



50 años del inicio de la Era Espacial

Del Sputnik al Galileo

▲ Satélite GIOVE-A, primero del sistema Galileo puesto en órbita en 2005 por la Agencia Espacial Europea (ESA).

The Space Age: 50 years on FROM SPUTNIK TO GALILEO

Summary:

On the 4th October 1957 a modified R-7 Semyorka rocket left the launch pad in Baikonur, carrying Sputnik on board which was, minutes later, to become the first artificial satellite put into orbit by man, thus marking the beginning of the Space Age. Fifty years on, the combined use of Galileo with other satellite positioning systems, such as GPS III or GLONASS-K, will offer high-end services for user communities throughout the world, of particular use for the transport and especially the maritime sector.

El 4 de octubre de 1957 un cohete R-7 Semyorka modificado despegó desde el Cosmódromo de Baikonur, llevando a bordo el Sputnik, que unos minutos después se convertiría en el primer satélite artificial puesto en órbita por la humanidad, dando así origen a la Era Espacial. Cincuenta años más tarde, el uso combinado de Galileo y otros sistemas de posicionamiento por satélite como el GPS III o GLONASS-K ofrecerá un gran nivel de prestaciones para todas las comunidades de usuarios del mundo entero, en especial en el ámbito de los transportes, y en particular para el sector marítimo.



▲ Lanzamiento del satélite Sputnik el 4 de octubre de 1957.

sada para estudiar la atmósfera superior y el espacio más cercano a la Tierra. El 31 de enero de 1958 los Estados Unidos pusieron en órbita su primer satélite, el Explorer I.

El uso combinado de Galileo y otros sistemas de posicionamiento por satélite ofrecerá un gran nivel de prestaciones, en especial para el sector marítimo

Así, igual que marcó el inicio de la Era Espacial, el lanzamiento del Sputnik significó también el arranque de la carrera espacial entre las dos potencias.

Con el paso del tiempo y el acceso de otros países al espacio la carrera espacial fue perdiendo fuelle, y generalmente se considera que terminó el 17 de julio de 1975, cuando una cápsula Apollo y una cápsula Soyuz realizaron un encuentro espacial que permitió a sus respectivas tripulaciones pasar de una nave a otra y colaborar en diversos experimentos.

Son incalculables las ventajas y beneficios que de esta aventura espacial se han obtenido para la humanidad en tan sólo 50 años, empezando por las comunicaciones vía satélite y pasando por unas predicciones meteorológicas más fiables, investigación científica, o los sistemas de navegación por satélite.

NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

Los sistemas de navegación por satélite que se desarrollaron en la década de los ochenta con fines inicialmente milita-

Técnicamente el Sputnik no era gran cosa, pues había sido diseñado por la entonces Unión Soviética como un satélite sencillo y sin mayores pretensiones con la idea de intentar adelantarse a los Estados Unidos en la carrera espacial. El Sputnik 2 con la perra *Laika* a bordo demostraría que un ser vivo puede sobrevivir en órbita y no sería hasta el Sputnik 3 cuando la Unión Soviética lanzara al espacio el que realmente se había diseñado como su primer satélite artificial, una sonda mucho más sofisticada pen-



▲ Encuentro de las cápsulas Apollo y Soyuz que permitió a sus respectivas tripulaciones pasar de una nave a otra y colaborar en diversos experimentos.



▲ El 26 de diciembre de 2005 el cohete Soyuz puso en órbita el primer satélite del sistema Galileo, GIOVE-A desde la base de lanzamiento en Kazajistán.

res y cuyas aplicaciones se extendieron rápidamente a los usos civiles, son utilizados en nuestros días por millones de usuarios, especialmente en el ámbito del transporte, con un gran auge y enorme potencial de expansión y de ampliación de sus aplicaciones en el futuro inmediato.

Aunque hablar de navegación por satélite es hablar de GPS, hay que tener en cuenta que GPS-NAVSTAR es tan sólo uno de los sistemas que existen. En la actualidad, los sistemas de navegación por satélite se basan funda-

través de las señales que emiten sus satélites y el cálculo de coordenadas desde tierra a través de receptores.

GPS



El GPS (Sistema Global de Posicionamiento) es un sistema de radionavegación basado en la constelación NAVSTAR integrada por 24 satélites. Esta constelación está formada por seis planos orbitales y en cada uno de ellos hay una órbita circular situada a una altitud de 20.180 kilómetros, en la que se encuentran cuatro satélites, completando dicha órbita cada 12 horas.

Esta distribución de satélites está pensada para que de cuatro a seis satélites sean visibles desde cualquier parte del mundo proporcionando información fiable acerca de la posición en cualquier circunstancia climática, lugar de la Tierra y en cualquier momento. Esta constelación de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está gestionada por su Departamento de Defensa.

GLONASS



El sistema GLONASS (Sistema Orbital Global de Navegación por Satélite) surge como contraprestación al sistema GPS y está administrado por las Fuerzas Espaciales rusas. Consta de 24 satélites en tres órbitas de ocho satélites cada una, a 19.100 kilómetros de altitud.

Los primeros satélites GLONASS fueron colocados en órbita en octubre de 1982 pero la constelación no fue terminada hasta diciembre de 1995 y el sistema comenzó a ser operativo el 18 de enero de 1996. La situación económica de Rusia en los años noventa supuso que en abril de 2002 sólo ocho satélites estuvieran completamente operativos quedando el sistema muy debilitado.

En el 2004, once satélites se encontraban en pleno funcionamiento y en la actualidad son 19 los satélites operativos, siendo necesarios 18 satélites para dar servicio a todo el territorio ruso y 24 para poder estar disponible el sistema en todo el mundo, por lo que en la actualidad el sistema GPS es el que se utiliza con carácter general por los fabricantes para proporcionar cobertura mundial.

Aunque GPS y GLONASS son sistemas diferentes y no son compatibles entre sí, algunos fabricantes han desarrollado equipos receptores que pueden combinar ambos sistemas. No obstante, del uso compartido de ambos sistemas surgen diversos problemas, como el diferente sistema de tiempo utilizado (tiempo GPS y tiempo GLO-NASST) y diferente Sistema de Referencia geodésica (WGS84 y PZ-90). Las ventajas de su utilización conjunta redundan en la mayor capacidad de captar satélites, menor tiempo de inicio y mayor integridad o confianza en los datos calculados para un mismo tiempo de observación.

Analizados y comparados los sistemas GPS y GLONASS se puede con-

El lanzamiento del Sputnik significó el arranque de la carrera espacial entre la Unión Soviética y Estados Unidos

mentalmente en dos sistemas de posicionamiento global existentes: el sistema GPS-NAVSTAR de los Estados Unidos y el sistema GLONASS de la Federación Rusa.

Ambos sistemas fueron concebidos inicialmente para fines militares, aunque sus aplicaciones fueron rápidamente extendidas a usos civiles. Estos dos sistemas proveen información fiable respecto a la posición geográfica (latitud y longitud), elevación y tiempo exacto a millones de usuarios alrededor del mundo a

cluir que ambos tienen los siguientes inconvenientes:

- Debido a sus aplicaciones militares no hay garantía completa de cobertura de fiabilidad provista por sus operadores.
- La fiabilidad disminuye en regiones de altas latitudes del norte de Europa.
- La precisión es moderada para aplicaciones que requieren una rápida determinación de la posición.
- Carecen de un sistema de información inmediata a los usuarios de los errores que ocurren en el sistema.

EL FUTURO

EL PROYECTO GPS III. Estados Unidos, creador del sistema de navegación por satélite GPS, tiene previsto iniciar en el mes de abril de 2008 la contratación de nuevos satélites para la nueva generación del sistema de posicionamiento global denominado GPS III, con capacidades duplicadas, que igualaría los avances tecnológicos que promete el proyecto rival europeo Galileo. Éste será el avance más importante en la mejora del sistema GPS desde su lanzamiento.

Tanto el proyecto GPS III como el proyecto Galileo han sufrido severos retrasos por distintas razones, principalmente financieras. La puesta en servicio de Galileo, ahora anunciada para 2012, será entonces seguida del lanzamiento de los primeros satélites GPS III entre el final de 2013 y durante 2014.

El sistema GPS III seguirá siendo un proyecto militar gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Comparados con el actual GPS, los satélites GPS III ofrecerán una mejor navegación a los usuarios civiles y militares gracias a una mayor precisión y resistencia a los intentos de interferencias hostiles.

La red será puesta progresivamente en funcionamiento en tres fases, con un primer lanzamiento de satélites previsto para finales de 2013, y estará integrada a largo plazo por una constelación de 32 satélites. Estados Unidos espera así mantener la hegemonía de su sistema, convertido en una infraestructura indispensable tanto en el plano económico mundial como desde un punto de vista militar.

Al igual que en la actualidad, Estados Unidos distribuirá gratuitamente



▲ Satélite GPS III.

las señales del nuevo GPS III a los suministradores de servicios GPS, que a su vez lo ponen a disposición de instituciones civiles, como transportistas viales, marítimos o ferroviarios.

Estados Unidos ya ha realizado una primera modernización de su sistema, con el envío desde fines de 2006 de satélites de nueva generación dotados de una mejor calidad de señal, de una segunda frecuencia dedicada a los usuarios civiles y de una precisión de

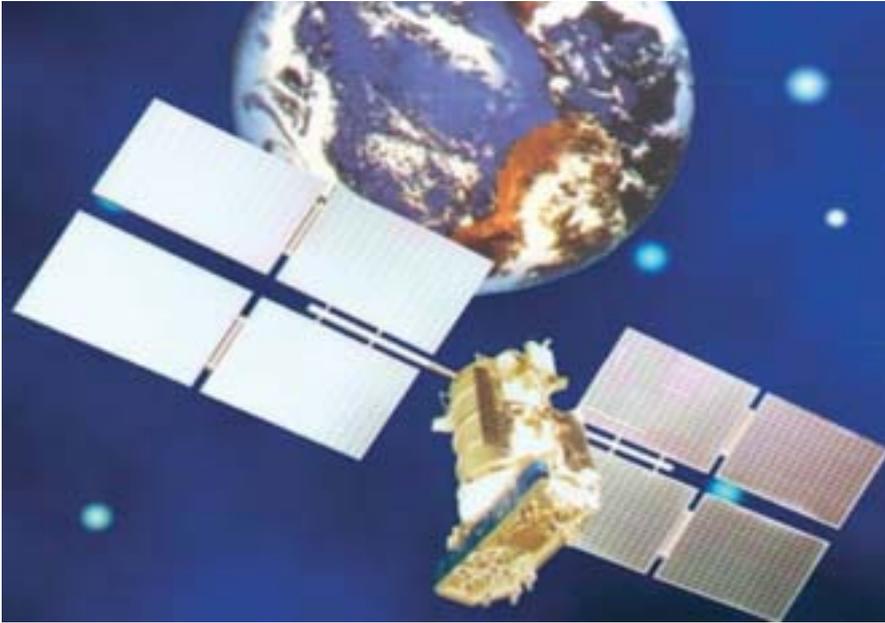
La carrera terminó cuando una cápsula del Apollo y una cápsula Soyuz realizaron un encuentro espacial

localización del orden de "unos metros". Pero el GPS III promete nuevos avances, con un poder de transmisión 500 veces superior al del sistema actual, permitiendo reforzar considerablemente su resistencia a las interferencias, y una precisión de un metro, como el sistema Galileo.

En los últimos años se han producido varios casos de interrupción del servicio por causas tales como interferencia accidental, fallos de los satélites, denegación o degradación de la señal.

Otra mejora significativa del nuevo sistema GPS III será la eliminación de la "capacidad de degradación" por la que los datos transmitidos por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos a los organismos civiles eran susceptibles de alteración, afectando su precisión. Esta función, que ya había sido suspendida desde 2000, no será incluida en el nuevo sistema GPS III.

EL PROYECTO GLONASS-K. Por su parte, la Federación Rusa está haciendo esfuerzos por actualizar su sistema GLONASS, y en 2007 anunció la eliminación de todas las restricciones de precisión en el uso de GLONASS, que para usos civiles eran de 30 metros, y la modernización de los satélites de navegación, que comenzó en 2005 con una segunda generación de satélites (GLONASS-M) con más prestaciones y una vida útil mayor, y que se prevé completar en 2012 reemplazando gradualmente los satélites por los de la tercera generación (GLONASS-K) que, junto con unas mejores prestaciones y una vida útil de 10 a 12 años, tendrán la posibilidad de emitir nuevas frecuencias y proveer al GLONASS con capacidades de búsqueda y salvamento (SAR) a partir del sistema GLONASS-K, de manera similar al sistema COSPAS-SARSAT, con la posibilidad de integrarse en Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima (SMSSM).



▲ Satélite GLONASS.

EL PROYECTO GALILEO



En paralelo a los esfuerzos de Estados Unidos y de la Federación Rusa por evolucionar sus sistemas de posicionamiento, el sistema europeo Galileo se propone por razones técnicas, económicas y de hegemonía de la Unión Europea.

Galileo, que iba a estar inicialmente disponible en 2008 pero que acumula ya tres años de retraso, acaba de tomar nueva dimensión tras encontrar una solución a la cuestión de su financiación ante la renuncia del sector privado a continuar desarrollando el proyecto por falta de rentabilidad.

Para superar esa crisis sin poner en peligro la integridad del proyecto Galileo, los ministros de Transportes de la Unión Europea han respaldado de manera unánime que la construcción y el lanzamiento de los 30 satélites que formarán el sistema de radionavegación Galileo se financie íntegramente con fondos públicos para que el proyecto

esté listo en 2012, considerando que Galileo es un proyecto necesario para garantizar que la Unión Europea pueda competir con los sistemas de radionavegación de Estados Unidos, Rusia y Asia, y por ello el Parlamento Europeo dio luz verde el pasado 23 de abril de 2008 a la fase final del proyecto con una financiación de 3.400 millones de euros de fondos comunitarios, de forma que las licitaciones y contratos puedan estar cerrados este mismo año. España es el quinto país con mayor participación en la primera fase de desarrollo y validación del sistema Galileo y gran parte de

Son incalculables las ventajas y beneficios que la aventura espacial ha supuesto para la humanidad

la industria española del espacio participa directamente en el mismo.

El primer satélite experimental de la constelación Galileo, GIOVE-A, se lanzó al espacio en octubre de 2005 para fijar la frecuencia del sistema. El segundo satélite, GIOVE-B, se acaba de poner en órbita el pasado 27 de abril de 2008 a bordo de un cohete ruso Soyuz desde el mismo cosmódromo de Baikonur desde donde hace cincuenta años se

lanzó al espacio el primer satélite artificial Sputnik.

El GIOVE-B alcanzó su altitud orbital de 23.200 kilómetros desde donde actuará como instrumento de referencia y nexos tecnológico con la siguiente fase del proyecto, la de validación en órbita, que dará lugar al lanzamiento de otros cuatro satélites. La puesta en órbita del GIOVE-B acumulaba más de un año de retraso y permite a la Unión Europea conservar el acceso a la frecuencia reservada para el sistema Galileo por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El nuevo satélite Galileo contiene el reloj de mayor precisión enviado hasta la fecha al espacio, lo que asegurará la mejor calidad del sistema Galileo en el futuro.

Tras el éxito de este nuevo lanzamiento, y asegurada su financiación hasta 2012, el sistema de posicionamiento Galileo podría entrar en servicio en coincidencia con el nuevo sistema GPS III en el año 2013 y la nueva generación de satélites GLONASS-K prevista para 2012.

El sistema Galileo estará formado por una constelación mundial de treinta satélites en órbita terrestre media, distribuidos en tres planos inclinados con un ángulo de 56° hacia el ecuador, a 23.616 kilómetros de altitud, con una distribución de diez satélites alrededor de cada plano, que tardarán 14 horas para completar la órbita de la Tierra. Cada plano tendría un satélite de reserva activo capaz de reemplazar a cualquier satélite que falle en ese plano. Los satélites emplearán tecnologías de gran fiabilidad a la vez que innovadoras.

Dos centros de control Galileo, ubicados en Europa, controlarán la constelación y la sincronización de los cronómetros atómicos del satélite, el procesamiento de señales de integridad y el manejo de datos de todos los elementos internos y externos. Una red de comunicaciones de alcance mundial interconectará todas las estaciones y las instalaciones terrestres mediante enlaces terrestres y satelitales.

La transferencia de datos con los satélites se realizará a través de una red mundial de estaciones Galileo de enlace ascendente, cada una de las cuales tendrá estaciones de telemetría, telecomunicaciones, seguimiento de satélites y de transmisión de la información de misión. Las estaciones de monitoreo de



▲ Cohete Soyuz con el satélite GIOVE-B del sistema Galileo a punto de despegar el domingo 27 de abril de 2008 desde la base de Baikonur (Kazajstán).

Galileo controlarán la calidad de la señal. La información obtenida de estas estaciones se transmite por la red de comunicaciones a los dos centros de control terrestres.

Está previsto que España albergue un centro de seguridad de servicios del sistema Galileo.

El Sistema Galileo, además de prestar servicios completamente autónomos de radionavegación y ubicación en el espacio, será interoperable con el nuevo sistema GPS III tras los acuerdos alcanzados entre la Unión Europea y Estados Unidos, y tendrá capacidad para interoperar conjuntamente con el sistema GLONASS.

El usuario podrá calcular su posición con un receptor que utilizará satélites de distintas constelaciones. Al ofrecer dos frecuencias en su versión estándar, Galileo brindará posicionamiento en tiempo real con una precisión del orden de metros, algo sin precedentes en los sistemas públicos. Del mismo modo, los satélites Galileo, a diferencia de los que forman la malla GPS actual, al situarse en una órbita suficientemente desviada del ecuador, proporcionarán datos y serán más exactos en las regiones cercanas a los polos, donde los satélites GPS actuales pierden notablemente su precisión.

Una preocupación importante de los actuales usuarios de la radionavegación por satélite es la fiabilidad y vulnerabili-

La Unión Europea construirá 30 satélites que formarán el sistema Galileo de navegación por satélite

dad de la señal para evitar fallos ocasionados por la interrupción del servicio por causas tales como interferencia accidental, fallos de los satélites, denegación o degradación de la señal.

En este contexto, Galileo realizará una importante contribución a la reducción de estos problemas al proveer en forma independiente la transmisión de señales suplementarias de radionavegación en diferentes bandas de frecuencia, lo que supone una mejora significativa respecto a los sistemas actuales, garantizando la disponibilidad continua del servicio y la información en tiempo real a los usuarios en caso de fallos. Estas características lo hacen conveniente para aplicaciones donde la seguridad es crucial, tal como el control de tráfico aéreo, marítimo o ferroviario.

SERVICIOS

El proyecto Galileo es muy ambicioso y está concebido para distintos usuarios y niveles de acceso. A efectos de satisfa-

cer las distintas necesidades está previsto que el sistema ofrezca cinco niveles de servicios.

El **Servicio Abierto (OS)**, orientado a aplicaciones para el público en general, proveerá señales para facilitar información precisa de tiempo y posicionamiento de forma gratuita. Cualquier usuario equipado con un receptor Galileo podrá acceder a este servicio sin necesidad de ninguna autorización. Se estima que la mayoría de los receptores utilizarán señales conjuntas de Galileo y GPS, lo que ofrecerá a los usuarios una notable mejora en la prestación de servicios en áreas urbanas y una seguridad de cobertura global en todas las regiones del mundo.

El **Servicio para aplicaciones críticas y de seguridad** se utilizará para la mayoría de las aplicaciones de transporte donde la seguridad de la vida humana pueda estar comprometida. Este servicio proporcionará la misma precisión en posicionamiento y de información precisa de tiempo que el servicio abierto. La diferencia principal es el alto nivel de integridad y de cobertura para las aplicaciones donde la seguridad es crítica, como por ejemplo la navegación aérea y marítima y las aplicaciones ferroviarias. El servicio estará asegurado y sus prestaciones se obtendrán mediante el uso de receptores certificados de doble frecuencia.

El **Servicio Comercial (CS)** estará orientado a aplicaciones de mercado que requieren un nivel superior de prestaciones que las que ofrece el servicio abierto. Brindará servicios de valor añadido a cambio del pago de un canon. El servicio comercial agregará a las señales de acceso abierto dos señales protegidas mediante cifrado comercial. El acceso será controlado a nivel de receptor con claves de protección de acceso.

El **Servicio público regulado (PRS)** será un servicio de acceso controlado para aplicaciones gubernamentales. Deberá estar operativo en todo momento y en cualquier circunstancia, especialmente en períodos de crisis. El servicio público regulado será un servicio independiente de forma tal que otros servicios puedan ser denegados sin que esto afecte a la disponibilidad del este servicio. Otra característica que lo diferenciará de los demás es la robustez de su señal, dándole protección contra los efectos de las interferen-

cias intencionadas y de los intentos de emisión de una señal modificada.

Finalmente, el **Servicio de búsqueda y salvamento (SAR)** brindará importantes mejoras al sistema de búsqueda y salvamento existente, como por ejemplo:

- Recepción en tiempo real de mensajes de socorro transmitidos desde cualquier punto de la Tierra.
- Localización precisa de alertas.
- Detección por múltiples satélites para evitar el bloqueo en condiciones de poca visibilidad de los satélites.
- Mayor disponibilidad del segmento espacial (30 satélites en órbita terrestre media que se añaden a los cuatro satélites en órbita terrestre baja y los tres satélites geoestacionarios del actual sistema), a los que podrán añadirse los satélites del sistema GPS III.

Por otra parte Galileo introducirá nuevas funciones, tales como enlace de retorno que facilitarán las operaciones de rescate y ayudará a reducir el elevado índice de falsas alarmas que el actual sistema COSPAS-SARSAT detecta. Este servicio podría llegar a integrarse y ser

parte del actual Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima (SMSSM) establecido por la Organización Marítima Internacional (OMI) bajo la supervisión de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (IMSO).

ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD

Técnicamente, el sistema Galileo ha de estar diseñado para integrar tanto GPS como GLONASS, y convertirse así en una solución completa de navegación por satélite, u operar independientemente en función de las necesidades del usuario. De esa forma, junto con los 30 satélites en la constelación Galileo, un total de unos 80 satélites en combinación de los tres sistemas GPS-GLONASS-GALILEO podrían potencialmente estar disponibles para un único receptor apropiado.

Para ello, la compatibilidad en radiofrecuencias es esencial para hacer que los sistemas actuales, GPS, GLONASS y GALILEO sean interoperables y compatibles entre sí. Las recientes asignaciones de frecuencias

por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en Ginebra en octubre de 2007 hacen posible esta interoperabilidad. Las transmisiones de Galileo no deberán crear interferencia que de alguna manera degrade el desempeño de los receptores GPS o GLONASS, y viceversa. Para ello será vital la coordinación de frecuencias y niveles de potencia transmitida para la coexistencia de los tres sistemas.

Esta realidad hace presuponer que los fabricantes producirán receptores de modo dual (o modo triple) capaces de operar con frecuencias compatibles y sistemas de tiempo y geodésicos distintos.

El uso combinado de Galileo y otros sistemas de posicionamiento por satélite como el GPS III o GLONASS-K ofrecerá un gran nivel de prestaciones para todas las comunidades de usuarios del mundo entero, y en particular para el sector marítimo.

Esteban PACHA VICENTE

(director de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite)



INSTEIMED S.A.



**Ingeniería e
Instalaciones Eléctricas**



C/ Muñoz y H. de Alba 14, bajo
46022 VALENCIA
TFN: +34 96 330 45 96
FAX: +34 96 330 46 93
e-mail: insteimed@insteimed.com