

# Sistema Regional de Navegación Por Satélite Para el Centro, Sur América y el Caribe.

## Regional Navigation Satellite System for the South, Central America and the Caribbean

Angel A. Magallanes Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales

**Resumen**—Dentro de los elementos de desarrollo en materia espacial, se identifica de manera generalizada a nivel mundial los sistemas satelitales de telecomunicaciones, los sistemas satelitales de sensores remotos y los sistemas de navegación por satélite. En las últimas décadas, algunas naciones han desarrollado tecnologías de estos últimos sistemas para aplicaciones de cobertura Global o GNSS, como lo son el GPS, GLONAS, GALILEO y BEIDOU, de USA, Rusia, Comunidad Europea y China respectivamente, sin embargo se han planteado objetivos más específicos enmarcados en el desarrollo de esta tecnología pero con cobertura regional, bien sea, a través del mejoramiento de las señales que se reciben de los sistemas de cobertura global conocidos como sistemas aumentados o mediante la implementación de sistemas totalmente independientes conocidos como sistemas de navegación con cobertura Regional (RNSS) y que sin embargo pueden ser complementarios según el requerimiento con los otros sistemas ya conocidos. Una de las regiones que no ha desarrollado su tecnología propia de navegación ha sido la región de centro sur América y el Caribe, aunque bajo los conceptos de integración y desarrollo regional, se describe este desarrollo y con beneficio las naciones de la región. **Palabras claves**— Sistema de Regional de Navegación, RNSS, orbitas Geostacionaria, GEO, Inclinada Geosíncrona, IGSO, DOP

**Abstract**—Among the elements of development in space matters, it is widely identified worldwide: The satellite telecommunications systems, remote sensing satellite systems and satellite navigation systems. In recent decades, some nations have developed technologies from these latest systems for Global coverage applications or GNSS, such as the GPS, GLONAS, GALILEO and BEIDOU, from USA, Russia, European Community and China respectively, however, more specific objectives have been raised in the development of this technology but with regional coverage, either through improvements in the signals received from Global coverage systems known as Augmented Systems or through the implementation of fully independent systems known as Regional Navigation Satellite Systems (RNSS) and however it can be complementary to the requirement with other known systems. One of the regions that has not developed its own navigation technology has been the region of South Central America and the Caribbean, although under the concepts of integration and regional development, this development is described and with benefit the nations of the region.

**Index terms** —Regional Navigation Satellite System, RNSS, Geostationary orbit, GEO, Inclined Geosynchronous Orbit, IGSO, DOP.

### I. INTRODUCCIÓN

LA conceptualización de un plan que permita establecer las bases para la implementación de un sistema de posicionamiento por satélite para la región desde el Caribe, centro y sur América lleva a establecer los lineamientos generales de un sistema de posicionamiento regional, tomando en cuenta la consideración de la precisa determinación de posición (latitud longitud, altura), navegación (dirección y velocidad) y tiempo (UTC, IST), los cuales son los elementos que caracterizan a la navegación por satélites. Precisa igualmente la identificación de las necesidades, potencialidades y fortalezas para el desarrollo de esta tecnología a nivel regional.

La evaluación de la situación actual de los desarrollos que existen y los que se llevan a cabo enmarcados en esta tecnología permiten a su vez determinar preliminarmente la factibilidad de desarrollo de esta tecnología y los requerimientos técnicos y de capacidades para la ejecución de este proyecto

Con esta evaluación preliminar se pretende realizar un concepto inicial sobre la implementación de un sistema de posicionamiento por satélites para la región.

Desde el punto de vista de la ejecución, este proyecto es a largo plazo, debiendo evaluar diversos aspectos de las organizaciones que participen requiriendo una extensa planificación y capacidad de coordinación motivada a la carga de elementos multidisciplinarios de los organismos e instituciones.

Los lapsos de tiempos estarían marcados entre otras actividades, principalmente por:

- Definición del sistema: incluyendo el manejo de los acuerdos entre los diferentes miembros participantes, aprobación de los recursos para la ejecución
- Desarrollo del sistema: Proceso de diseño, Pruebas y validaciones, Desarrollo de los elementos de segmento espacial, Desarrollo de las obras del segmento terreno.
- Ejecución y Operación del sistema:
- Operación y Mantenimiento del sistema

### II. TIPOS DE SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

Las propuesta de sistemas de navegación a nivel regional podría contemplar sistemas aumentados escalados hasta una cobertura regional o bien sistemas independientes que se deslinda del uso de los actuales GNSS, sin embargo la evaluación presentada a continuación en la sección III está

orientada principalmente al sistema independiente basado en satélites y que tiene algunos aspectos en común con los SBAS.

#### A. *Sistemas de Navegación Aumentados*

Comprende sistema de aumentación basado en tierra (GBAS) así como los basados en satélite (SBAS)

Los GBAS pueden estar definidos a cubrir regiones extensas como el propuesto para México [3], o el implementado en Australia GBAS/GRAS (Ground Based Aumentation Systems/Ground Based Regional Aumentation Systems)[2]. Siendo la precisión del código C/A de GPS de unos 300 m estos pudieran ofrecer precisiones típicas hasta unos 3m. Cuando se trata de establecer la red de estaciones fijas de operación continua CORS (Continuously Operating Reference Station), la extensión es de acuerdo a la cobertura planificada y en el nivel o categoría de la red. Los elementos incluyen las estaciones de referencia, la red de comunicación, el sistema de control central. La colocación de las estaciones de referencia deben cumplir principalmente requerimientos de estabilidad de su base, estar libre de obstrucciones de visibilidad, y de interferencias de radio, así como contar con los requisitos para integrarse a la red de estaciones con operación continua. El establecimiento de estaciones CORS para un sistema de aumentación terrestre requiere costos de instalación y mantenimiento relativamente bajos en comparación con los basados en satélites con la dependencia de los sistemas de navegación global disponibles además de que al poder ser redes escalables pueden llegar a cubrir regiones extensas.

El sistema aumentado por satélite (SBAS) esta siendo ampliamente utilizado en casi todas las regiones del mundo. Está dirigido especialmente a brindar servicios mejorados de posicionamiento y navegación para el sector aeronáutico teniendo como requerimientos operaciones aeronáuticas basados en los principios de la precisión de hasta 5 mts vertical y hasta 2 mts horizontal, continuidad siendo esta el porcentaje de uso, la disponibilidad, que es la mitigación de la interrupción no programada y para lo cual se incluyen las estaciones en tierra y se añade las señales de los satélites en GEO, y la integridad para detectar cuando las señales son o no confiables para su uso por lo que se añaden redundancias y notificaciones de los satélites fuera de servicio en al menos 6 segundos para los casos de aproximaciones de CAT-I, lo que en el sistema sin aumentación podría tomar varios minutos.

Un sistema SBAS es capaz de brindar cobertura regional, y bajo este esquema es el sistema que requeriría menor inversión al menos a nivel de desarrollo del segmento espacial. Aunque su desarrollo tiende a ser en algunos aspectos similares a los sistemas más complejos como los GNSS y RNSS. Este sistema tiene una dependencia asociada a los sistemas GNSS y no puede por ende trabajar de manera independiente. Este sistema está siendo objeto de estudio e implementación en la región de Sur América y el Caribe por iniciativa y bajo los lineamientos operacionales que establece la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). Proyectado como complemento de los sistemas de aumentación basado en tierra y basado en la aeronave. En ejecución desde el 2003 se denomina Solución de Aumentación por el Caribe Centro y Sur América (SACCSA). En mayo de 2016 el primer aterrizaje utilizando el LPV-200 con el servicio del EGNOS fue realizado en Europa, lo cual es el equivalente al aterrizaje instrumental de CAT-1.

#### B. *Sistema de Regional de Navegación (RNSS)*

Un sistema de Regional de Navegación Satelital SRNS o comúnmente conocido por su siglas en inglés RNSS es en evidencia más complejo que un SBAS, requiere un largo proceso de desarrollo y coordinación, así como una elevada inversión. Por otro lado este sistema permitiría operar un sistema totalmente independiente a requerimiento del usuario de los demás sistemas de navegación con cobertura Global

El desarrollo debe complementarse con la participación con organismos investigación y desarrollo en el área de Navegación Satelital, el cual deberán orientarse a cumplir y a participar de manera activa en discusiones bilaterales en el desarrollo de sistemas de navegación en lo referente a la interoperación y compatibilidad de la estructura de la señal de navegación, participación en el comité internacional de navegación (ICG) bajo el auspicio de las naciones Unidas, así como establecer, coordinar y desarrollar los programas de navegación incluyendo sus aplicaciones.

Un sistema Regional independiente basado en una constelación de satélites colocados en orbitas Geoestacionaria (GEO) e Inclinada Geosíncrona (IGSO), puede resultar factible, similares a las ejecutada por la R.P. China, el sistema BEIDOU en su segunda fase, la cual cubre la comunidad de países del Asia pacifico, y el sistema en desarrollo para la India continental por el Gobierno Indio. Estas propuestas pueden ser ejecutadas como sistemas independientes o bien complementarse entre si como ha ocurrido con algunos otros sistemas.

### III. EVALUACIÓN DE LAS FASES DEL PROYECTO DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN

Se describen a continuación la fases que podrían definir el desarrollo e implementación de un sistema regional de navegación además de algunas consideraciones inherentes a las misma, que aunque no se limitan a ellas son parte importantes en las evaluaciones para la definición y desarrollo.

#### A. *Fase I Definición del Sistema*

##### 1) *Los aspectos del desarrollo en el proyecto:*

Estos se deberían incluir la definición desarrollo y ejecución de aspectos operacionales, financieros y técnicos.

- *Aspectos operacionales:* Definición de las características del sistema, configuración del sistema, como lo son el tipo y distribución de las estaciones y la operatividad entre ellas de acuerdo a la localización geográfica, cobertura, y funcionalidad, capacidad de servicio, aspectos legales
- *Aspectos financieros:* Evaluación costo beneficio y viabilidad. Métodos de financiamiento. Organismo o comité para ejecución y de seguimiento de la inversión.
- *Aspectos Técnicos:* Viabilidad técnica con tecnología a utilizar acorde a las capacidades, definición de los servicios y requerimientos técnicos de los usuarios, determinación de nuevos estudios, investigación y desarrollo, definición de las características de la arquitectura y equipamientos relacionados a cada segmento (S. Espacial, S terreno, S. Usuario) o elementos de la arquitectura, coordinaciones técnicas

con otros organismos, estandarización, Interoperatividad y compatibilidad con otros Sistemas de Navegación.

## 2) *Generación del modelo Ionosférico para la corrección de las señales de navegación en el área de Sur América.*

Una de las actividades a realizar como parte del diseño de un sistema de navegación con cobertura regional consiste llevar a cabo los estudios y proveer los mecanismos para mitigar el error inducido en la señal por la ionósfera. Para ello uno de los métodos consiste en hacer mediciones en estaciones las pudiesen estar distanciadas a no más de 2 grados de latitud y longitud [1] y en base a los datos realizar modelos matemáticos de interpolación que serían aplicados en los cálculos de posicionamiento del receptor. Con estos estudios se establecen los modelos matemáticos y algoritmos a ser implementados en los receptores en base de corregir los efectos que resultan más significativos en el cinturón ecuatorial.

## 3) *Interoperabilidad y Compatibilidad.*

Otro aspecto a considerar es la interoperabilidad de los receptores de los usuarios y por ende del sistema así como la compatibilidad. La interoperabilidad se puede definir como la habilidad de que un servicio basado en GNSS o RNSS pueda ser usado en conjunto, proporcionando al usuario la mejor capacidad que la suministrada por el solo uso de un servicio o señal. Esto implica que el uso de la misma frecuencia o muy similar para la operación, requiere adecuación en los receptores de las decodificaciones respectivas. La compatibilidad es la capacidad de que los sistemas GNSS operen sin que exista interferencia entre los servicios o la señal.

La frecuencia de operación de manera de garantizar la interoperabilidad se definiría en la Banda L, bajo los esquemas estándares de L1 /E1 (1575.42 MHz), L2 (1227.6MHz) E6( 1278.75 MHz) o L5/E5 (1176.45MHz) aunque no limitativas pero sí permitiría la interoperabilidad. Esta banda es usualmente implementada para la navegación satelital, sin embargo la portadora, en cuanto sea determinada se debe garantizar la no interferencia con otros sistemas y señales actualmente en uso o ya autorizadas por la UIT, otras características como modulación, y los efectos propios del enlace deben ser evaluados para establecer las características del sistema. La definición de esta forma parte de las coordinaciones que se deben llevar a cabo e indicadas en el punto subsiguiente.

## 4) *Coordinaciones:*

El arranque del proceso para llevar a cabo un proyecto de un sistema de navegación, conlleva naturalmente a sus actores a integrarse y a participar en una serie de actividades y coordinaciones a fin de establecer criterios en la ejecución del proyecto que garanticen la no interferencia de los sistemas ya existentes, la estandarización de los procesos propios del proyecto y garantizar la perdurabilidad del sistema una vez que este sea ejecutado. En base a ello se toman en cuenta actividades como:

- Realizar reuniones de coordinación de interoperabilidad compatibilidad de frecuencias con los sistemas de posicionamiento global existentes (COMPASS, GALIEO, GPS)
- Participar en los grupos de trabajo del Comité Internacional de interoperabilidad de los sistemas de Navegación (ICG)

- Establecer el marco de referencia Geodésico y de tiempo para el sistema
- Establecer las capacidades de brindar un sistema de aumentación diferencial de área amplia para la región
- Establecer el plan de frecuencias y hacer la solicitud de uso ante la UIT.
- Considerar la logística y los costos asociados al mantenimiento actualización y reemplazo de los elementos del sistema.

## B. *Fase II Desarrollo del Sistema*

Comprendería todo el proceso que implica las coordinaciones internacionales y regionales, investigación y desarrollo, adquisición y fabricación de equipos

### 1) *Segmento Espacial:*

Para sistemas SBAS y RNSS la plataforma y la configuración de la carga útil es un elemento técnico que debe definirse una vez se establezcan los requerimientos iniciales. Entre los elementos están la Carga útil de navegación compuesto de manera general por el Reloj atómico con Sintetizador de frecuencia, para corregir efectos relativistas donde la estabilidad del reloj es garantía de la precisión de las señales transmitidas, la unidad de Datos de Navegación que recibe estos desde las estaciones de TT&C. las Unidades de Banda base de Navegación: que genera los códigos pseudo aleatorios que identifican al satélite y suma el código y datos y la Unidad de Modulación a banda L. Para la transmisión la máxima densidad de flujo de potencia recibida en tierra lo cual no debe exceder los  $-129 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  de acuerdo a la recomendación ITU 608 (CMR-03). Las Antenas son por lo general un arreglo de antenas Hélix en banda L para transmitir el mensaje de navegación a los usuarios en tierra. Con distribución uniforme en la superficie del patrón de radiación y apuntamiento de cobertura regional o Global con Polarización circular, la Técnica de acceso de las señales en CDMA y Modulación BOC y BPSK. Algunos sistemas utilizan trespondedores en Banda C para los esquemas de transmisión o intercambio de datos con los usuarios y de TT&C como lo es en la configuración con estas características en operación en el sistema COMPASS en su segunda fase.

La consideración para establecer la configuración de la constelación contempla: Minimizar el número de satélites de la constelación, obtener una buena resolución en la dilución de la precisión (disminución del máximo DOP) y que las posiciones orbitales permitan una continua visibilidad con las estaciones de control a establecerse en la región

Una constelación para un RNSS pudiera estar configurada con satélites en GEO y en IGSO. Alejados de la superficie de la tierra a una distancia equivalente a los satélites geoestacionarios. En configuraciones preliminares, se debe considerar factores como el DGOP, visibilidad de los satélites por las estaciones, entre otros. Con órbitas altas circulares (GEO, IGSO), se mantienen una distancia y velocidad que relativamente poco varía respecto a la superficie terrestre respecto a otros tipos de órbitas. Otra configuración consiste en incluir satélites en HEO, donde el diseño de la órbita se basa en que estos permanezcan mayor tiempo sobre la región inferior del hemisferio sur, moviéndose mucho más lento aunque más alejados

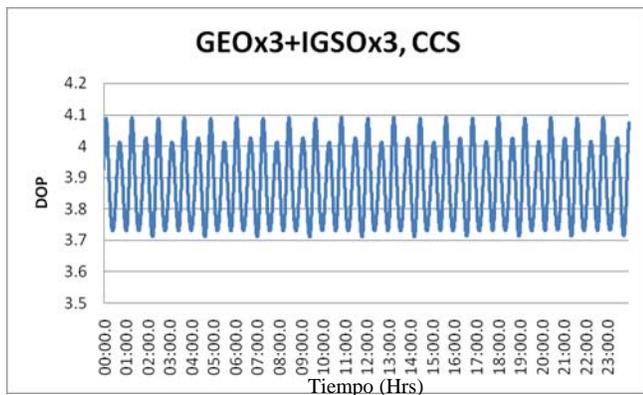


Fig. 1. DOP por el periodo de un día para constelación de GNSS con 3 satélites es GEO y 3 en IGSO y referencia medida en la ciudad de Caracas.

La configuración de la constelación en órbitas altas permite tener más probabilidades de tiempo de acceso de los satélites y por un tiempo relativamente constante, según sea la órbita y manteniendo en órbita un número más reducido de satélites que los localizados órbita media similares o otros sistemas. Así mismo la vida útil de los satélites es de al menos 15 años mucho más extensa que para las órbitas inferiores. Debido a la distancia, la solución geométrica en la región se ve afectada aun cuando los resultados evaluados presentan una buena aproximación para su implementación con valores continuos menores a 5. Con una configuración de órbita correcta, se puede mantener una geometría bastante favorable para poder establecer el posicionamiento. En contraparte se tiene que debido a la distancia también produce mayor pérdidas por propagación, así mismo la colocación en las posiciones orbitales para satélites GEO es limitada, y una configuración específica dependerá de la disponibilidad de este espacio o la coordinación con los organismos reguladores y usuarios de las posiciones.

Siendo el DOP la relación de las varianzas de los errores de la medición de la precisión y que combina los errores de ruido, reloj, distancia, en la figura 1 y 2 se visualiza que los resultados obtenidos de la dilución de la precisión basada en la posición geométrica están por debajo de 5 lo cual en términos de su estimación se considera un valor “bueno” o aceptable.

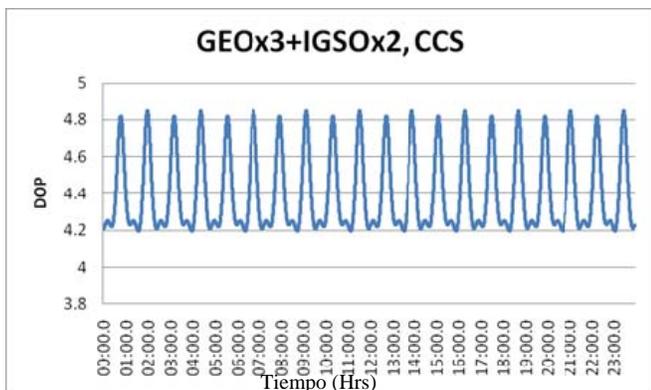


Fig. 2. DOP por el periodo de un día para constelación de GNSS con 3 satélites es GEO y 2 en IGSO y referencia medida en la ciudad de Caracas.

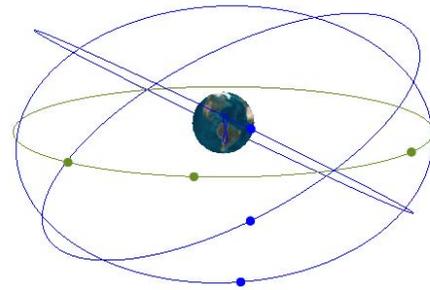


Fig. 3. Orbits de la configuración de la constelación de GNSS con 3 satélites es GEO y 3 en IGSO.

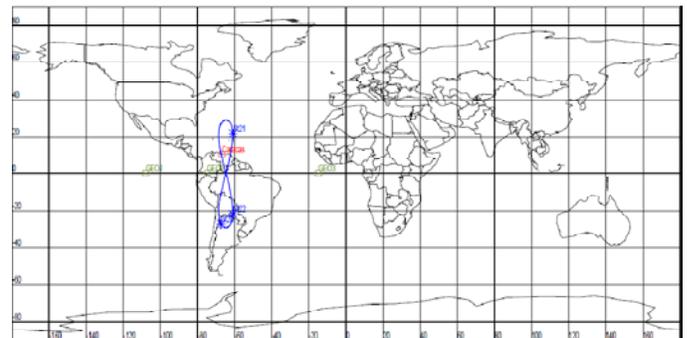


Fig. 4. Visualización de la proyección una constelaciones GNSS con 3 satélites es GEO y 3 en IGSO.

Simulando tres satélites en GEO en longitudes 108W, 75W y 15W y tres en IGSO con inclinaciones a 29° y longitud del nodo ascendente a 295° y anomalías verdaderas a 0° 120° y 180°, como lo mostrado en las figuras 3 y 4, el DOP es 3.88 y se observa en la figura 1 que no varía en valores mayores a 4.1. En tanto la evaluación de tres satélites en GEO y dos en IGSO con longitud del nodo ascendente a 295° y anomalías verdaderas a 180° 120°, el DOP en promedio es 4.42 sin exceder a de valores de 4.84 durante el periodo de un día. Ambos casos muestra valores satisfactorios en referencia a este parámetro que principalmente forma parte importante de la definición de la configuración del segmento espacial.

Basadas en otras configuraciones para los IGSO para 2 o tres satélites los valores de DOP son muy pobres excediendo el valor de 5 en promedio.

## 2) El Segmento Terreno. Arquitectura de estaciones terrestres:

El segmento terreno aplica especialmente para los SBAS y RNSS. La definición en el estudio técnico permitirá determinar de manera preliminar la arquitectura del sistema. Los sistemas GNSS/RNSS actuales o en desarrollo plantean elementos similares en su operatividad.

Entre las estaciones que pudieran conformar el segmento terreno estarían conformadas de manera general por: Estaciones de control maestro (principal y respaldo), Estaciones de monitoreo, Estaciones de control de navegación, integridad y tiempo y Estaciones de Transmisión. Algunas de estas estaciones podrían estar situadas en las mismas instalaciones tomando en cuenta las funciones que tendrían dentro del sistema.

La estación de monitoreo es la encargada de coleccionar los datos sin procesar desde los satélites, y esta es enviada a estación de

control maestro donde se hacen los cálculos necesarios para las correcciones y la subida a los satélites para su actualización. Estas estarían equipada con relojes de alta precisión.

Las estaciones de Control integridad y Navegación tendrán las funciones de Estimación y predicción de la posición de los satélites de navegación, cálculo de la integridad, correcciones de reloj e ionosféricas y ejecución del software de navegación. El software de navegación, mediante la interacción con otros elementos del segmento terreno, generaría los parámetros de navegación que serían retransmitidos por el satélite a los usuarios.

### 3) *Parámetros de Navegación*

Relacionado a los SBAS y RNSS, las señales de los satélites contienen la información requerida para el usuario determine su correcta posición alguno de ellos que deben ser generados: Efemérides del satélite, tiempo, estado de operación del satélite, precisión, Almanaque, coeficientes de correcciones ionosféricas y parámetros de retardo, diferencia de tiempo con respecto a otros GNSS, correcciones diferenciales, parámetros de orientación terrestre.

### 4) *El segmento usuario:*

Los terminales de los usuarios de cualquiera de las redes requieren que los receptores sean especialmente diseñados para el sistema de navegación y como condición tendría características de interoperabilidad con los otros sistemas. Entre sus capacidades incluye recepción y procesamiento de múltiples frecuencias y constelaciones de GNSS así como recibir correcciones ionosféricas del sistema. En sistemas basados en satélites, este segmento se han implementado la interacción para intercambio de datos en banda C.

### C. *Fase III Fase de Ejecución y Operación*

Es la puesta en operación del sistema, comprende los últimos periodos de prueba de los diferentes segmentos, validaciones y la puesta en operación definitiva. Comprende además la educación y difusión de la operatividad del sistema, usos de receptores, entre otros.

### D. *Fase IV Mantenimiento del sistema*

Comprende la continua actualización del sistema en base a los posibles avances en la tecnología y mejoras en lo referente a señal, equipos, entre otros. Ante esta premisa es necesario considerar que el sistema sea sustentable en el tiempo

## IV. CONCLUSIONES

Un sistema satelital de Navegación con cobertura regional posee viabilidad técnica y que puede ser desarrollado junto a sistemas de aplicaciones que traduzcan los beneficios propios de los sistemas de navegación, con la salvedad que este sería diseñado, dimensionado y administrado por los miembros de la región. Una evaluación general del proceso y el análisis preliminar de la configuración puede permitir realizar evaluaciones de la viabilidad, aun cuando se deba igualmente tener en cuenta otras alternativas mientras se desarrollan las capacidades propias de la región.

Se considera que en base a la configuración mínima de 5 satélites sería requerida para la constelación evaluada, sin embargo de acuerdo a los requerimientos que puedan establecerse para un eventual sistema, considerados especialmente en el punto de los aspectos del desarrollo del

proyecto sería esa evaluación la que defina las características reales del sistema.

## REFERENCIAS

- [1] Binghao Li , Shaocheng Zhang, Andrew G Dempster and Chris Rizos "Impact of RNSSs on Positioning in the Asia-Oceania Region" Journal of Global Positioning Systems (2011) Vol.10, No.2 :114-124 DOI: 10.5081/jgps.10.2.114
- [2] Dang Yam. "The construction of GNSS/BDS CORS Stations and Network"... . Satellite navigation technology and applications International Aerospace and Satellite applications (AISA) Programa de entrenamiento en. Beihang University , Beijing 20-29 de abril 2015
- [3] Gatica-Acevedo, Víctor José; Sánchez-Meraz, Miguel. "Propuesta de ubicación de estaciones de referencia para un sistema de monitoreo GNSS para la República Mexicana." Científica, vol. 17, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 89-95
- [4] Graeme K. Crosby, Donna K. Kraus, William S. Ely, Timothy P. Cashin, Keith W. McPherson, Kevin W. Bean, Joy M. Stewart and Bryant D. "A Ground-based Regional Augmentation System (GRAS) - The Australian Proposal" 13ª reunión técnica internacional de la división de satélites del Instituto de navegación (ION GPS 2000) Septiembre 19 - 22, 2000
- [5] HAN YanBen MA LiHua, QIAO QiYuan, YIN ZhiQiang & AI GuoXiang "Selection of satellite constellation framework of CAPS" Observatorios Astronómicos Nacionales, Academia China de Ciencias , Beijing 100012, China 2009
- [6] Lihua Ma, & Shengming Li "Mathematical Aspects for RNSS Constellation with IGSO Satellites" Observatorios astronómicos nacionales, Academia China de Ciencias, Beijing, China. Investigación de la ciencias de la tierra; Vol. 3, No. 2; 2014
- [7] Parimal majithya, kriti, J.K. Hota "Indian regional Navigation Satellite System" Inside GNSS Enero-Febrero 2011
- [8] Sidre Mateu , Matteo Paonni , Jean-Luc Issler Bernd Eissfelle, Lionel Ries, Cyrille Boulangercnes, Paol O Mulassano, Mario Boell A, Torin O, Italymario Caporaleasi, Syl Vain Germaine, Jean-Yves Guyomardanfr, Frederic Bast Ide, Jeremie Godet, Dominic Hayes European Commission, Damien Serant, Paul Thevenon, Oli Vier Julien, Anthony R. Jose-Angel Avila-Rodriguez, Stefan Wallner, Guenter W. "GNSS SIGNALS in S-band part 1" Agencia Espacial/ESTEC, Noordwijk, los países bajos .Inside GNSS Septiembre 2010



**Angel Magallanes.** Venezuela. Licenciado en ciencia y artes militares opción aeronáutica, Ingeniero electrónico, DEng en Sistemas de Comunicación e Información en la universidad de Aeronáutica y Astronáutica de Beijing. Jefe de la Unidad de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales.