



**ASUNTO 2 DEL  
ORDEN DEL DIA:**

**DESARROLLOS DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACION**

**2.2 SEGUIMIENTO A LAS ACTIVIDADES DE  
PLANIFICACION/IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE  
AUMENTACION SBAS/GBAS EN LAS REGIONES CAR/SAM.**

**ESTADO DE LOS ESTUDIOS Y TRABAJOS REALIZADOS POR PARTE DEL  
PROYECTO RLA/03/902**

(Nota presentada por los Miembros del Proyecto SACCSA:  
Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, España, Venezuela y COCESNA)

**RESUMEN**

Esta nota de estudio presenta información relacionada con el proyecto RLA/03/902, resumiendo los resultados de los estudios realizados y los trabajos contemplados hasta la fecha por parte del Proyecto.

**Referencias:**

- Informes de las reuniones RCC/5 y RCC/6 del Proyecto RLA/03/902
- Plan mundial de navegación aérea de la OACI (Doc. 9750)
- Informes de las reuniones GREPECAS/13 y GREPECAS/14
- Anexo 10, Volumen I

**1. Antecedentes**

1.1 Durante la reunión ATM/CNS/SG/04, se propuso realizar el proyecto RLA/03/902 con el objetivo de: “Desarrollar y planificar los aspectos técnicos, financieros, operacionales e institucionales, de un sistema SBAS para las regiones CAR/SAM”. Iniciativa aprobada por GREPECAS/12 y a través de sus conclusiones 12/45 y 12/46 se establecen el inicio del Proyecto RLA/03/902 y se invitó a los Estados a participar en la misma.

1.2 Inicialmente, el Proyecto fue suscrito por Colombia, Cuba, España y COCESNA, adhiriéndose posteriormente Chile, Venezuela y Bolivia. Otros Estados como Argentina, Costa Rica, Paraguay y República Dominicana han mostrado su apoyo e interés en participar en el mismo.

1.3 La reunión GREPECAS/13, al tomar nota que la FAA informó que la extensión del WAAS hacia Sudamérica no sería practicable; y que de acuerdo a los estudios realizados por el Proyecto RLA/03/902 tampoco sería práctico extender el EGNOS hacia las Regiones CAR/SAM, formuló la Conclusión 13/84 – *Estudio para una solución SBAS regional CAR/SAM*, mediante esta conclusión el GREPECAS instó a continuar la introducción del GNSS de manera evolutiva y coordinada en conformidad con el Plan mundial de la OACI, así como los estudios para una solución SBAS regional CAR/SAM y la aplicación de otras aumentaciones, teniendo en cuenta también que los beneficios añadidos puedan contribuir a justificar los costes para alcanzar la última meta de la transición del GNSS, en la que se eliminarían las ayudas terrestres convencionales.

1.4 Como resultados de los trabajos y acciones emprendidas por el Proyecto RLA/03/902, el Comité CNS a través de su Grupo de Tarea GNSS, ha contribuido a la formulación de los siguientes acuerdos de parte de GREPECAS:

- Conclusión 13/85 – *Promoción de la utilización del GNSS en diversos sectores de los Estados*, mediante la cual instó a los Estados/Territorios/Organizaciones Internacionales que promuevan la utilización del GNSS en diversos sectores de su respectivo país y divulguen los resultados de los estudios de la solución de aumentación SBAS.
- Decisión 14/85 – *Capacidad APV I como mínimo requerimiento de performance para la implantación del SBAS regional CAR/SAM*, mediante esta Decisión, GREPECAS orientó que las soluciones SBAS que sean propuestas para las regiones CAR/SAM deberían ser encaminadas para alcanzar por lo menos la capacidad APV I.

## 2. Trabajos y Actividades del Proyecto RLA/03/902

2.1 Como parte de la coordinación y ejecución de los trabajos planificados en el Proyecto RLA/03/902, el Proyecto ha realizado dos reuniones de Coordinación desde la última reunión del Comité CNS:

- La Quinta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/5) del Proyecto RLA/03/902, celebrada en San José, Costa Rica, del 3 al 6 de septiembre de 2007.
- La Sexta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/6) del Proyecto RLA/03/902 se llevó a cabo en el Hotel Regal Pacific, en Santiago de Chile, Chile, del 17 al 18 de abril de 2007.

En los **Apéndices A y B** de esta nota respectivamente se ofrece un resumen de cada una de estas reuniones.

2.2 Tomando en cuenta el Plan mundial de navegación aérea (Doc. 9750) de la OACI, en su iniciativa del plan mundial (IPM) 21 – *Sistemas de Navegación* describe la estrategia global para alcanzar beneficios a corto, mediano y largo plazo de esos sistemas a través de la evolución de la navegación basada en la performance apoyada en el GNSS y en los sistemas de navegación autónomos (inerciales)/ ayudas terrestres convencionales, y las conclusiones mencionadas de GREPECAS, así como en referencia al literal c) de la Conclusión GREPECAS 13/84, el Proyecto ha planificado las acciones necesarias para mantener informado al mecanismo de GREPECAS sobre los resultados y avances del mismo, adoptando sus conclusiones correspondientemente (**Conclusión RCC/5/SACCSA/09** – *Apoyo del proyecto RLA/03/902 al mecanismo del GREPECAS – ciclo 2008*, mediante la cual convino que este Proyecto SACCSA debe apoyar la labor del mecanismo del GREPECAS durante el Ciclo 2008, que deberá incluir informaciones y propuestas

para continuar la implementación del GNSS basadas en los resultados obtenidos a ser presentadas en las próximas reuniones del mecanismo del GREPECAS y **Conclusión RCC6/SACCSA/07 – Elaboración de notas de estudio para GREPECAS/15** donde el Proyecto RLA/03/902 acuerda la presentación de las notas respectivas).

**Actividades realizadas y resultados del Proyecto desde la reunión RCC/5**

2.3 Las actividades realizadas desde la Reunión RCC/5 hasta el presente se detallan en cada uno de los apéndices respectivos a la RCC/5 y RCC/6. De igual forma los resultados de la FASE II del Proyecto se detallan en el **Apéndice C** a esta nota.

2.4 De igual forma en el **Apéndice D** a esta nota se ofrecen los resultados de los análisis y estudios ionosféricos realizados por el Proyecto SACCSA.

2.5 Durante la RCC/5 se analizaron las actividades planificadas para el Proyecto tomando en cuenta las orientaciones y directrices globales y regionales así como el desarrollo de las Actividades GNSS en las Regiones CAR/SAM, concluyendo que las tareas y el programa de ejecución del Proyecto han sido revisados y están en conformidad con los SARPS y material de orientación (GM) de la OACI sobre la evolución del GNSS.

2.6 En base a los resultados obtenidos en la Fase II del SACCSA, se consideraba que tentativamente, es viable la solución de aumentación SBAS SACCSA y que por consiguiente, se precisa definir una tercera fase que de continuidad a los trabajos ya iniciados y los complete, al objeto de establecer la viabilidad definitiva del Proyecto, tanto a nivel técnico como financiero. Esta nueva Fase cubrirá todos aquellos estudios y análisis que no han podido ser cubiertos en la Fase II, bien por motivos presupuestarios, bien como consecuencia de los análisis realizados y que abren las puertas a nuevos estudios que contribuyan a llegar a resultados consolidados y garantizados. Por lo cual se formuló la **CONCLUSIÓN RCC6/SACCSA/02 – Resultados de FASE II del Proyecto RLA/03/902**.

2.7 El curso Avanzado GNSS realizado en la Ciudad de México fue muy completo y cubrió satisfactoriamente los aspectos GNSS, por lo cual formulo el Proyecto formulo una Conclusión para el aprovechamiento de las actividades formativas sobre GNSS que ofrece el Proyecto a los Estados/Territorios/Organizaciones Internacionales, ref. **CONCLUSIÓN RCC6/SACCSA/01 – Actividades formativas del Proyecto RLA/03/902**.

2.8 De igual forma, el Proyecto acordó, ref. **CONCLUSIÓN RCC6/SACCSA/04 – Actividades de FASE III**, la ejecución de la Fase III en dos partes:

- Parte A, abarcará solamente los actuales paquetes de trabajo relacionados al estudio de la ionosfera (PT 3000 y PT4000), el PT5000, el PT 6000 (aportación en especie de AENA) y los afines a la formación del personal que se unirán en un solo paquete (PT 11000 y PT 12000).
- Parte B de la FASE III cubrirá los restantes PTs distintos a los de la Fase III A, se ejecutara posteriormente a la Fase IIIA,

En el **Apéndice E** a esta nota de estudio se ofrece el detalle de las actividades contempladas en la Fase III del Proyecto.

2.9 El Proyecto convino en la necesidad de mayor participación de otros demás Estados/Territorios/Organizaciones Internacionales en el Proyecto RLA/03/902 y el compromiso de la región para continuar con lo referido al sistema SBAS.

2.10 El Proyecto SACCSA participó activamente en el desarrollo de la III Reunión del Grupo de Tarea GNSS, en la cual se aportó e informó de los resultados de Proyecto en sus diversos paquetes de trabajo abarcando los aspectos técnicos, financieros, operacionales e institucionales, de un sistema SBAS para las regiones CAR/SAM, así como los trabajos de estudio de ionosfera realizados.

### **3. Acciones sugeridas**

3.1 Se invita a la Reunión a:

- a) tomar nota de la información contenida en esta nota de estudio;
- b) analizar los resultados logrados por parte del Proyecto y su contribución de información y elementos de juicio para la toma de decisiones,
- c) evaluar los beneficios estimados del Proyecto y de la necesidad de completar los trabajos iniciados dentro de la Fase III,
- d) apoyar la necesidad de mayor participación de otros demás Estados/Territorios/Organizaciones Internacionales en el Proyecto RLA/03/902 y el compromiso de la región para continuar con lo referido al sistema SBAS
- e) Sugerir las acciones que se consideren adecuadas.

-----

## APENDICE A/APPENDIX A

### RESUMEN RCC/5

La Quinta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/5) del Proyecto RLA/03/902 “*Transición al GNSS/SBAS en las Regiones CAR/SAM*” – *Solución de Aumentación para Centroamérica, Caribe y Sudamérica, SACCSA.* ” se llevó a cabo en el Auditorio del Centro Nacional de Alta Tecnología de Costa Rica (CeNAT), en San José, Costa Rica, del 3 al 6 de septiembre de 2007.

Se realizó la revisión y aprobación del Informe de la Cuarta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/4) del Proyecto RLA/03/902, celebrada en la Oficina Regional de la OACI para Sudamérica, Lima, Perú, del 29 al 30 de septiembre de 2006, así como revisión de la situación financiera del Proyecto.

La Reunión tomó nota de la información sobre el estado de las Normas y Métodos Recomendados (SARPS) y material de orientación de la OACI sobre el GNSS y el trabajo del NSP suministrada por el Sr. Alessandro Capretti, Oficial Técnico CNS de la OACI en Montreal y el Secretario del Grupo de expertos de sistemas de navegación (NSP) de la OACI. En este sentido y producto de la revisión efectuada por la Reunión RCC/5, se concluyó (**CONCLUSIÓN RCC/5/SACCSA/02**) que las tareas y el programa de ejecución del Proyecto han sido revisados y están en conformidad con los SARPS y material de orientación (GM) de la OACI sobre la evolución del GNSS.

Se tomó nota de la descripción sobre algunos procedimientos basados en la utilización del GBAS que están preparando en el aeropuerto de Malaga, España, incluyendo sus consideraciones operacionales.

La Reunión tomó nota de las actividades realizadas desde la Reunión RCC/4 hasta la RCC/5, las cuales corresponden a la ejecución de la Fase II. Estas actividades esencialmente son las siguientes:

1. Presentación de los resultados del Proyecto en la segunda reunión del Grupo de Tarea GNSS, celebrada en Lima, Perú, del 11 al 12 de noviembre de 2006.
2. Presentación de los resultados del proyecto en la Quinta Reunión del Comité CNS, del Subgrupo CNS/ATM, del GREPECAS, celebrada en Lima, Perú, del 13 al 17 de noviembre de 2006.
3. Chile se adhirió al Proyecto en diciembre de 2006.
4. Se completaron los informes de los borradores de los PT 1000, 2000 y 3000.
5. Se realizó el análisis ionosférico; se realizaron simulaciones en el PT 3600 para determinar las prestaciones que se alcanzarían.
6. Se elaboraron especificaciones del sistema conforme al PT5000.
7. Se ha realizado el resto de los PT siguientes:
  - 7000 – Institucional
  - 8000 – Formación de personal
  - 9000 – Financiero
  - 10000 – Identificación y definición de fases
  - 12000 – Preparación de la reunión RCC/5
8. En marzo de 2007 se contrató al Grupo GESA, Universidad Nacional de la Plata, Argentina, estudios sobre las afectaciones de la ionófera.
9. Se presentó información a la reunión GREPECAS/14, celebrada en San José, Costa Rica, 16 – 20 de abril de 2007.
10. Venezuela se adhirió al Proyecto en julio de 2007.
11. Se solicitó a las Oficinas Regionales de la OACI, NACC y SAM sus colaboraciones para la organización de la RCC/5.

12. Se realizaron las coordinaciones pertinentes con la DGAC de Costa Rica y se convocó la Reunión RCC/5 del Proyecto RLA/03/902, en San José, Costa Rica, del 3 al 6 de septiembre de 2007.
13. Se solicitó a todas las empresas contratadas que presentaran los resultados de los paquetes de trabajo respectivos.
14. Se ha organizado el Curso Avanzado GNSS, que se celebró, en la Oficina regional NACC de la OACI, en la Ciudad de México, México, del 5 al 9 de noviembre de 2007.

Los informes de los resultados de los estudios realizados fueron presentados por los representantes de las empresas que han ejecutados los paquetes de trabajo. En los apéndices B y C del Informe de la Quinta Reunión de Coordinación del Proyecto se ofrece el resumen de los resultados de cada paquete de trabajo.

Debido a la falta de la totalidad del presupuesto necesario han quedado pendientes de ejecución los PT siguientes:

11000: Identificación de la situación industrial de la Región

6000: Análisis del modelo MTSAT

Resultados de los paquetes de trabajo de la fase II del Proyecto RLA/03/902 – SACCSA, se formulo la siguiente **CONCLUSIÓN RCC/5/SACCSA/03**:

Que los Estados/Organizaciones Internacionales,

- a) tomen nota del resumen de los resultados de los paquetes de trabajo de la Fase II del Proyecto RLA/03/902 que se presenta en el Apéndice B de este Informe;
- b) noten que de acuerdo a estos resultados basados en modelos definidos y desarrollados, se considera que tentativamente es viable la solución de aumentación SBAS SACCSA; y
- c) se precisa definir una tercera fase que de continuidad a los trabajos iniciados, con la finalidad de completarlos y establecer demostraciones para confirmar la viabilidad técnica-financiera del Proyecto SACCSA.

La Reunión concordó que en base a los resultados obtenidos en la Fase II del SACCSA, se precisa definir una tercera fase que de continuidad a los trabajos ya iniciados y los complete, al objeto de establecer la viabilidad definitiva del Proyecto, tanto a nivel técnico como financiero. Esta nueva Fase deberá cubrir todos aquellos estudios y análisis que no han podido ser cubiertos en la Fase II, bien por motivos presupuestarios, bien como consecuencia de los análisis realizados y que abren las puertas a nuevos estudios que contribuyan a llegar a resultados consolidados y garantizados.

La Reunión enfocó la Fase III de SACCSA con el propósito de completar los estudios y análisis realizados en la Fase II, así como a establecer una demostración de SACCSA que permita corroborar que los supuestos y modelos definidos / desarrollados en la Fase II son válidos, permitiendo tomar a los Estados/Organizaciones de las regiones CAR/SAM la decisión final sobre la idoneidad o no de implementar el sistema, así como la forma de hacerlo. En esta decisión, intervendrían todos los Estados/Organizaciones Internacionales, siendo necesario llegar a disponer de un mínimo de quórum, dado el alcance regional del estudio y la necesidad de que se llegue a un acuerdo entre Estados adyacentes.

En este sentido se definieron las tareas a cubrirse en la Fase III y se tomo la información de los aportes adicionales por parte de los Miembros del Proyecto, Chile y Colombia, para el logro de estas actividades identificando el ofrecimiento de Costa Rica para apoyar el desarrollo regional e implementación nacional del GNSS mediante el apoyo, la coordinación y cooperación internacional del Proyecto RLA/03/902.

De igual forma la Reunión convino que el Proyecto debería invitar a que participen en el Proyecto otras Organizaciones Internacionales de las regiones CAR/SAM que representan a los usuarios del espacio aéreo, a otras instancias de la aviación civil, a otros sectores de los Estados, así como proveedores de servicios de telecomunicaciones aeronáuticas que podrían apoyar a la obtención de beneficios del GNSS.

Como parte del objetivo del Proyecto, la Reunión convino que el Proyecto SACCSA debe apoyar la labor del mecanismo del GREPECAS durante el Ciclo 2008, que deberá incluir informaciones y propuestas a ser presentadas en las próximas reuniones del Grupo de Tarea GNSS, del Comité CNS; del Subgrupo ATM/CNS/6 y GREPECAS/15.

Por la experiencia de Colombia, y en congruencia con la CONCLUSION GREPECAS 13/85 - *Promoción de la utilización del GNSS en diversos sectores de los Estados*, la reunión convino la siguiente Conclusión:

**RCC/5/SACCSA/10 – ORIENTACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DEL GNSS EN MÚLTIPLES SECTORES DE LOS ESTADOS**

Que, con el propósito de ampliar la obtención de los beneficios del GNSS sobre la determinación de la posición, tiempo y navegación satelital:

- a) se insta a los Estados a establecer Grupos nacionales multisectoriales sobre el GNSS;
- y
- b) el Proyecto RLA/03/902 elabore orientaciones para los Estados sobre aplicaciones del GNSS a otros sectores de los Estados, tales como: transporte terrestre, la agricultura, localización de llamadas de emergencia, marítimo, pesca y otros sectores.

## **APENDICE B/APPENDIX B**

### **RESUMEN RCC/6**

La Sexta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/6) del Proyecto RLA/03/902 “*Transición al GNSS/SBAS en las Regiones CAR/SAM*” – *Solución de Aumentación para Centroamérica, Caribe y Sudamérica, SACCSA*” se llevó a cabo en el Hotel Regal Pacific, en Santiago de Chile, Chile, del 17 al 18 de abril de 2008.

La Reunión tomo nota de la versión final del Informe de la Quinta Reunión del Comité de Coordinación (RCC/5) del Proyecto RLA/03/902, celebrada en la CENAT, en San José, Costa Rica, del 3 al 6 de septiembre de 2007, se revisaron el estado de las conclusiones vigentes de anteriores reuniones y se efectuó la revisión de la situación financiera del Proyecto.

La Reunión tomo nota de las actividades realizadas desde la reunión RCC/5, según se describe a continuación:

1. Se organizó y se llevó a cabo el Curso Avanzado GNSS, en la Ciudad de México, del 5 al 9 de noviembre de 2007.
2. Se elaboró el Informe de la Reunión RCC/5 y se envió a los Estados/Organizaciones Miembros del Proyecto, solicitándoles comentarios. También, fue distribuido a los participantes en la reunión RCC/5.
3. De conformidad con el ofrecimiento formulado por Chile en la reunión RCC/5, establecieron las respectivas coordinaciones con Chile para organizar la sede de la Reunión RCC/6 en Santiago para abril de 2008.
4. Se proporcionó información a Ecuador sobre el Proyecto conforme a lo solicitado por este Estado.
5. El Grupo GESA de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina finalizó la tarea que le fue encomendada, como fue el de estudiar un algoritmo para SBAS de corrección ionosférica en la Región Caribe, Centro y Sudamérica”.
6. De conformidad con la Conclusión RCC/5/SACCSA/07 de la Reunión RCC/5, fue enviada en abril de 2008 una carta de invitación a otras organizaciones internacionales de las Regiones CAR/SAM, tales como la Comisión Latinoamericana de Aviación Civil (CLAC), IATA, IFALPA, la Organización de Estados Americanos (OEA), así como ARINC y SITA invitándolos a participar activamente en el Proyecto RLA/03/902 – SACCSA, de tal manera que contribuyan a la obtención de beneficios para el GNSS en la aviación civil y demás sectores de la economía de los Estados.
7. Se estableció la coordinación entre las Oficinas Regionales de OACI, NACC y SAM para la organización de la RCC/6.
8. Se elaboró y se envió a los Estados/Organizaciones Internacionales el Orden del Día preliminar, la programación y la carta de invitación para la reunión RCC/6. Se convocó la reunión RCC/6 para los días 17 y 18 de abril de 2008.
9. Se coordinó la realización del Seminario sobre los Efectos Ionosféricos en el GNSS llevado a cabo en Santiago de Chile del 14 al 16 de abril, en el cual se hicieron varias presentaciones y se dieron varias conferencias de los resultados obtenidos por el Proyecto en el tema de la ionosfera, así como los avances del Proyecto en esta materia.
10. Se elaboró el Documento de Proyecto (PRODOC) para la Fase III del Proyecto y fue distribuido a los Estados/Organizaciones Internacionales.
11. En atención al ofrecimiento de Costa Rica para apoyar el Proyecto SACCSA con logística e instituciones para promover el desarrollo regional y la implementación del GNSS que facilite la utilización del GNSS por múltiples sectores del Estado, Conclusión

RCC/SACCSA/06, se remitió una nota al Estado de Costa Rica invitándola a integrarse al Proyecto y a tomar las acciones correspondientes, a fin de que se logre este objetivo.

12. Se remitieron notas a los Estados de Chile y Colombia en respuesta a su ofrecimiento de las estaciones de referencia y al laboratorio de navegación satelital respectivamente, con el fin de contabilizar estos recursos dentro de las actividades de FASE III del proyecto.
13. El estado de Bolivia, a través de la carta NA 160/CNS017/08, ha manifestado su adhesión al Proyecto RLA/03/902, designando a su vez al Sr. Jaime Yuri Álvarez Miranda como punto focal de Bolivia para las actividades de este Proyecto.
14. Se elaboró la documentación para la Reunión RCC/6.
15. Se elaboró la documentación preliminar correspondiente para presentar los resultados obtenidos, el avance y propuestas del Proyecto en la Tercera reunión del Grupo de Tarea GNSS, que se celebrará en Lima, Perú del 2 al 3 de junio de 2008.

La Reunión concluyó que el curso Avanzado GNSS realizado en la Ciudad de México fue muy completo y cubrió satisfactoriamente los aspectos GNSS, por lo cual formulo la siguiente Conclusión:

### **CONCLUSIÓN RCC6/SACCSA/01 – ACTIVIDADES FORMATIVAS DEL PROYECTO RLA/03/902**

Sobre los beneficios y aprovechamiento de las actividades formativas del Proyecto RLA/03/902:

- a) Que los Estados/Organizaciones Internacionales tomen nota de los beneficios que se obtienen con las actividades formativas dentro del proyecto.
- b) Que a través del proyecto y mediante el mecanismo de GREPECAS, se inste a los Estados a participar en los cursos de capacitación, con el fin de asegurar la debida asistencia a las actividades pedagógicas que desarrolle el proyecto, además de beneficiarse de los importantes ahorros de costes que supone la formación conjunta dentro del Proyecto, frente a una capacitación individualizada.

La Reunión fue informada por los Miembros del estado del equipamiento de las estaciones de referencia del Proyecto RLA/00/009 ofrecidas para ser empleadas en el Proyecto RLA/03/902.

La Reunión tomó nota del Informe Final correspondiente al “*Estudio para un algoritmo SBAS de corrección ionosférica en la Región Caribe, Centro y Sudamérica*”, realizado por el Grupo de Geodesia Espacial y Aeronomía (GESA) de la Facultad de Ciencias Astronómica y Geofísica de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, resaltándose las conclusiones alentadoras a este análisis de la ionosfera.

La Reunión acordó la conveniencia de considerar los aspectos a profundizar del estudio de la GESA dentro del Volumen 3, Actividad A3 - *Monitoreo y análisis del comportamiento ionosférico* que está programada en la Fase III-A.

Bajo la revisión y coordinación del Programa de Actividades para la Fase III del Proyecto, la Reunión recordó que en la RCC/5, se concluyó que de acuerdo a los resultados obtenidos (basados en modelos definidos y desarrollados), se consideraba que tentativamente, es viable la solución de aumentación SBAS SACCSA; y que por consiguiente, se precisa definir una Tercera Fase (Fase III) que dé continuidad a los trabajos iniciados, con la finalidad de completarlos y establecer demostraciones para confirmar la viabilidad técnica-financiera del Proyecto SACCSA. En este sentido la Reunión convino la siguiente Conclusión:

## **CONCLUSIÓN RCC6/SACCSA/02 – RESULTADOS DE FASE II DEL PROYECTO RLA/03/902**

Basado en los resultados de la fase II donde se vislumbra la factibilidad de implementar un SBAS en las regiones CAR/SAM, pendiente de completar los análisis técnicos, fundamentalmente a nivel de ionosfera, se precisa concretar los mismos antes de tomar la decisión de implantar dicho sistema.

De esta revisión, la Reunión convino que:

1. dentro de estas actividades los paquetes de trabajo relacionados con el análisis de la ionosfera son prioritarios en su ejecución (PT3000.- Red de monitorización para analizar el comportamiento ionosférico y cómo corren los modelos definidos para la región y PT4000 Completar los estudios de la fase actual, cerrando temas tales como la ionosfera, comunicaciones, topología de red terrena, etc.)
2. el PT 4600 sobre la optimización de las comunicaciones se posterga su realización para el 2010.
3. el PT 5000 se aplazaría en el tiempo hasta octubre de 2009. El documento Organización Multinacional Regional es un documento muy importante y es algo que se debe desarrollar desde el comienzo.
4. los paquetes de capacitación se mantienen en el proyecto. El Plan de Formación (PT 11100) se mantiene. En vista de que los PT 11000 y 12000 se relacionan a actividades de formación, ambos se agruparían en un solo PT denotado “Talleres y Seminarios”.
5. con el fin de ser más precisos en los alcances de las actividades para la Fase III se planteo como meta solamente la realización de los PT 3000, PT4000, PT 5000 “Acordar los emplazamientos de las instalaciones críticas” (PT5100 “Coordinación y soporte a los análisis técnicos de emplazamientos”) y la parte de formación (PT11000.- Primeros entrenamientos sobre el sistema. Formación a alto nivel y PT12000 – Seminarios).
6. el PT 6000 “Organizar a los Estados/ Instituciones para poder abordar el sistema y contactar con las entidades crediticias correspondientes” se desarrollará a lo largo de los años 2008 y 2009, cuya realización será por parte de AENA como aporte en especie al Proyecto.
7. en abril del 2010 se terminarían todos los paquetes. El paquete 7000 queda supeditado a los resultados.
8. para aprovechamiento del curso GNSS avanzado impartido en noviembre del 2007, al cual no pudieron asistir varios Estados, se decidió repetir su impartición. Además de este primer curso se impartirán los otros dos cursos nuevos.
9. la ejecución de la Fase III en dos partes:
  - Parte A, abarcará solamente los actuales paquetes de trabajo relacionados al estudio de la ionosfera (PT 3000 y PT4000), el PT5000, el PT 6000 (aportación en especie de AENA) y los afines a la formación del personal que se unirán en un solo paquete (PT 11000 y PT 12000).
  - Parte B de la FASE III cubrirá los restantes PTs distintos a los de la Fase III A, se ejecutara posteriormente a la Fase IIIA,

Se debatió la necesidad de mayor participación de otros demás Estados/Territorios/Organizaciones Internacionales en el Proyecto RLA/03/902 y el compromiso de la región para continuar con lo referido al sistema SBAS, por lo cual la Reunión estimo conveniente condicionar el desarrollo de la Fase III a la respuesta de los Estados CAR SAM al mecanismo de GREPECAS (próxima reunión GREPECAS/15), en el contexto del compromiso para la realización de la fase III en el marco del potencial desarrollo de un sistema SBAS para las regiones CAR/SAM.

La Reunión agradeció la participación de la Universidad Distrital de Colombia con su presentación sobre los estudios de ionosfera que ha desarrollado, y su ofrecimiento de vinculación al Proyecto

con Estudios de ionosfera para la Fase III. Colombia informó que la UAEAC suscribió un convenio institucional con dicha universidad para desarrollar actividades de investigación al respecto.

La Reunión acordó las acciones y tareas para informar al mecanismo de GREPECAS sobre los resultados y avances logrados por el Proyecto.

## APENDICE C/APPENDIX C

### RESULTADOS DE LA FASE II DEL PROYECTO RLA/03/902: SACCSA

SACCSA se plantea como respuesta a las conclusiones de GREPECAS abordando, en su planteamiento, aspectos técnicos, financieros, institucionales y organizativos con lo que engloba en un único proyecto todos los aspectos que influyen en el mismo.

Para ello, se pretende complementar y dar nuevas ideas y planteamientos junto a otros proyectos realizados en las regiones CAR/SAM, pero con una perspectiva de definición de sistema, es decir, industrial e i+d.

Para ello, se analizaran soluciones para la resolución o mitigación de problemas desde un punto de vista técnico y de sistema. Por ejemplo, la ionosfera, sobre la base de estudios de tipo científico / académico, se tratará de solucionar con el desarrollo de algoritmos de mitigación, extrapolación y reducción de efectos no deseados, complementados con conceptos de operación de sistema y de usuario.

En cuanto a las prestaciones de referencia se han tomado las correspondientes a APV 1, tal y como se establece en la Decisión GREPECAS 14/55.

#### *DESCRIPCIÓN DE SACCSA*

SACCSA se estructura en torno a doce paquetes de trabajo:

- 1.- Recabar información de los proveedores de servicio y usuarios.
- 2.- Definir los requisitos del sistema.
- 3.- Estudio solución SBAS propio.
- 4.- Análisis modelo ionosférico.
- 5.- Especificaciones SBAS propio.
- 6.- Especificaciones SBAS modelo MTSAT (si hay presupuesto).
- 7.- Consideraciones sobre gestión / operación / explotación.
- 8.- Recursos humanos y capacitación.
- 9.- Viabilidad económica y financiera.
- 10.- Planificación de actividades.
- 11.- Análisis de posicionamiento industrial.
- 12.- Seminarios.

Estos paquetes de trabajo cubren los diferentes aspectos que se deben de tener en cuenta cuando se pretende abordar un proyecto de estas características, y pretenden sentar las bases en torno a las cuales se pueden definir los requisitos y modelos para el lanzamiento de un programa de desarrollo e implantación SBAS en las regiones CAR/SAM.

La Fase II de SACCSA duro un total de 18 meses, de los que seis se dedicaron a organizar y estructurar el proyecto y 12 a su realización. Tras su finalización se realizo un seminario de presentación de resultados y acciones.

En el adjunto a esta nota se ofrece el detalle de los resultados obtenidos en cada uno de los paquetes de trabajo.

## **CONCLUSIONES**

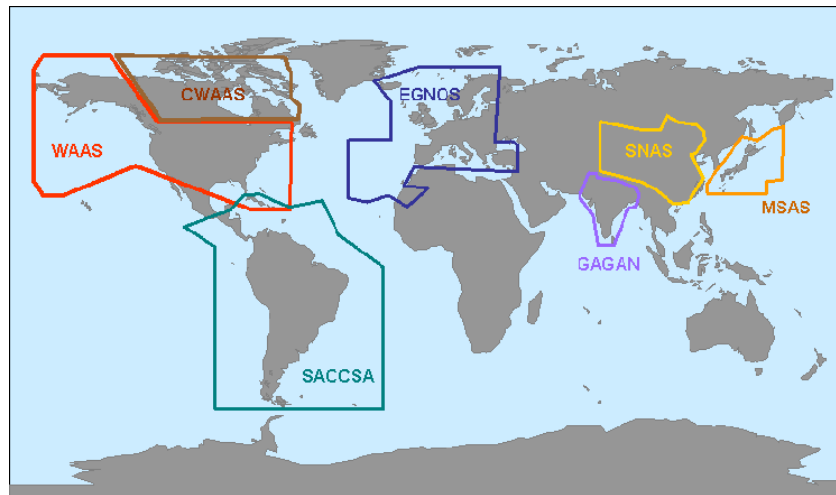
De los resultados de los trabajos de la FASE II del Proyecto se concluye lo siguiente:

- a) SACCSA se muestra como un sistema viable desde el punto de vista técnico y financiero. Aún es necesario realizar nuevos estudios desde el punto de vista ionosférico y topología de la red terrena, incluyendo análisis en tiempo real y desarrollo de modelos propios adecuados a la región. Esto es especialmente importante para los modelos degradados con alta actividad ionosférica y con centelleo.
- b) El objetivo de APV I es alcanzable en un elevado porcentaje del área de cobertura, no así APV II, donde se ve condicionado por la red de estaciones de referencia y la imposibilidad de colocar nuevas estaciones en zonas óptimas (ausencia de islas en áreas oceánicas), y donde la cobertura se reduce al 65%.
- c) La integridad se cumple en todo el área de cobertura tanto para APV I como APV II.

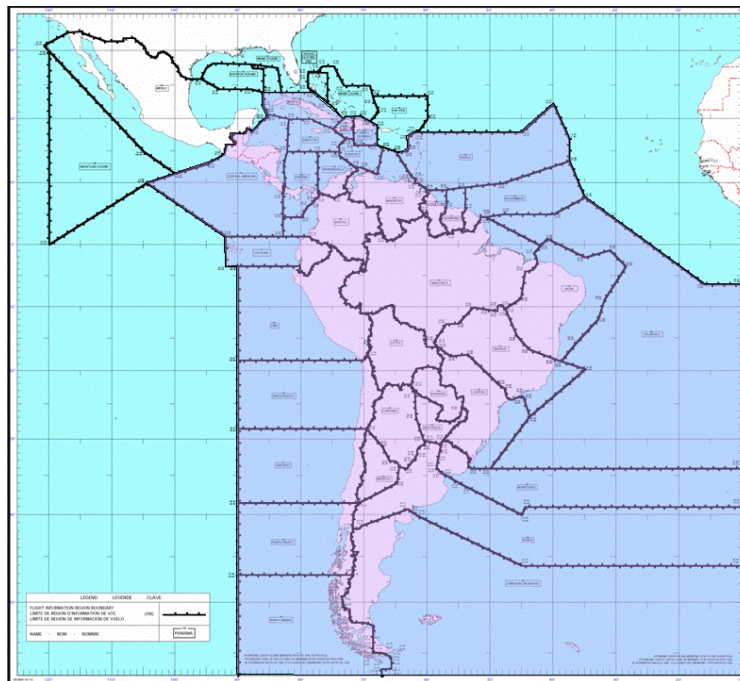
ADJUNTO/ATTACHMENT

**RESULTADOS DE LA FASE II DEL PROYECTO RLA/03/902 SACCSA**

Una vez realizados los primeros análisis, se han definido las áreas de servicio y en consecuencia, la posición de SACCSA en el contexto global. En este sentido, y de acuerdo a la interoperabilidad entre sistemas, SACCSA quedaría ubicado de la siguiente forma:



En cuanto al área de servicio, comprendiendo tanto la zona oceánico con mejora del Ranging, así como la zona continental con mejora de prestaciones, sería:



La arquitectura será la usada para cualquier sistema SBAS, quedando configurada de la siguiente forma:



## TOPOLOGÍA DE ESTACIONES DEL SISTEMA

La topología indicada, se refiere a las Estaciones de Referencia SACCSA (ERS), no figurando las Estaciones de Acceso al Satélite (EAS) ni los Centros de Proceso y Control SACCSA (CPCS).

En total, habrá 48 ERS, distribuidas en dos bloques:

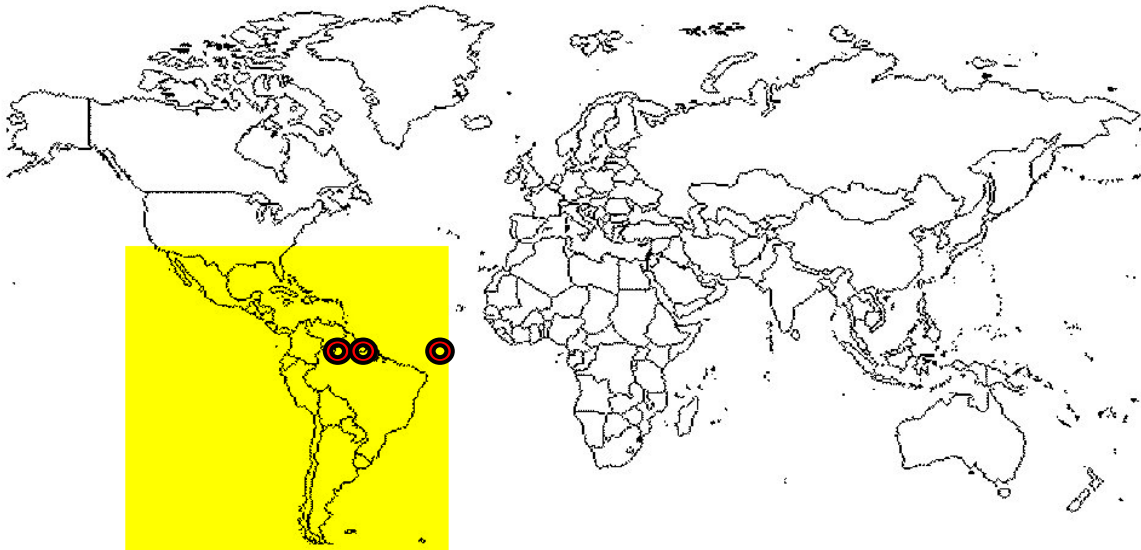
- Un bloque de 45 ERS localizadas dentro de la zona de cobertura, y dedicada al cálculo de parámetros del sistema.



- Un bloque de 3 ERS localizadas fuera de la zona de cobertura y que se dedicarán a orbitografía lejana.



En cuanto a los satélites, se han seleccionado tres satélites de la zona con posiciones tipo, para poder realizar las simulaciones. Son propuestas sobre posiciones orbitales conocidas y óptimas, pero que a la hora de implantar el sistema, no coincidirá, ya que habrá que buscar satélites equipados con cargas de navegación, y los indicados no lo incorporan en la actualidad (aunque tienen planes para su implantación en próximos lanzamientos de sustitución).



## **RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS DIFERENTES PAQUETES DE TRABAJO**

Los diferentes Paquetes de trabajo han generado una amplia documentación de más de 2800 páginas distribuidas en 9 tomos. En esta sección, veremos un resumen de lo realizado en cada Paquete de trabajo.

### **PT 1000: RECABAR INFORMACIÓN DE LOS PROVEEDORES DE SERVICIO Y USUARIOS**

Bajo esta PT se ha recabado información sobre el estado actual del Sistema de Navegación Aérea en las Regiones CAR/SAM. Para ello, se ha elaborado una base de

datos con información del FASID y los AIP, reflejando la información de forma global y por Estados. Esta base de datos se ha realizado en formato Excel.

Así mismo, se ha incluido una relación de equipamiento de las aeronaves que operan en las regiones, con sus capacidades en navegación y comunicaciones. Estos datos han sido proporcionados por IATA.

### **PT 2000: MAPA INTERACTIVO Y ANÁLISIS PRELIMINAR DE PRESTACIONES SACCSA**

Representa el mapa interactivo que permite consultar la base de datos del PT 1000 de una forma gráfica y dinámica, pudiendo seleccionar las diferentes radioayudas y aeropuertos y tener acceso a los datos de los mismos. Si se desea, se pueden consultar los datos globales de un Estado. En relación al SBAS, el mapa permite acceder a los datos de prestaciones horizontales y verticales en las regiones CAR/SAM.

Para el análisis preliminar de prestaciones SACCSA, se han elaborado dos topologías de redes de Estaciones de Referencia SACCSA para el análisis preliminar de prestaciones. La primera fue un acercamiento para fijar datos y conceptos y ver donde existen “huecos”, con la segunda se optimiza dicha topología para obtener las mejores prestaciones y poder alimentar los trabajos del PT 3600. La herramienta utilizada es POLARIS, que simula un volumen de servicio SBAS bajo parámetros lineales y globales.

### **PT N° 3000: ESTUDIO DE UN SBAS PROPIO**

### **PT N° 3100 DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE LA SOLUCIÓN SBAS PROPIO**

Bajo este PT, se ha realizado un análisis preliminar de los componentes de SACCSA, así como la razón del por que es necesario dicha arquitectura. Se comprueba que SACCSA deberá contar con:

- Al menos 48 Estaciones de Referencia SACCSA (ERS).
- 2 o 3 Centros de Proceso y Control SACCSA (CPCS).
- 2 o 3 GEOs.
- 4 a 6 Estaciones de Acceso al Satélite (EAS). Son dos por satélite.
- Una Red Terrena de Comunicaciones SACCSA (RTCS).
- Un Segmento de Apoyo SACCSA (SAS).

En esta descripción se observa de forma gráfica y de alto nivel la interconexión entre los diferentes elementos y el concepto funcional a alto nivel del conjunto del sistema.

### **PT3200-5100: CENTRO DE PROCESAMIENTO SACCSA**

Se han descrito los requisitos de misión del la UCP, que se detallan a continuación:

- Proporcionar Mensajes SBAS a través del GEOAugmentación constelaciones GNSSCorrecciones Ionosféricas: tiempo casi-real
- Mejorar PrecisiónProporcionar IntegridadAsegurar Disponibilidad y Continuidad

#### **La Unidad Central de Procesamiento genera**

- Correcciones de orbita y reloj para las constelaciones para las cuales el sistema SBAS esté definido
- Información acerca del retraso ionosférico
- Información de integridad para cada satélites
- Información de integridad para las correcciones ionosféricas.
- Alarmas (para satélites individualmente y puntos de la malla ionosférica)

- Posición para el satélite geoestacionario (GEO efemérides).
- Parámetros de tiempo propio del sistema SBAS/ diferencia con el tiempo UTC.

**La Unidad Central de Procesamiento se divide en:**

- **CE: Centro de Elaboración** , que se encarga de Calcular y generar cada segundo el mensaje SBAS con las correcciones e información de integridad
- CC: Centro de Chequeo**, que se encarga de verificar la exactitud de los mensajes SACCSA generados en el centro de procesamiento.

**PT 3300 - ANÁLISIS DE LAS COMUNICACIONES**

Este paquete de trabajo cubre:

- La 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
- La 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.
- La 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.

**PT 3400.-. SATÉLITE: CARGA ÚTIL DE NAVEGACIÓN**

En este PT se ha realizado un análisis preliminar de las características de las cargas útiles de navegación y los posibles escenarios de implantación de las mismas.

**Escenario A**

En este escenario se extrae la señal del enlace ascendente después de los amplificadores de bajo nivel de ruido del repetidor del satélite. Luego la señal pasa a un repetidor específico de SBAS convirtiendo las señales de las frecuencias del enlace ascendente C/Ku, a las frecuencias de transmisión, las del enlace descendente.

**Escenario B**

En este escenario se extrae la señal del enlace ascendente después de los convertidores de frecuencias del repetidor del satélite. Luego la señal pasa a un repetidor específico de SBAS convirtiendo de nuevo las señales de las frecuencias del enlace ascendente C/Ku, a las frecuencias de transmisión, las del enlace descendente

**Escenario C**

En este escenario se extrae la señal del enlace ascendente después de los amplificadores de bajo nivel de ruido del repetidor del satélite. Luego la señal pasa a un repetidor específico de SBAS convirtiendo las señales de las frecuencias del enlace ascendente C/Ku, a las frecuencias de transmisión, las del enlace descendente

**Escenario D**

En este escenario se extrae la señal del enlace ascendente después de los amplificadores de bajo nivel de ruido del repetidor del satélite. Luego la señal pasa a un repetidor específico de SBAS convirtiendo las señales de las frecuencias del enlace ascendente C/Ku, a las frecuencias de transmisión, las del enlace descendente

La elección de un escenario u otro dependerá del tipo de satélite elegido y su posición orbital. Como consecuencia de ello, se han realizado análisis de cuatro subescenarios para la definición del acomodo y configuración de la carga de navegación.

También se han analizado las coberturas, diseños de la carga de navegación y su acomodo en el satélite.

## **PT 3500 - ANÁLISIS DE ELEMENTOS Y EMPLAZAMIENTOS**

### **Objetivos**

- La definición de criterios de selección de emplazamiento para cada tipo de elemento del Segmento Terreno.
- La definición de los requisitos generales de localización exigidos al sistema SBAS SACCSA, para la determinación futura de las ubicaciones geográficas óptimas.
- La 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).

### **Actividades realizadas**

- Este paquete de trabajo ha re completado sus actividades. Las actividades realizadas en el período, cuyo resultado se incluye en la nota técnica, han sido las siguientes:
- 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.

**PT3600: PRESTACIONES DE UN SISTEMA SBAS SACCSA**

A continuación se muestran, como resumen de la presentación del PT3600 realizada, las conclusiones que surgen de los análisis realizados:

- Los Análisis realizados dentro de este paquete de trabajo están basados en datos simulados bajo condiciones ionosféricas semi-reales, en el sentido que se basan en un entorno simulado tipo End-to-end donde existe un entorno de control respecto al escenario ideal para validar conceptos de integridad. Estos escenarios se basan en ficheros ionosféricos tipo IONEX como salida del análisis exhaustivo de la Ionosfera realizado en el PT4000. Se han definido dos tipos de escenarios:
- Nominal, que representa un escenario típico de actividad solar alta para años baja-media actividad
- Degradado, que representa un escenario típico de actividad solar alta años alta actividad
- El Centelleo y la error asociado a la aproximación de monocapa no se ha tenido en cuenta en este análisis
- Se han analizado las prestaciones tanto a nivel usuario como a nivel pseudorrango (satelite e ionosfera)
- Las conclusiones que se derivan a continuación son válidas para los algoritmos de EGNOS
- Hay que resaltar la necesidad de extrapolar los resultados a nivel usuario teniendo en cuenta el análisis ionosferico realizado en el PT4000.

**Conclusiones**

Las conclusiones a nivel de prestaciones de un sistema SBAS propio en la región son las siguientes:

- Se cumplen los requisitos de Integridad, Precisión, Continuidad y Disponibilidad en el caso Nominal

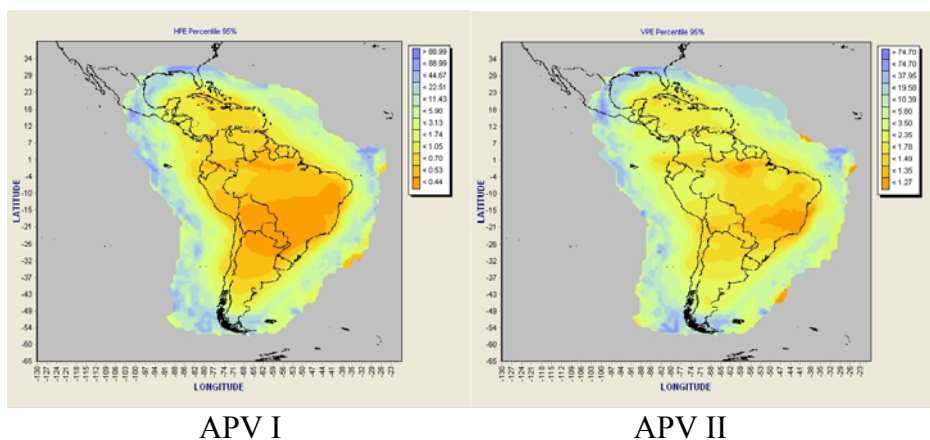
- Se cumplen los requisitos de Integridad y Precisión en toda la región para el caso Degradado
- Existe una degradación de las prestaciones de Disponibilidad en el caso degradado para algunas regiones
- Falta de un ajuste específico de los algoritmos ionosféricos con los que se ha hecho el análisis.
- Resultados pueden mejorar significativamente una vez hecho el ajuste necesario.
- 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.
- Existen varias formas de mejorar las prestaciones en las zonas donde la disponibilidad está degradada y para el caso de condiciones ionosféricas extremas:
- Optimizar la configuración de la Red de Estaciones para minimizar este efecto => Introducir más estaciones en las zonas con problemas intentando mejorar así la monitorización de la Ionosfera en la zona. Notar que una posibilidad que se pretende indagar en la siguiente fase es utilizar las estaciones exteriores que se utilizan para órbitas para mejorar las condiciones de monitorización de la Ionosfera con el fin de mantener los costes (en cuanto a número de estaciones).
- Modificar los algoritmos de la UCP para mejorar la disponibilidad. A priori se plantean lo siguiente:
- Relajar las condiciones de monitorización de la Ionosfera. Como se ha observado en el análisis realizado en este documento gran parte de los

problemas de disponibilidad están asociados a la falta de monitorización de la ionosfera y en particular en algunos casos a la falta del número mínimo de observaciones válidas en la cercanía de un IGP. Se propone ajustar las condiciones de monitorización de los IGPs a la zona y permitir un aumento de la monitorización aunque aumentando también los niveles de protección de modo que se asegure la integridad cuando hay baja observabilidad. Hay que tener en cuenta que siempre existe un equilibrio entre Integridad y Disponibilidad, de modo que una mejora en la integridad supone una posible degradación en la disponibilidad y viceversa.

- Ajustar los chequeos ionosféricos a regiones ecuatoriales teniendo en cuenta el análisis realizado en el estudio ionosférico del PT4000. Esto supondría una pequeña re-ingeniería del CPF (o UCP de SACCSA) centrada en modificar ciertos parámetros que definen algunos chequeos internos al CPF. Esto se podría proponer como parte de las actividades a realizar dentro de la siguiente fase de SACCSA.

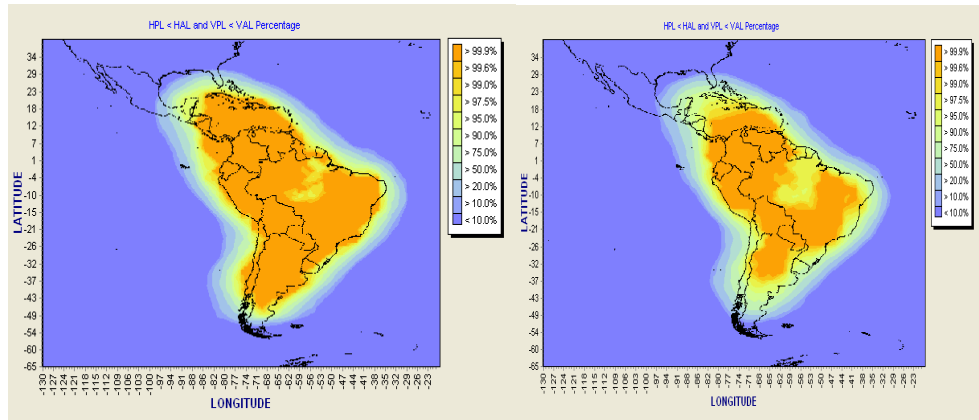
A modo de ejemplo, las prestaciones que se obtienen en un escenario nominal son:

## PRECISION



C-A-13

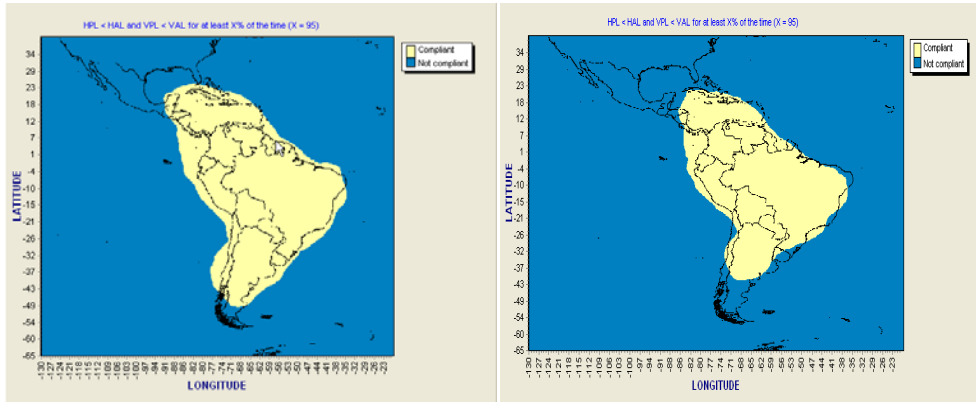
DISPONIBILIDAD



APV I

APV II

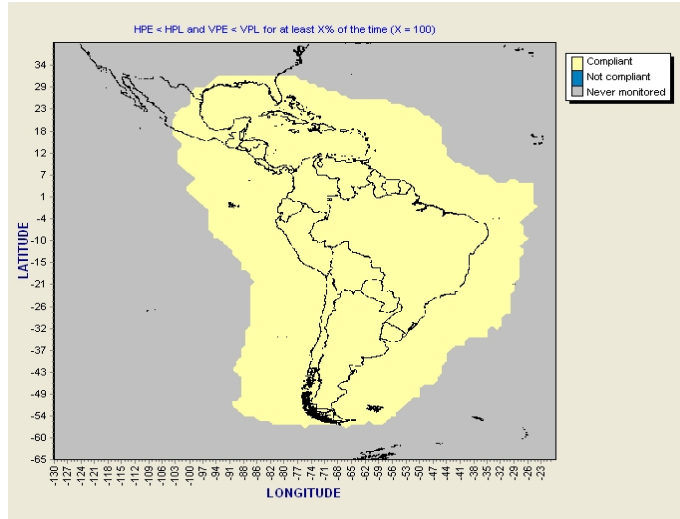
DISPONIBILIDAD



APV I

APV II

INTEGRIDAD



### Recomendaciones:

Se propone realizar un conjunto de análisis (trade-offs) teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Red de estaciones de SACCSA.
- Readaptación del Área de Servicio SACCSA teniendo en cuenta los países que finalmente van a suscribir el proyecto.
- Hacer una valoración de la necesidad de incluir un módulo de órbitas.
- Hacer una experimentación a nivel de los algoritmos ionosféricos dentro de la UCP para adaptar los algoritmos ionosféricos a las características de la zona.
- Se recomienda una Extrapolación exhaustiva de los resultados a nivel usuario teniendo en cuenta:
  - Centelleo => ruido, pérdida de señal
  - Hipótesis de Mono-capas (Función de Mapeo Ionosférico)
  - Esta extrapolación se basaría en un Service Volume de modo que sea sencillo hacer el trade-off

## **PT4000: ESTUDIO IONOSFÉRICO**

El objetivo de esta sección es hacer un resumen de los análisis realizados y sacar una serie de conclusiones, teniendo en cuenta el objetivo final del paquete de trabajo.

### **Resumen del análisis realizado:**

Se ha realizado un análisis teórico de la Ionosfera Ecuatorial, principalmente centrado en el impacto de las características especiales de la ionosfera de esta región en las prestaciones de un sistema SBAS.

Para ello, se ha definido una estrategia para analizar la Ionosfera desde un punto de vista de sistema SBAS, es decir, se ha profundizado en el análisis de aquellos puntos que se consideran de interés desde el punto de vista de prestaciones de un SBAS. Hay que resaltar que la estrategia que se ha seguido en SACCSA con respecto a la ionosfera supone, además de presentar un análisis ionosférico desde un punto de vista científico, avanzar un paso más y ver el impacto que producen los efectos ionosféricos a nivel sistema SBAS.

Se ha analizado un periodo de casi siete años (2000-2006) de datos reales basados en IGS, para caracterizar de una forma completa la Ionosfera durante al menos medio ciclo solar. Para ello se han realizado dos tipos de procesado o análisis:

- los que se basan en la información ionosférica recogida en ficheros tipo IONEX. Este tipo de análisis se basa en procesar una gran cantidad de ficheros IONEX para hacer un análisis estadístico de la componente vertical de la ionosfera (análisis global).

- los basados en el procesado y análisis de datos “crudos” (RINEX de observación y navegación) que alimentan a los algoritmos ionosféricos y cuyas salidas son analizadas.

### **Resumen de conclusiones**

A continuación se recogen las principales características extraídas del análisis ionosférico realizado para los distintos análisis realizados:

#### Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis de Máximos en la Region CAR/SAM

- Los valores máximos de  $vTEC$  obtenidos en baja actividad solar son aproximadamente un 50% inferiores a los observados en alta actividad solar.

#### Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis del gradiente espacial

- De los gradientes máximos de  $vTEC$  en las direcciones N/S y E/O, es el correspondiente a la dirección Norte-Sur (gradiente en latitud) el que muestra en general valores más elevados.
- En el caso del mapa global de máximos de  $vTEC$  en dirección N/S se pueden distinguir claramente 4 franjas de máximos de gradiente espacial de  $vTEC$  en dirección N/S alrededor del ecuador geomagnético. Esas franjas señalan las pendientes máximas de los picos norte y sur de las anomalías ionosféricas.
- Como era de esperar, en longitud no existe una distribución clara (al menos en primer orden) de los gradientes espaciales de  $vTEC$ , por lo que se puede deducir que el comportamiento ionosférico (variación espacial) en media no depende claramente de la longitud.
- El RMS, media y valores máximos de los gradientes de  $vTEC$  son máximos en los años de más alta actividad solar del periodo analizado, mientras que de nuevo los valores mínimos aparecen en el año 2006 (año de mínima actividad solar de los analizados).

### Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis del gradiente temporal

- Los máximos gradientes temporales de vTEC se obtienen en los años de alta actividad solar (2000, 2001 y 2002) y durante los meses de marzo y octubre (equinoccios).
- Las crestas ionosféricas de ambos hemisferios geomagnéticos no son simétricas en cuanto a sus gradientes temporales, al igual que los valores máximos de vTEC en ambos picos. Es el pico del hemisferio norte geomagnético el que muestra valores más altos del mínimo, máximo, media y RMS de los máximos de gradiente temporal de vTEC.

### Análisis de la Distorsión de la Función de Mapeo

- Las prestaciones de la función de mapeo disminuyen claramente al aumentar la actividad solar. Existe también una dependencia clara de las prestaciones de la Función de Mapeo Ionosférico respecto al mes del año (los máximos en esta zona aparecen en los equinoccios, en los meses de marzo y octubre).
- Existe una tendencia clara, para bajas elevaciones, de tener mayores errores en la Mapping Function para las estaciones que se encuentran en la región  $\pm 20^\circ$  del ecuador geomagnético.
- Se observan dos máximos en relación con la distorsión de la MP sobre las 14:00 y las 22:00, siendo este último mayor. Este comportamiento se ve ampliado a bajas elevaciones.

### Análisis de variaciones ionosféricas en Slant: Análisis del RoT

- Los años de alta actividad solar muestran valores medios, RMS y percentiles más altos del RoT que en baja actividad.

- Son los meses cercanos a los equinoccios los que muestran valores medios más altos del RoT.
- Para altas elevaciones (por encima de los 80°) el comportamiento del RoT está definido por la acción de la radiación solar, tanto en altas como en bajas latitudes.
- Las estaciones fuera de bajas latitudes muestran un comportamiento claramente definido por la variación solar diaria, con máximos en las horas centrales del día y en bajas elevaciones. El comportamiento para las estaciones ecuatoriales muestra además un aumento del RoT en las primeras horas de la noche (20-02 LT), síntoma de la presencia de centelleos, característica de dichas regiones.
- Los valores medios del RoT en las horas centrales del día y bajas elevaciones son apreciablemente más altos en latitudes altas que en las cercanías del ecuador geomagnético.
- Son los años de alta actividad solar (y en especial el año 2002) los que muestran valores máximos y mínimos (en valor absoluto) más elevados de la variación del contenido electrónico. Los valores absolutos son más elevados en el rango horario de las 20-02 LT. Es este rango horario el más propicio para la aparición de fenómenos de centelleo ionosférico.
- Son los meses cercanos a los equinoccios los que muestran valores máximos y mínimos en valor absoluto más elevados de la variación del contenido electrónico. En este caso, los valores medios de nuevo son más elevados en el rango horario de las 20-02 LT. A su vez es en este rango donde se muestran mayores diferencias en los valores observados del RoT entre los meses equinocciales y los correspondientes a verano e invierno.
- Las estaciones que no corresponden a bajas latitudes muestran unos valores máximos del RoT en el rango horario 20-24 LT y para bajas elevaciones. El comportamiento para las estaciones ecuatoriales muestra este mismo comportamiento pero no solamente para bajas elevaciones (lo cual podría deberse a efectos de multipath o bien a la influencia de los centelleos ionosféricos producidos en el camino de los rayos de baja latitud que atraviesan las regiones de baja latitud) sino para todo el posible rango de elevaciones (30°-90°).

- Estaciones fuera del rango  $\pm 20^\circ$  de latitud geomagnética: Para toda hora, el valor máximo del RoT aumenta a medida que disminuye la elevación.
- Estaciones dentro del rango  $\pm 20^\circ$  de latitud geomagnética: El rango horario 22-02 LT claramente no sigue el comportamiento citado en el punto anterior: en este caso el valor máximo del RoT es independiente de la elevación.
- La mayor parte de las irregularidades ionosféricas (posiblemente centelleos ionosféricos) que se producen en la región CAR/SAM se concentran en los meses de Marzo y Octubre y durante una franja limitada de tiempo al día de 20h a 2h, considerando que en el resto de casos el impacto en las prestaciones se puede considerar menor.

### **Impacto en SBAS**

- Teniendo en cuenta que en un sistema SBAS se actualiza la información ionosférica como máximo cada 5 minutos (ver MOPS), el peor usuario será aquel que aplique la información de la ionosfera que llegó 5 minutos antes. Por lo tanto el error promedio (utilizando los resultados del RMS de los máximos del gradiente temporal de  $vTEC$ ) que se podría cometer para un usuario en L1 (monofrecuencia) es de 0,17m. Se puede concluir que en promedio (considerando los valores del RMS del máximo del gradiente temporal) no sería necesario aumentar la frecuencia de mensajes ionosféricos para un SBAS propio en la región CAR/SAM. No obstante, de lo observado en el comportamiento de los máximos valores del máximo del gradiente temporal de  $vTEC$  se deduce que conviene tenerlos en cuenta a nivel CPF (o UCP en SACCSA), de modo que si el sistema detecta un gradiente temporal del  $vTEC$  excesivo se aumenten los parámetros de integridad para cubrir ese caso. Esto implica una reingeniería a nivel CPF y, en el caso de EGNOS, aunque esto ya está tenido en cuenta, se recomienda ajustarlo a las características de la ionosfera de la zona descritas en esta nota técnica.

- Teniendo en cuenta que la separación de puntos en el mallado ionosférico definido en MOPS es de 5 grados (excepto en latitudes polares) y que el refresco de mensajes ionosféricos en un sistema SBAS es de 5 minutos, se puede concluir que el error espacio-temporal promedio (teniendo en cuenta los valores del RMS de los máximos correspondientes) en vertical asociado al retardo ionosférico para la frecuencia L1 es de 0.41 m en baja actividad solar, y de 0.69 m en condiciones de alta actividad solar. De nuevo en este caso convendría tener en cuenta el comportamiento de los máximos de los gradientes espaciales y temporales de vTEC a fin de asegurar la integridad para cualquier usuario del área de servicio SACCSA, teniendo en cuenta las características de los mensajes SBAS. Notar que esto implicaría una reingeniería a nivel UCP.
- La degradación de la función de mapeo para elevaciones por encima de 40° en zonas localizadas alrededor del ecuador geomagnético se considera despreciable en relación al impacto en las prestaciones de un sistema SBAS en la región CAR/SAM.
- Hay degradación significativa de las prestaciones de la función de mapeo entre 20° a 30° de elevación y principalmente en las prestaciones de integridad para elevaciones inferiores a 30°. Esto implica la necesidad de una reingeniería de los algoritmos Ionosféricos de SBAS para tener en cuenta este efecto y garantizar la integridad para todas las elevaciones.
- Las prestaciones de la Función de Mapeo están más degradadas en horas diurnas que en nocturnas, teniendo un tiempo de latencia de unas dos horas respecto al atardecer.
- Puede existir una limitación en la aplicación de los estándares tipo MOPS para usuarios en la región CAR/SAM. Esta degradación se puede solucionar o modificando dichos estándares para particularizarlos a la región o modificando el propio sistema SBAS para cubrir estas limitaciones, por ejemplo utilizando frecuencias L1 y L2.
- La probabilidad de variaciones rápidas de la Ionosfera que afecten a la señal sin suponer pérdida de la misma (como por ejemplo el efecto del centelleo ionosférico) en las regiones CAR/SAM es como máximo de un 2,5% para épocas

de alta actividad solar en horas localizadas entre 20h-02h. Mientras que es de alrededor del 0,3% para épocas de baja actividad solar en horas localizadas entre 20h-02h.

- Las prestaciones de los algoritmos de saltos de ciclo pueden verse afectadas, y en consecuencia el preprocesado de la UCP, ya que estas variaciones rápidas producidas por los centelleos pueden confundirse con falsos saltos de ciclo, por lo que los filtros de suavizado se reiniciarían sin necesidad de ello.
- No se ha tenido en cuenta en este análisis el efecto del centelleo ionosférico u otras irregularidades de la ionosfera sobre las líneas de vista de los satélites geoestacionarios.
- Los porcentajes de ocurrencia de irregularidades ionosféricas sin pérdida de señal asociada, como centelleos para satélites GPS (o variaciones rápidas de la ionosfera) no impiden la implantación de un SBAS propio en la región, aunque pueden degradarse las prestaciones localmente en intervalos de tiempo localizados. Hay que tener en cuenta que no se ha tenido en cuenta el efecto del centelleo ionosférico en los satélites geoestacionarios por lo que esta conclusión se considera preliminar. Además, convendría realizar un estudio exhaustivo del porcentaje de pérdida de señal asociado a irregularidades ionoféricas, para analizar el impacto de esta falta de información en el sistema SBAS: A ello hay que añadir el hecho de que los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo están asociados a un ciclo solar determinado, pudiendo existir en el futuro otros ciclos solares que superen los valores de irregularidades ionosféricas y otros indicadores ionosféricos aquí presentados.

## **PT 5000: ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN SBAS PROPIO**

## **PT 5100 ESPECIFICACIONES PARA LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO DEL SISTEMA SACCSA**

Ver PT 3200-5100

### **PT5200: Especificaciones del Segmento de Apoyo SACCSA**

Esta tarea no estaba planificada inicialmente, pero en el transcurso del desarrollo de los trabajos y definiciones, se vio la necesidad de la misma, por lo que se incluyó en este apartado.

- El Segmento de Apoyo comprende los subsistemas de proceso de datos encargados de:
  - validar el sistema
  - monitorizar sus prestaciones
  - analizar las anomalías que pudieran ocurrir
  - realizar las estadísticas necesarias para mantener informes de explotación
  - ayudar en la definición de especificaciones de nuevas aplicaciones de usuario
  - permitir la cualificación de dichas aplicaciones conforme a los requisitos que se imponga sobre ellas
  - ayudar en la certificación del sistema y proporcionar un interfaz con organismos de información aeronáutica para generar notas de servicio del sistema.
- Además, llevarán las labores de archivado y acceso a los datos de navegación relevantes para el proceso.
- Los subsistemas que integran este segmento serían los siguientes:
  - Subsistema de análisis de prestaciones a nivel usuario (SAU): Se encarga del análisis de parámetros en el dominio de la posición relacionados con la Precisión, Disponibilidad, Integridad y Continuidad del Servicio. Se fundamenta en la monitorización de posiciones, errores, niveles de

- protección y límites de alerta, e incluiría una herramienta de trayectografía precisa para estimar la posición de diferentes receptores con exactitud.
- Subsistema de análisis de prestaciones a nivel sistema (SAS): Se encarga del análisis de prestaciones a nivel de pseudorange, especialmente sobre la precisión e integridad de la señal, monitorizando parámetros tales como el SREW, el GIVD error, el UDRE y el GIVE.
- Los subsistemas anteriores integrarían los llamados ‘elementos de análisis aplicado’, y estarían instalados en un CPCS.
    - Elemento de monitorización de eventos (EME). Su misión es la de comprobar de modo continuo, si las prestaciones de un conjunto de estaciones se mantienen conforme a lo requerido. Su labor se concentra en la detección de anomalías y en la generación de estadísticas diarias de prestaciones de navegación.
    - Elemento generador de NOTAM (SACNOTAM): A partir de un predictor de disponibilidad de servicio, y junto con un módulo de monitorización en tiempo real, este elemento será capaz de proporcionar la información necesaria a autoridades de información aeronáutica (AIS), para generar notas de predicción de indisponibilidad de servicio (NOTAM) en aeródromos del área de influencia de SACCSA.
  - Los subsistemas anteriores se podrían llamar ‘elementos de análisis orientados a operaciones’, y, por defecto, se consideran ubicados en el CPCS.
    - Subsistema de archivado y acceso a datos (SAAD). Comprende este subsistema:
      - Un elemento de captura y archivado de datos internos al UCC.

- Un elemento de captura y archivado de datos externos (por Internet).
  - Un sistema de archivado extenso (tanto de datos internos al UCC, como externos y de resultados de los subsistemas de análisis y simulación).
  - Un interfaz genérico con el exterior (por Internet), a través del cual usuarios registrados podrían obtener medidas, mensajes e información adicional del sistema.
- Este subsistema agrupa los que llamaremos ‘elementos de archivado y diseminación’ y estaría situado en el CPCS.
    - Subsistema de simulación (SSim): Se encarga de proporcionar los resultados de escenarios de simulación para probar modos nominales o degradados, tanto en las fases de validación como en las de dimensionamiento de aplicaciones de usuario específicas. Compondrán este subsistema:
      - Un elemento de simulación exhaustiva (‘end-to-end’).
      - Un elemento de macromodelado sobre todo el área de cobertura (‘service volume’).
    - Además, en el CPCS se situaría también la Plataforma de Integración y Validación (PIV). Ésta se encarga de realizar la validación de los distintos subsistemas de SACCSA, y para ello se apoya en el SSim y en el SAS; esta plataforma sólo tiene sentido en la fase de desarrollo y validación, así como en la puesta en marcha de las posibles actualizaciones de la Señal en el Espacio.
    - Por último, con base en un CPCS pero desplegados de acuerdo a las necesidades puntuales de experimentación, hay que considerar diversos Elementos de Recolección de Datos. Comprende este grupo los receptores y medios de adquisición de datos y control necesarios para monitorizar

prestaciones en localizaciones determinadas. Se pueden subdividir estos elementos en:

- Equipos embarcados.
- Equipos locales (en tierra).
- Los tres últimos elementos integrarían los llamados ‘elementos de apoyo a la validación, experimentación y puesta en operación’ de SACCSA.

## **PT 5300 - ESPECIFICACIÓN DEL SEGMENTO DE CONTROL**

### **Objetivos**

Las actividades dentro del paquete de trabajo PT5300 tienen como objetivos:

- La definición de la arquitectura de este segmento
- La especificación de los elementos de monitorización y control del sistema

### **Actividades realizadas**

- Las actividades efectuadas en este período han sido las siguientes:
- Revisión de la información sobre el Centro de Proceso y Control SACCSA de la documentación de los PTs 3000.
- Descripción general del Segmento de Control.
- Especificación funcional del segmento de control, definiendo de una manera descendente las funciones que el Segmento de Control ha de realizar, y que posteriormente se ubicarán tanto en la Unidad Central de Control del Centro de Control SACCSA, como en los elementos remotos para el control local de éstos.
- Especificación de la arquitectura lógica (funcional) para la Unidad Central de Control y los elementos de control de las estaciones remotas.
- Especificación de la arquitectura física para la Unidad Central de Control. Entre las posibles opciones, se ha asumido que el segmento de control incluye las

funciones de planificación de la operación del sistema, y que la UCC agrupará tanto estas funciones de planificación de misión, como las de monitorización y control (técnico) del sistema. Durante esta fase las características de los elementos del segmento de control se definen hasta el nivel necesario para demostrar que los requisitos pueden satisfacerse, y para permitir una estimación de costes (PT9000), sin establecer otros detalles constructivos. Se excluye la definición los elementos de soporte a la operación (administrativo, logístico, etc.), por no pertenecer al núcleo del sistema y requerir una definición de requisitos de entrada no disponibles en esta momento.

## **PT 5400 - ESPECIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES TERRENAS**

### **Objetivos**

Los objetivos específicos de este PT 5400 se enmarcan dentro de los objetivos generales antes enunciados para el PT5000, y permitirán:

- Identificar los requisitos del sistema que afectan a las estaciones terrenas (Estaciones de Referencia SACCSA, ERS y de Acceso al Satélite, EAS).
- Definir y analizar las diferentes alternativas posibles para la topología de la red de estaciones.
- Especificar la arquitectura de las Estaciones de Referencia SACCSA, ERS.
- Especificar la arquitectura de las Estaciones de Acceso al Satélite, EAS.

### **Actividades realizadas**

- Las actividades efectuadas en este período han sido las siguientes:
- Revisión de la información relevante sobre las ERS y EAS de la documentación de los PTs 3000.
- Descripción general de las Estaciones de Referencia SACCSA, ERS.
- Descripción general de las Estaciones de Acceso al Satélite, EAS.
- Desarrollo parcial de la especificación funcional de las ERS y EAS, donde se han definido sus requisitos funcionales y técnicos.

- Definición de requisitos de interfaz tierra-satélite (EAS↔GEO).
- Se han realizado cálculos preliminares balance de enlace de las EAS.
- Desarrollo de la especificación completa de las ERS y EAS, completando su especificación funcional y describiendo su arquitectura física

### **PT 5600: CARGA ÚTIL DE NAVEGACIÓN SBAS**

Se analizan los diferentes escenarios definidos en el PT 3400, y se establecen los cálculos de balance de enlaces bajo los diferentes condicionantes meteorológicos. Esto, que en el caso de la banda L1/L5 no es muy significativo, tiene una gran importancia en el caso de los enlaces ascendentes y la elección de usar la banda C o Ku.

Se realiza una descripción de diseño de la carga útil y los diferentes elementos que la componen, incluyendo los cálculos de masa y consumo de potencia (esto es importante a la hora de establecer el coste del satélite y el de lanzamiento).

Se han analizado los requisitos del interface del satélite:

- Eléctricos
- Mecánicos
- Térmicos
- Compatibilidad electromagnética
- Radiación
- Telemetría y comando.

Finalmente, se analiza el plan de gestión y suministro de la carga útil y su acomodación en el satélite. Desde el punto de vista de costes, se realiza una primera estimación en base al alquiler de los diferentes componentes.

## **PT 5700 - OTRAS OPCIONES DE SATÉLITE**

### **Objetivos**

El PT5700 analiza las alternativas potenciales que pudieran permitir la ubicación de la carga de navegación que el sistema necesita.

Aunque la hipótesis actual de partida es que dicha carga estará ubicada en un satélite de comunicaciones en órbita geoestacionaria, es necesario realizar una búsqueda de alternativas con el fin de analizar la viabilidad de soluciones alternativas, también basadas en satélites GEO, pero utilizados en misiones diferentes de las de comunicaciones o dependientes de instituciones públicas.

### **Actividades realizadas**

Las actividades efectuadas en este período han sido las siguientes:

- Revisión de la información relevante sobre la carga de navegación de la documentación de los PTs 3000.
- Recopilación de los sistemas de satélites geoestacionarios que no se utilizan para una misión de comunicaciones por satélite.
- Análisis de los requisitos referentes a la carga de navegación.
- Identificación de misiones gubernamentales o pertenecientes a agencias públicas, que siendo de comunicaciones o no, fuesen capaces de albergar cargas de navegación con los requisitos establecidos para esta solución SBAS propio.
- Exploración de las posibilidades de ubicación de la carga de navegación en los satélites de las misiones identificadas

## **PT 7000: CONSIDERACIONES SOBRE GESTIÓN, OPERACIÓN Y EXPLOTACIÓN**

Se han analizado las diferentes opciones de Gestión de SACCSA, considerando la opción Pública, Público – Privado y Privada, llegando a la conclusión de que la opción óptima pasa por la gestión pública.

Se revisan, bajo la premisa de gestión pública, la creación de las figuras del Gestor, Operador y Explotador de SACCSA, incluyendo en la explotación modos de recuperación de costes, teniendo en cuenta que el sistema es multimodal y dará servicios a otros usuarios no aeronáuticos.

En el apartado de la operación del sistema, se muestran dos modelos de operados bajo las premisas integradas y cedidas, con el impacto en la estructura y el personal que componga el operador.

## **PT 8000: RECURSOS HUMANOS Y CAPACITACIÓN**

### **PT 8100: ANÁLISIS DE NECESIDADES Y NIVELES DE CAPACITACIÓN EN GNSS**

En este PT se realizaron las tareas necesarias para:

- Definir las necesidades de recursos humanos generales por la implantación de un sistema SBAS en la Región CAR/SAM.
- Determinar la cualificación inicial y el nivel de capacitación necesario de los recursos humanos de cada elemento del sistema SACCSA.

Para ello se llevaron a cabo 4 fases:

- En la primera fase se analizó cuales eran los objetivos y la misión de SACCSA.
- En la segunda fase, se identificaron las tareas que tendrían que desarrollarse, y se agruparon éstas en unidades, obteniendo como resultado una propuesta de estructura de la organización que se encargaría de la operación y mantenimiento del sistema.
- En la tercera fase se realizó un análisis de la citación existente en la región CAR/SAM. Para ello, se realizaron unos cuestionarios que fueron cumplimentados por personal de la región CAR/SAM.
- Por último, teniendo en cuenta el nivel existente en la región y el nivel necesario se identificaron una serie de cursos necesarios que sería conveniente que se desarrollaran para implantar, operar y mantener un posible sistema de aumentación.

## **PT 8200: NECESIDADES DE PLANTILLA PARA LA OPERACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS**

Se ha definido la estructura de una Unidad SACCSA con las funciones, niveles y capacitaciones requeridas.

Se describe la relación de tareas a desarrollar por cada uno de los puestos y perfiles, así como las funciones y responsabilidades de cada puesto.

Se realiza una división de puestos en base a:

- Unidades administrativas.
- Segmento de Apoyo (SAS).

- Unidad central de proceso (UCP).
- Unidad central de control (UCC).

Se estima que el total de personas necesarias es de 28.

### **PT 8300 DEFINICIÓN DE LA RED DE CENTROS DE ENTRENAMIENTO, CAPACITACIÓN Y DEMOSTRACIÓN**

El objetivo de este PT consistió en establecer una red de centros de entrenamiento, capacitación y demostración donde se lleve a cabo el proceso formativo necesario para la operación de la futura red SACCSA.

Para conseguir esto se realizaron las siguientes actuaciones:

- **PT8310:** Búsqueda de centros de entrenamiento, capacitación y demostración. En este subpaquete se analizaron distintos centros existentes en la región CAR/SAM. Para ello, se realizaron una serie de cuestionarios que fueron cumplimentados por los centros previamente identificados. La información obtenida, se analizó obteniéndose una clasificación de dichos centros, respecto a una serie de requisitos previamente definidos.
- **PT8320:** Niveles de capacitación de los diferentes centros. Teniendo en cuenta el análisis realizado en el PT 8310, y las actividades identificadas en el PT 8100, se propuso cómo debería ser el sistema de formación de SACCSA, en concreto, se propuso que debería existir un “Centro de Referencia” y “Centros Asociados”. Asimismo, se realizó una estimación de los costes que la formación identificada conllevarían, tanto desde el punto de vista de desarrollo del material necesario, como desde el punto de vista de impartición de la misma.

**PT 8400: MODALIDADES DE ENTRENAMIENTO, ON - LINE Y PRESENCIAL**

En este PT se definieron las modalidades de los diferentes tipos de cursos a impartir, de cara a optimizar los recursos empleados y a hacer más eficiente la capacitación de cada participante.

Los criterios empleados para asignar las diferentes modalidades de capacitación a cada acción formativa fueron:

- Ventajas en coste de desarrollo de los materiales y de la impartición asociada, así como la facilidad/complejidad de la actualización.
- Dispersión geográfica de los asistentes y su disponibilidad
- Tipo y complejidad de la materia.

Asimismo, se realizó una estimación de costes relacionada con la puesta en operación de un sistema de formación a distancia.

**PT 9000: ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA****PT 9100: ESTIMACIÓN DE COSTES DE LAS DIFERENTES OPCIONES**

Se ha realizado la estimación de los costes de SACCSA en base a tres escenarios:

- Bajo, en donde se puede reutilizar gran parte de los conocimientos y algoritmos de otros sistemas, como WAAS o EGNOS. Este escenario es el menos probable por los desarrollos necesarios en la ionosfera.

- Medio, donde se realizan desarrollos propios a nivel de algunos algoritmos, pero se mantiene una reutilización del conocimiento disponible en los otros sistemas.
- Alto: donde se realizan modificaciones importantes y se desarrollan algoritmos y elementos dedicadas. Este es el escenario más lógico en las regiones CAR/SAM.

Dentro del presupuesto, se han tenido en cuenta los costes de las comunicaciones, alquiler de una carga de navegación y operaciones durante el primer año.

A modo de resumen, los costes obtenidos, en unidades de cuenta 2006, han sido:

- Bajo: 230.000.000 USD
- Medio: 260.000.000 USD
- Alto: 295.000.000 USD

## **PT N° 9200 MODELOS DE RECUPERACIÓN DE COSTES**

En este PT, se analizan los posibles modelos de recuperación de costes, analizando tres modelos:

- SACCSA como consorcio ANSPs
- SACCSA como entidad privada independiente de los ANSPs
- SACCSA como OMR

Se muestran ejemplo de tarificación de ruta y aproximación de diferentes Estados así como las fórmulas aplicadas en España.

Ante la opción de entidad privada, se analiza la necesidad de crear modelos de reglamentación económica y de regulación de precios, así como el concepto de prima de servios o sanción por incumplimiento

En el caso de las OMR, se plantea desde la perspectiva de una OMR dedicada a SACCSA e independiente del resto del SNA, con sus funciones derechos y características, todo ello basado en la documentación aprobada por el Grupo de Tarea de Aspectos Institucionales

### **PT 9300 MODELOS DE FINANCIACIÓN, IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES FINANCIERAS Y CONDICIONES DE CADA UNA DE ELLAS PARA SOLICITAR FINANCIACIÓN**

Bajo este PT, se analizan los posibles modelos y vías de financiación disponibles, en base a la financiación pública, publico privada y privada.

Se ven las condiciones de instituciones multilaterales, como es el caso del Banco Mundial i sus instrumentos financieros:

- IBRD
- IDA
- IFC
- MIGA

Por otro lado, se analizan las condiciones del Banco Interamericano del Desarrollo BID con el tipo de préstamos a que se dedican y los objetivos de los mismos. En el mismo sentido, se ha analizado la Corporación Interamericana de Inversiones (CII).

### **PT9400: ANÁLISIS PRELIMINAR COSTE BENEFICIO**

El PT 9400 es un estudio preliminar coste/beneficio utilizando los datos iniciales del proyecto. Tiene por objetivo el identificar y analizar los costes y los beneficios del proyecto SACCSA, dar resultados en términos económicos VAN de Valor Actual Neto (VAN) y facilitar la toma de decisiones sobre el futuro del proyecto.

En el estudio se compara un escenario SACCSA consistente en la implantación de un SBAS propio, interoperable con otros sistemas semejantes de otras regiones frente a la denominada línea base, que constituye la alternativa de continuar con el sistema actual, realizando las tareas necesarias para mantener la operatividad actual

Utilizando unas hipótesis muy conservadoras, los beneficios para el Proveedor SACCSA y ANSPs provienen del ahorro de costes por reducción de infraestructura, mientras que para los usuarios del espacio aéreo el único beneficio que se han cuantificado ha sido el uso de mínimos de aproximación más bajos.

Se ha creado un modelo económico basado en la metodología EMOSIA (Eurocontrol) y su adaptación al modelo de navegación aérea español desarrollado por Aena (MEDINA).

La conclusión más importante es que SACCSA es económicamente viable (valor actual neto positivo) siempre que cuente con el apoyo de organismos externos al propio proveedor que asuman parte de los costes operacionales para la puesta en marcha del sistema.

Los elementos más sensibles del modelo económico desarrollado son el ahorro de costes operacionales en primer lugar, seguido del ahorro de costes de implementación

Es necesario analizar mas en profundidad los beneficios alcanzables en la zona CAR/SAM e implicar a las partes interesadas (proveedores, aerolíneas, industria,..) para

revisar las hipótesis y crear otras nuevas sobre equipamiento de aeronaves y situación futura de la infraestructura terrena.

## **PT N° 10000 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES**

Se muestran las actividades necesarias para poder abordar la realización de SACCSA una vez que se haya tomado la decisión de su lanzamiento.

Destacar que se plantea la necesidad de crear una Oficina de Proyecto que se encargue de coordinar y armonizar todas las actividades, con dos áreas, una de tipo legal, financiero, institucional y otra técnica.

En cuanto a las fases, estas se resumen, y pendientes de ser ampliadas, en:

- Licitación
- Evaluación y adjudicación
- Revisión Crítica de la Propuesta y replanteo
- Desarrollo inicial y fijación de criterios
- Implantación de un demostrador del sistema
- Despliegue del sistema
- Ensayos de sistema
- Validación técnica
- Certificación
- Entrega y aceptación

## **APENDICE D/APPENDIX D**

### **RESUMEN DE LOS ESTUDIOS SOBRE IONOSFERA REALIZADOS EN EL PROYECTO RLA/03/902 SACCSA**

#### **Descripción del Análisis**

##### ***Resumen del análisis realizado***

Se ha realizado un análisis teórico de la Ionosfera Ecuatorial, principalmente centrado en el impacto de las características especiales de la ionosfera de esta región en las prestaciones de un sistema SBAS.

Para ello, se ha definido una estrategia para analizar la Ionosfera desde un punto de vista de sistema SBAS, es decir, se ha profundizado en el análisis de aquellos puntos que se consideran de interés desde el punto de vista de prestaciones de un SBAS. Hay que resaltar que la estrategia que se ha seguido en SACCSA con respecto a la ionosfera supone, además de presentar un análisis ionosférico desde un punto de vista científico, avanzar un paso más y ver el impacto que producen los efectos ionosféricos a nivel sistema SBAS.

Se ha analizado un periodo de casi siete años (2000-2006) de datos reales basados en IGS, para caracterizar de una forma completa la Ionosfera durante al menos medio ciclo solar. Para ello se han realizado dos tipos de procesado o análisis:

- a) los que se basan en la información ionosférica recogida en ficheros tipo IONEX. Este tipo de análisis se basa en procesar una gran cantidad de ficheros IONEX para hacer un análisis estadístico de la componente vertical de la ionosfera (análisis global).
- b) los basados en el procesado y análisis de datos “crudos” (RINEX de observación y navegación) que alimentan a los algoritmos ionosféricos y cuyas salidas son analizadas.

##### ***Resumen de conclusiones***

A continuación se recogen las principales características extraídas del análisis ionosférico realizado para los distintos estudios realizados:

#### 1 Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis de Máximos en las Regiones CAR/SAM

- a) Los valores máximos de  $vTEC$  obtenidos en baja actividad solar son aproximadamente un 50% inferiores a los observados en alta actividad solar.

#### 2 Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis del gradiente espacial

- a) De los gradientes máximos de  $vTEC$  en las direcciones N/S y E/O, es el correspondiente a la dirección Norte-Sur (gradiente en latitud) el que muestra en general valores más elevados.
- b) En el caso del mapa global de máximos de  $vTEC$  en dirección N/S se pueden distinguir claramente 4 franjas de máximos de gradiente espacial de  $vTEC$  en dirección N/S alrededor del ecuador geomagnético. Esas franjas señalan las pendientes máximas de los picos norte y sur de las anomalías ionosféricas.
- c) Como era de esperar, en longitud no existe una distribución clara (al menos en primer orden) de los gradientes espaciales de  $vTEC$ , por lo que se puede deducir que el

comportamiento ionosférico (variación espacial) en media no depende claramente de la longitud.

- d) El RMS, media y valores máximos de los gradientes de vTEC son máximos en los años de más alta actividad solar del periodo analizado, mientras que de nuevo los valores mínimos aparecen en el año 2006 (año de mínima actividad solar de los analizados).

### 3 Comportamiento Global de la Ionosfera: Análisis del gradiente temporal

- a) Los máximos gradientes temporales de vTEC se obtienen en los años de alta actividad solar (2000, 2001 y 2002) y durante los meses de marzo y octubre (equinoccios).
- b) Las crestas ionosféricas de ambos hemisferios geomagnéticos no son simétricas en cuanto a sus gradientes temporales, al igual que los valores máximos de vTEC en ambos picos. Es el pico del hemisferio norte geomagnético el que muestra valores más altos del mínimo, máximo, media y RMS de los máximos de gradiente temporal de vTEC.

### 4 Análisis de la Distorsión de la Función de Mapeo

- a) Las prestaciones de la función de mapeo disminuyen claramente al aumentar la actividad solar. Existe también una dependencia clara de las prestaciones de la Función de Mapeo Ionosférico respecto al mes del año (los máximos en esta zona aparecen en los equinoccios, en los meses de marzo y octubre).
- b) Existe una tendencia clara, para bajas elevaciones, de tener mayores errores en la Mapping Function para las estaciones que se encuentran en la región  $\pm 20^\circ$  del ecuador geomagnético.
- c) Se observan dos máximos en relación con la distorsión de la MP sobre las 14:00 y las 22:00, siendo este último mayor. Este comportamiento se ve ampliado a bajas elevaciones.

### 5 Análisis de variaciones ionosféricas en Slant: Análisis del RoT

- a) Los años de alta actividad solar muestran valores medios, RMS y percentiles más altos del RoT que en baja actividad.
- b) Son los meses cercanos a los equinoccios los que muestran valores medios más altos del RoT.
- c) Para altas elevaciones (por encima de los  $80^\circ$ ) el comportamiento del RoT está definido por la acción de la radiación solar, tanto en altas como en bajas latitudes.
- d) Las estaciones fuera de bajas latitudes muestran un comportamiento claramente definido por la variación solar diaria, con máximos en las horas centrales del día y en bajas elevaciones. El comportamiento para las estaciones ecuatoriales muestra además un aumento del RoT en las primeras horas de la noche (20-02 LT), síntoma de la presencia de centelleos, característica de dichas regiones.
- e) Los valores medios del RoT en las horas centrales del día y bajas elevaciones son apreciablemente más altos en latitudes altas que en las cercanías del ecuador geomagnético.
- f) Son los años de alta actividad solar (y en especial el año 2002) los que muestran valores máximos y mínimos (en valor absoluto) más elevados de la variación del contenido electrónico. Los valores absolutos son más elevados en el rango horario de las 20-02 LT. Es este rango horario el más propicio para la aparición de fenómenos de centelleo ionosférico.
- g) Son los meses cercanos a los equinoccios los que muestran valores máximos y mínimos en valor absoluto más elevados de la variación del contenido electrónico. En este caso, los valores medios de nuevo son más elevados en el rango horario de las 20-02 LT. A su vez es en este rango donde se muestran mayores diferencias en los valores observados del RoT entre los meses equinocciales y los correspondientes a verano e invierno.

- h) Las estaciones que no corresponden a bajas latitudes muestran unos valores máximos del RoT en el rango horario 20-24 LT y para bajas elevaciones. El comportamiento para las estaciones ecuatoriales muestra este mismo comportamiento pero no solamente para bajas elevaciones (lo cual podría deberse a efectos de multipath o bien a la influencia de los centelleos ionosféricos producidos en el camino de los rayos de baja latitud que atraviesan las regiones de baja latitud) sino para todo el posible rango de elevaciones (30°-90°).
- i) Estaciones fuera del rango  $\pm 20^\circ$  de latitud geomagnética: Para toda hora, el valor máximo del RoT aumenta a medida que disminuye la elevación.
- j) Estaciones dentro del rango  $\pm 20^\circ$  de latitud geomagnética: El rango horario 22-02 LT claramente no sigue el comportamiento citado en el punto anterior: en este caso el valor máximo del RoT es independiente de la elevación.
- k) La mayor parte de las irregularidades ionosféricas (posiblemente centelleos ionosféricos) que se producen en la región CAR/SAM se concentran en los meses de Marzo y Octubre y durante una franja limitada de tiempo al día de 20h a 2h, considerando que en el resto de casos el impacto en las prestaciones se puede considerar menor.

### Impacto en SBAS

1. Teniendo en cuenta que en un sistema SBAS se actualiza la información ionosférica como máximo cada 5 minutos (ver MOPS), el peor usuario será aquel que aplique la información de la ionosfera que llegó 5 minutos antes. Por lo tanto el error promedio (utilizando los resultados del RMS de los máximos del gradiente temporal de  $vTEC$ ) que se podría cometer para un usuario en L1 (monofrecuencia) es de 0,17m. Se puede concluir que en promedio (considerando los valores del RMS del máximo del gradiente temporal) no sería necesario aumentar la frecuencia de mensajes ionosféricos para un SBAS propio en la región CAR/SAM. No obstante, de lo observado en el comportamiento de los máximos valores del máximo del gradiente temporal de  $vTEC$  se deduce que conviene tenerlos en cuenta a nivel CPF (o UCP en SACCSA), de modo que si el sistema detecta un gradiente temporal del  $vTEC$  excesivo se aumenten los parámetros de integridad para cubrir ese caso. Esto implica una reingeniería a nivel CPF y, en el caso de EGNOS, aunque esto ya está tenido en cuenta, se recomienda ajustarlo a las características de la ionosfera de la zona descritas en esta nota técnica.
2. Teniendo en cuenta que la separación de puntos en el mallado ionosférico definido en MOPS es de 5 grados (excepto en latitudes polares) y que el refresco de mensajes ionosféricos en un sistema SBAS es de 5 minutos, se puede concluir que el error espacio-temporal promedio (teniendo en cuenta los valores del RMS de los máximos correspondientes) en vertical asociado al retardo ionosférico para la frecuencia L1 es de 0.41 m en baja actividad solar, y de 0.69 m en condiciones de alta actividad solar. De nuevo en este caso convendría tener en cuenta el comportamiento de los máximos de los gradientes espaciales y temporales de  $vTEC$  a fin de asegurar la integridad para cualquier usuario del área de servicio SACCSA, teniendo en cuenta las características de los mensajes SBAS. Notar que esto implicaría una reingeniería a nivel UCP.
3. La degradación de la función de mapeo para elevaciones por encima de 40° en zonas localizadas alrededor del ecuador geomagnético se considera despreciable en relación al impacto en las prestaciones de un sistema SBAS en la región CAR/SAM.
4. Hay degradación significativa de las prestaciones de la función de mapeo entre 20° a 30° de elevación y principalmente en las prestaciones de integridad para elevaciones inferiores a 30°. Esto implica la necesidad de una reingeniería de los algoritmos Ionosféricos de SBAS para tener en cuenta este efecto y garantizar la integridad para todas las elevaciones.
5. Las prestaciones de la Función de Mapeo están más degradadas en horas diurnas que en nocturnas, teniendo un tiempo de latencia de unas dos horas respecto al atardecer.
6. Puede existir una limitación en la aplicación de los estándares tipo MOPS para usuarios en la región CAR/SAM. Esta degradación se puede solucionar o modificando dichos

- estándares para particularizarlos a la región o modificando el propio sistema SBAS para cubrir estas limitaciones, por ejemplo utilizando frecuencias L1 y L2.
7. La probabilidad de variaciones rápidas de la Ionosfera que afecten a la señal sin suponer pérdida de la misma (como por ejemplo el efecto del centelleo ionosférico) en las regiones CAR/SAM es como máximo de un 2,5% para épocas de alta actividad solar en horas localizadas entre 20h-02h. Mientras que es de alrededor del 0,3% para épocas de baja actividad solar en horas localizadas entre 20h-02h.
  8. Las prestaciones de los algoritmos de saltos de ciclo pueden verse afectadas, y en consecuencia el preprocesado de la UCP, ya que estas variaciones rápidas producidas por los centelleos pueden confundirse con falsos saltos de ciclo, por lo que los filtros de suavizado se reiniciarían sin necesidad de ello.
  9. No se ha tenido en cuenta en este análisis el efecto del centelleo ionosférico u otras irregularidades de la ionosfera sobre las líneas de vista de los satélites geoestacionarios.
  10. Los porcentajes de ocurrencia de irregularidades ionosféricas sin pérdida de señal asociada, como centelleos para satélites GPS (o variaciones rápidas de la ionosfera) no impiden la implantación de un SBAS propio en la región, aunque pueden degradarse las prestaciones localmente en intervalos de tiempo localizados. Hay que tener en cuenta que no se ha tenido en cuenta el efecto del centelleo ionosférico en los satélites geoestacionarios por lo que esta conclusión se considera preliminar. Además, convendría realizar un estudio exhaustivo del porcentaje de pérdida de señal asociado a irregularidades ionoféricas, para analizar el impacto de esta falta de información en el sistema SBAS: A ello hay que añadir el hecho de que los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo están asociados a un ciclo solar determinado, pudiendo existir en el futuro otros ciclos solares que superen los valores de irregularidades ionosféricas y otros indicadores ionosféricos aquí presentados.

### **Estudio para un Algoritmo SBAS de Corrección Ionosférica en la Región Caribe, Centro y Sudamérica**

1. El objetivo de este estudio consistió en caracterizar y evaluar las dificultades de representación y modelado que la ionosfera de la región Caribe, Centro y Sur América presenta para un esquema de correcciones del tipo SBAS
2. El Informe final de este Estudio está compuesto por dos partes. La Primera Parte trata sobre los *“Procesos físicos en la atmósfera terrestre y señales GNSS”* y la Segunda Parte constituye el *“Informe Técnico”*:

### **RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO**

1. La primera parte del estudio describe la variedad y diversidad de fenómenos que ocurren en la atmósfera terrestre y la forma en que ellos afectan la propagación de las señales GNSS. El estudio expresa que *“...Los sistemas de aumentación, además de mejorar la precisión en la determinación de la posición en cualquier instante, deben también proveer información para calcular cotas a los errores que se comenten. Por esta razón, todo sistema debe estar basado en un conocimiento profundo de la atmósfera terrestre que contemple tanto las variaciones temporales como espaciales que ella introduce en la transmisión de las señales GNSS”*.
2. El informe expresa en su segunda parte, entre otros aspectos, que *“Los resultados obtenidos en el estudio son muy alentadores. Tanto la capacidad de predicción de la corrección y como de su integridad mostrada por los resultados es muy alta...En el 84% de los casos analizados la integridad fue satisfactoria y estuvo entre el 99 y 100% de predicción”*.

3. El informe manifiesta que, “...el estudio muestra puntos en los que es *necesario* profundizar y al mismo tiempo marca direcciones para futuros estudios. Entre esos temas figuran principalmente:
  - la necesidad de una mejora del algoritmo de predicción de correcciones e integridad propuesto sobre la región centro y noreste de Brasil, la distribución del TEC muestra el comportamiento más complejo, ya sea desde un punto de vista de la variación geográfica como desde el punto de vista temporal.
  - Es también en esta región donde los efectos de centelleo, que es un tema no investigado en este trabajo, tienen mayor frecuencia de ocurrencia.”
4. El informe expresa que “de los resultados obtenidos surge también la necesidad de la puesta en funcionamiento de un experimento piloto, aunque sea de una dimensión reducida, que abarque por ejemplo una región limitada, en donde un par de estaciones de monitoreo GPS permanente, una funcionando como estación de control y la otra como estación usuario, simulen en tiempo real el funcionamiento de un sistema de aumentación. Al mismo tiempo, este experimento servirá para evaluar el efecto que el nivel creciente de actividad solar, y consecuentemente del nivel de ionización de la ionosfera, esperable para los próximos años, tiene sobre un sistema de aumentación para la región”.
5. Finalmente, el Informe al referirse al experimento piloto propuesto expresa que “...La información, tanto los datos como los resultados producidos a partir de este experimento serán de importancia clave para el futuro desarrollo de un sistema de aumentación en esta región”.

## **APENDICE E/APPENDIX E**

### **DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA FASE III DE SACCSA**

#### **1. Introducción**

1.1 Como resultado del análisis de las tareas del Proyecto durante la 6ta. Reunión del Comité de Coordinación de Proyecto (RCC 6) de SACCSA, se acordó dividir la FASE III en dos fases, al objeto de optimizar los costes de esta fase.

1.2 La lógica aplicada ha sido la de realizar primero los estudios ionosféricos y técnicos, al objeto de determinar la factibilidad de implantación del sistema. Si el resultado es positivo, se abordarán las actividades de tipo regulatorio y financiero APRA determinar la viabilidad económica del Proyecto.

#### **2. Estructuración de los Paquetes de Trabajo**

2.1 Los Paquetes de trabajo quedarán distribuidos de la siguiente forma:

##### ***FASE III A***

**PT 1000:** Red de monitorización y control de la misma, para analizar el comportamiento ionosférico y cómo corren los modelos definidos para las regiones CAR/SAM.

**PT 2000:** Completar los estudios de la fase actual, cerrando temas como las comunicaciones, ionosfera, topología de red terrena, etc.

**PT 3000:** Acordar los emplazamientos de las instalaciones críticas: Centros de control (3), infraestructura de apoyo (1), estaciones de acceso a los GEOS (4 – 6).

**PT 4000:** Aspectos institucionales que permita a los Estados / Instituciones poder abordar el sistema y contactar con las entidades crediticias correspondientes.

**PT 5000:** Actividades de soporte a la futura implantación del GNSS en las regiones CAR/SAM.

**PT 6000:** Talleres y Seminarios (se incluye la RCC 7, 8 y 9).

##### ***FASE III B***

**PT 7000:** Definición de actividades de soporte a la validación / certificación del sistema.

**PT 8000:** Analizar otras opciones complementarias en zonas de prestaciones pobres o limitadas.

**PT 9000:** Estudio Coste / beneficio y Financiación.

**PT 10000:** Seminarios (se incluye la RCC 10 y 11).

El plazo de ejecución será de 36 meses.