	100		1,23		
Suriname (FI 250)	100		1,23		
Uruguay (FI 100)	100	3,18	0,20	42,83	12,85

Estado (FL)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (ADS-B Satelital)	% Cobertura FIR Continental y Oceánica (SSR)	ADS-B Satelital (Costo Anual/km2 FIR )	SSR (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )	ADS-B Terrestre (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR )
Uruguay (FI 150)	100	5,30	0,20	25,70	7,71
Uruguay (FI 250)	100	7,43	0,20	18,33	5,50
Venezuela (FL 100)	100	48,87	1,18	2,68	0,80
Venezuela (FL 150)	100	65,23	1,18	2,01	0,60
Venezuela (FL 250)	100	83,64	1,18	1,57	0,47

## Notas:

- a) Para la mayoría de los países, se adoptó el número ficticio de estaciones de ADS-B terrestres que estarían con sus coordenadas de localización de instalación coincidentes donde están ubicados los SSR actuales.
- b) Para Guayana Francesa solamente se consideró ADS-B terrestre (cinco sensores).
- c) Para Guyana solamente se consideró ADS-B terrestre (cinco sensores).
- d) Paraguay posee radares (dos) y ADS-B terrestre (seis). Por este motivo, los valores de Costo anual/(%Cobertura FIR x Km2 FIR) llevan en cuenta la cantidad real de cada sensor.
- e) Para SSR y ADS-B Terrestre, las relaciones (Costo anual/(%Cobertura x Km2 FIR) pueden ser consideradas conservadoras con respecto a la adquisición de los equipos y por la aplicación del 20% por mantenimiento, operación, telecomunicaciones, costos con infraestructura y “spare-parts” en toda su vida útil.
- f) Para los cálculos de SSR y ADS-B Terrestre, fue considerado el costo ficticio si los sensores SSR y ADS-B terrestre tuvieran cobertura del 100% en toda la FIR (oceánica y continental) de cada Estado.