

## 6. GEOCIENCIAS

### 6.1

# GNSS y Aumentación Pasado, presente y futuro

Por el CNL DIM (R) Alejandro Marcelo Gazpio [\*]

### RESUMEN

Este trabajo presenta el estado actual de los sistemas de posicionamiento global. También realiza un estudio sobre los sistemas de aumentación en uso regional para mejorar la precisión en la determinación de las posiciones de puntos fijos y móviles respecto de un marco o sistema de referencia. Culmina con una síntesis sobre la actualidad y el futuro de los GNSS. Solo busca volcar experiencias por mí recogidas a lo largo de algo más de 40 años de trabajo técnico en las áreas de la guerra electrónica, en lo específicamente referido a contramedidas de vigilancia técnica y su aplicación en las actividades cívico-comerciales.

### **GNSS: (*Global Navigation Satellite System*)**

GNSS, son las siglas que refieren al conjunto de las tecnologías definidas sobre los sistemas de navegación por satélite que brindan posicionamiento espacial con cobertura global de manera independiente.

Los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite permiten determinar coordenadas de un punto y de tiempo con relativa exactitud en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las situaciones climatológicas. Para alcanzar precisiones mayores, o sea necesarias y suficientes para el trabajo de topografía, geodesia y geomática, se deberán aplicar una serie de correcciones.

La cobertura global con el uso de sistemas GNSS se logra mediante constelaciones nominales de unos 24-27 satélites, ubicados en diferentes planos orbitales (3 o 6), elípticos, con inclinaciones respecto del plano ecuatorial que van entre los 55° y los 65°, a una altura que oscila entre los 19100 y los 28000 kilómetros (órbitas MEO), lo que supone períodos orbitales de unas 12 horas.

El primer antecedente conocido a los GNSS fue el sistema TRANSIT norteamericano, en la década de los 60, basado en el efecto DOPPLER pero no era muy preciso y la información recibida dependía de la posición del satélite. En la época en que se desarrolló fue fundamental para poder posicionar submarinos nucleares sin tener que emerger ya que con solo sacar fuera del agua la antena, era suficiente para tener información de posición. Asimismo, las precisiones obtenidas eran más que suficientes para el cometido.

Estas tecnologías fueron disruptivas hace ya más de 40 años. Entonces los orígenes de los GNSS los podemos situar allá por los años 70, con el desarrollo del sistema militar estadounidense GPS (Global Positioning System), destinado al guiado de misiles, localización de objetivos y tropas, etc. En términos generales, un receptor de GNSS es capaz de determinar su posición en cuatro dimensiones (longitud, latitud, altitud, y tiempo).

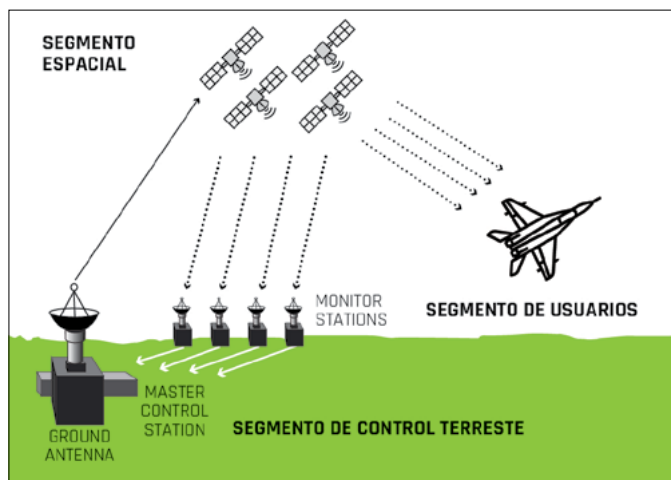
En la actualidad, los datos de posición espacial y temporal se encuentran disponibles en telefonía móvil, en aviones, autos, barcos, drones, etc. También es utilizada como antes para el guiado de misiles y distintos tipos de municiones, consiguiéndose precisiones sobre blancos fijos como nunca se había logrado antes. Prácticamente en la actualidad todas las actividades se encuentran relacionadas con algún tipo de ubicación o relación tiempo espacial provistas por los GNSS.

En un pasado reciente, como se expresó, nace el sistema estadounidense GPS, tal como es conocido, tuvo en sus orígenes aplicaciones exclusivamente militares y su cobertura, si bien mundial, no era como hoy se entiende el concepto de "Global". O sea era un sistema de uso exclusivamente militar bajo control del Ministerio de Defensa (Department of Defense) de los Estados Unidos, siendo sometido a un estricto control gubernamental. Se mantuvo así hasta que comenzaron a tomarse en cuenta sus aplicaciones civiles, es decir, así hasta que el gobierno de los Estados Unidos encargó realizar diversos estudios a distintas agencias, entre ellas la RAND (Research And Development), con el propósito de analizar la conveniencia de emplear esta tecnología con fines civiles. Hoy en día, el GPS es un éxito para la administración y economía americana no interesando a nadie que se reduzca la inversión en el sistema, sino todo lo contrario. La política de la administración de Estados Unidos es mantener a costo cero para los usuarios el sistema GPS, potenciar sus aplicaciones civiles y, a la vez, mantener y mejorar el carácter militar.

Asimismo, el patrón de tiempo que utiliza GPS es aprovechado por un sinnúmero de actividades que requieren una coordinación de Tiempo Universal como lo son todas las comunicaciones a nivel mundial. Esta información sobre el patrón tiempo está disponible para cualquier usuario en los distintos dispositivos que son empleados actualmente.

Todos los GNSS tienen una arquitectura similar, de suerte que todos cuentan con los siguientes segmentos o subsistemas:

- > **Segmento Espacial**, el cual está integrado por un número de satélites activos y otros en reserva.
- > **Segmento de control terrestre**, integrado por una red terrestre de monitoreo y antenas terrestres así como un centro de control de todo el sistema.
- > **Finalmente el segmento de usuarios**, que son los equipos individuales de posicionamiento o navegación.



### EN FORMA GENÉRICA, LA POSICIONES DE PUNTOS FIJOS SOBRE LA TIERRA Y DE MÓVILES SE CALCULAN TENIENDO EN CUENTA:

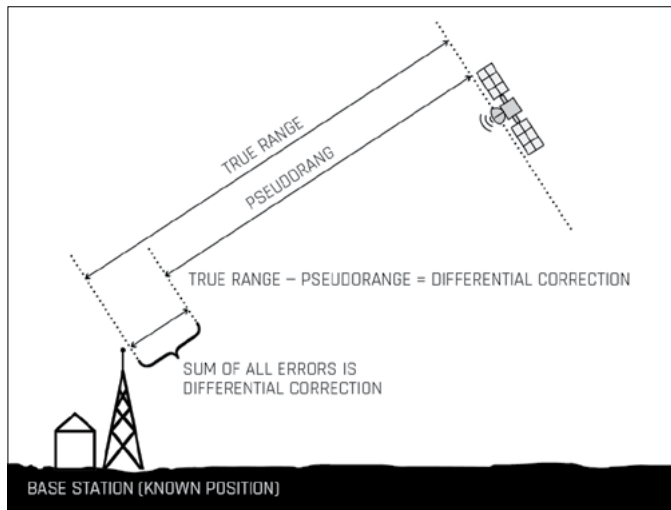
- > Determinación de la distancia entre el satélite y el usuario utilizando el tiempo de llegada o *time of arrival* (TOA).
- > Sistemas de referencia.
- > Parámetros fundamentales de las órbitas de los satélites.
- > Determinación de la posición con códigos de pseudo-ruido o pseudo-random noise (PRN).
- > Obtención de la velocidad del usuario.
- > Tiempo y GPS.

### LOS PASOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE UN RECEPTOR SON:

- > Medir el tiempo de propagación de la señal (=intervalo de tiempo que necesita la señal transmitida por un transmisor para alcanzar el receptor) y multiplicar este valor de tiempo por la velocidad de la luz.
- > Repetir el proceso para tantos transmisores como estén en el campo de visión.

### PSEUDODISTANCIA:

La pseudodistancia es una primera aproximación al valor de la distancia entre el satélite y el receptor, que confía en la medida temporal realizada por el reloj de cuarzo del receptor. Este reloj tiene una desviación de 1ppm (300 m) cada segundo. Estamos ante el caso de un error constante para todas las medidas realizadas simultáneamente y se puede resolver con un cuarto satélite.



### PROCESAMIENTO DE LOS DATOS PARA OBTENER LA POSICIÓN

Los pasos principales son:

- > Cálculo de la posición de los satélites a partir de los datos de efemérides.
- > Estimación de la pseudodistancia a partir del retardo medido.
- > Para encontrar un conjunto inicial de pseudodistancias, es necesario observar al menos 12 segundos de datos
- > Para pseudodistancias posteriores, el receptor desplaza los índices por ejemplo 100 ms si está configurado para calcular posiciones 10 veces por segundo.
- > Cálculo de la posición del receptor a través de la solución de las ecuaciones que siguen,

$$\rho_1 = \sqrt{(x_1 - x_p)^2 + (y_1 - y_p)^2 + (z_1 - z_p)^2} + c \delta t_1$$

$$\rho_2 = \sqrt{(x_2 - x_p)^2 + (y_2 - y_p)^2 + (z_2 - z_p)^2} + c \delta t_2$$

$$\rho_3 = \sqrt{(x_3 - x_p)^2 + (y_3 - y_p)^2 + (z_3 - z_p)^2} + c \delta t_3$$

$$\rho_4 = \sqrt{(x_4 - x_p)^2 + (y_4 - y_p)^2 + (z_4 - z_p)^2} + c \delta t_4$$

donde:

- $\rho_i$  = PSEUDODISTANCIA AL SATÉLITE I
- $x_i, y_i, z_i$  = COORDENADAS DEL SATÉLITE I
- $C$  = VELOCIDAD DE LA LUZ
- $\delta t_i$  = RETARDO DE LA SEÑAL
- $x_p, y_p, z_p$  = COORDENADAS DEL PUNTO

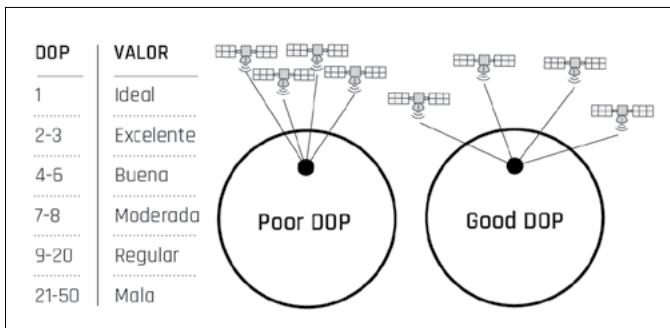
Que pueden ser más de cuatro si tenemos más satélites en el campo de recepción.

**LA DILUCIÓN DE PRECISIÓN (DOP)**

Es la consistencia geométrica del conjunto de satélites que se encuentran dentro del campo de observación del receptor. Cuando los satélites se encuentran muy cerca unos de otros se dice que la geometría es débil y la DOP alta y si se encuentran muy distantes angularmente la geometría es fuerte y la DOP baja. Se habla de HDOP, VDOP, PDOP, TDOP según hablemos de DOP horizontal, vertical, de posición (3D) o de tiempo.

Por ahora, existen a nivel global cuatro sistemas de posicionamiento y navegación en etapa operacional o en su etapa final previa a su operación, a saber:

> **GPS**



- > **GLONAS**
- > **BEIDOU(\*)**
- > **GALILEO(\*\*)**

(\*) **BeiDou**: está siendo ultimado, cuando esté terminado contará con 27 satélites en órbita MEO (*Medium Earth orbit* - aproximadamente 22.000 kilómetros de altitud), cinco en órbita geostacionaria y tres más en órbitas geosíncronas inclinadas, a 35.786 kilómetros, brindando cobertura global GNSS con una precisión de posicionamiento de 2,5 metros. El último lanzamiento de los satélites BeiDou 35 y 36 tuvo lugar a fines de agosto de 2018, luego de aquel lanzamiento del primero de la serie en el año 2000. Con otros siete satélites agregados este año, el CNSO informa que China pretende completar la red de 35 satélites en el primer semestre de 2020. China ha lanzado 11 satélites BeiDou hasta el momento en 2018, contribuyendo a una cadencia de lanzamiento agresiva, de suerte que, Ran Chengqi, director de la Oficina de Navegación por Satélite de China (CSNO), declaró en informes publicados que seguirían siete más durante el resto del año 2018.

(\*\*) **Galileo:** el GIOVE-A, fue el primer satélite de prueba sobre el sistema, lanzado el 28 de diciembre de 2005, mientras que el primer satélite que formó parte del sistema operativo se lanzó el 21 de octubre de 2011. En julio de 2018, 26 de los 30 satélites activos planificados están en órbita. Galileo comenzó a ofrecer la capacidad operativa temprana (EOC) el 15 de diciembre de 2016, brindando servicios iniciales con una señal débil, y se espera que alcance la capacidad operativa completa (FOC) en 2019. Se espera para 2020 que el sistema Galileo esté completo y dispondrá de 30 satélites

También hay otros tipos de sistemas regionales en distintas etapas de desarrollo, a saber:

- > IRNSS (indio)
- > ZQSS (japonés)

### **IRNSS (Sistema Regional de Navegación por Satélite de India):**

India está desarrollando su propio Sistema de Navegación por Satélite. El IRNSS, por sus siglas en inglés, contará con una constelación de siete satélites en órbitas geosincrónicas y geoestacionarias para proporcionar servicios de navegación a una extensa región comprendida por la mayor parte de Asia, Medio Oriente, África Oriental y partes de Australia occidental, como se muestra en la figura a continuación:



Está siendo desarrollado por la Organización de Investigación Espacial de India, ISRO, con el objeto de reducir la dependencia de este país de otros sistemas de navegación por satélite controlados por gobiernos extranjeros como el GPS o el GLONASS.

IRNSS proporcionará dos tipos de servicios: el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) que se proporciona a todos los usuarios y el Servicio Restringido (RS), que es un servicio encriptado proporcionado sólo a los usuarios autorizados como las fuerzas armadas y de seguridad. Se espera que el Sistema IRNSS proporcione una precisión en la posición mejor de 20

metros en el área de servicio. Las características de estos servicios se muestran en la tabla a continuación:

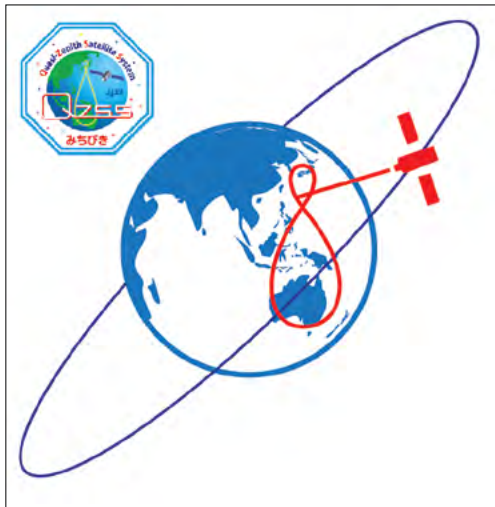
A diferencia de otros sistemas de navegación por satélite como el GPS, el Glonass y el Galileo, que son globales, el IRNSS es un sistema regional, es decir, sus servicios están restringidos a una región del planeta. En este sentido, IRNSS es parecido al sistema chino BeiDou, aunque, como se sabe, eventualmente el BeiDou se convertirá en un sistema global para dar servicio a todo el mundo. A continuación se da una descripción general de los subsistemas que conforman al IRNSS:

Desarrollo del proyecto: El gobierno de India aprobó el proyecto en mayo de 2006, con la intención de que el sistema fuera terminado en 2016. Al mes de septiembre de 2017, el sistema presentó en su construcción una serie de problemas técnicos que retrasaron su puesta en servicio operacional. El primer satélite, el IRNSS-1A, fue lanzado el 1 de julio de 2013 y tuvo problemas con los relojes atómicos. Posteriormente, se lanzaron seis satélites casi idénticos que están en operación. A fines de agosto de 2017 se intentó lanzar el reemplazo del IRNSS-1A, su lanzamiento falló debido a que no desplegó su cubierta protectora y el satélite no alcanzó la órbita deseada.

**QZSS (Sistema Satelital Cuasi Cenital):**

Japón está ultimando su sistema, similar a los anteriores, pero con una precisión de centímetros, lo que hará posibles aplicaciones nuevas hasta el momento difíciles de imaginar.

Resulta interesante vigilar algunas de las diferencias técnicas del QZSS japonés con los sistemas como el GPS, el GLONASS o el futuro Galileo. Todos ellos, incluso el BeiDou, se han desarrollado para no depender los unos de los otros, dado que sus aplicaciones se consideran vitales y estratégicas para cada país. Por ejemplo, que el GPS fue desarrollado por el Ministerio de Defensa y tan solo quedó 'liberado' para usos civiles en el año 2000. Antes su precisión estaba artificialmente alterada y era tan solo del orden de cientos de metros.



El QZSS se compone de varios satélites que orbitan sobre Japón. Lo diferencia de otros sistemas en que estos satélites no son geoestacionarios, es decir, no se encuentran siempre en la misma posición subnadiral o traza sobre la tierra sino que se mueven dibujando ordenadamente

un analema (Lemniscata o especie de figura en forma de ocho), que cubre buena parte de Nueva Zelanda y Australia y, obviamente, Japón de manera que siempre haya algún satélite en órbita geosincrónica a 42.164 kilómetros de la Tierra y sobre el país nipón.

El proyecto comenzó con la idea de que tres satélites serían suficientes; no obstante, ya se está planteando el lanzamiento de siete. El término ‘cenital’ utilizado en la denominación se debe a que: cuando los satélites están sobre Japón quedan situados muy altos en el cielo, casi sobre la vertical de las abarrotadas ciudades.

Esto da una primera gran ventaja, la cual es que las señales lleguen a los dispositivos receptores convencionales con más calidad (cobertura) y precisión: con esa verticalidad se evita el “efecto *multipath*” que sufren estas señales en las paredes exteriores de muchos edificios, especialmente los rascacielos de las grandes ciudades niponas, que convierten las calles en los llamados ‘cañadones urbanos’ y en los que no hay una buena recepción debido al *multipath*.

Combinando esta mejor cobertura están planeadas 1.200 estaciones de referencia adicionales, bases en tierra que permiten a los receptores mejorar la precisión de los cálculos sobre la señal gracias a señales de tiempo y distancia adicionales, de modo que el posicionamiento pueda tener una precisión del orden de un centímetro para las coordenadas planas (X; Y) y tres centímetros para la altitud (Z).

Los ingenieros imaginan un gran número de aplicaciones para los dispositivos capaces de geoposicionarse con esta más que generosa precisión: conducción de vehículos autónomos, tractores y robots como los que se emplean en agricultura, localización exacta de niños y ancianos entre otros. Del mismo modo, la asistencia en situaciones de emergencia también mejoraría en gran medida, así como seguramente los sistemas de ruteos y navegación de los vehículos. Otras industrias como la de los trenes y la navegación marítima o aérea evidentemente podrán aprovechar estas mejoras, fundamentalmente desde el punto de vista de la seguridad.

El sistema gestionado por Japón es más reducido y por ende más económico que otros, aunque por el momento debido al cambiante presupuesto ya supera los 1.000 millones de euros. En cuanto a la programación, y tras haber puesto en órbita el primero de los satélites en 2010, se mantiene el 2018 como objetivo para tenerlo en funcionamiento, aunque con algunos de los satélites en órbita y las estaciones base transmitiendo, ya podrá comenzar a utilizarse en la fase de pruebas.

## **AUMENTACIÓN:**

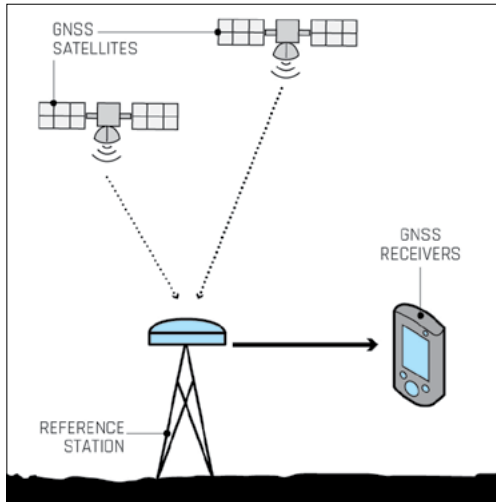
Se denomina *aumentación* a los procedimientos llevados a cabo para mejorar las prestaciones en posición de los GNSS. Por ejemplo, los Sistemas de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) son aquellas mejoras al Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Esas “mejoras” son las que proporcionan una precisión incrementada en la ubicación, en el rango de operaciones de cada sistema, por ello desde la precisión GPS nominal de 15 metros hasta aproximadamente 10 centímetros en el caso de las mejoras alcanzadas mediante la implementación de las denominadas correcciones diferenciales.

El RTK (*Real Time Kinematic*) o navegación cinética satelital en tiempo real es una técnica usada para la topografía y navegación marina basada en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, GLONASS y/o de Galileo, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica.

Cada DGPS utiliza una red de estaciones de referencia terrestres fijas para transmitir los diferenciales entre las posiciones indicadas por el sistema de satélites GPS y las posiciones fijas conocidas (con **ALTÍSIMAS PRECISIONES** o **PRECISIONES GEODESICAS** de Categoría A). Para la República Argentina, el radio de tolerancia es inferior a 1 centímetro. En las determinaciones

planimétricas, el error estándar (1 sigma) deberá ser de 4 milímetros o menos. (Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (CNUGGI) Subcomité de Geodesia ESTÁNDARES GEODÉSICOS (GPS) 1a. Edición 1996- REPÚBLICA ARGENTINA)

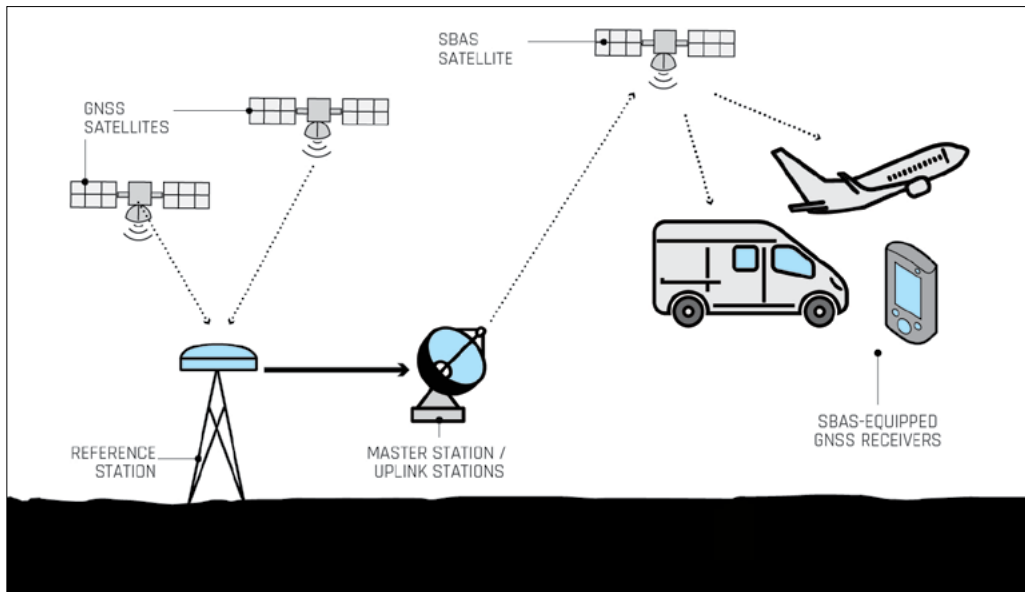
Esas estaciones fijas emiten la diferencia (o diferenciales de posición) entre las pseudodistancias del satélite medido y las pseudodistancias reales (computadas internamente), y las estaciones receptoras pueden corregir sus pseudodistancias en la misma cantidad. La señal de corrección digital generalmente se transmite localmente a través de transmisores terrestres de menor alcance.



Un sistema similar que transmite correcciones desde satélites en órbita en lugar de transmisores terrestres se llama DGPS de área amplia (WADGPS) o Sistema de aumentación basado en satélites (SBASS).

Sin embargo, en aproximación de aeronaves los GNSS no tienen la suficiente integridad y precisión aunque la Fuerza Aérea Argentina está financiando el proyecto WAAS (Wide Area Augmentation System) que refuerza el sistema GPS y será útil para aproximaciones de clase I (en Estados Unidos).

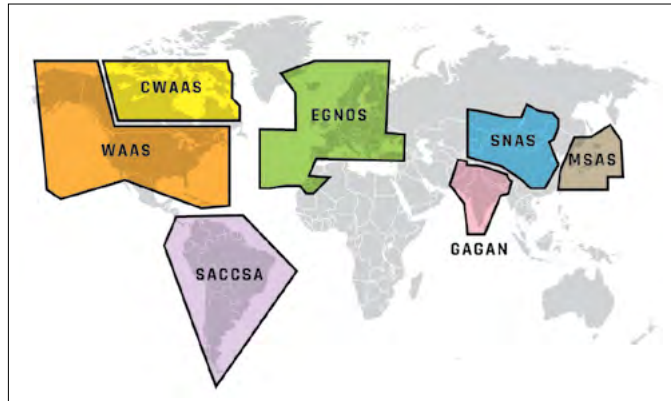
La Guardia Costera de los Estados Unidos (USCG) y la Guardia Costera Canadiense (CCG) ejecutan sistemas DGPS en los Estados Unidos y Canadá en frecuencias de radio de onda larga entre 285 kHz y 325 kHz cerca de las principales





vías fluviales y puertos. El sistema DGPS de USCG se denominó NDGPS (DGPS a nivel nacional) y fue administrado conjuntamente por la Guardia Costera y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE). Consistía en sitios de transmisión ubicados en todo el interior y parte costera de los Estados Unidos, incluso Alaska, Hawai y Puerto Rico. Otros países tienen su propio sistema DGPS.

A continuación, presentamos un gráfico mundial con las áreas de cobertura de los distintos SISTEMAS DE AUMENTACIÓN.



#### CLASIFICACIÓN ACTUAL DE LOS DISTINTOS SISTEMAS PARA AUMENTAR LA PRECISIÓN EN LA POSICIÓN:

- > ABAS, *Aircraft-based augmentation system*. Sistemas dedicados para aumentación a los receptores GPS con detección de fallos y mejora de la precisión.
- > GBAS, *Ground-based augmentation system*. Sistema basado en aumentación de precisión con estaciones suplementarias terrestres sin depender de estaciones geostacionarias; por ello es útil en proximidades de los aeropuertos.
- > GRAS, *Ground-based regional augmentation system*. Consiste en estaciones GBAS desplegadas en un área extensa interconectadas permitiendo contar con una aumentación SBAS de carácter regional. Australia es el país más avanzado en este tipo de sistemas.
- > SBAS, *Aircraft Satellite-based augmentation system*. Comprende todos los sistemas de aumentación basadas en satélites. Los principales que han desarrollado actualmente sistemas SBAS son: el WAAS de Europa, el EGNOS de Europa y el MSAS de Japón. Se encuentran en proceso de desarrollo el GAGAN de India, y en proyecto de China (SNAS) y Latinoamérica (SACCSA).

#### PRESENTE Y FUTURO:

Como se ha expresado, la tecnología actual a nivel mundial está orientada fundamentalmente a receptores para posicionamiento y navegación que reciben señales de todos los GNSS a fin de tener cobertura en todo tiempo y lugar. Las aplicaciones disponibles se orientan principalmente a sistemas de navegación y aplicaciones geotopocartográficas: topografía; cartografía; geodesia; sistema de información geográfica (GIS); etc. También el mercado de la recreación: deportes de montaña; náutica; expediciones de todo tipo, etc., patrones de tiempo y sistemas de sincronización, aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión además de las aplicaciones militares y espaciales.

En cuanto al reparto del mercado los más importantes son la navegación marítima, la aérea y la terrestre. Con una flota de 46 millones de embarcaciones en todo el mundo, de los que el 98 por ciento son de recreo, la navegación marítima supone un mercado nada despreciable. Recreo, pesqueros, mercantes, petroleros, dragados y plataformas petrolíferas son perfectos candidatos al uso del GNSS. El volumen de venta de equipos está en torno a los 300 millones de dólares anuales.

En cuanto a la navegación aérea con unos 300.000 aviones en todo el mundo. El equipamiento de GNSS para navegación intercontinental o entre aeropuertos tiene una penetración anual del 5 por ciento (aproximadamente unas 15.000 unidades). Pero el auténtico mercado del GPS en el mundo es la navegación terrestre. Con 435 millones de usos turísticos y 135 millones de camiones es el más amplio mercado potencial de las aplicaciones comerciales del GPS. De hecho, el crecimiento de equipamiento de GPS mundial es en torno a los 2.000 millones de dólares anuales.

El 6 de abril de 2017 un Netjets Phenom 300 aterrizó en la pista 27 en el aeropuerto de Bremen, Alemania, después de disparar el primer sistema de aumentación basado en satélites (SBAS) en Alemania. Esta fue la primera vez que un avión de pasajeros utilizó la aproximación y aterrizaje asistido de EGNOS. El sistema SBAS para Europa es el servicio europeo de navegación geostacionaria (EGNOS), que complementa al GPS y otros sistemas GNSS para proporcionar una precisión de posición de uno a tres metros de los típicos 10 a 20 metros que entrega GPS.

La aproximación SBAS en Bremen es un procedimiento LPV-200 con mínimos de clima Categoría I de 200 pies (unos 60 metros) de altura de decisión y una visibilidad de media milla. En particular, las aproximaciones SBAS no requieren ninguna infraestructura terrestre una vez que los satélites geostacionarios EGNOS estén en su lugar para complementar las señales GPS.

AERO 2018 llevó a las partes interesadas de la industria de la aviación de Europa y de todo el mundo a Friedrichshafen, Alemania, en abril. En el evento, la Agencia Europea GNSS (GSA) mostró los beneficios de EGNOS, con un enfoque particular sobre sus beneficios en materia de seguridad para la aviación general.

El GSA está trabajando con la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) para habilitar los enfoques de LPV en pistas sin instrumentos, y este trabajo incluye la celebración de consultas con las partes interesadas de la aviación y la preparación de materiales de promoción de seguridad para la comunidad de aviación general. Esto fue subrayado por el Equipo de Desarrollo de Mercado de GSA durante un taller específico que destaca las oportunidades de financiamiento para la aviación general.

Observando que EASA había establecido la introducción de los procedimientos de reglas de vuelo por instrumentos (IFR) como uno de sus objetivos estratégicos, la Oficial de Innovación para el Desarrollo de Mercados de Aviación de GSA, Katerina Strelcova, dijo que EGNOS estaba apoyando este objetivo, lo que permitía a un gran número de aeropuertos aumentar su accesibilidad a través de procedimientos IFR basados en GNSS. Anteriormente, esto solo era posible utilizando equipos terrestres muy caros, como los sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS). Strelcova hizo hincapié en que la mayoría de los modelos de aviones de aviación general ya son compatibles con LPV y, para muchos otros, hay soluciones de adaptación disponibles, que les permitirán aprovechar el hecho de que más de 500 procedimientos basados en EGNOS están operativos en aeropuertos europeos. No fue todo lo que se habló en AERO 2018: los visitantes del espectáculo aéreo tuvieron la oportunidad de conocer los beneficios de EGNOS para la aviación general, volando con EGNOS en un simulador, un elemento muy popular del stand de GSA.

El GPS es un actor económico y militar fundamental. Corea del Norte ha interferido el sistema GPS de Corea del Sur. Los satélites y el control de tierra son sometidos a ataques de tipo cibernético. Hay equipos (el ruso R-330ZH Zhitel) para producir interferencias. El programa GPS OCX está para renovar la infraestructura del control terrestre. Raytheon está encargada para su desarrollo. OCX está retrasado al menos dos años al igual que los nuevos satélites GPS III que usarán el software OCX. Mayflower ha sido designada para el programa MGUE, sobre un módulo receptor de avanzadas prestaciones militares. Para 2020 habrá un nuevo GPS.

¿Y después qué? Cuando el nuevo GPS quede obsoleto, el DARPA ya trabaja en conceptos de posicionamiento mixtos, ASPN (*All Source Positioning and Navigation*), que combinan satélites y sistemas inerciales, e incluso podrán utilizar otro tipo de señales de radio (radio comercial, de televisión o incluso de wifi).

Existe un futuro promisorio con respecto a los denominados acelerómetros cuánticos, el Ministerio de Defensa del Reino Unido ha desarrollado una nueva tecnología de localización: el acelerómetro cuántico, un sistema 1000 veces más preciso que el GPS. El funcionamiento de este nuevo sistema de acelerómetros cuánticos está basado en un sistema de láseres que atrapan y enfrían átomos hasta llevarlos a su estado cuántico. A partir de ese punto, se utiliza otro láser, el cual se encarga de calcular las variaciones de movimiento y de gravedad o aceleración sobre dichas partículas.

**(\*) Alejandro Marcelo Gazpio:** Ingeniero Militar de la especialidad Geográfica, Coronel en retiro del Ejército Argentino. Se desempeñó como Subdirector del Instituto Geográfico Militar. Ha prestado servicios en el IGM de la República de Bolivia. Es perito Judicial. Se desempeña como profesor en la Escuela Técnica N° 3, distrito escolar 9°. Es analista del CEPTM "Grl Mosconi".

