



**Vigésima Primera Reunión del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM
(GREPECAS/21)**

Santo Domingo, República Dominicana, 14 al 17 de Noviembre de 2023

**Cuestión 4 del
Orden del Día: Programa de Trabajo GREPECAS**

DESARROLLO DE UN SBAS REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA (CAR-SAM)

(Presentado por Thales Alenia Space)

RESUMEN EJECUTIVO

SBAS es un ambicioso programa espacial para el dinamismo económico regional, la seguridad y el medio ambiente. CAR-SAM es una de las últimas regiones que no está equipada a pesar de que SBAS sea un estándar en la aviación civil.

TAS ha desarrollado una tecnología ya lista, compatible con las duras condiciones de la ionosfera que afectan a la región CAR/SAM, basándose en el uso extensivo de Galileo, y compatible con los equipos existentes de las aeronaves.

SBAS es por naturaleza un proyecto de integración regional y un tema perfecto para la cooperación tecnológica.

Debería iniciarse rápidamente un amplio *Test Bed* con todos los países CAR/SAM implicados, para la aviación civil, pero también en otras áreas de interés económico (agricultura, marítimo, petróleo y gas, etc.).

Acción:	<ul style="list-style-type: none">• Suscitar el interés de la región por probar SBAS• Identificar un patrocinador en cada país• Apoyar un banco de pruebas compartido federativo y regional• Conseguir el apoyo de las organizaciones regionales
<i>Objetivos Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Capacidad y eficiencia de la navegación aérea• Desarrollo económico del transporte aéreo• Protección del medio ambiente
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none">• N/A

1. Introducción

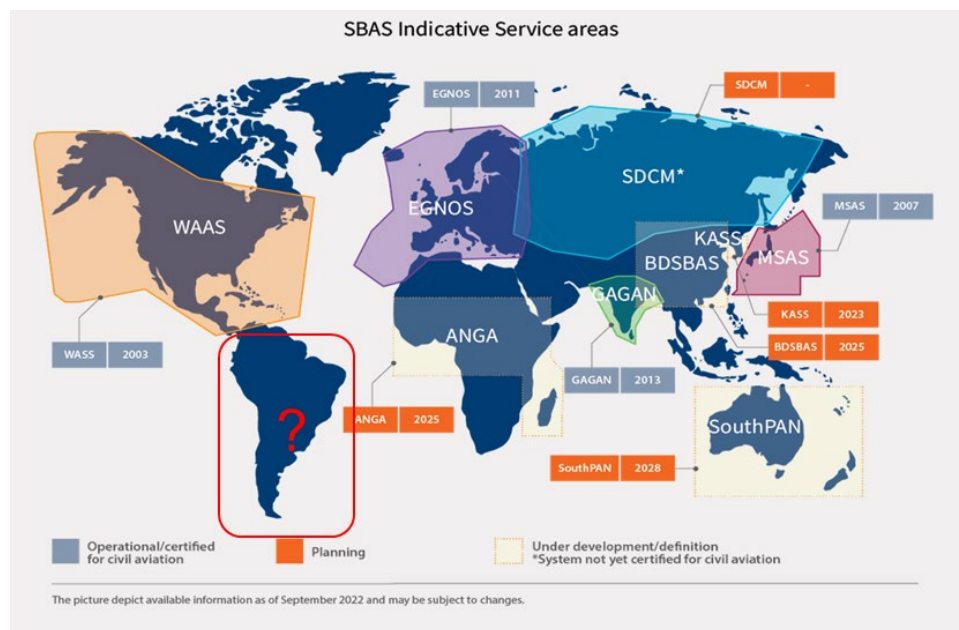
1.1 El desarrollo del transporte aéreo es el primer factor de desarrollo económico y social en un continente como América Latina (LATAM). El SBAS europeo (Space-based Augmentation System) llamado EGNOS se utiliza principalmente para aumentar la señal de posicionamiento GNSS para aplicaciones de "*Safety of Life*" que necesitan integridad, como la aviación civil. La seguridad aérea es la principal prioridad del contexto aeronáutico.

1.2 Europa es líder en tecnología SBAS y Thales Alenia Space (TAS), como contratista principal del sistema EGNOS, ya está exportando 2 SBAS, uno en Corea llamado KASS y otro para los países de África Central llamado ANGA.

2. Discusión

¿Por qué un SBAS para la región CAR-SAM?

2.1 CAR/SAM es una de las últimas regiones del mundo que no está cubierta (o no está previsto que lo esté) por un SBAS, que se ha convertido en un estándar para la aviación civil y, de paso, en un elemento clave de la integración regional. Hasta ahora, el principal obstáculo eran las condiciones específicas de la ionosfera en las regiones ecuatoriales (ecuador geomagnético), que impedían a la generación anterior de SBAS alcanzar las prestaciones necesarias para mejorar los servicios de navegación aérea en comparación con las regiones de latitud media, que alcanzaban un nivel de prestaciones de categoría I (CAT I). Sin embargo, gracias a avanzados estudios y proyectos, los SBAS de las regiones ecuatoriales se han convertido en un estándar para la aviación civil. Pero gracias a estudios y proyectos en profundidad realizados en colaboración con ASECNA, Thales Alenia Space ha resuelto recientemente este problema, con el desarrollo de algoritmos de nueva generación capaces de ofrecer una resistencia mejorada incluso en condiciones de ionosfera muy perturbadas. En la región CAR/SAM, que presenta condiciones muy similares a las de África, esta tecnología SBAS ofrecería servicios de navegación mejores y más seguros que los procedimientos actuales, que se basan principalmente en la navegación vertical asistida por barómetro. Los sistemas SBAS son la piedra angular de la seguridad aérea. También son estratégicos para muchos ámbitos económicos y, por tanto, para la cooperación internacional. Así pues, parece el momento perfecto para que la región CAR/SAM se interese por un SBAS regional, beneficiándose directamente de la experiencia africana y repitiendo la misma historia de éxito.



Beneficios para la aviación civil de un SBAS para la región CAR-SAM

2.2 Existen muchos beneficios del SBAS para la región CAR-SAM, de forma muy similar a lo observado en Europa, que se destacan a continuación:



Ventajas para la seguridad aérea: La principal razón de la adopción del SBAS en todo el mundo se debe a las mejores prestaciones que aporta el sistema, que ofrece una guía geométrica similar a la del ILS, lo que se traduce en una mejora considerable de la seguridad de la navegación aérea, en particular durante las fases de aproximación de los aviones, cuando se producen más accidentes. Al ser una región con condiciones meteorológicas a veces muy adversas, la seguridad del transporte aéreo es un interés real para los países CAR-SAM. Una mayor seguridad del tráfico aéreo también favorece el desarrollo de la economía, y los intercambios de personas apoyan el crecimiento económico.

- a) **SBAS está listo y ya es compatible con los receptores desplegados en las aeronaves**
- b) **Apoyo a los intercambios económicos:** El SBAS permite una rápida evolución del número de aeropuertos a bajo coste sin necesidad de desplegar infraestructuras de Navegación específicas para dichos aeropuertos.
- c) **Beneficio económico:** En todas las regiones en las que se ha estudiado, y recientemente en África y Australia, el Análisis Coste-Beneficio ha sido siempre muy positivo, alcanzando un Retorno de la Inversión de entre 5 y 8 años, y justificando que el SBAS no era un coste único sino una inversión.
- d) **Beneficio para la integración nacional y regional:** En muchos de los países CAR-SAM, las infraestructuras de navegación aérea conducen a una fuerte concentración en grandes aeropuertos, hubs centrales, con muy pocos vuelos regionales directos entre ciudades regionales. El SBAS permitirá descongestionar los principales aeropuertos centrales y fomentar los vuelos regionales directos y seguros. Un SBAS regional también sería un fuerte factor de integración entre los países CAR-SAM, como lo fue el cielo único para Europa, igual que lo fue para África. Además, el reparto de las inversiones y los beneficios de estos sistemas es mucho más interesante para un pull de países que para uno solo. Por ello, el Espacio es una magnífica herramienta de integración.
- e) **Beneficio medioambiental:** el sistema SBAS permite a las aeronaves tener rutas mucho más directas, aproximaciones más directas a los aeropuertos y evita desviarlas a otros aeropuertos en caso de malas condiciones meteorológicas. Esto se traduce en un ahorro sustancial de combustible para un balance ecológico muy beneficioso,

Primeros resultados de simulaciones para una implementación SBAS en la región SAM para la aviación civil

2.3 Para apoyar la argumentación anterior, se han realizado algunos análisis preliminares con datos reales recogidos en SAM en diversas condiciones de la ionosfera, utilizando algoritmos SBAS ecuatoriales diseñados por Thales. Los análisis se han realizado utilizando estaciones terrestres GNSS pertenecientes a la red IGS complementadas con algunas estaciones GNSS brasileñas del IBGE para un total de 35 estaciones terrestres (número muy similar de estaciones en comparación con WAAS/ 38 y EGNOS/ 38).

2.4 En condiciones de ionosfera nominal (alrededor del 70-75% del tiempo), los rendimientos SBAS alcanzados son muy similares a los obtenidos por WAAS o EGNOS.

2.5 Según la Figura 1, el servicio SBAS que permite el guiado vertical de aeronaves (APV-I) hasta una altitud mínima de descenso de 250 pies se consigue con una disponibilidad muy buena en la mayoría de los países SAM. Se puede observar que, utilizando una red de estaciones de referencia optimizada (lo que no es realmente el caso utilizando las estaciones GNSS públicas disponibles actualmente), se debería conseguir una cobertura completa de los países SAM.

2.6 En estas condiciones, los análisis de integridad de las correcciones SBAS demostraron una conformidad total con los requisitos del Anexo 10 de la OACI (SARPS) con márgenes nominales (similares a los de EGNOS).

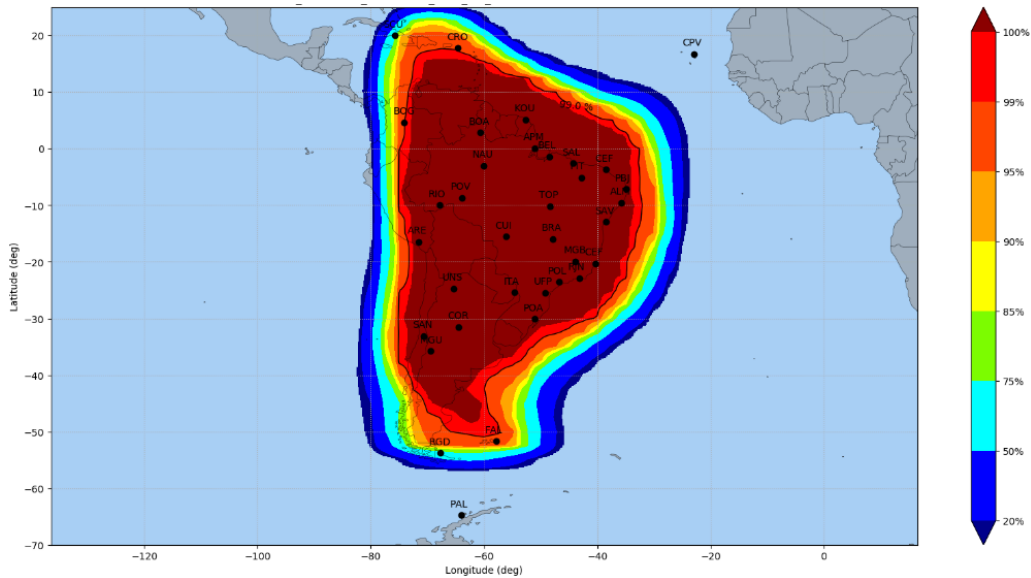
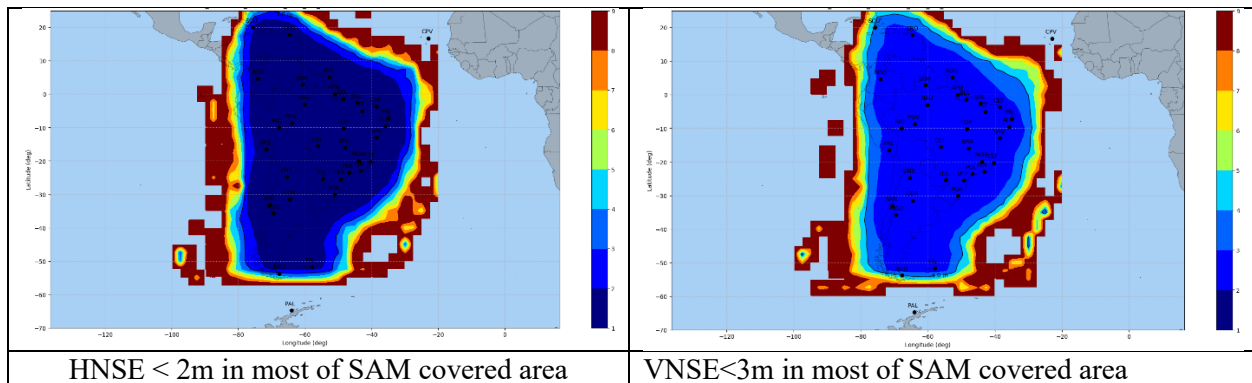


Figura 1: Disponibilidad del nivel de servicio LPV/APV-I en condiciones nominales de la ionosfera (día seleccionado 2021-08-16)



2.7 En cuanto a la precisión de la posición medida, los resultados obtenidos están en el mismo nivel que el exigido para las prestaciones mínimas de las aproximaciones de categoría I.

2.8 En condiciones de ionosfera activa (menos del 20% del tiempo), el servicio SBAS se mantiene con un nivel de resistencia muy bueno.

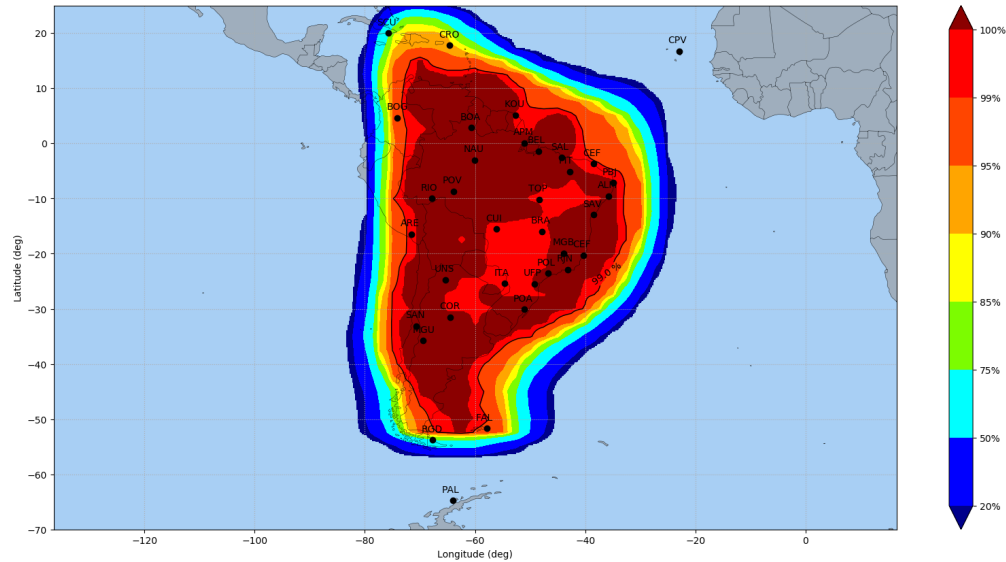
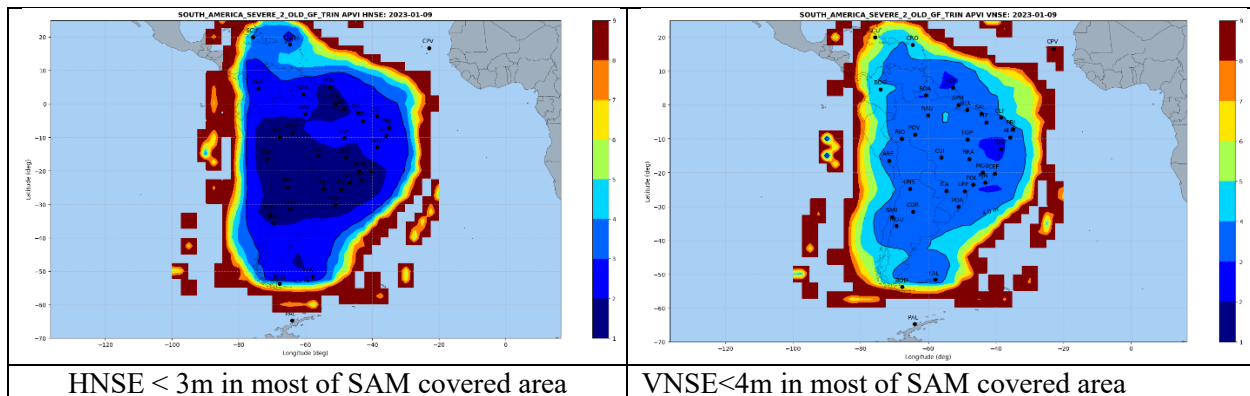


Figura 2: Disponibilidad del nivel de servicio LPV / APV-I en condiciones de ionosfera activa (día seleccionado 2023-01-09)

2.9 En condiciones de ionosfera activa se obtienen rendimientos de disponibilidad de APV-I similares a los del caso nominal.



2.10 La precisión de la posición medida sigue siendo muy eficaz. En particular, en lo que respecta al error vertical del sistema de navegación (VNSE), los resultados alcanzados son compatibles con los de la categoría I (<4 m) y algunas zonas están ligeramente por encima (unos 5 m), lo que en cualquier caso sigue siendo muy bueno en comparación con el VNSE mínimo requerido para APV-I (20 m).

2.11 Una vez más, los análisis de las correcciones de integridad se han realizado en profundidad, utilizando datos de referencia de la ionosfera (IONEX) complementados con verificaciones utilizando 19 estaciones terrestres GNSS independientes repartidas por Brasil (que sufre los efectos más significativos de la ionosfera). Incluso en estas condiciones, los análisis de integridad de las correcciones SBAS demostraron un cumplimiento total de los requisitos del anexo 10 de la OACI (SARPS) con márgenes (similares a los de EGNOS en condiciones de ionosfera degradada).

2.12 Al final, incluso en las peores condiciones de la ionosfera (similares a los peores casos observados en otros SBAS como WAAS y EGNOS) que representan menos del 3-4% del tiempo, las prestaciones del SBAS se consiguen con un nivel de resistencia muy bueno, preservando en cualquier caso la integridad de las correcciones.

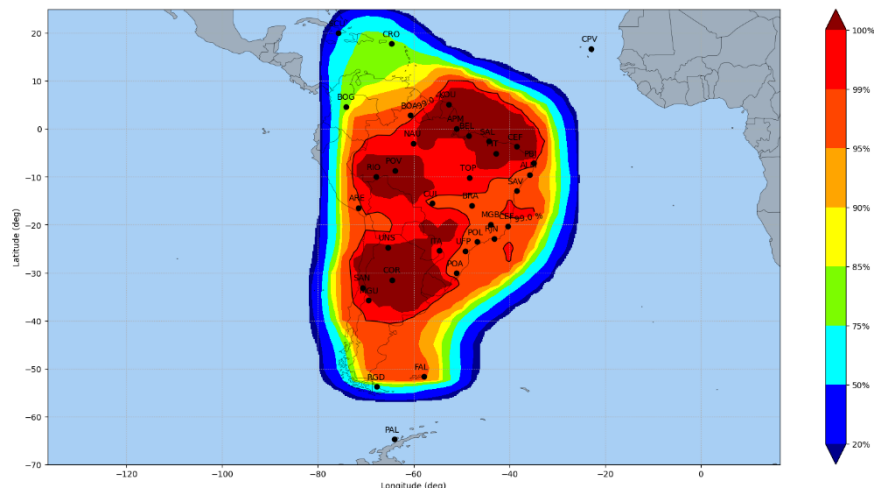
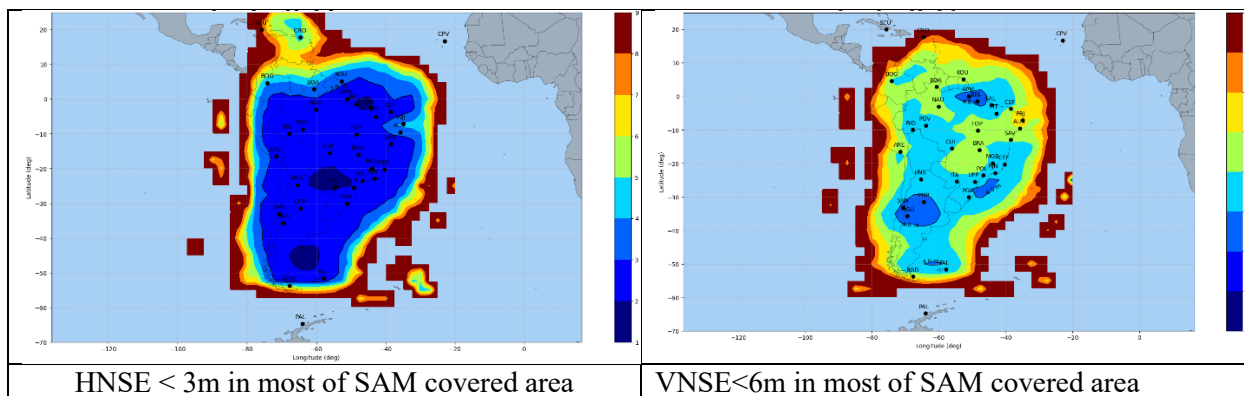


Figura 3: Disponibilidad del nivel de servicio LPV / APV-I en condiciones de ionosfera muy fuerte (día seleccionado 2023-02-11)

2.13 En estas condiciones, la disponibilidad del nivel de servicio APV-I puede mantenerse por encima del 95% en la mayor parte de la región SAM.



2.14 Las prestaciones de precisión de la posición medida siguen siendo muy eficientes y totalmente compatibles con los procedimientos de guiado vertical APV-I.

2.15 Incluso en condiciones tan degradadas, la integridad de las correcciones de la ionosfera se mantiene con márgenes (para ello se ha realizado una verificación en profundidad utilizando 19 estaciones GNSS independientes¹).

¹ El uso de la referencia IONEX ya no es posible en condiciones de actividad ionosférica tan extrema, ya que la frecuencia de actualización de los datos asociados no es compatible en absoluto con la dinámica de la ionosfera en la región ecuatorial.

2.16 A partir de estos primeros análisis utilizando condiciones reales y estaciones GNSS reales, se obtienen exactamente las mismas conclusiones para la región CAR-SAM que las que permiten decidir el desarrollo de SBAS en África. Thales Alenia Space confía plenamente en su solución SBAS para la región CAR-SAM, que permite alcanzar el mismo nivel de prestaciones que las previstas en África a través del programa ANGA SBAS.

Beneficios en otros ámbitos de aplicación en función de la economía de un país



- a. Las principales aplicaciones para la **agricultura** son la mecanización y automatización de forma segura y la reducción de la contaminación durante el esparcimiento de fertilizantes gracias a la agricultura de precisión. También permite a las fuerzas del orden respetar, por ejemplo, la distancia a las viviendas para el esparcimiento de fertilizantes.
- b. En el ámbito **marítimo**, uno de los principales intereses es la seguridad de la navegación para mejorar la logística, especialmente en los grandes puertos con alta densidad de tráfico.
- c. En la industria del **petróleo y el gas**, el precio de la operación de perforación en condiciones seguras con un posicionamiento preciso y seguro es clave para evitar costes inútiles y excesivos.
- d. En el sector **ferroviario**, SBAS puede utilizarse para mejorar una señalización segura y eficiente.
- e. Para el **peaje automático de carreteras**, SBAS es muy útil, por ejemplo, para certificar que un coche está utilizando una carretera de peaje y no una libre a un lado
- f. Existen otras aplicaciones que los países CAR/SAM deben descubrir, probar y desarrollar, como en el ámbito de la **minería**, pero también en el futuro, como la **explosión del mercado de los drones**.

2.17 **Beneficio para la juventud CAR/SAM:** SBAS es alta tecnología creando empleos altamente cualificados, estructurando la cadena académica y allanando el camino para la creación de valor a través del desarrollo de aplicaciones derivadas (nuevas iniciativas, startup, etc..), al tiempo que proporciona perspectivas concretas a los estudiantes.

Próximos pasos propuestos

a) Identificar un patrocinador en cada país

El primer objetivo sería identificar en cada país CAR-SAM un patrocinador para investigar los beneficios del SBAS para su país y la región, ya sea una aerolínea, un ANSP, un Ministerio, una Industria distinta de la aviación civil, que esté de acuerdo y sea capaz de apoyar la iniciativa en su país.

b) Proponer un demostrador federativo y compartido

Podría desplegarse un gran banco de pruebas con todos los países interesados, cada uno de los cuales seleccionaría las 2 ó 3 aplicaciones / casos de uso más relevantes para demostrar el interés del SBAS en la aviación civil, el transporte por helicóptero, pero también en otros ámbitos como la agricultura, el petróleo y el gas, el transporte marítimo, la minería, etc., tal y como se ha hecho en África y se ha empezado a hacer en el resto del mundo.

El demostrador se realizará para los usuarios finales con la participación de las principales partes interesadas de cada país.

Paralelamente, se necesitaría un análisis de costes y beneficios para justificar el interés de otros sectores económicos distintos de la aviación civil, que deberían iniciar los propios países.

c) Conseguir el apoyo de las organizaciones regionales

La ICAO, COSESNA, ALCE, MERCOSUR y CELAC, como organizaciones regionales, también podrían apoyar y federar una iniciativa de este tipo por razones políticas, económicas o técnicas, así como la UNION EUROPEA

3 Conclusión

3.1 La mayoría de las regiones del mundo han optado por desplegar el SBAS debido a los beneficios demostrados en materia de seguridad y economía. Se ha convertido en una norma. CAR-SAM es una de las últimas regiones del mundo que no está equipada.

3.2 La tecnología SBAS europea es la única que ya está lista, aplicable en la región CAR-SAM porque es la única capaz de soportar las fuertes condiciones de la ionosfera (como se ha demostrado en África), estando lista y siendo ya compatible con los receptores desplegados en los aviones. La tecnología desarrollada por Thales Alenia Space se basa en un amplio uso de Galileo para modelar y corregir los efectos de la ionosfera.

3.3 Una cooperación GNSS entre CAR-SAM y Europa cumplirá muchas prioridades importantes de ambas regiones:

- Mejora del transporte en términos de seguridad, pero también de impacto medioambiental,
- Desarrollo de la cooperación regional
- Asociación tecnológica en uno de los ámbitos de excelencia de Europa,

3.4 Siendo el primer sistema EGNOS desde hace más de 20 años, dominando la tecnología resistente a las fuertes condiciones de la ionosfera y la única industria europea con referencias de exportación (Corea y África), TAS está dispuesta a apoyar una iniciativa regional SBAS en la región CAR-SAM.

4 Acciones sugeridas

4.1 Se invita a la reunión a:

- a) Tomar nota de la información contenida en este documento;
- b) discutir la propuesta de un banco de pruebas federativo y compartido;
- c) analizar la posibilidad de participación de otros segmentos (marítimo, agricultura, petróleo y gas, etc.), aportando más recursos para su implementación; y
- d) formular las demás acciones que la reunión considere oportunas