



Organización de Aviación Civil Internacional
Oficina Regional Sudamericana - Proyecto RLA/03/902
Transición al GNSS/SBAS en las Regiones CAR/SAM –SACCSA – Fase III
Novena Reunión del Comité de Coordinación (RCC/9)
Lima, Perú, 1 al 4 de julio de 2013

**Cuestión 2 del
Orden del Día:**

**Informe de las actividades realizadas a la fecha desde la última Octava
Reunión de Coordinación y avance de los Paquetes de Trabajo**

GNSS-SBAS A NIVEL MUNDIAL

(Presentada por la Secretaría)

RESUMEN	
Esta nota de estudio presenta un resumen del contexto internacional que hay a nivel SBAS y sus evoluciones. El objetivo de esta nota de estudio es proporcional una visión a nivel global para complementar la visión de CAR/SAM.	
Objetivos Estratégicos	<i>Esta nota de estudio se relaciona con los Objetivos estratégicos: A. Seguridad operacional C. Protección al medio ambiente y desarrollo sostenible del transporte aéreo</i>

1. Introducción

1.1 Esta nota de estudio presenta un resumen del contexto internacional que hay a nivel SBAS y sus evoluciones. El objetivo de esta nota de estudio es proporcional una visión a nivel global para complementar la visión de SACCSA.

2. GNSS a nivel mundial

2.1 El actual mapa de sistemas de navegación por satélite incluye sistemas globales (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou), regionales (SBAS, QZSS, COMPASS, IRNSS) y sistemas locales (GBAS, sistemas híbridos que combinan GNSS y otros sensores). El uso de GNSS en aplicaciones críticas Safety of Live, y en consecuencia, para la implementación de la PBN (Performance Based Navigation) requieren unos niveles de confianza en el posicionamiento en el equipo embarcad. Esto es posible complementando las señales de los sistemas globales de navegación por satélite con otros sistemas o técnicas que producen una solución con el requisito de integridad necesario.

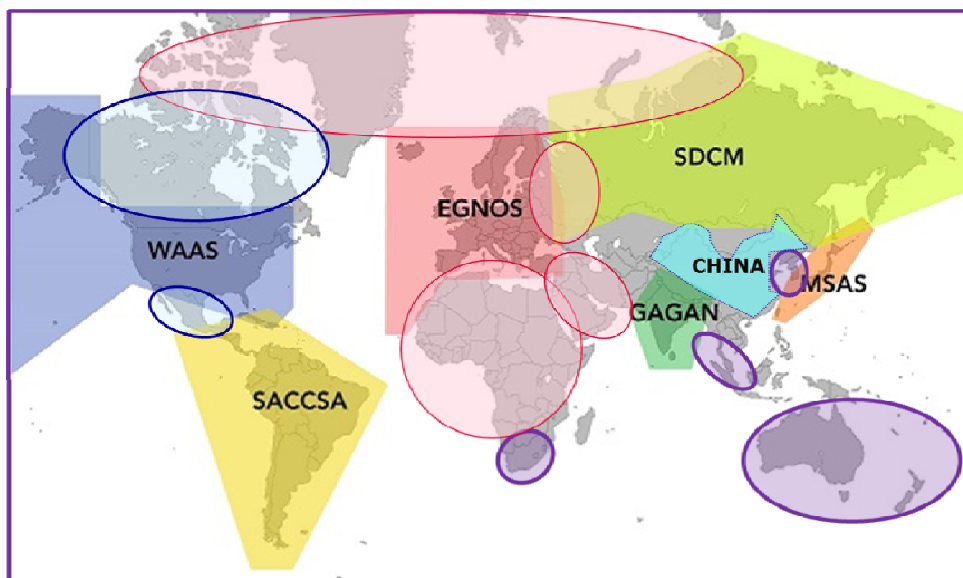
2.2 Uno de los mayores retos para la aviación civil es la implementación de la PBN. La tecnología GNSS (ABAS, SBAS, GBAS, etc) es un punto clave para cumplir este objetivo. Los sistemas SBAS constituyen un importante avance en las ayudas a la navegación aérea, sobre todo para la aproximación y aterrizaje, pudiendo llegar a dar prestaciones de LPV 200 equivalentes a un CAT I de ILS. Todo ello sin necesidad de infraestructura terrena aeroportuaria y pudiendo ser implementado en cualquier aeropuerto.

2.3 En la comunidad de aviación, el SBAS está reconocido a nivel mundial y es considerado por la OACI como referencia en cuanto a ayuda a la navegación. OACI ha desarrollado la PBN y el ASBU, estableciendo un calendario internacional para las aproximaciones con guiado vertical (LPV) con el fin de reducir el CFIT y por lo tanto mejorar la seguridad aérea a nivel mundial. Para ello existe el objetivo tener aproximaciones LPV en todas la pistas instrumentales, como primario o back-up, para aproximaciones de precisión para el 2016. La mayoría de los países están produciendo sus planes de implementación de la PBN para cumplir las recomendaciones de la OACI y el uso del SBAS se reconoce como una de las soluciones más adecuadas. Estos sistemas se basan en el uso del GPS aumentado por señales que se transmiten vía GEO, lo que da la ventaja de tener una cobertura en amplias aéreas.

2.4 Hasta ahora, se ha desarrollado el sistema WAAS, el MTSAT (solo para NPA y APV I), el EGNOS en Europa, en fases finales de desarrollo el GAGAN in la India y SDCM en Rusia, COMPASS en China y está en fase de definición y demostración el SACCSA. Adicionalmente hay iniciativas ya avanzadas en otras regiones del mundo como por ejemplo en Africa tanto a nivel ASECNA como en Sudáfrica. También hay iniciativas en Europa del Este, en la región del Ártico y en la Región MID y en Asia en varios países..

2.5 La siguiente figura muestra un ejemplo de las regiones en el mundo, donde ya hay sistemas desplegados, donde hay sistemas en fase de desarrollo y también en fase de Estudio. Como se puede ver la extensión es muy amplia, por lo que muestra el interés real del SBAS a lo largo del mundo y la explosión de iniciativas que ha habido en estos últimos años.

SBAS Worldwide: Aviation & Multimodal



SBAS Operational (WAAS, EGNOS, MSAS, with planned expansion), under development (SDCM, GAGAN) and feasibility studies

2.6 En los últimos años ha habido una auténtica explosión del GNSS a lo largo del mundo, a lo que ha contribuido la proliferación de nuevos sistemas de navegación actualmente en operación o en fase de despliegue, como GLONASS, Galileo y Beidou, la modernización de los ya existente (GPS L5) y como el incremento de los sistemas de aumentación que mejoran la precisión, integridad, disponibilidad y continuidad como el ABAS (RAIM, ARAIM), Sistemas locales como el GBAS, y sistemas regionales SBAS. Adicionalmente, técnicas de alta precisión, como el RTK y el PPP son una clara tendencia en el sector multimodal.

2.7 En cuanto a evoluciones del GNSS, la multiconstelación y la multifrecuencia son claramente aspectos que marcan la evolución de estos sistemas permitiendo mejorar significativamente las prestaciones de los mismos, y por lo tanto sus beneficios operacionales. Respecto a la multiconstelación, un aspecto que ha sido determinante en el último año es el mandato de Rusia para regularizar el uso de GLONASS en el espacio aéreo ruso y las conclusiones que de la importante reunión de ANC celebrada en la Montreal en Noviembre de 2012 (ICAO ANC 12) se derivan en relación a este aspecto, recomendación 6/5, 6/6, 6/8, 6/8, 6/9.

2.8 Tanto la multifrecuencia como la multiconstelación, son aspectos claramente beneficiosos para las regiones ecuatoriales, como es el caso de CAR&SAM, que mitigarán en gran medida las limitaciones que la ionosfera impone en estas regiones del mundo. La solución propuesta en SACCSA contempla estos dos factores como clave para la solución a largo plazo, pero también pretende beneficiarse del SBAS a corto/medio plazo. Hay cierta controversia en cuanto a los plazos de cuando esta tecnología estaría operacional para su uso en aviación, y se estima que sería alrededor del 2025/2030 para que esté completamente operacional (GNSS global, sistema de aviación, aviónica, y retrofit de las aeronaves), por lo que todos los planes de evolución existentes en cuanto a multifrecuencia y multiconstelación contemplan el mantenimiento del servicio L1 legacy monofrecuencia por lo menos hasta el 2030.

3. Solución SBAS SACCSA

3.1 Tal y como se ha comentado anteriormente, en regiones ecuatoriales, como CAR/SAM, el principal problema para el SBAS es la ionosfera. Se ha realizado un gran esfuerzo dentro de estudiar profundamente el comportamiento de la ionosfera en estas regiones, el impacto en el GNSS y particularizando a los sistemas SBAS. Ha sido necesario evolucionar los modelos ionoféricos de los aplicados en regiones de latitudes medias, que es donde los sistemas SBAS han sido inicialmente diseñados, pero sin modificar los estándares de modo que el SACCSA sea un sistema perfectamente interoperable con WAAS y EGNOS y que cualquier receptor SBAS pueda funcionar en la región. Desde un punto de vista general, la principal estrategia ha sido primero analizar la problemática, entender la situación de la región CAR&SAM y sus necesidades, el entorno (no sólo a nivel técnico), y entonces identificar potenciales soluciones con el objetivo de maximizar el coste/beneficio. Las soluciones fueron propuestas con una visión innovadora y abierta y sobre todo analizando el problema desde una perspectiva orientada al usuario.

3.2 Con el objetivo de maximizar el coste/beneficio, además de obtener beneficios para la aviación se propone aprovechar la tecnología SACCSA también en otros sectores multimodales. Los sistemas SBAS en el mundo son sistemas liderados por la aviación, ya que es esta comunidad de usuarios la que tiene los requisitos más estrictos, aunque realmente se utilizan en muchos otros sectores.

3.3 En cuanto a las prestaciones esperables del SACCSA y por lo tanto en cuanto al los beneficios operacionales se asume un sistema SBAS L1 con prestaciones APVI/LPV200 dependiendo de la región, de las condiciones ionosféricas y de la solución implementada. La solución propuesta pretende tener un sistema también diseñado para la multifrecuencia y multiconstelación, de modo que cuando esta tecnología estuviese accesible a nivel aeronave se mejorarían significativamente las prestaciones llegando a CatI/CatII con multifrecuencia y multiconstelación

4. Beneficios del SBAS a nivel mundial.

4.1 La OACI está apostando fuertemente por la implementación del GNSS como uno de los pilares de su estrategia plasmada en la PBN y ASBU en la que prácticamente todas las regiones del mundo están trabajando. Grandes programas ATM, como NextGen en Estados Unidos (apoyados en WAAS) y SESAR en Europa (apoyado en EGNOS) son parte de esa estrategia.

4.2 Múltiples beneficios han sido identificados por OACI respecto al uso del SBAS a nivel mundial. Entre ellos se destacan los siguientes:

Beneficios técnicos:

- Mejora de la Seguridad Operacional de la Navegación Aérea
- Reducción del CFIT (Controlled flight into terrain)
- Aproximaciones instrumentales con guiado vertical (LPV, APV)
- Reduce la altura de decisión en las aproximaciones a aeropuertos en los que sólo existen en la actualidad aproximaciones instrumentales de no precisión
 - Proporciona la capacidad de mayor flexibilidad de rutas y procedimientos de aproximación sin necesidad de infraestructura local ni de grandes inversiones en aviónica.
 - Ahorro de Combustible
 - Reducción de Emisiones de CO₂
 - Evitar sobrevolar ciertas zonas/regiones por diversos motivos: medioambientales, impacto acústico, seguridad, etc.
- Permite Reducir/Eliminar Infraestructura Terrena (reducir ILS, DME y eliminar NDB y VOR) reduciendo los costes de infraestructura y mantenimiento (incluyendo los vuelos de calibración periódicos).
- Mejora/Soporte al ADS-B
- Beneficios técnicos no sólo a nivel de la aviación civil: mejora precisión, disponibilidad del servicio GNSS, proporcionando integridad/confiabilidad de la solución.
- La tecnología SBAS no requiere de infraestructura local adicional, pudiendo dar servicios a zonas remotas (geografía, orografía, seguridad, aeropuertos no instrumentales, etc)

Beneficios operacionales:

- Facilita la navegación aérea (RNAV) en todas las fases de vuelo
- Facilita el acceso a los aeropuertos a todos los segmentos de aviación (incluyendo aviación general)
- Mejora de la Seguridad de la Navegación Aérea

- Mejora la Capacidad del espacio Aéreo (p.e. menor separación entre rutas) y de Aeropuertos
- Mejora operativa de la aproximación a aeropuertos. Mejora la accesibilidad a aeropuertos en condiciones meteorológicas adversas (por la reducción de la altura de decisión)
- Genera ahorros de combustible, reducciones de emisiones y contaminación acústica (por el diseño flexible de rutas y procedimientos instrumentales)
- Permite evitar el sobrevuelo de ciertas zonas/regiones por diversos motivos: medioambientales, impacto acústico, seguridad, etc.
- Reduce los retrasos, desvíos al aeropuerto alternativo y cancelaciones, y consiguientemente ahorros operativos para las aerolíneas
- Interoperabilidad entre SBAS. Esto es un aspecto clave a nivel mundial y para asegurar la incorporación de dicha tecnología a diferentes niveles operacionales. Es vital que los sistemas SBAS sean interoperables para que líneas aéreas operando con una misma aviónica se puedan realizar operaciones en diferentes regiones del mundo.

4.3 Aunque SBAS ha sido definido (requisitos) por la comunidad de aviación, la gran parte de los usuarios son no aeronáuticos. El SBAS SACCSA aportaría beneficios no sólo en el ámbito de la aviación sino también a nivel multimodal para sectores claves y críticos para los Estados: minería, energía, obra pública, agricultura, navegación fluvial y marítima, aviación general (Jet, helicópteros, etc), militar, seguridad, “Law enforcement”, control de fronteras. Permitiendo servicios/aplicaciones que aportan gran valor: servicios, industria tecnológica, sector espacial

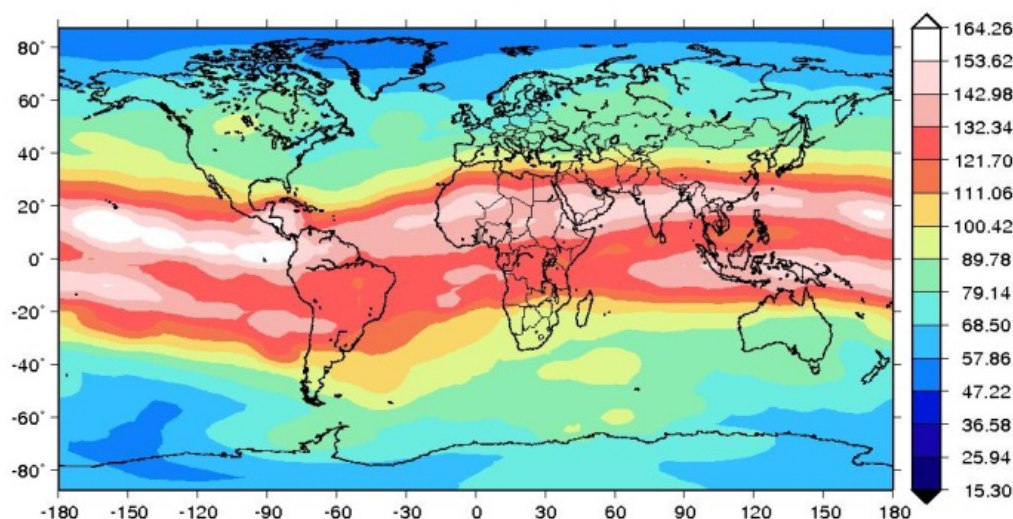
5. Problemática de las Regiones CAR/SAM

5.1 Todos los sistemas se ven afectados en mayor o menor medida por perturbaciones, siendo las ionosféricas las más complicadas y graves, existiendo diferentes soluciones, desde algoritmos de “amplio espectro” tipo Klobuchard (no incluyen integridad por lo que se tienen que utilizar con algoritmos autónomos de integridad RAIM-ABAS) y que se usa de modo inicial en la mayoría de los sistemas, hasta algoritmos dedicados para solventar problemática regional/local como los modelos ionosféricos desarrollados tanto en WAAS como en EGNOS. Estos modelos sólo son válidos para regiones con latitudes medias, siendo desaconsejados para regiones ecuatoriales. Por otra parte, se han desarrollado algoritmos/modelos ionosféricos específicos para regiones ecuatoriales adaptándose a las características ionosféricas de las mismas. Esto se ha hecho tanto en GAGAN como en SACCSA.

5.2 Los sistemas SBAS y GBAS son especialmente vulnerables a los efectos de la ionosfera ecuatorial ya que han sido inicialmente desarrollados para regiones de latitudes medias. La siguiente figura obtenida en el marco del proyecto SACCSA muestra el valor máximo de la ionosfera (en TECUs) para el ciclo solar anterior (3 días por mes durante 12 años). Es una figura donde se puede entender fácilmente la problemática de la ionosfera a lo largo del mundo y mapearla a las distintas regiones. Como regla general y desde un punto de vista cualitativo:

- Las regiones marcadas en rojo son claramente regiones ionosféricas ecuatoriales (respecto al ecuador geomagnético. En estas regiones los sistemas GNSS (SBAS y GBAS) diseñados y desarrollados para regiones de latitudes medias tendrán importantes limitaciones. La adaptación de los mismos a la ionosfera ecuatorial es vital y de ello puede depender incluso la viabilidad técnica de los mismos.

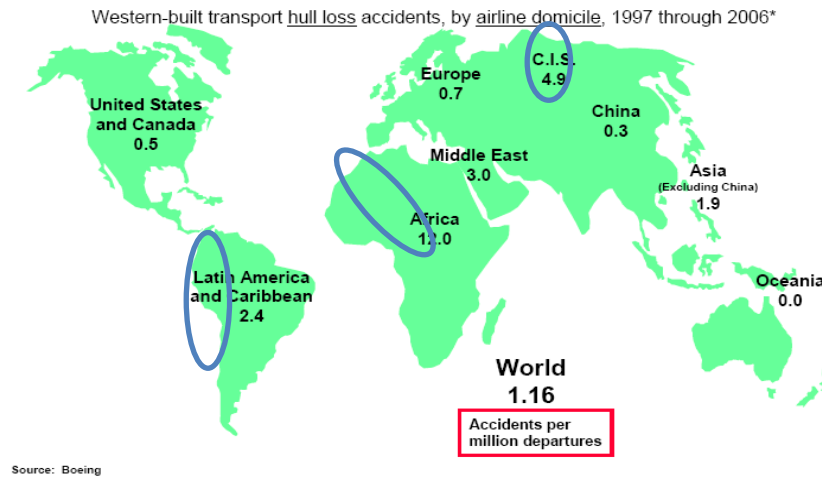
- Regiones coloreadas en naranja y amarillo podrían tener problemas dependiendo de su diseño en periodos de alta actividad solar (como en el que estamos entrando en la actualidad)
- Regiones marcadas en verde y azul se consideran regiones de latitudes medias y no se espera limitaciones en los sistemas GNSS relacionadas con la ionosfera (excepto las tormentas ionosféricas).



5.3 Como se puede observar CAR/SAM, AFI, MID y parte de APAC están claramente localizadas en regiones ecuatoriales y por lo tanto los temas ionosféricos en relación al GNSS (ABAS, GBAS y SBAS) se deben tratar con especial cautela y rigor. Debido a esto y debido también a los altos costes de un sistema SBAS es altamente recomendable tener una estrategia clara y escalable para mitigar los riesgos existentes obteniendo los mayores beneficios y proponiendo soluciones adaptadas a cada una de las regiones tal y como se ha hecho en SACCSA para las regiones CAR/SAM.

5.4 En gran parte de las estas regiones ecuatoriales se juntan dos aspectos importantes en relación con el SBAS: por un lado son regiones dónde las soluciones SBAS tienen una complejidad mayor debido a la ionosfera aunque por otro lado en estas regiones una solución de aumentación SBAS sería muy beneficiosa a nivel costo beneficio (tanto a nivel y también a nivel multimodal) debido a las ventajas operacionales y del aumento de la seguridad al poder implementar soluciones con guiado vertical sin la necesidad de invertir en infraestructura local en grandes extensiones de terreno. La siguiente figura muestra la visión global del nivel de seguridad en relación porcentaje de accidentes por región. Figura proporcionada por Boeing (datos del 1997 al 2006)

Regional Perspective *Accident Rates Vary by Region of the World*



6. Acciones sugeridas

6.1 Se invita a los Estados a:

- a) Tomar nota de lo indicado en esta NE.
- b) Identificar las ventajas técnicas y operacionales que el SBAS tendría en su Estado.