



CEPTM

**CENTRO DE ESTUDIOS
DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA MILITAR
“GRL MOSCONI”**

ESCUELA SUPERIOR TECNICA “GRL SAVIO”

INSTITUTO UNIVERSITARIO DEL EJÉRCITO

DOCUMENTO 010315

“SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y AUMENTACIÓN”

MARZO 2015



TRAMITES DE APROBACION Y ACTUALIZACION DEL DOCUMENTO

Presentado por :	Fecha: 20 Dic 2014	Experto (s) : Ing . Nicolas Mendez Guerin																				
Actualización :	Fecha :----- Fecha: _____	Experto (s):																				
Analistas Area(s)	<p><u>Tecnologías aplicadas en el área de la Defensa según Documento 010514 del CEPTM “ Gr1 Mosconi” :</u> <u>(marcar las áreas que correspondan)</u></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Energía (Generación , almacenamiento, distribución y empleo)</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Electrónica</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Sistemas Embebidos - Tecnologías de la Información</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Sistemas de Control - Mecatrónica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Materiales y tratamientos superficiales</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Sistemas de Transporte</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Otros Sistemas Vitales</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Defensa CBRN</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Armas, Municiones, Balística</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Infraestructura – Construcciones Militares</td> </tr> </table>		Energía (Generación , almacenamiento, distribución y empleo)	✓	Electrónica	✓	Sistemas Embebidos - Tecnologías de la Información	✓	Sistemas de Control - Mecatrónica		Materiales y tratamientos superficiales	✓	Sistemas de Transporte		Otros Sistemas Vitales		Defensa CBRN	✓	Armas, Municiones, Balística		Infraestructura – Construcciones Militares	<p>Analista (s) :</p> <p>Cnl Ing Jose Guglielmone</p> <p>Cnl My Hector Anfuso</p>
	Energía (Generación , almacenamiento, distribución y empleo)																					
✓	Electrónica																					
✓	Sistemas Embebidos - Tecnologías de la Información																					
✓	Sistemas de Control - Mecatrónica																					
	Materiales y tratamientos superficiales																					
✓	Sistemas de Transporte																					
	Otros Sistemas Vitales																					
	Defensa CBRN																					
✓	Armas, Municiones, Balística																					
	Infraestructura – Construcciones Militares																					
Recibido:	Fecha :	Coordinador :																				
Evaluación :	<p>Fecha :</p> <p>Aceptado: SI</p> <p>Se recomienda revisión :</p>	<p>Referato externo: NO</p> <p>Comité de Referato interno :</p> <p>Cnl Ing. Juarez</p> <p>Ing. Dominguez</p> <p>My Dr. Serrano</p> <p>Cnl Ing. Perez Arrieu</p>																				



	Rechazado:	Cnl My Ing. Anfuso
Resolución	Fecha : 10 marzo 2015	Coordinador: Director CEPTM " Gr1 MOSCONI" :

El presente informe es parte de las tareas que el **Centro de Estudios de Prospectiva de Tecnología Militar "Gr1. Mosconi" de la Escuela Superior Técnica (CEPTM "MOSCONI")** realiza para sintetizar la reunión de información en el marco de tecnologías estratégicas aplicables al campo militar también considerando sus proyecciones a las aplicaciones en seguridad y civiles.



CONTENIDO:

1. Abstract
2. Introducción
3. Los Sistemas Satelitales de Posicionamiento
4. Los Errores en los Sistemas Satelitales de Posicionamiento
5. Las Redes de Aumentación
6. Antecedentes en Argentina
7. Conclusiones

“SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y AUMENTACIÓN”

1. Abstract

La evolución de los sistemas de navegación basados sobre satélites ha determinado la consolidación a nivel mundial de los denominados Sistemas Globales de Navegación por Satélites (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) que utilizan normalmente espacionaves (satélites) de Orbitas Medias para ubicar un móvil sobre el casquete terrestre.

Para obtener mayor precisión que la que los GNSS proveen actualmente (es decir precisión métrica y submétrica) se requiere poder realizar correcciones a las lecturas obtenidas en los receptores. Los errores se fundamentan principalmente en los retardos que experimentan las señales emitidas al traspasar las capas ionosféricas y troposféricas cuando son emitidas por los satélites en su trayectoria hacia los usuarios (o intencionalmente introduciendo errores en caso de conflicto como ya ocurrió como veremos).

La tecnología de posicionamiento mediante el uso de satélites en realidad mide tiempos de arribo de señales de diferentes satélites a un mismo usuario terrestre, de manera tal que si hay retardos en la llegada de estas señales hay errores en la determinación de las coordenadas LAT/LONG (y altura).

La corrección y posterior difusión de estas correcciones es fundamental para poder obtener lecturas con precisiones elevadas lo cual cobra relevancia en la navegación de móviles aéreos, terrestres y marítimos (tripulados o no), al igual que en toda una gama de aplicaciones que exceden el marco propio de la Defensa Nacional.

Las correcciones pueden realizarse por medio de equipamientos que se denominan en su conjunto “Redes de Aumentación”, es decir que se logra una corrección de valores posicionales (por que configuran una “aumentación de precisión”).

Los dos primeros sistemas históricos de posicionamiento satelital, GPS y GLONASS (ruso) fueron y son herramientas de uso militar.



Utilizan sistemas en órbita (satélites) debido a que de esta forma pueden extender sus servicios a todo el globo terrestre (un requerimiento claramente geoestratégico de gran alcance y por demás absolutamente logrado), siendo que es perfectamente posible geolocalizar un móvil usando sistemas exclusivamente terrestres. El inconveniente en este caso es el costo, que se convierte en una función del área de cobertura.

GPS no garantiza el funcionamiento del sistema (no brinda calidad de servicio) pero como contraparte es de recepción libre y gratuita.

GLONASS tampoco brinda dicha calidad de servicio, y está actualmente en proceso de modernización merced a una decisión política de alto nivel en la Federación Rusa.

Las potencias mencionadas han generado la extensión al uso civil, comercial y declarado como una forma de generar tecnologías y aplicaciones que exceden el marco militar, y así logran mantener realimentado el circuito tecnológico y presupuestario de cada país mencionado para buscar actualizaciones (modernizaciones) y servicios cada vez más importantes y numerosos que se reflejan y potencian sin dilación alguna los respectivos Instrumentos Militares.

Una excepción a lo mencionado es el nuevo sistema denominado GALILEO de origen europeo.

En este caso se declara formalmente que “no configura un sistema gerenciado por entidades militares, y que se encuentra orientado a la actividad de posicionamiento con sus muchas aplicaciones al medio comercial de escenario europeo”.

Sin embargo no existe ningún Ministerio de Defensa de los países de la UE que no disponga de este servicio. Es decir, la gerencia es formalmente civil, pero la implicancia es directa en lo militar.

Otros países como ser la ROC (Republic of China) se encuentran abocados a la fabricación de su sistema BEIDU, de próximo lanzamiento al campo comercial a nivel internacional.

Igualmente la Rep. de la India con sus sistema GAGAN.

Es decir que existe una proliferación muy importante de sistemas a nivel internacional.

En todos los casos estos sistemas son aplicables al Instrumento Militar, y también se ha generado colateralmente una carrera internacional por coptar el mercado global de posicionamiento motivado en que la cantidad de utilidades ha crecido exponencialmente (agricultura de precisión, localización de móviles de todo tipo, telefonía celular, etc.).

La clasificación de nuevos usuarios muestra claramente que todos los sectores requieren una mayor confiabilidad, precisión y disponibilidad (en adición al acatamiento de las normas internacionales), pero en esta área los de mayor sensibilidad son los móviles aéreos.

La Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI) es la entidad que norma esta actividad, y de la cual nuestro país es miembro.

Por el momento para la OACI (ICAO en inglés) los sistemas de navegación GNSS son válidos solamente “en ruta” es decir no para la aproximación y el aterrizaje.

Para estas fases críticas se siguen utilizando los sistemas convencionales (VOR, DME, ILS, etc.) de muy alto costo en particular por la adquisición, instalación y mantenimiento.

Desde el punto de vista puramente militar se pueden mencionar: cartografía militar, guiado y control de dispositivos tripulados o no-tripulados (sistemas inerciales de navegación) y georeferenciación centimétrica de objetivos militares.



2. Introducción

El objetivo de los sistemas de navegación satelitales es:

Determinar con precisión en cualquier lugar de la tierra POSICIÓN y TIEMPO mediante el uso de satélites.

Existen también redes terrestres que brindan el servicio pero en forma zonal que se describirán más adelante.

Los usuarios globales pertenecen a dos universos bien definidos: privados y gubernamentales.

Los gubernamentales pueden o no ser militares.

El servicio en general se denomina GNSS (Global Navigation Satellite System) y brinda:

- **POSICIÓN** con precisiones en el rango de 20 metros a 1 mm
- **TIEMPO** (UTC – Universal Time Constant) con precisiones en el rango entre 60 y 5 ns (nanosegundos)

Los datos de VELOCIDAD y RUMBO se obtienen de los anteriores

La Figura N° 1 sintetiza lo expuesto:



Figura N°1

La Radio Navegación es la aplicación de las frecuencias radiales para determinar la posición de un móvil en el casquete terrestre, básicamente instrumentado sobre la recepción y posterior medición de señales inalámbricas conocidas provenientes principalmente de balizas.

No todos los sistemas que se utilizaron operaron con los mismos principios, y por consiguiente no poseyeron la misma precisión.

La precisión creció exponencialmente con el paso de los años.

Lo expuesto se muestra en la Figura N° 2:

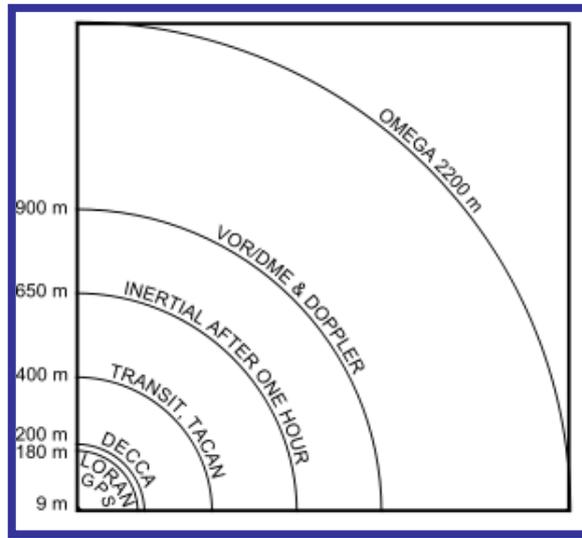


Figura N° 2

Se muestran en la en la Figura N° 2 las precisiones de diferentes sistemas utilizados en el pasado como indicación del crecimiento de la precisión de localización pero su aparición en el espectro tecnológico no fue simultáneo ni dedicado a un solo tipo de usuario.

Como se aclara mas arriba tampoco los principios de funcionamiento fueron los mismos.

Brevemente se puede mencionar el Sistema OMEGA que fue originariamente utilizado para móviles navales y constaba de estaciones fijas de gran tamaño. Se comenzó a usar en 1971 y fue descartado en 1997.

A bordo de buques se utilizaba un Receptor OMEGA y una Carta de Navegación OMEGA. Utilizaba la propiedad que las señales de Muy Baja Frecuencia (VLF) se propagan sobre la corteza terrestre con lo cual los equipamientos que conformaban estas señales poseían antenas de grandes dimensiones (más de 300 metros de altura), pero fue el primer sistema verdaderamente de uso GLOBAL, es decir adaptado al requerimiento del comitente (US Navy).

Esta cobertura global determinó que parte del esfuerzo fuese la celebración de Acuerdos Bilaterales del Gobierno USA con diferentes naciones (entre ellas la Rep.Argentina, en Trelew).

Con el avance del tiempo algunos emprendimientos totalmente privados, utilizaron el mismo principio de funcionamiento, más que nada para poder dar precisión de servicio en conglomerados urbanos, en donde es conocido que la propagación de todo tipo de señales se ve muy seriamente afectada por la presencia de grandes masas metálicas (principalmente estructuras de edificios, puentes, etc.).

Los indicados como VOR/DME & DOPPLER se generaron en el segmento aéreo, con lo cual requerían equipos de localización aeroportados (embarcados en móviles aéreos). Su origen data de la GM II y, finalizado el conflicto, evolucionaron también a aplicaciones comerciales.

TRANSIT fue en realidad el primer sistema de Posicionamiento puramente satelital (US Navy) y antecesor del actual y muy conocido GPS (Global Positioning System). Evitaba la instalación de estaciones grandes y costosos como las del Sistema OMEGA, pero muy especialmente la vulnerabilidad física de las mismas a cualquier tipo de Sistema de Armas. También la dependencia por necesitarse de los Acuerdos Bilaterales ya mencionados anteriormente.

Mucho mas cerca en la escala de tiempo se generó como consecuencia del avance tecnológico la Navegación Electrónica, la cual integra tres componentes:



- Cartas de navegación electrónica
- Sistema de posicionamiento GPS
- ECDIS (Electronic Chart Display Information System)

Los que deben estar absolutamente integrados para poder efectuarla.

3. Los Sistemas Satelitales de Posicionamiento

La Figura N° 3 muestra los actuales y futuros proveedores de información satelital de Posición y Tiempo:



Figura N° 3

Los históricos son los denominados Global Positioning System (GPS ó NAVSTAR) y GLONASS (**Global Navigation Satellite System**).

Ambos han sido objeto de modernizaciones de varios tipos, primeramente GPS y en años recientes el GLONASS.

Son sistemas militares aperturados al campo civil, comercial y declarado.

Tomando al Sistema GPS como “caso de estudio” se puede mencionar que la extrapolación al espectro comercial y declarado ha podido generar muchísimas aplicaciones en adición a su justificación original en el campo de la Defensa.

Aún lo mencionado se mantiene la situación que no puede por sí mismo alertar sobre errores propios en tiempos cortos.

Es decir que no es un sistema que garantiza un nivel de servicio determinado (QoS – Quality of Service). Los administradores del sistema no perciben ningún ingreso por brindar las señales a los usuarios.

La misma situación afecta a GLONASS.

Si bien su modernización se demoró bastante más que para el caso GPS por las condiciones de contorno particulares vividas en la ex USSR tampoco garantiza el servicio.



Es importante reconocer que la relativamente reciente decisión política de las autoridades actuales de Rusia en el sentido de modernizar su sistema es significativa.

La Figura N° 4 muestra un satélite de la serie GLONASS K (modernizado)

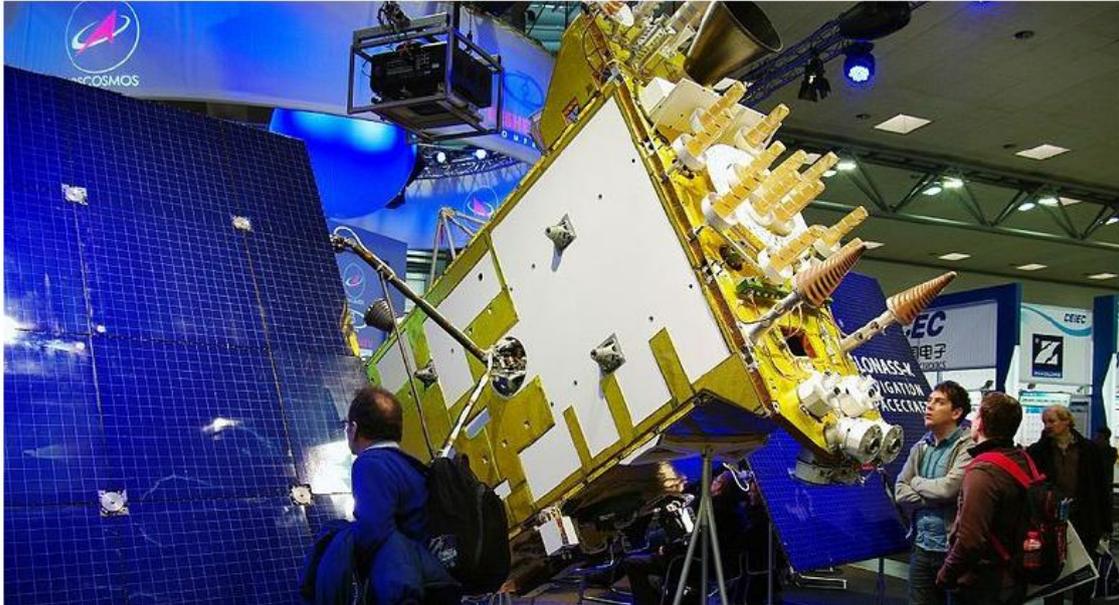


Figura N° 4 – Satélite GLONASS K

Esta condición de Calidad de Servicio es muy relevante para algunas aplicaciones, denominadas de “seguridad-de-vida” (en inglés SoL - Security of Life) que requieren que exista una alerta en caso de una indicación fallida, especialmente las relacionadas con la aviación.

En el caso del sistema más comúnmente utilizado en nuestro país, GPS, dispone de una capacidad de encriptación instrumentada a través de los denominados Códigos C/A y P(Y) los cuales están disponibles para la masa usuaria civil y declarada.

En caso que lo dispongan las autoridades administrativas del sistema, las señales de posicionamiento pueden proveerse de un tipo de encriptación que no esté al alcance de ningún receptor comercialmente disponible.

Los que son puramente de uso militar, permanecen totalmente habilitados para operar.

Si bien esta condición es conocida mundialmente en el universo de las aplicaciones civiles (afectaría a miles de receptores de la totalidad del segmento usuario nacional e internacional), las autoridades que administran el sistema (Gob.USA) ha buscado evitar esta circunstancia, pero nada impide que este criterio sea revisado llegado el caso, tal como ocurrió en la llamada “Guerra del Golfo”.

En este episodio internacional, las señales estuvieron bloqueadas artificialmente por el Gob.USA durante un lapso de tiempo.

Solamente en la Rep.Argentina doscientos cincuenta mil usuarios civiles quedaron sin señal útil (o en su defecto, si se lo prefiere como redacción, con posicionamientos totalmente erróneos).

Esta información fue obtenida por el autor de una entidad formalmente constituida denominada CAESSAT, Cámara Argentina de Empresas de Seguimiento Satelital que agrupa empresas fundamentalmente dedicadas a la localización de vehículos (actividad que se denomina en su conjunto AVL, ó “Automatic Vehicle Location”, <http://www.caessat.com.ar/>).



También al usarse el Sistema GPS las lecturas de posicionamiento quedan anuladas cuando la velocidad y la altura de un móvil aéreo superan ciertos valores.

Para vulnerar esta limitación, es necesario acceder a la estructura de las señales GPS, lo cual impone una tarea de mucha consideración dada la complejidad que se basa en que los códigos mencionados utilizan una modulación denominada de Espectro Expandido.

La Figura N° 5 sintetiza la evolución de las señales GPS.

Evolución de la señal GPS

Señal	Frecuencia	Long. Onda	Cant. actual	1er satélite	Completo en
L1	1575,42 Mhz	19cm	30	1988	1992
L2	1227,6 Mhz	24cm	30	1989	1992
L1 C/A			30	1989	1992
L1,L2 P(Y)			30	1989	1992
L2 C			9	2005	2016 (24)
L5	1227,6 Mhz	25,5cm	2	2010	2019 (24)
L1 C			0	2014	2021 (24)

Figura N° 5 – Evolución de la Señal GPS

La Figura N° 6 muestra la primera generación, los denominados satélites de reemplazo (replenishment), los que fueron modernizados y sus modelos posteriores (“follow-on”) y los de tercera generación.



advanced	replenishment	modernized	follow on	third generation
Block II A	Block II R	Bblock II R M	Block II F	Block III
L1	L1	L1	L1	L1
L2	L2	L2	L2	L2
C/A	C/A	C/A	C/A	C/A
P(Y)	P(Y)	P(Y)	P(Y)	P(Y)
		L2c	L2c	L2c
		M	M	M
			L5	L5
				L1c
7.5 años 1990-1997	1997-2004	2005-2009	12 años 2010	15 años 2015.....

Figura N° 6 – Las sucesivas generaciones de satélites GPS

La Figura N° 7 muestra el séptimo ejemplar de vuelo de la familia “Follow-On”, (“Flight 7”) GPS 2F7 construido por la empresa Boeing. Colocado en órbita el 1ro de Agosto de 2014 se encuentra operativo y con su correspondiente control transferido a la Base Aérea Shriever de la USAF en el estado de Colorado con fecha 8 agosto del mismo año. La mencionada empresa es la contratista de los próximos doce satélites GPS 2F.



Figura N° 7



La Federación Rusa ha invertido unos 1.800 millones de Euros en GLONASS los que se modernizarán a nivel de los estándares de otros sistemas ajenos a la Federación (diez años de vida útil en vez de solamente tres) y relojes de abordo (Medidores de Tiempo) a base de MASERS de hidrógeno, los cuales se conoce dentro de la literatura del tema que han ofrecido un comportamiento satisfactorio.

El sistema de posicionamiento europeo se denomina GALILEO.
Los objetivos fueron:

Generar INDEPENDENCIA de USA: como se ha mencionado más arriba hay mundialmente dos sistemas históricos GPS y GLONASS y este último no ha generado aplicaciones comerciales dejando un monopolio “de facto” a cargo de GPS.

El gobierno americano lo controla y puede degradarlo y hasta desactivarlo en caso de crisis (inclusive han oficialmente expresado que en “tiempo de crisis” están en condiciones de anular también el funcionamiento de GALILEO).

Generar mayor precisión de localización respecto de las prestaciones de GPS:

Servicio Abierto (4 a 15 metros) sin cargo – similar a GPS
Servicios Críticos de Seguridad (4 a 6 metros) con cargo
Servicio Comercial encriptado con cargo
Servicio de SAR (Búsqueda y Salvamento) con canal de retorno

Garantizar la INTEGRIDAD de las señales (no la brinda GPS), es decir la confiabilidad de las señales recibidas y AVISO de no cumplir con ella.

El servicio ABIERTO ES SIN CARGO -igual que el de GPS-
Los demás implicarán abonos de diferentes tipos.

Generar participación de la industria europea en el enorme negocio de los receptores

Mejorar la recepción de señales en zonas de latitudes altas

Total: 30 satélites (más 3 de reserva), 5 lanzamientos ARIANE V con ocho satélites cada uno y 3 con lanzador Soyuz con dos satélites cada uno.

Teóricamente GALILEO ha hecho profesión de fé en el sentido de evitar “la militarización del espacio exterior”, y por lo tanto la Comunidad Europea aprobó los cuantiosísimos presupuestos de instrumentación del sistema gerenciado por un Comité de Decisión (aproximadamente 14,000 Millones de euros) en donde formalmente no hay miembros militares....sin embargo ningún Ministerio de Defensa europeo ha descartado la utilización del sistema.

GALILEO incluirá un servicio de Baliza de Emergencia con canal de retorno perteneciente al antiguo sistema COSPAS-SARSAT que operó por muchos años independientemente mucho antes de su aparición.

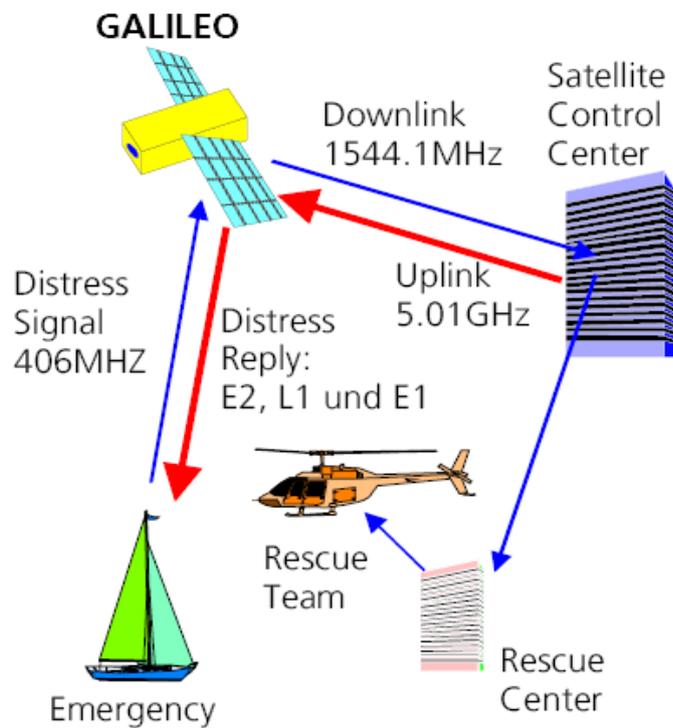


Figura Nº 8 – Baliza de localización de GALILEO



Figura Nº 9 – COSPAS SARSAT un proyecto ruso-francés

La Rep.Argentina tiene responsabilidad de Búsqueda y Salvamento (SAR – Search and Rescue) en una amplia zona que se muestra en la Figura Nº 10, haciendo uso de un Centro de Recepción de Señales SAR ubicado en dependencias de la I Brig.Ae. Palomar (FAA).-

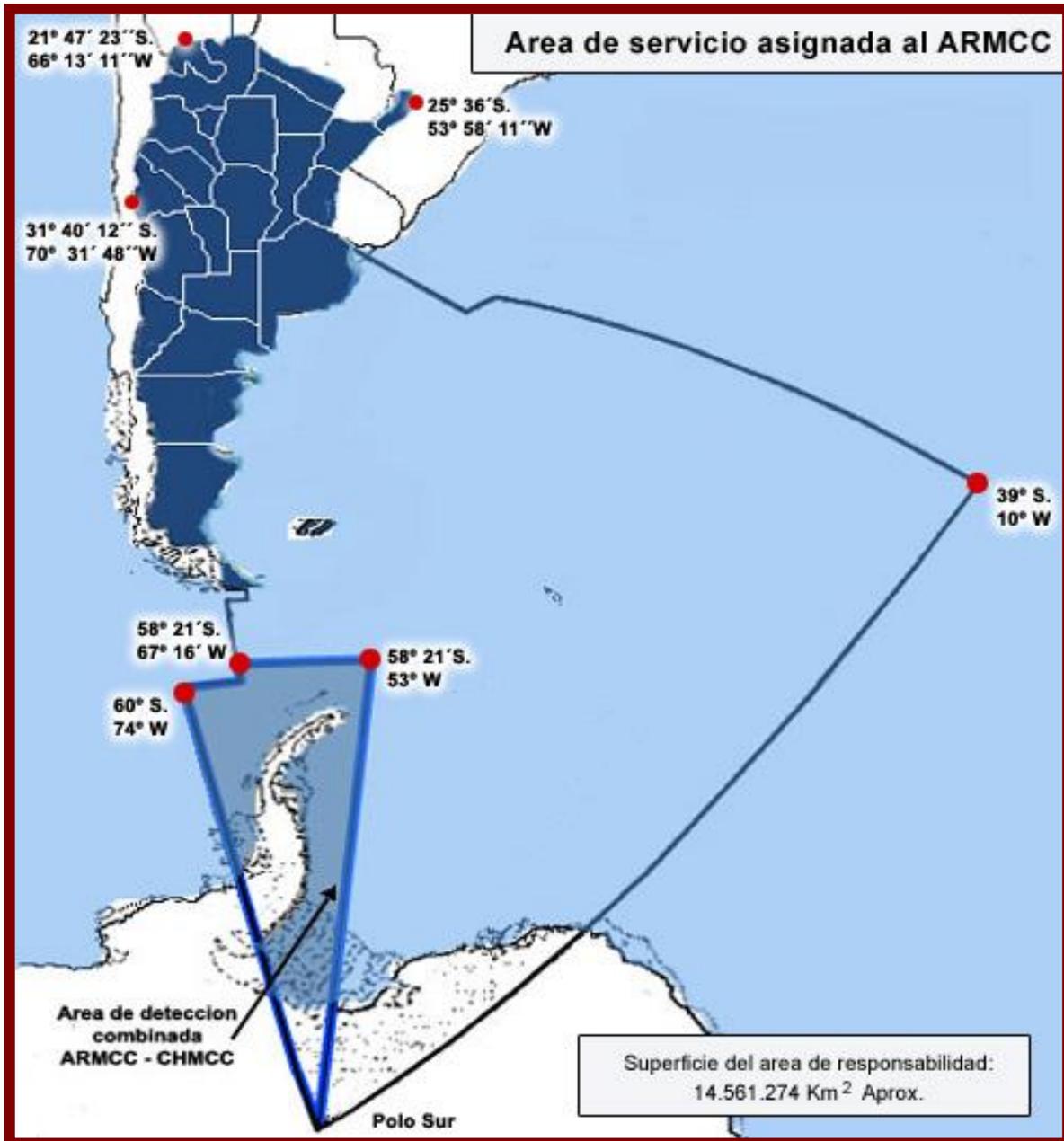


Figura Nº 10 – Área de Responsabilidad SAR de la rep.Argentina

Se desconoce al momento de confeccionar este informe la situación en que quedará el sistema de cara a su absorción por parte de GALILEO.



Figura Nº 10 – Arribo de la Unidad de Vuelo Nro.6 (FM06) al Centro ESTC de la Agencia Espacial Europea ubicado en la Países Bajos aumentando a nueve el número de los satélites (cuatro para su lanzamiento desde el Centro Espacial de Kourou, Guayana Francesa). A diciembre de 2014 el total de espacionaves en órbita es de seis. El centro ESTEC efectúa las pruebas de aceptación para colocación en órbita. El integrador de los veintidós satélites es la empresa alemana OHB, y las cargas útiles son realizadas por Surrey Satellite Ltd. (UK)

Beidou es un proyecto desarrollado por la República Popular de China para obtener su propio sistema de navegación satelital. Beidou es el nombre chino para la constelación de la Osa Mayor.

La primera generación, BeiDou-1, ya está operativa desde el 2000 y es un sistema de posicionamiento por satélite local dando servicio a China y a sus países vecinos. La segunda generación, también llamada Compass o BeiDou-2, será un sistema de posicionamiento global con un funcionamiento similar al GPS.

Según informaciones oficiales ofrecerá dos tipos de servicios:

- * El primero será abierto y podrá dar una posición con un margen de 10 metros de distancia, 0,2 metros por segundo de velocidad y 0,000005 segundos de tiempo.
- * El segundo servicio será autorizado solo para determinados clientes y ofrecerá servicios más precisos y con mayores medidas de seguridad.

A diferencia de los sistemas GPS, GLONASS y GALILEO, que utilizan satélites en órbitas bajas y ofrecen servicio global, la primera generación, Beidou-1 usa satélites en Orbita Geoestacionaria.

Esto implica que el sistema no requiera una gran constelación de satélites, pero limita su cobertura sobre la tierra a la visible por los satélites, China en este caso. También es muy poco probable con la tecnología actual de poder vulnerar físicamente los satélites.

Otra gran diferencia de BeiDou-1 es que calcula las coordenadas únicamente con dos satélites y una estación en tierra. Esto implica la necesidad de enviar una señal desde el dispositivo remoto, cosa que no es necesaria con GPS o GLONASS.



Se prevé que Compass, la segunda generación, cuente con entre 12 y 14 satélites entre 2011 y 2015. Para 2020, ya plenamente operativo deberá contar con 30 satélites. De momento (Diciembre, 2014), ya superan 14 en órbita. Así mismo China está también asociada con el proyecto Galileo, el cual no es todavía operacional

4. Los Errores en los Sistemas Satelitales de Posicionamiento

Existe un gran crecimiento en la precisión de sistemas de posicionamiento, ya que su principal utilización es la Defensa (más allá que exista una apertura al campo de las aplicaciones civiles y declaradas). La Figura N° sintetiza el concepto generalizando la tendencia hasta el año 2010.

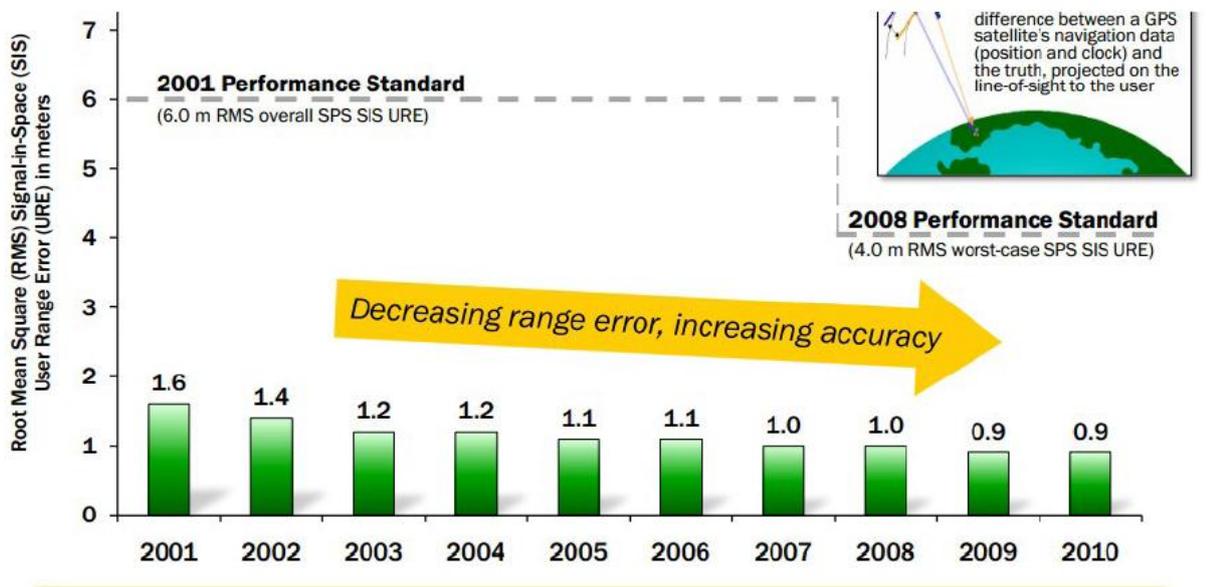


Figura N° 11 - Incremento en la precisión de localización 2001 -2010 URE (User Range Error – Error de Medición de Distancia del Usuario)

Para todos los sistemas que no sean absolutamente ideales existen errores que pueden determinar que la obtención del fix de posición (obtención de LAT/LONG/ALTURA) no sea precisa, aunque la Figura se refiere a distancias centimétricas.

Se busca entonces revertir la tendencia en el sentido de encontrar una lectura lo más exacta posible. Este dato es relevante para los denominados Sistemas Inerciales de Navegación (INS), en tanto y en cuanto si no existe una corrección de la posición, las navegaciones de gran recorrido acumularán errores secuencialmente impidiendo el Control y Guiado de todo tipo de dispositivos, terrestres navales y aéreos.

Los factores intervinientes en el error de medición son:

1) LA CALIDAD DEL RECEPTOR



2) LA LOCALIZACIÓN DEL USUARIO: algunos lugares poseen mayor nivel de ruido que otros, y adicionalmente pueden darse rebotes de señal (“multipath”) en donde el receptor recibe la misma señal, pero súper impuesta a la original, es decir con diferentes retardos. Esto ocurre muy comunmente en conglomerados urbanos. La pureza del Espectro Radioeléctrico también es un factor de consideración.



Figura N° 12- señal GPS “limpia” es decir exenta de interferencias

3) EFECTOS DE RETARDO POR PROPAGACIÓN: generado por el paso de las señales por las capas ionosféricas y troposféricas.

4) SINCRONIZACIÓN DE LOS RELOJES DE ABORDO CON EL TIEMPO DEL SISTEMA

5) DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ORBITALES: los usuarios deben calcular la posición de los satélites, para lo cual se determinan por medio de parámetros denominados “Keplerianos” (“Satellite Ephemeris Data”).

En tanto y en cuanto exista un error en este sentido, la lectura de localización se verá afectada (también denominada “fix” en inglés).

Para poder apreciar la importancia de evitar la generación de errores y el control de una constelación de satélites de posicionamiento se adjunta la Figura N° 13 en la cual se observa las diferentes componentes del Segmento Terrenal de Control Operacional del Sistema GPS:

Se distinguen:

- Las Estación Terrena de Control (Master) ubicada en la base Aérea Shriever (USAF)
- La Estación de Control Alternativa (Base Aérea Vandenberg - USAF)



Antenas Transmisoras Terrestres (Ground Antenas) distribuidas en diferentes ubicaciones a nivel mundial.

Estaciones de Seguimiento Remotas (AFSCN)

Estaciones de Monitoreo NGS (Oficina Nacional de Inteligencia Geo-espacial del Gobierno de USA), en un total de once, y una ubicada en Argentina en dependencias del Instituto Geográfico Nacional.

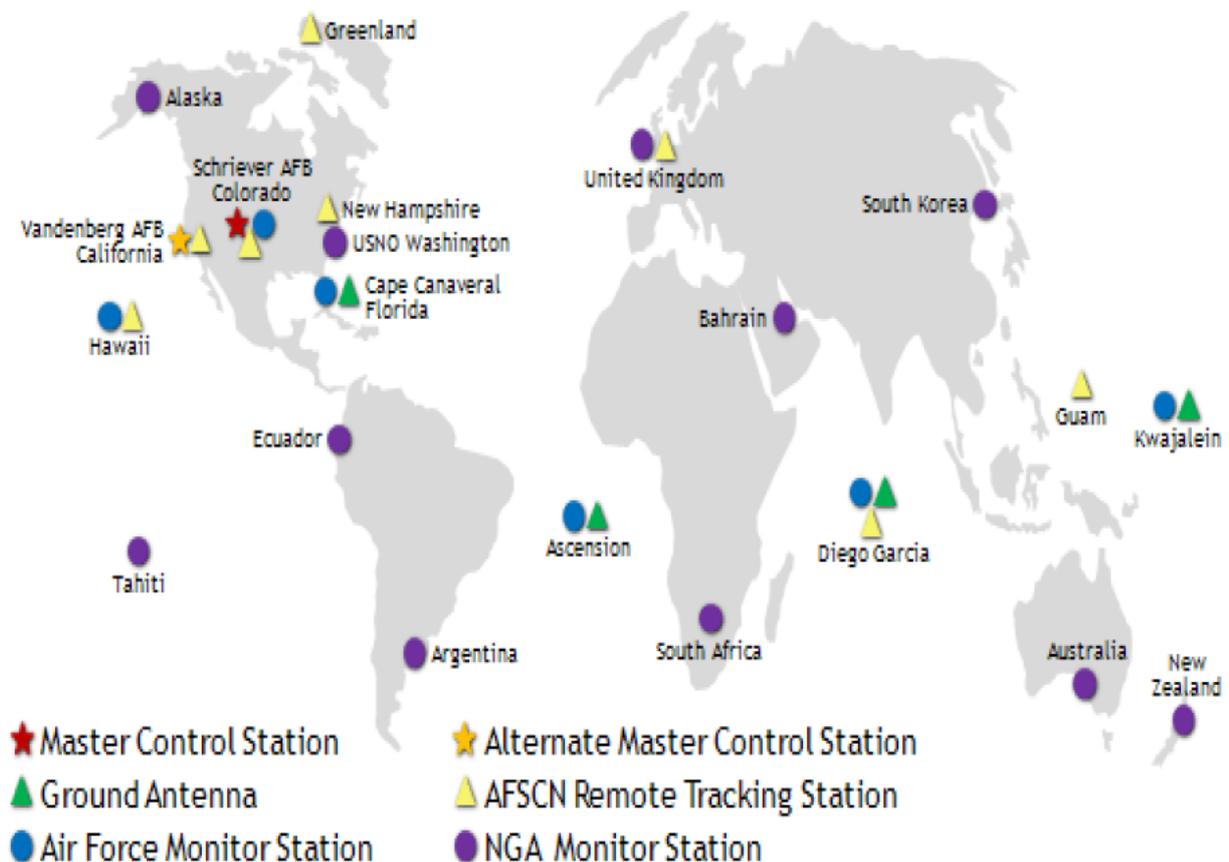


Figura N° 13 - Red mundial de Monitoreo y Control GPS

La Figura N° 13 aporta también en la visualización de la magnitud de un esfuerzo numerario, lo cual es parte del concepto de Valor que el Depto. de Defensa USA asigna al sistema.

5. Las Redes de Aumentación



El Servicio de Posicionamiento se reconoce genéricamente en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como GNSS, es decir Global Navigation Satellite Systems (Sistemas Globales de Navegación por Satélite).

A todas las constelaciones mencionadas (más las que están en gestación al momento de confeccionar este informe) se las engloba bajo esta denominación genérica.

Para la corrección de los errores de posicionamiento se utilizan las llamadas REDES DE AUMENTACIÓN que pueden ser locales, regionales o satelitales.

Se denominan de esta forma por que aumentan la precisión. El objeto de estas redes es efectuar y radiodifundir las correcciones.

Obtenidas las correcciones, los datos pueden difundirse de varias formas (por medio de sistemas convencionales terrestres, medios de radiodifusión, o bien por medios espaciales).

Por esta razón se han instrumentado internacionalmente redes de dos tipos:

Terrestres también llamadas GBAS (Ground Based Augmentation Systems), y **Satelitales** SBAS (radiodifunden por este medio satelital las correcciones)

SBAS, abreviatura inglesa de Sistema de Aumentación Basado en Satélites, es un sistema de corrección de las señales que los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) transmiten al receptor del usuario. En esta modalidad de radiodifusión espacial se aprovecha el hecho que es posible cubrir grandes extensiones territoriales (lo que se denomina "las coberturas" satelitales).

GRAS son también con el mismo fin, pero sin radiodifusión de correcciones por medio de satélites ya que esta tarea se realiza por medios terrestres (está siendo utilizado en varios países principalmente en Australia).

Los sistemas SBAS mejoran el posicionamiento horizontal y vertical del receptor y dan información sobre la calidad de las señales.

Aunque inicialmente fue desarrollado para dar una precisión mayor a la navegación aérea cada vez se está generalizando más su uso en otro tipo de aplicaciones que requieren de un uso sensible y particular de las señales GNSS (muy especialmente Agricultura de Precisión).

Actualmente están desarrollados o en fase de implementación los siguientes sistemas SBAS y GRAS:

WAAS – **Wide Area Augmentation System** - Depto. de Defensa de USA

EGNOS – **European Global Navigation Overlay System** administrado por la ESA (Agencia Espacial Europea) y utilizado por todos los Deptos. de Defensa de los países que constituyen la EU.

WAGE (**Wide Area GPS Enhancement**), que trasmite más precisión en los datos de efemérides y reloj de los satélites destinado a uso militar y receptores autorizados

MSAS (**Multi-Functional Satellite Augmentation System**), operado por Japón

StarFire, gestionado por la empresa John Deere (maquinaria agrícola)

QZSS (**Quasi-Zenith Satellite System**), propuesto por Japón

GAGAN (**GPS and GEO Augmented Navigation**), planeado por la India

GRAS **Ground Based Augmentation System** – Ministerio de Defensa de Australia

SDCM **System for Differential Correction and Monitoring** – Rusia

SNAS **Satellite Navigation Augmentation System** – China

StarFix y **OMNISTAR** operados por la multinacional FUGRO (dedicada al relevamiento de recursos energéticos basada en Holanda)

Todos utilizan señales de referencia que se comparan las señales GPS e infieren el error.



Normalmente se obtienen vectores de posición con errores centimétricos (dependiendo de varios factores mencionados más arriba).

Para muchas aplicaciones comerciales y declaradas esta precisión es suficiente.

La Figura N° 14 muestra el alcance geográfico de las mencionadas redes.

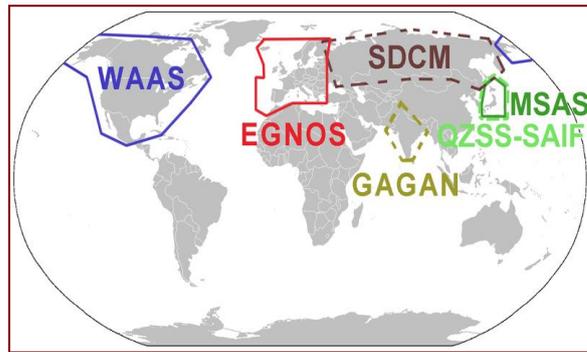


Figura N°14

Nótese que quedan vastas zonas sin cubrirse por sistemas gubernamentales, como ser Latinoamérica y África (servidas por FUGRO)

En las redes SBAS (Satellite Based Augmentation Systems) las señales:

- 1) Se reciben de las constelaciones GNSS
- 2) Se corrigen (perdida de precisión por retrasos al atravesar las capas ionosféricas)
- 3) Se retransmiten corregidas a satélites GEO para su radiodifusión a la masa de usuarios

El esquema general de funcionamiento se muestra en la Figura N°15:

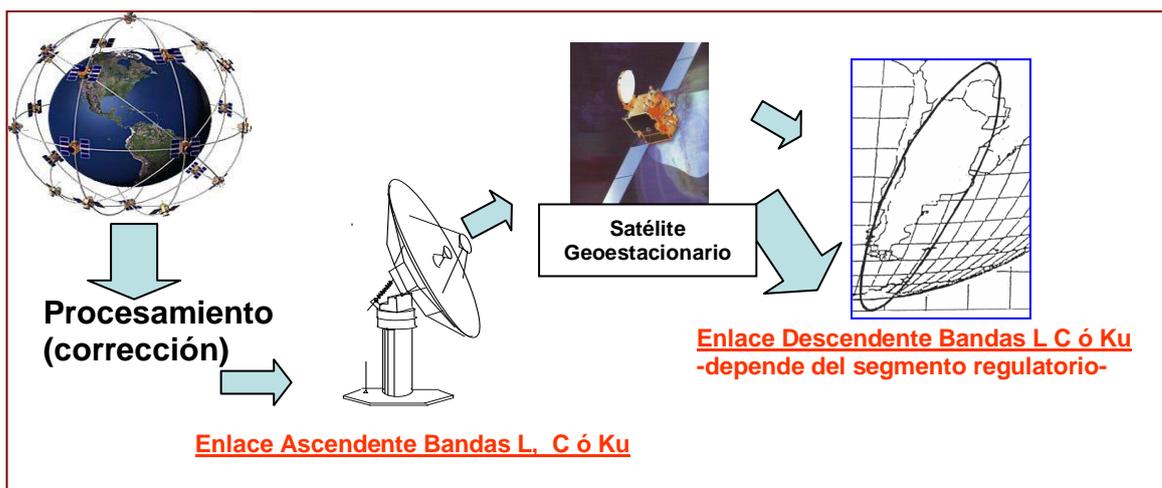


Figura N°15

Se busca que el segmento receptor continúe operando los receptores en las bandas asignadas al servicio GNSS (por la gran cantidad de equipos comercializados internacionalmente a muchísimos usuarios y fabricantes) por lo cual el enlace Satélite-Tierra debe estar dentro de la denominada Banda L.



Debido a la falta de ancho de banda, en varios foros se está buscando consenso para poder operar dentro de otras Bandas, como ser las “C” y “Ku” (aunque todavía ésa medida no se ha instrumentado).

Por el momento no existen muchos sistemas satelitales que operen en Banda L de Bajada (“Down-Link”).

Pueden mencionarse el Sistema INMARSAT y el Sistema ARCOS (ruso).

El sistema INMARSAT fue originariamente pensado para buques, pero al cubrir también una sección de las masas continentales es posible utilizarlo también en tierra. Actualmente es una entidad privada con sede en Londres.

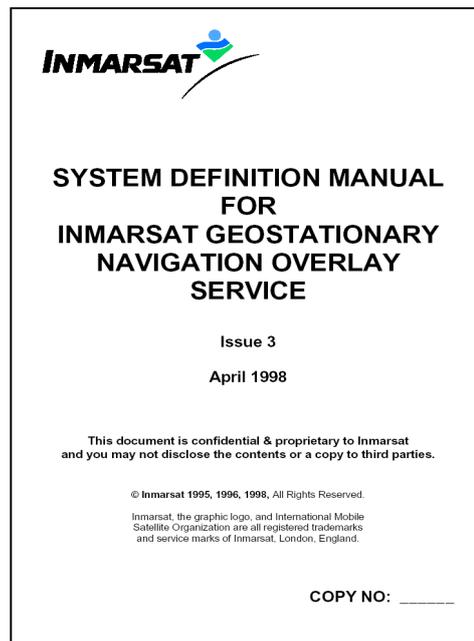


Figura N°16 – El perfil técnico de INMARSAT para SBAS



Figura N°17 - Satélites INMARSAT 5 F1 e INMARSAT F2 en instalaciones de Boeing.

La arquitectura interna de INMARSAT 4 para radiodifusión de señales de aumentación (Bandas L1 y L5 que son específicas de los sistemas de posicionamiento satelitales de acuerdo a la UIT – Unión Internacional de Telecomunicaciones) se muestra en la Figura N° 18

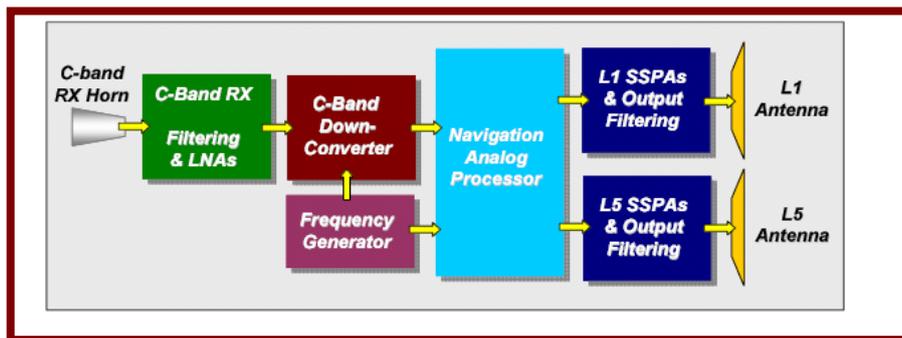


Figura N° 18

6. Antecedentes en Argentina

La República Argentina ha utilizado históricamente desde la órbita gubernamental diferentes sistemas de posicionamiento, espectro dentro del cual algunos no fueron de tipo satelital mientras que otros más recientes utilizan esta tecnología.

Pueden mencionarse el Sistema TRANSIT (antecesor del GPS) y el Sistema de Navegación OMEGA. El primero fue utilizado por el Instituto Geográfico Militar (hoy IGN) y el sistema OMEGA por la ARA. Ambas entidades dependientes del Ministerio de Defensa



Con el correr del tiempo el Instituto Geográfico Nacional ha logrado colocar en funcionamiento una red denominada Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC), que utiliza receptores GPS de doble frecuencia (se cancelan los errores de retardo al pasar por las capas troposféricas). Las correcciones se difunden por medios informáticos y poseen una comunidad de usuarios fundamentalmente agrimensores.

Todas las utilizaciones se generaron desde la esfera de convenios bilaterales con las entidades gubernamentales extranjeras responsables.

Referido a una Red de Aumentación es importante destacar que ya se han realizado estudios de pre-factibilidad en nuestro país, y se ha conformado una “Comisión de Seguimiento de la Navegación por Satélite” a través de la Secretaría de Industria con la participación de cinco subsecretarías de estado.

Sin embargo no se ha propuesto formalmente una Red Nacional de Aumentación pese a que el Ministerio de Defensa es firmante de este documento Resolución 17369/08.

De los considerando del mencionado documento, se desprende que es conocido el cúmulo de ventajas para TODA LA ECONOMÍA NACIONAL al llevar a cabo una Red de Aumentación pero pese a esto no se han destacado evidencias de acciones concretas, ni mucho menos la participación del Ministerio de Defensa.

El Estudio de Factibilidad fue elaborado por la Universidad nacional de La Plata (UNLP). La carátula se muestra en la Figura N° 20



Figura N° 20

Tal como se ha mencionado existe en Argentina la red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo) del IGN (<http://www.ign.gob.ar/>) a la cual actualmente se accede solo por Internet. Hay 2 servicios disponibles, uno a Tiempo Diferido y otro a Tiempo Real a través del protocolo NTRIP.



El relevamiento de precisión del territorio continental, insular y antártico de nuestro país está también relevado por la empresa multinacional FUGRO (<http://www.starfix.com/positioning-systems/coverage-diagrams/>) a través de un servicio comercial denominado Starfix. La Figura N° 22 muestra la localización de las estaciones de referencia las cuales no utilizan tecnología satelital. Nótese que en el extremo sur de nuestro país, las dos estaciones de referencia se encuentran ubicadas en Punta Arenas, Chile, y Puerto Argentino (Islas Malvinas)

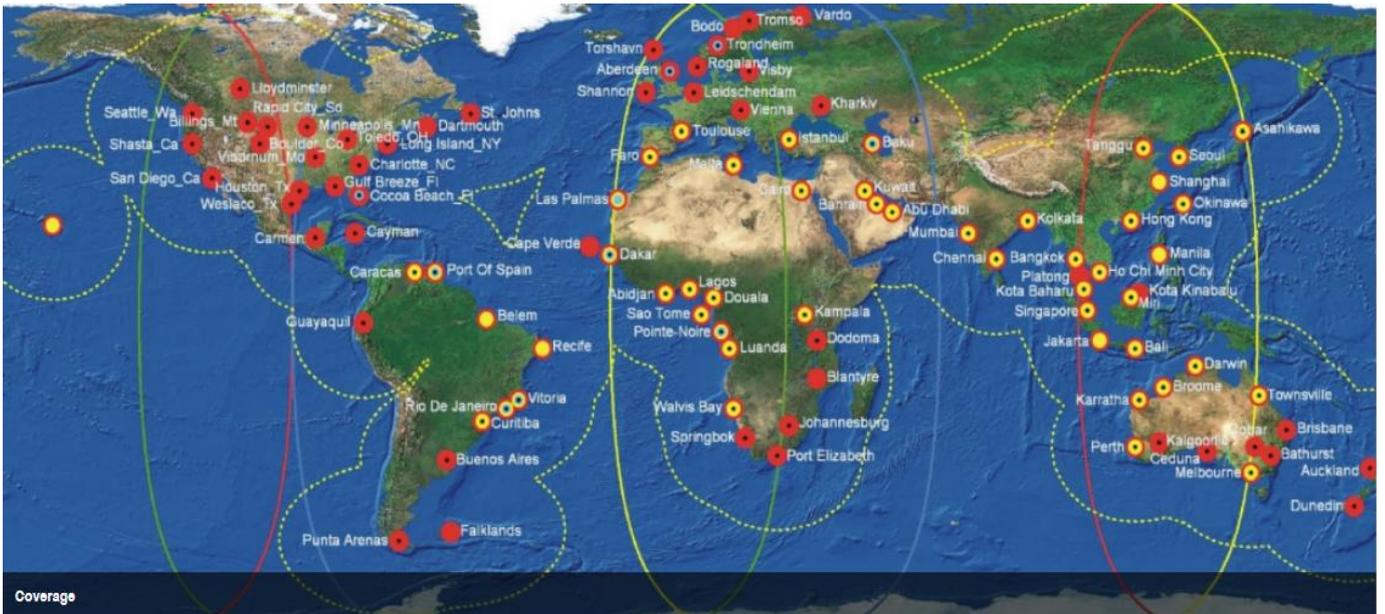


Figura N° 22 – Red de estaciones de referencia del sistema Starfix de FUGRO

Existen también utilizaciones de las señales GPS como ser el Servicio AIS (Automatic Identification System) utilizado por la Prefectura Naval Argentina. La Figura N° 23 muestra la carátula de la página de Internet

Presidencia de la Nación | **Ministerio de Seguridad** | **PREFECTURA NAVAL ARGENTINA**
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS Y EL COMERCIO DESDE 1810

26 de Diciembre de 2014

SERVIDOR NACIONAL AIS

Inicio
Institucional
Actividades
Educación
Ordenanzas
Prefectura en la OMI
Guía de trámites
Consultas / Reclamos

Títulos:

- Introducción
- ¿Que es el SIA/AIS?
- Acceso al sistema
- Nuevos usuarios
- Recuperar contraseña

Introducción

La Prefectura Naval Argentina, le da la bienvenida a su sitio en Internet "AISINFO", servicio de determinación en tiempo real del tráfico marítimo y fluvial de la República Argentina.

La información difundida en este sitio Web proviene de los sistemas AIS instalados en los Centros de Control del Tráfico, ubicados en Estaciones Costeras de la Prefectura Naval Argentina, con los movimientos de barcos y operaciones portuarias.

El AISINFO le permite ver gráficamente datos relacionados con la condición física y navegatoria de los buques que

0800-888-7730
Lunes a Viernes 9 a 17 hs.



Figura Nº 23 – El Sistema AIS utilizado por PNA

En esta aplicación los móviles navales reciben señal GPS y retransmiten por VHF Banda Marina a tierra las lecturas de posición. Las mismas luego se transmiten digitalmente a un Centro de Control. Nuevamente, como en el caso de la Red RAMSAC, si las señales GPS son encriptadas, no es posible utilizar el sistema.

También se aprecia importante mencionar que el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) posee en la Pcia. de Córdoba una división denominada Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi en donde se centra la actividad de Agricultura de Precisión. La Figura Nº 24 muestra la carátula del sitio en Internet (<http://inta.gov.ar/unidades/622000>)



Figura Nº 24 – EEA INTA Manfredi

Dentro del espectro de aplicación agrario se destaca un emprendimiento de la empresa D y E (<http://www.dyesa.com/>) la cual ha instalado celdas de posicionamiento con cobertura parcial del territorio nacional. La Figura Nº 25 muestra la carátula del sitio Internet mencionado.





Figura Nº 25 – Emprendimiento de la empresa D y E

7. Conclusiones

El contexto de los diferentes sistemas de posicionamiento mencionados en este informe permite decir que se trata de Sistemas de Defensa que han sido (y son actualmente) objeto de presupuestos verdaderamente gigantescos que escapan a cualquier posibilidad que pueda asemejarse al medio del Instrumento Militar (IM) de nuestro país.

De hecho los dos sistemas más conocidos e históricos, GPS y GLONASS, se instrumentaron con el objeto de poder tener acceso a las señales en todo el globo terrestre, fundamentalmente el dominio de los mares.

Ambas superpotencias poseen redes terrestres, WAAS en el caso de USA y SDCM en Rusia, pero mantienen sus componentes espaciales de cobertura global, cuya expensa (por lo menos la declarada oficialmente) muestra la importancia que le asignan los planificadores de cada país a estos recursos estratégicos.

La motivación de GALILEO se aprecia como diferente, es decir independencia por un lado y facturación de servicios por otro (todos los servicios relevantes son con cargo, lo cual no ocurre en los dos casos anteriores).

Formalmente niegan la integración de ser parte un Sistema de Defensa, es decir no está gerenciado por Fuerzas Militares, pero es conocido que todos los Ministerios de Defensa Europeos utilizarán el sistema. También en este caso Europa posee una red terrestre denominada EGNOS, de gran prestación, desplegada en toda la zona geopolítica del Mediterráneo.

La introducción de la Rep.Popular China con su sistema Beidou en este escenario permite percibir que a nivel internacional existirá una gran puja por dominar este mercado sensitivo, y nuevamente con la característica de presupuestos y decisiones de alto nivel que son condición indispensable para su puesta en práctica.

Otra consideración importante es que, si bien la Rep.Argentina ha desarrollado tempranamente su accionar en el Espacio desde la creación en 1960 del Organismo Espacial, la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, hoy el IM se encuentra absolutamente vedado a cualquier utilización sensitiva que lo ayude a modernizarse, muy especialmente los medios espaciales.

Esto es esencialmente una situación artificial que puede revertirse, pero que seguramente demandará un esfuerzo y tiempo significativo.

Puede mencionarse que existen organismos oficiales que tienen acceso a satélites fabricados y gerenciados por organismos de Defensa de países tradicionalmente amigos, pero que mantienen “celosamente” su campo de acción y no coparticipan bajo ningún concepto en nada significativo con el IM propio. También la decodificación de algunos códigos del sistema GPS forman parte del mismo esquema.



Los sistemas GNSS son parte de lo que se denomina Medios ISR (Inteligencia, Reconocimiento y Vigilancia), medios que no es novedad que hoy a nivel mundial evolucionan con una velocidad significativa, con capacidades las 24 horas del día y en cualquier ubicación geográfica y condición climática.

Es innegable que son parte ineludible del gran conflicto futuro que, sin buscar sensacionalismos en este informe, se ve claramente que afectará en un futuro no tan lejano las vidas y haciendas de la humanidad toda.

Esta exclusión artificial es doblemente grave en tanto y en cuanto la Rep.Argentina se encuentra dentro de los 10 (diez) países con mayores riquezas naturales del planeta, y su IM es responsable de velar por la custodia de estas riquezas (las cuales es sabido que ni siquiera se encuentran bien relevadas a niveles mayores al 30 /35%).

Una alternativa de independencia pueden ser los sistemas terrestres de posicionamiento, los que se conocen como Sistemas de Posicionamiento mediante Pseudolitos:

Un pseudolito es un dispositivo que es capaz de generar señales de posicionamiento pero que admite ser desplegado dentro de un área mucho menor que la que barre un satélite artificial de la tierra.

Los pseudolitos no son satélites sino dispositivos terrestres.

En esta modalidad no se radiodifunden señales de posicionamiento mediante satélites artificiales de la tierra.

A respecto es necesario volver a resaltar que los sistemas GPS y GLONASS son sistemas militares aperturados al ámbito civil y comercial. Más allá del discurso oficial o mismo ocurre con otros sistemas (Galileo, Beidu, etc.)

Los gestores de estos sistemas han utilizado satélites debido a sus respectivas necesidades estratégico-operacionales, las que como es de entender cubren todo el planeta siendo ésta la justificación plena de la utilización de espacionaves, es decir que puedan cubrir todo el globo en todo momento.

El caso de una red de pseudolitos no utiliza satélites, sino en su lugar equipos que se pueden disponer dentro de una amplia gama de lugares (y que no son voluminosos ni de gran consumo de energía).

Esta posibilidad queda encuadrada dentro de un Proyecto de Investigación que han sido conducido por la Fuerza Aérea Argentina, que ha podido (pese a restricciones presupuestarias muy agudas) definir algunos pasos preliminares con capacidad de "continuación a futuro".

Es decir que una red terrestre de pseudolitos es en realidad el final de un camino empezado a recorrer por medio de esta iniciativa encuadrada dentro de la vertical de Sistemas de Navegación.

La tarea no es menor para nada:

Hoy en día es posible de poder encontrar en el mercado receptores Multi-Satelitales, es decir no solamente capaces de recepcionar señales L1 únicamente (muy difundidos para uso general), sino varias más que se pueden sintetizar en la siguiente lista:

- a) L1 / L2 GPS
- b) L1 / L2 GPS- GLONASS
- c) SBAS
- d) RTCM (versiones 2.3 /3.0 y 3.2)



- e) Todas las anteriores más GALILEO
- f) Todas las anteriores más BEIUDU

Como es de entender esto eleva el esquema de costo y de horas/hombre para la determinación de la tarea.

Se necesita definir un Concepto Operacional del Sistema, también conocido como CONOPS.

El CONOPS es un Documento que encuadra todo el sistema y fija el curso técnico del proyecto desde una visión de alto nivel.

Un CONOPS debe responder las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo, por qué y como del proyecto desde el punto de vista de cada los interesados (usuario, operador, mantenedor, etc.)

Sintéticamente:

Quién?	Los interesados involucrados con el sistema
Qué?	Los elementos y capacidades de alto nivel del sistema
Dónde?	La extensión geográfica y física del sistema
Cuándo?	La secuencia de actividades a realizar
Por qué?	El problema o la oportunidad que direcciona el sistema
Cómo?	Como será desarrollado, operado y mantenido el sistema

La Red Nacional de Aumentación debe ser gerenciada desde un primer principio por el Ministerio de Defensa, con apertura al campo comercial y declarado (especialmente el sector agropecuario) y una jerarquía superior de usuarios (las FFAAs).

Los elementos deben ser los pseudolitos, con capacidad de poder recepcionar todas las constelaciones GNSS, pero en caso de interrupción poder seguir prestando el servicio a los diferentes usuarios.

La extensión geográfica es el territorio continental, insular y antártico argentino.

La secuencia de actividades a realizar esta ligada primeramente al Patrón de Tiempo Unificado Argentino, lo cual no se ha realizado al momento de confeccionar este informe (no hay posicionamiento de precisión si no hay un Patrón de Tiempo Unificado)

El problema o la oportunidad que direcciona el sistema, es la ENORME existencia de señales TODAS extranjeras (satelitales o no-satelitales) que inundan el territorio Nacional (y sus riquezas).

Desarrollo: nacional, operación Ministerio de Defensa, mantenimiento por medio de los medios del Estado.

NICOLAS MENDEZ GUERIN - Integrante del Comité Asesor del CEPTM "GrI MOSCONI" - Diciembre de 2014