



Organización de Aviación Civil Internacional

GRUPO REGIONAL DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN CAR/SAM (GREPECAS)

**Quinta Reunión del Comité CNS del Subgrupo ATM/CNS del GREPECAS
(CNS/COMM/5)**

Lima, Perú, 13 al 17 de noviembre de 2006

CNS/COMM/5-NI/10

31/10/06

**Cuestión 2 del
Orden del Día:**

Desarrollo de los sistemas de Navegación

**2.1 Examen de los resultados de los proyectos de aumentación SBAS
realizados en las Regiones CAR/SAM.**

TRABAJOS REALIZADOS EN LAS ACTIVIDADES DE SACCSA

(Nota presentada los Miembros del Proyecto RLA/03/902)

RESUMEN

En esta nota, se hace un repaso de las actividades llevadas a cabo dentro de SACCSA.

1. Introducción

1.1 Dentro de las actividades de SACCSA, se han concluido las correspondientes a los Paquetes de Trabajo 1000, 2000 y 3000, lo que incluye todos los paquetes principales y subpaquetes.

1.2 Los trabajos realizados se presentaron en la RCC 4, celebrada en Lima el pasado mes de Septiembre los días 29 y 30.

1.3 De modo resumido, los resultados de los diferentes PT son:

2. PT 1000: Recabar información de los proveedores de servicio y usuarios del espacio aéreo sobre la situación actual y necesidades futuras.

2.1 Por parte de IATA se ha recibido información de las capacidades de navegación y comunicaciones de las principales flotas que operan en las regiones CAR/SAM. Dicha información viene dividida por las principales líneas aéreas que operan en la región, así como por el tipo de aeronave que operan, indicando, en el caso de las capacidades de navegación, la capacidad RNAV y RNP.

2.2 Por parte de los proveedores de servicio, se han recabado datos del FASID y del AIP, generando las tablas correspondientes, e incluyendo, sobre la base de códigos de colores, una comparación entre ambas informaciones. Esta información se ha incluido en la base de datos interactiva realizada bajo el PT 2120.

3. PT 2000: Definir los requisitos del sistema

3.1 Se han realizado las tareas correspondientes a la creación de un mapa interactivo donde se localiza la base de datos de radioayudas realizada en el PT 1000, con las capas correspondientes al nivel de prestaciones que se alcanzan con SACCSA.

3.2 Por otro lado, se han realizado las simulaciones necesarias para determinar las prestaciones de SACCSA en las regiones CAR/SAM. En este sentido, se han analizado diversas topologías de red terrena de estaciones de referencia (ERS), seleccionando finalmente aquella con la que se obtienen las mejores prestaciones.

4. PT 3000: Estudio de la alternativa del SBAS Propio.

4.1 Este PT se ha subdividido en seis PTs, al objeto de cubrir todos aquellos aspectos necesarios para la definición de SACCSA. Estos PTs constituyen una definición de alto nivel que se verá completada en profundidad en los PTs 5000.

5. PT 3110: Descripción Global.

5.1 Se ha realizado una descripción global de SACCSA, indicando cada uno de los elementos que componen el mismo, con un análisis de alto nivel de cada uno de los componentes, de forma que sirvan como base a los trabajos posteriores a realizar en los siguientes PTs que componen el PT 3000.

6. 3120: Data Procesing

6.1 Centro de Proceso y Control

6.1.1 El Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS) está diseñado para generar periódicamente las correcciones del sistema SBAS además de chequear la integridad del sistema sobre todo el área de servicio. Posteriormente, estas correcciones son encapsuladas dentro del llamado “mensaje operacional”, que se generará periódicamente y será enviado al satélite geoestacionario a través de la EAS.

6.1.2 En éste mensaje, además de enviar las correcciones de efemérides, correcciones ionosféricas y cotas de error de ionosfera (información independiente del satélite al que va dirigido), se incluyen también las correcciones de reloj y cotas de error de reloj, que son información dependiente de dicho satélite geoestacionario.

6.1.3 En un mismo sistema SBAS puede haber más de un Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS) con el objetivo de aumentar la redundancia. Todos los CPCS en funcionamiento proveerán a cada EAS de mensajes operacionales a transmitir, pero sólo uno será enviado. Aquel Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS) cuyos mensajes son enviados se denomina como el CPCS elegido y los demás son conocidos como CPCS de soporte. El CPCS elegido debe enviar a la EAS todos los tipos de mensajes mientras que los Centros de Procesamiento de Datos de soporte sólo se encarga de enviar a las ERS información de integridad.

6.1.4 La Estación de Acceso al Satélite (EAS) es la encargada de decidir cual de los Centros de Proceso y Control SACCSA (CPCS) es el elegido. Para ello la Estación de Acceso al Satélite (EAS) utiliza la información de Calidad de Servicio que cada Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS) le proporciona asociada a su mensaje operacional. Cada Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS) calcula su Calidad de Servicio usando la información de integridad calculada por él mismo y los demás Centros de Proceso y Control SACCSA (CPCS).

6.1.5 *Unidad Central de Procesamiento*

6.1.5.1 La Unidad Central de Procesamiento (UCP) es el corazón computacional de un sistema SBAS. Es el lugar donde se generan las correcciones y la información de integridad que serán transmitidas sobre el área de servicio del sistema SBAS. El centro de procesamiento debe generar información de acuerdo a los requisitos definidos en ICAO SARPS requisitos de la señal en el espacio.

6.1.5.2 Para un sistema SBAS puede haber más de una Unidad Central de Procesamiento. La Unidad Central de Procesamiento además deberá monitorizar los otros satélites SBAS visibles en la región del sistema y proporcionar información de integridad para ellos.

6.1.5.3 La UCP genera:

- Correcciones diferenciales de área ancha para las constelaciones para las cuales el sistema SBAS esté definido
- Información acerca del retraso ionosférico
- Información de integridad acerca de las correcciones de órbitas y relojes para cada uno de los satélites

- Información de integridad para las correcciones ionosféricas.
- Alarmas (para satélites individualmente y puntos de la malla ionosférica)
- Posición para el satélite geostacionario (GEO efemérides).
- Parámetros de tiempo propio del sistema SBAS/diferencia con el tiempo UTC.

6.1.5.4 La Unidad Central de Procesamiento se divide en:

- Centro de Computación
Se encarga de calcular y generar cada segundo el mensaje SBAS con las correcciones e información de integridad
- Centro de Chequeo
Se encarga de verificar la exactitud de los mensajes SACCSA generados en el centro de procesamiento

6.1.6 *Centro de Computación*

6.1.6.1 El Centro de Cálculo es el módulo central del centro de computación. En este módulo son calculadas todas las correcciones y la información de integridad. Esto incluye correcciones de orbita y reloj para los satélites de las constelaciones en uso así como correcciones de ionosfera para los puntos de la malla ionosférica. También en este módulo el tiempo interno del sistema es calculado, así como su diferencia con el tiempo UTC para ser proporcionada al usuario final.

6.1.6.2 Además de todas las correcciones anteriores este módulo calcula las diferentes cotas de error para las correcciones anteriores, incluyendo la cota para las correcciones orbitales/ de reloj para los satélites y las correcciones ionosféricas para los puntos de la malla ionosférica..

6.1.6.3 Dada la complejidad de las operaciones realizadas en este módulo, este módulo se puede dividir en los siguientes submódulos:

- Modulo de Relojes: Encargado de la supervisión y del cálculo de los errores de los relojes de los satélites y de las estaciones de referencia. Las correcciones de los relojes son separadas en dos partes, a saber, correcciones rápidas que son proporcionadas al usuario con relativa frecuencia y correcciones lentas, proporcionadas al usuario con menos frecuencia que las anteriores.
- Modulo de Órbitas: Encargado del cálculo de los errores orbitales de los satélites. Este módulo es también el encargado de calcular la órbita del satélite geostacionario que está siendo usado para enviar al usuario la información del sistema.
- Modulo de Cotas de Reloj y Orbita: En este módulo se genera para cada satélite al que se está proporcionando correcciones una cota (UDRE) de los errores residuales a las correcciones.
- Modulo de Ionosfera: En este módulo se calculan las correcciones ionosféricas para los puntos de la malla ionosférica (GIVD) así como una cota del error residual (GIVE).6.1.7 *Centro de Chequeo*

6.1.7.1 Verifica los mensajes SACCSA generados en el centro de procesamiento:

- Correcciones de satélites
- Correcciones de ionosfera

con sus respectivas cotas de error.

6.1.7.2 Usa los mensajes SBAS como si fuera un usuario final, calculando la posición de las estaciones de referencia (basado en medidas recibidas)

- Calcula el error (estadísticas) en esas estimaciones y compara con PL

6.1.7.3 Tiene dos partes bien diferenciadas:

- Chequeo Posterior
- Chequeo Anterior6.1.8 *Principales riesgos tecnológicos*

6.1.8.1 Elementos con riesgo dentro de la UPC:

- Modelo ionosférico.
- Calculo de correcciones de orbita y relojes de los satélites.
- Provisión de integridad sobre las correcciones generadas por el sistema (de satélite y de ionosfera).
- Aspectos de fiabilidad y seguridad del sistema en su conjunto.

6.1.8.2 El Modelo ionosférico es altamente dependiente de la latitud del área de cobertura del sistema SBAS;

- Necesidad de estudiar el comportamiento de la Ionosfera en la Region (PT4200)

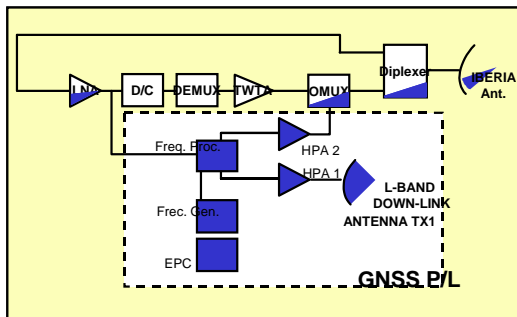
7. PT 3130: Comunicaciones

7.1 Se han realizado las siguientes actividades:

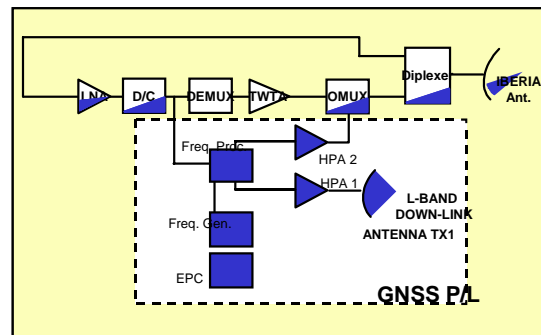
- Definición de los requisitos preliminares que han de cumplir las comunicaciones a establecer entre los diferentes elementos del sistema que se desplegarían para proporcionar las prestaciones requeridas en el área CAR/SAM
- Identificación de la infraestructura de telecomunicaciones existente y prevista en el área durante el despliegue del sistema, con el fin de poder identificar a su vez las alternativas para la implementación de las comunicaciones.
- Identificación de las alternativas existentes que serán analizadas en próximos paquetes de trabajo y que, desde un punto de vista técnico, mejor pudieran cumplir los requisitos de comunicaciones de SACCSA.
- Recopilación de información de infraestructura de comunicaciones (operadores de sistemas de comunicaciones por satélite, operadores comerciales de redes de comunicaciones, redes digitales aeronáuticas) existente en Latinoamérica.
- Se ha completado la definición preliminar de requisitos de la red de comunicaciones e identificado las posibles alternativas de implementación de la red.

8. PT 3140: Satélite

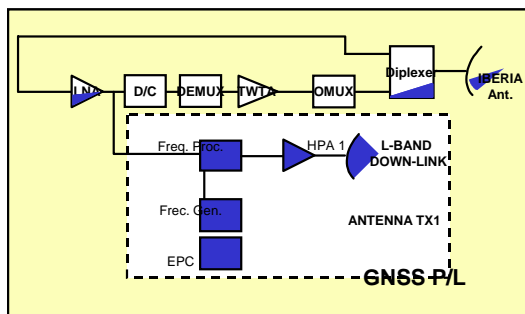
8.1 Se han identificado los diferentes escenarios de posibles configuraciones de la carga de navegación a bordo de un satélite GEO:



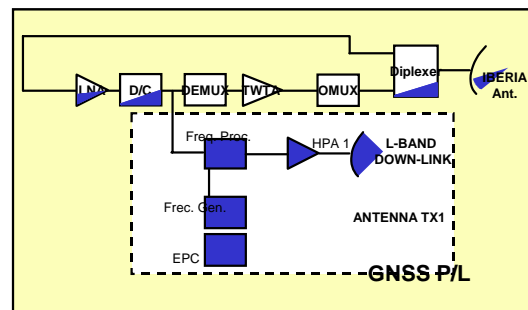
Escenario A



Escenario B



Escenario C



Escenario D

8.2 Así mismo, se ha realizado un dimensionamiento de la misión, con análisis de tráfico y un diseño funcional de la carga útil, incluyendo los tipos de acomodación de dicha carga en un satélite.

9. PT 3150: Elementos y localización

9.1 Las actividades realizadas dentro de este PT son:

- Definición de criterios de selección de emplazamiento para cada tipo de elemento del Segmento Terreno.
- Definición de los requisitos generales de localización exigidos al sistema SBAS SACCSA, para la determinación futura de las ubicaciones geográficas óptimas.
- Definición de requisitos en el área CAR/SAM para las Estaciones de Referencia (ERS), Estaciones de Acceso al Satélite GEO (EAS) y del Centro de Proceso y Control SACCSA (CPCS).
- Identificación de las necesidades específicas de las Estaciones de Referencia para la solución SBAS propio en el área CAR/SAM, estableciendo el conjunto de requisitos aplicables a estos elementos
- Identificación de las necesidades específicas de las Estaciones de Acceso al Satélite para la solución SBAS propio en el área CAR/SAM, estableciendo el conjunto de requisitos aplicables a estos elementos.
- Identificación de las necesidades específicas del Centro de Proceso y Control para la solución SBAS propio en el área CAR/SAM, estableciendo el conjunto de requisitos aplicables a estos elementos.

10. 3160: Prestaciones de Navegación.

10.1 Estrategia del análisis

10.1.1 Evaluación de las Prestaciones del Sistema SACCSA

10.1.1.1 Las prestaciones de los sistemas SBAS son definidas con respecto a un nivel de servicio proporcionado. La mayoría de los análisis que caracterizan las prestaciones de sistema son proporcionadas respecto al nivel de usuario, donde los principales conceptos pueden ser medidos de forma simple en base a las siguientes características:

1. *Disponibilidad:* se difunde la suficiente información por el sistema para calcular una solución de navegación y los niveles de protección horizontal y vertical (HPL/VPL) no exceden los niveles de alarma (HAL y VAL) para el nivel de servicio correspondiente.
2. *Precisión:* diferencias entre la posición de usuario estimada y la real.
3. *Continuidad:* nivel de servicio disponible durante toda la operación.
4. *Integridad:* el error de la solución de navegación no excede los límites de alarma (HAL/VAL) y si se exceden el sistema es capaz de mandar una alarma..

10.1.1.2 Por tanto, la evaluación de prestaciones del SBAS a nivel de pseudorange es definida como sigue:

1. Disponibilidad: los valores de UDRE y GIVE no exceden determinados márgenes que hagan que su contribución a los límites de protección horizontal y vertical (HPL/VPL) superen los niveles de alarma (HAL/VAL). En este sentido, el objetivo es transmitir valores de UDRE y GIVE lo más bajo posible, de forma que su contribución a los niveles de protección hagan la solución de navegación de usuario disponible a la vez que la integridad queda preservada. Los valores de UDRE considerados en este análisis serán aquellos transmitidos en los mensajes de navegación de tipo 2 a 4 y en el mensaje 24 (los mensajes de tipo 28 no serán considerados).
2. Precisión: diferencias entre el valor real y estimado de los relojes y órbitas de los satélites (SREW) y los retardos por ionosfera (GIVD error) una vez aplicadas las correcciones de navegación.
3. Continuidad: servicio disponible a lo largo de la operación, asumiendo que el sistema se encontraba disponible al comienzo de la operación. Normalmente es interpretado a nivel de transmisión como la continuidad en la monitorización de los satélites e IGP. En este sentido, la monitorización de los satélites y de los IGP será mostrada como parte de las prestaciones del sistema a nivel de transmisión.
- 4.º Integridad: El valor de UDRE acota el valor de SREW una vez aplicadas las correcciones de satélite y el valor de GIVE acota el valor de error de GIVD después de aplicar las correcciones ionosféricas para el nivel de confianza definido. Hay que remarcar que los valores de UDRE tienen que acotar los errores de satélite (órbitas y relojes) para todos los usuarios que se encuentren dentro del área de servicio y, en particular, para el “peor usuario”.

10.1.1.3 Estas características (propias del dominio de la posición) no son fácilmente traducibles al dominio del pseudo-rango, en donde se difunden las correcciones actuales. A continuación se definirá la aproximación tomada para interpretar estas prestaciones en el dominio de la pseudo-rango. Las prestaciones de ionosfera y satélites son identificadas como fuentes que contribuyen a las prestaciones de usuario y son expresadas por medio de los siguientes términos:

- Error Residual en el Peor Usuario (SREW): error en la órbita de satélite y reloj después de aplicar las correcciones de aumentación (por satélite). Hay que mencionar que el concepto de “peor usuario” implica que las diferencias (o errores) en el dominio del pseudo-rango debido a las estimaciones de órbitas de los satélites y relojes tienen que ser evaluadas en el conjunto del área de servicio, siendo el error máximo el que tiene que ser elegido como valor del SREW.
- Error en el retardo vertical de ionosfera (GIVD Error): error en el retardo vertical de ionosfera después de aplicar las correcciones de aumentación (por cada punto del mallado de ionosfera IGP).
- Error residual de rango de usuario (UDRE): cota del error residual del rango del satélite una vez aplicadas las correcciones (por satélite).
- Error vertical ionosférico (GIVE): cota del error de ionosfera una vez aplicadas las correcciones (por IGP).

10.1.1.4 La estrategia del análisis es la siguiente:

- Definir un escenario representativo de SACCSA para el análisis. Correr herramientas de simulación y CPF de EGNOS. Analizar prestaciones

10.1.2 *Prestaciones de Navegación*

10.1.2.1 Durante la presentación se incluye un análisis de las prestaciones obtenidas durante la simulación, tanto a nivel usuario como a nivel satélite e IGP

10.1.3 *Análisis de Requisitos*

10.1.3.1 Se ha dividido el análisis de requisitos en dos Zonas, una continental y otra costera ya que en general las prestaciones son diferentes.

10.1.3.2 La siguiente tabla muestra los requisitos asociados a un sistema SBAS y el nivel de cumplimiento de esos requisitos para el sistema SACCSA. Se ha dividido el análisis de requisitos en dos Zonas, una continental y otra costera ya que en general las prestaciones son diferentes.

Requisito\Operación		APV-I	APV-II	Sistema SACCSA		Estado SACCSA	
				Zona Continental ¹	Zona Costera	Zona Continental ²	Zona Costera
Precisión 95%	Horizontal	16 m	16 m	< 0.8 m	< 2.2 m	APV-II	APV-II
	Vertical	20 m	8 m	1.5-1.9 m	1.9-2.9 m	APV-II	APV-II
Integridad ³		2×10^{-7}	2×10^{-7}	0 : No hay fallos de integridad		OK	
Disponibilidad		0.99	0.99	>0.999	0.50-0.95	OK	NOK

10.1.4 *Precisión:*

10.1.4.1 Se cumple el requisito de precisión horizontal/vertical para APV-I requerido para EGNOS (16m/20m) en todo el Área de Servicio.

10.1.4.2 En general, los resultados que se alcanzan aspectos de precisión, son tanto mejores cuanto más nos acercamos a zonas continentales del Área de Servicio

10.1.5 *Disponibilidad:*

10.1.5.1 Se cumplen los requisitos de Disponibilidad (> 99%) para las zonas Continentales y Caribe.

10.1.5.2 En la mayor parte de la zona de Latino América se observa unas prestaciones excelentes en términos de Disponibilidad (> 99%) llegando a APV-II y APV-I.

10.1.5.3 En las zonas costeras y especialmente en la zona de Brasil y Sur de Argentina, se observa una degradación en la disponibilidad llegando a valores significativamente degradados

10.1.6 *Integridad:*

10.1.6.1 Se cumplen los requisitos de Integridad en todo el Área de Servicio

10.1.6.2 El sistema es integro a nivel pseudorange, de ionosfera y a nivel usuario:

- Los UDREs son mayores que los SREWs para todos los satélites.
- Los GIVDs son mayores que los GIVEs para todos los IGP.
- Los PLs para todos los usuarios son mayores que los errores de posición.

10.1.6.3 Notar que solo se han analizado 3 días

10.2 *Conclusiones y Recomendaciones*

10.2.1 La causa más relevante de la degradación de las prestaciones de disponibilidad en algunas zonas se debe a la Ionosfera. El problema no es tanto que no hay una buena precisión en la estimación de la ionosfera si no que existe un problema de monitorización de ésta. Para monitorizar la Ionosfera (IGP), tal y como están los algoritmos de ionosfera en la actualidad, se necesitan al menos 3 IPPs en las cercanías de cada IGP, por lo que en algunas zonas estas condiciones no se cumplen. Notar que el centelleo no se ha tenido en cuenta.

10.2.2 A priori existen dos formas de mejorar las prestaciones en estas zonas (costeras):

- Optimizar la configuración de la Red de Estaciones => Introducir más estaciones en las zonas con problemas para mejorar la monitorización de la Ionosfera en las zonas costeras
- Modificar los algoritmos del CPF para mejorar la disponibilidad
 - (Iono) Relajar las condiciones de monitorización de la Ionosfera (peligro de degradación de Integridad)
 - Modificar el manejo del Área de Servicio para ajustarla a Latino América **11. PT 4000: Recolección de datos y análisis para modelo**

ionosférico

11.1 Se han recogido datos de ionosfera en la Antártida durante la campaña 2004-2005, realizada en la Base Gabriel de Castilla de la FFAA Españolas.

11.2 Actualmente este paquete de trabajo está en proceso.

11.3 Los objetivos de las actividades de GMV son:

- Investigación del comportamiento ionosférico en la región (basado en análisis de datos reales (IGS))
- Analizar las implicaciones de este comportamiento en la implantación de sistemas SBAS (correcciones e integridad)

11.3.1 Análisis de los niveles de prestación alcanzables, con especial énfasis en la integridad y continuidad del servicio.