

# Dossier de Comunicación

## **LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE Y EL PROYECTO EUROPEO GALILEO**



Foto ESA

**Acto de firma del acuerdo de cooperación entre  
Galileo Sistemas y Servicios (GSS) y Galileo Industries (GalI)  
18 de marzo de 2002  
Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)  
Madrid**

## INDICE

<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>2. EL PROGRAMA GALILEO DE LA UNIÓN EUROPEA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. EL PROGRAMA GALILEOSAT DE LA ESA.....</b>	<b>4</b>
<b>4. EL PAPEL DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA EN GALILEO.....</b>	<b>5</b>
<b>ANEXO 1: DATOS BÁSICOS DEL PROGRAMA GALILEO.....</b>	<b>7</b>
<b>ANEXO 2 : EL PROGRAMA EGNOS Y SU PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA.....</b>	<b>11</b>
<b>ANEXO 3 : SISTEMAS GLOBALES DE NAVEGACIÓN: GPS Y GLONASS....</b>	<b>14</b>

## **1.- ANTECEDENTES.**

Los sistemas de navegación por satélite GPS y GLONASS fueron desarrollados para satisfacer requisitos de defensa y son controlados por organizaciones militares. Estos sistemas, sin embargo pueden ser usados para todo tipo de aplicaciones en todo el mundo (transporte aéreo, terrestre, marítimo, telefonía móvil, seguridad y salvamento, topografía y Sistemas de Información Geográfica (GIS)) y están modificando la forma de vida de los ciudadanos (para más información ver anexo 3).

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) aprobó en 1991 el plan de desarrollo de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) como posible solución para hacer frente al creciente tráfico aéreo. La implantación internacional se efectuaría en dos fases o generaciones que permitiría la implantación del GNSS partiendo de los sistemas de navegación por satélite existentes en aquel momento. En primer lugar el GNSS-1, Sistema de navegación por satélite de carácter civil y cobertura regional para aumentar la precisión del GPS y GLONASS mediante instalaciones terrenas y satélites geoestacionarios adicionales. La segunda fase, llamada GNSS-2, consistirá en un Sistema de navegación por satélite de cobertura mundial y carácter civil mediante una nueva infraestructura de satélites de navegación en órbita.

Dada la importancia estratégica del sistema, la Comisión Europea, la Agencia Europea del Espacio (ESA) y Eurocontrol firmaron un acuerdo tripartito para coordinar sus actuaciones. La ESA como líder técnico de la iniciativa europea, propuso a sus miembros el desarrollo de la contribución europea al GNSS-1 que se denominó European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). Este sistema europeo se desarrolla en paralelo con iniciativas similares en otras regiones (sistemas WASS norteamericano y MSAS japonés).

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), como delegación de España ante la ESA, ofreció al Ministerio de Fomento a través de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), su participación en EGNOS. España es el quinto país en participación con 4000 millones de pesetas por parte de AENA y 700 millones de pesetas por parte del CDTI. Los logros conseguidos para España en este proyecto se han concretado en una serie de valiosas instalaciones del sistema para España construidas por la industria española que eran el objetivo primordial para AENA ya que le permitirá tener una posición activa en la operación del sistema global GNSS-1. (para más información ver anexo 2).

## **2.- EL PROGRAMA GALILEO DE LA UNIÓN EUROPEA**

La Comisión Europea se interesó en la navegación por satélite dadas las enormes posibilidades que podría ofrecer para multitud de aplicaciones y propuso desarrollar un sistema propio GNSS-2, con infraestructura tanto en órbita como en tierra, que diese a Europa la autonomía frente a otros sistemas como el GPS o el GLONASS. El Consejo Europeo lanzó oficialmente el programa Galileo con su resolución del 19 de julio de 1999 relativa a “La participación de Europa en una nueva generación de servicios de navegación por satélite: Galileo, fase de definición”, concretando su interés. Por su parte la ESA como líder técnico del proyecto lanzó su contribución a Galileo bajo el proyecto GalileoSat.

El programa Galileo incluye el despliegue de una constelación europea de 30 satélites de navegación bajo control civil y cobertura mundial para el desarrollo de aplicaciones

comerciales orientadas a todos los modos de transporte. Galileo estará financiado por la Unión Europea, la ESA y posibles inversores privados que finalmente se harán cargo de la explotación del sistema. El programa Galileo es de importancia estratégica para Europa, dado que garantizará la autonomía en materia de navegación por satélite y abrirá a las empresas europeas las oportunidades comerciales basadas en la explotación de estas infraestructuras.

La planificación del proyecto Galileo se ha establecido en varias fases: definición, desarrollo y validación, despliegue y operación. Actualmente se acaba de terminar la fase de definición que empezó en Junio de 1999. En esta fase se ha definido el sistema, la organización para su gestión y su viabilidad económica a largo plazo. La fase de desarrollo y validación cubrirá desde principios del 2002 hasta el 2006. Durante este período están previstos al menos los 3 o 4 primeros lanzamientos de satélites de navegación con fines de validación del sistema. La fase de despliegue de la constelación se extenderá desde el 2006 hasta el 2008 y a partir de esta fecha está prevista la fase operacional.

Las vías de financiación de Galileo durante las fases de desarrollo y validación serán fondos de la Comisión Europea, 550 millones de euros en fondos TEN (redes transeuropeas) y fondos de la ESA, 550 Meuros. (para más información ver anexo 1).

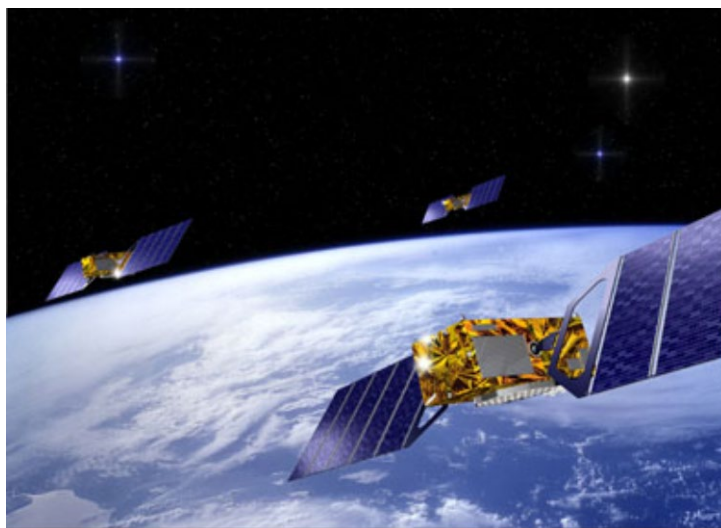


Foto ESA

Imagen artística de la constelación Galileo

### **3.- EL PROGRAMA GALILEOSAT DE LA ESA**

GalileoSat es el programa de la ESA que engloba las actuaciones de este organismo en el proyecto global Galileo. El programa GalileoSat engloba la definición, desarrollo y validación en órbita del sistema de satélites y de su segmento terreno asociado que constituirá el núcleo del Sistema de Navegación por Satélite Galileo. La demostración del sistema requerirá el lanzamiento y ensayos de un mínimo de tres o cuatro satélites de navegación en órbita.

El programa GalileoSat está tipificado como programa opcional de la ESA en el que la participación de los estados es voluntaria. Los miembros de la ESA que participan actualmente en GalileoSat son: Italia, Reino Unido (a confirmar), Alemania, Francia, España, Bélgica, Suiza, Suecia, Austria, Holanda, Finlandia, Noruega, Irlanda y Portugal. Su interés estratégico y perspectivas de futuro hacen muy atractivo este programa a todos los países miembros de la ESA y de la Unión Europea, por lo tanto, no se descarta que se produzcan nuevas incorporaciones al programa.

Por parte de la Agencia Espacial Europea que es donde CDTI tiene competencias, el programa Galileo se financia a través de su programa opcional GalileoSat en el cual España ha participado en su fase de definición con 10,23 Meuros a un nivel del 11% de su envolvente financiera total de 93 Meuros. Del mismo modo, España anunció, en la Conferencia Ministerial de la ESA el pasado 14 de noviembre en Edimburgo, una participación para la siguiente fase de desarrollo y validación al mismo nivel del 11% de la cantidad suscrita (547 Meuros), es decir unos 60,2 Meuros.

Se adjunta tabla con la contribución de los distintos Estados Participantes en el programa de la ESA.

<b>Estados Participantes (ESA)</b>	<b>Fase Definición (Meuros c.e. 98)</b>	<b>Fase Desarrollo y Validación (Meuros c.e. 01)</b>
Austria	2,03	5,0
Bélgica	3,97	29,8
Dinamarca	0,40	0
Finlandia	1,26	7,5
Francia	15,30	93,0
Alemania	15,30	136,8
Irlanda	0,20	1,6
Italia	15,30	120,3
Países Bajos	1,80	17,4
Noruega	1,24	9,1
Portugal	0,60	6,5
<b>España</b>	<b>10,23</b>	<b>60,2</b>
Suecia	4,33	13,2
Suiza	3,48	20,1
Reino Unido	15,30	*
Canadá	2,26	0
<b>Total ESA</b>	<b>93,00</b>	<b>547,0</b>

\* contribución aún no anunciada.

Las tareas técnicas acometidas en la fase de definición de GalileoSat han comprendido desde la definición del segmento terreno y segmento espacial asociado de Galileo hasta la elaboración de requisitos y especificaciones del sistema mediante análisis y simulaciones.

En la fase de desarrollo y validación, las tareas técnicas previstas cubren desde el diseño general de GalileoSat y de los equipos de prueba necesarios hasta el aprovisionamiento, integración y lanzamiento de al menos 3 o 4 satélites de órbita media e instalación del segmento terreno básico, incluyendo receptores de ensayos. Las tareas finales se enfocarán en el control y validación de sistema para la preparación de la fase de despliegue.

#### **4. EL PAPEL DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA EN GALILEO**

Respecto a la participación industrial de las empresas Europeas en el proyecto, el contratista principal en la fase de definición de GalileoSat fue Alenia (Italia) en una primera fase y Galileo Industries en una segunda fase con unos contratos de 20 Meuros y 18 Meuros respectivamente. La estructura industrial que ejecuta esos

contratos está constituida por las cuatro grandes empresas del sector espacial en Europa que a su vez gestionan un complejo árbol de subcontratistas de todos los países participantes en el programa que van asumiendo tareas específicas.

Como ejemplo, actualmente los principales contratistas españoles son las empresas GMV, e Indra Espacio, en tareas relativas al segmento terreno y CASA, Sener Alcatel Espacio y Mier, principalmente involucradas en el segmento espacio. El nivel previsto de participación de la industria espacial española en GalileoSat está favorecido por la experiencia adquirida por el sector en el proyecto EGNOS y cuenta con reconocido prestigio internacional y competencia probada en los campos tecnológicos donde está participando.

España es un socio de pleno derecho en Galileo y está dispuesta a jugar un papel de primer nivel. Para ello, el CDTI y el Ministerio de Ciencia y Tecnología han anunciado oficialmente su disposición para aportar hasta un 11 % de la financiación a través de la ESA. Más aún, gracias a la inversión sostenida de España en el marco de la ESA la industria espacial española dispone de una importante experiencia tanto en el segmento vuelo (futuros satélites en órbita) como en el segmento terreno (sistemas de control en tierra). En particular, las empresas españolas tienen capacidad tecnológica en estructuras de satélites, control térmico, electrónica embarcada, sistemas de telecomando y telecontrol, software, etc.

El reconocimiento y posición de la industria española junto al apoyo de la Administración española, posibilitará que el sector espacial español se incorpore al selecto club de los principales contratistas industriales en Europa: GALILEO INDUSTRIES que agrupa a las grandes empresas de Francia, Italia, Alemania y Reino Unido. Desde la Administración española se ha venido apoyando la creación de un consorcio español a fin de crear la masa crítica necesaria para negociar con GALILEO INDUSTRIES, la ESA y la UE. La cildad y experiencia del consorcio español GSS-“Galileo Sistemas y Sevicios” formado por AENA, GMV, INDRA, SENER, EADS-CASA, HISPASAT y ALCATEL ESPACIO, creado el año 2000 deberá permitir a España asumir una responsabilidad sustancial en el desarrollo del sistema. Este aspecto es fundamental para que las empresas españolas puedan influir en el proyecto desde el primer nivel. Por otro lado, GSS ha asumido el compromiso de movilizar la participación de otras empresas españolas, dentro y fuera del sector espacial, favoreciendo una participación equilibrada y para que España aporte todo el potencial del que dispone en beneficio del programa Galileo.

Por todo ello se considera prioritario potenciar la participación de la industria española en Galileo tanto cuantitativa como cualitativamente a su correcto nivel tanto en la fase de desarrollo y validación como en las subsiguientes fases de despliegue y operaciones. Se deben conseguir tareas de alta responsabilidad y valor añadido para la industria española haciéndose responsable de algunos subsistemas clave, con una participación equilibrada en segmento vuelo y segmento terreno a fin de maximizar el impacto económico en actividades subsiguientes de la inversión pública.

Es importante identificar y conseguir actividades de interés tecnológico y con potencial recurrente, es decir, producción de equipos en serie, o mantenimiento y actualizaciones de sistemas, a fin de que la industria sea capaz de captar no sólo los retornos correspondientes en el marco de la ESA sino también los que aporte España con cargo a los fondos de las Redes Transeuropeas (TEN) de la UE.

## ANEXO 1: DATOS BASICOS DEL PROGRAMA GALILEO

### GalileoSat

- Sistema de navegación por satélite de iniciativa europea
- GalileoSat es la contribución de la ESA al programa Galileo
- El objetivo del programa de la ESA es definir, desarrollar y validar el sistema Galileo en lo que se refiera a segmento vuelo (satélites) y segmento terreno asociado para controlar el sistema, los satélites y los servicios proporcionados por Galileo.

### Características del sistema Galileo

- Señal de posicionamiento y tiempo con cobertura mundial bajo control civil
- Da independencia a Europa pero es interoperable con GPS y GLONASS.

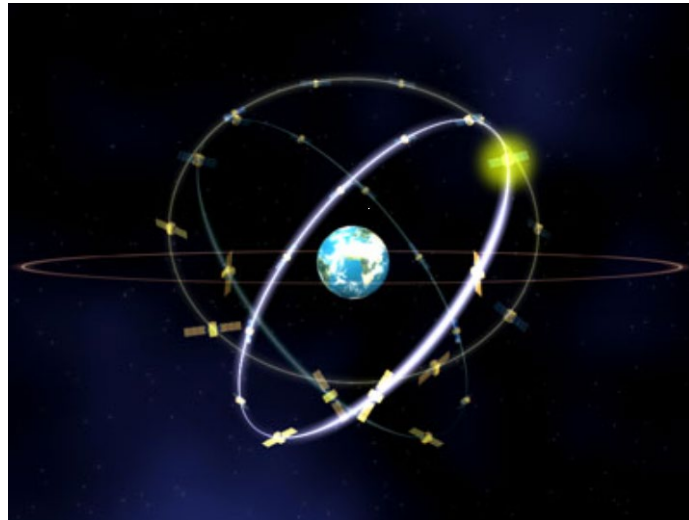
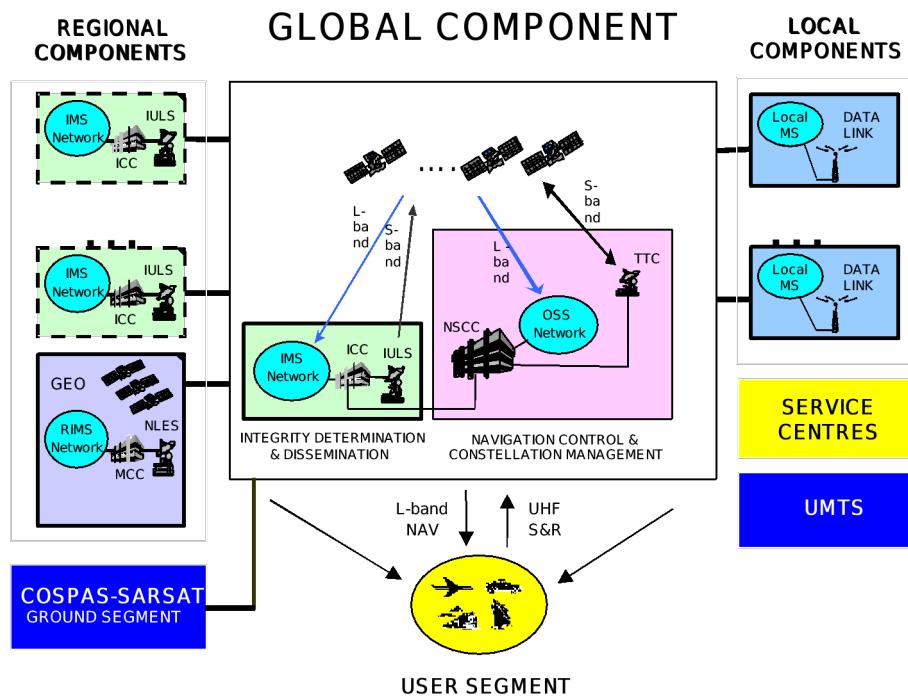


Foto ESA

Imagen artística de la constelación Galileo

### Arquitectura del sistema

- Segmento vuelo constará de 30 satélites en órbita media (MEO) a unos 24000 km
- Satélite de tipo medio con 500-1300 Kg de masa y 1500-2000 W de potencia son todos sus subsistemas tradicionales.
- Carga de pago de navegación con relojes atómicos, generación de señal, radio frecuencia y antena de banda L y C.
- Carga de pago de salvamento y rescate con receptor en banda L y transmisor en banda UHF.
- El segmento terreno Global con diversas instalaciones que cubren las funciones de control de la constelación de satélites, control de la señal de navegación, generación y control de la señal de integridad global y otras funciones de enlace y coordinación.
- El componente global descrito se complementa con componentes regionales (región europea) y locales (área de aproximación a un puerto o un aeropuerto) para dar servicios en regiones o en áreas locales con prestaciones mejoradas ya sea de la señal de navegación como la señal de integridad.



Fuente: ESA

Esquema de la arquitectura del sistema Galileo

### Servicios y tipos de señal Galileo

- Servicios básico. Señal de Navegación en abierto libres de pago. Servicio de navegación y tiempo comparable al GPS.
- Servicios críticos. Señal de integridad que da información sobre el estado del sistema y con un tiempo de alarma al usuario limitado y definido.
- Servicios comerciales. Información encriptada de tipo comercial. Mayor precisión y disponibilidad en la señal de navegación y tiempo.
- Servicios públicos regulados. Señal de navegación y tiempo encriptada con alto nivel de continuidad para ciertos usuarios, gobiernos, policía, protección civil, bomberos, sanidad, con acceso controlado.
- Servicios Locales. Señales adicionales de mejora de la precisión, integridad o información de ámbito local dependiendo de requisitos específicos locales. (puertos, aeropuertos, ciudades, etc.)
- Servicio de salvamento y rescate (S&R). Señal compatible del sistema COSPAS-SARSAT de salvamento internacional que se verá complementada con la información de navegación.
- Servicio de comunicaciones. Posible señal comercial de comunicaciones para mensajes cortos en evaluación.

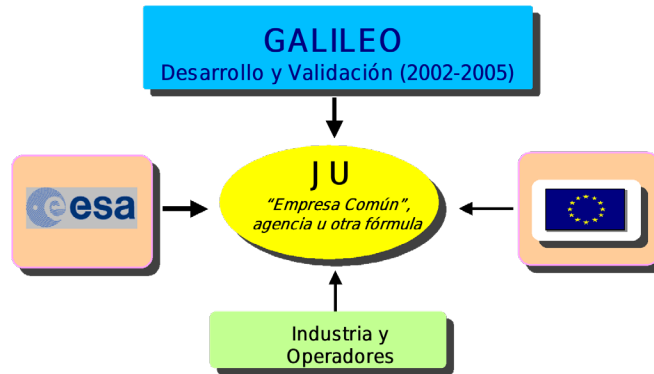
### Fuentes de financiación

- Fase de definición: Conjuntamente y aproximadamente a partes iguales por la ESA (programa Galileosat fase de Definición, 90 Meuros) y por la UE (Fondos V programa Marco, 40 Meuros).
- Fase de desarrollo y validación: Conjuntamente y aproximadamente a partes iguales por la ESA (programa opcional GalileoSat, fase de desarrollo y validación, 547 Meuros) y por la UE (Fondos TEN, 550 Meuros).
- Fase de despliegue: Por definir
- Fase de operaciones: Por definir



## Estructura de gestión

- Fase de definición: Programas paralelos de la UE y la ESA en coordinación. Durante el 2001 estructura interina conjunta de coordinación (Programme Management Board (PMB), Galileo Project Office (GPO) y Galileo Interim Support Structure (GISS)).
- Fase de desarrollo y validación: Estructura única de gestión y financiación a través de una Empresa común o Joint Undertaking con participación de la CE y la ESA. Aunque inicialmente se preveía participación de industria privada este aspecto no está resuelto. El reglamento de esta estructura común está en discusión y pendiente de aprobación por los consejos de transportes de la UE y de la ESA.

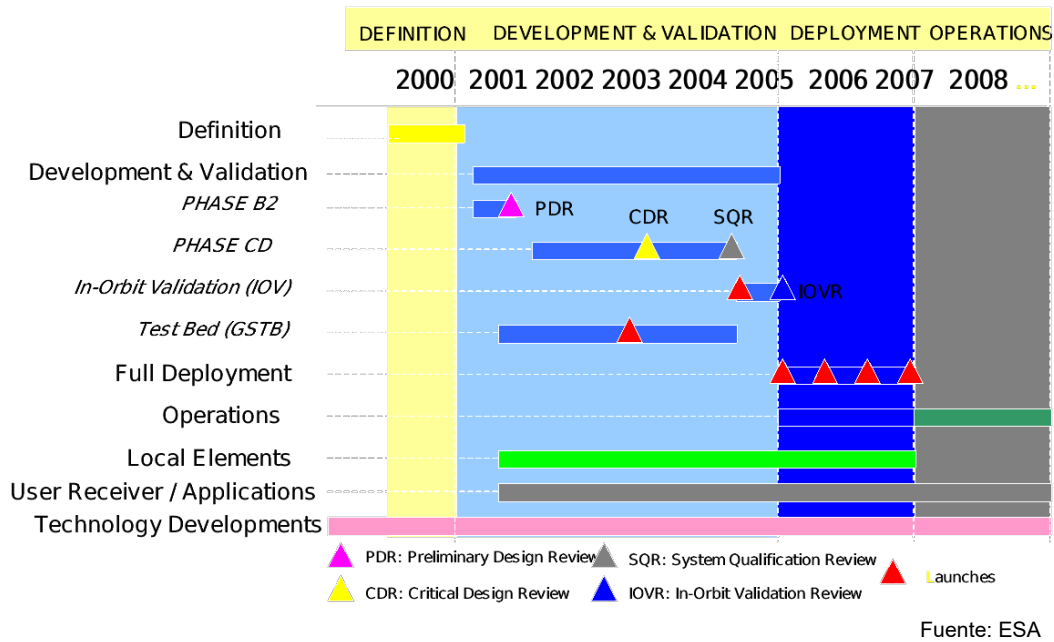


Estructura de Gestión: Fase de Desarrollo y Validación

- Fase de despliegue: Por definir.
- Fase de operación: Por definir

## Fases, calendario y coste

- Fase de definición ( 1999-2001), coste 130 Meuros. Definición de requisitos, sistema servicios y misión.
- Fase de desarrollo y validación: (2002-2004), coste 1100 Meuros. Diseño detallado, validación en tierra y en órbita y despliegue de 3 o 4 satélites operacionales y el segmento terreno necesario para validar y demostrar el sistema.
- Fase de despliegue: (2005-2007), coste 2100 Meuros. Despliegue de los restantes 27 satélites y el segmento terreno complementario necesario para alcanzar las características nominales de los servicios galileo.
- Fase de operaciones: a partir del 2008, coste 200 Meuros /año. Comprende las operaciones, el mantenimiento y el reemplazo necesario de satélites y equipos terrenos.
- Inicio de las operaciones: 2008
- Coste total del programa: 3330 Meuros



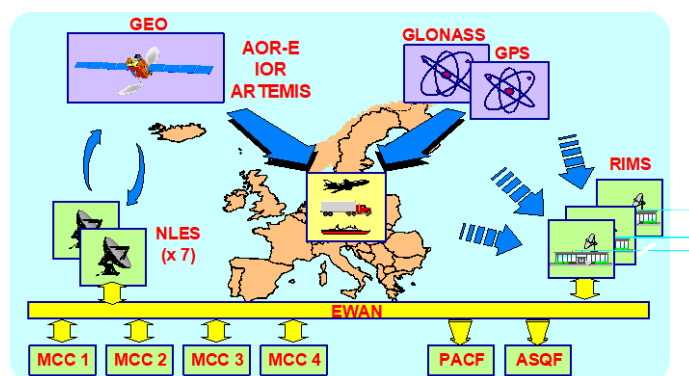
Programación Maestra de Galileo

### Aplicaciones del sistema

- Infraestructura clave para los servicios de transporte y de la Sociedad de la Información.
- Aplicaciones relacionadas con el transporte (aeronáutico, marítimo, terrestre, mercancías peligrosas, control de flotas).
- Otras aplicaciones como: geodesia, telecomunicaciones, seguridad, móviles,

## ANEXO 2 : EL PROGRAMA EGNOS Y SU PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA

Para hacer frente al incesante crecimiento del tráfico aéreo, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) aprobó en 1991 un plan para el desarrollo de los sistemas futuros de navegación aérea, entre los que figuraba el Sistema Global de Navegación por Satélite, GNSS. El sistema se apoyaba, en una primera etapa, en los satélites de posicionamiento GPS estadounidense y GLONASS ruso, complementados con las instalaciones terrenas necesarias para satisfacer las exigencias de la navegación aérea. El conjunto de estas últimas se denominó GNSS-1.



Fuente: ESA

Arquitectura del sistema EGNOS

La importancia estratégica del sistema hizo que la Comisión Europea, la Agencia Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (Eurocontrol) y la Agencia Espacial Europea (ESA) firmaran un Acuerdo Tripartito y coordinaran sus actuaciones. En 1994, la ESA, como líder técnico, propuso a sus Estados miembros el desarrollo de la parte europea del GNSS-1, proyecto que se denominó EGNOS.

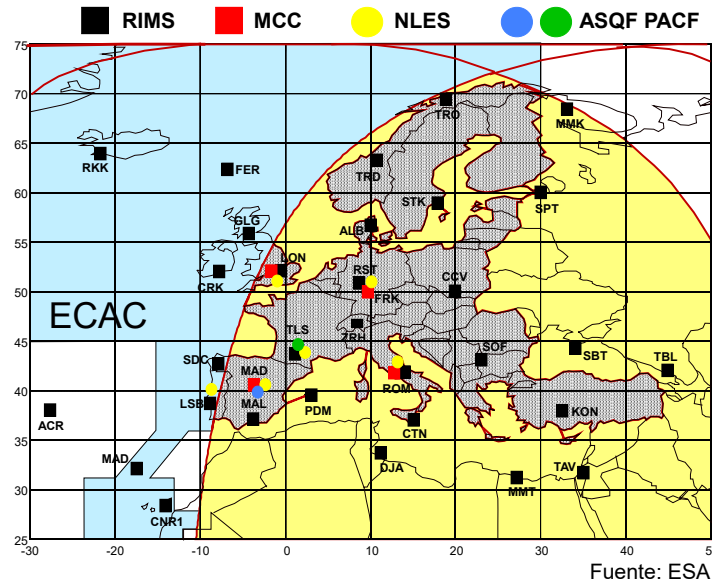
Los beneficios derivados de EGNOS son numerosos. Aparte de las muchas e importantes mejoras que proporcionará al tráfico aéreo (disponibilidad global, integridad, seguridad, flexibilidad, economía y gran precisión, etc.) será de gran utilidad para otros medios de transporte (marítimo, terrestre, tanto por carretera como por ferrocarril, etc.) además de tener multitud de aplicaciones de valor añadido (agricultura, pesca geodesia, investigación, ocio y deporte, entre otras).

### Participación española

Con fecha 28 de enero de 1999, el CDTI y AENA firmaron un convenio que regula la colaboración de ambos organismos durante el desarrollo del proyecto EGNOS. Con este acuerdo se culminó un proceso durante el que el CDTI, Delegación de España ante la ESA, y AENA, ente público empresarial dependiente del Ministerio de Fomento, han venido colaborando intensamente para negociar con la ESA la forma de participación en EGNOS más beneficiosa para los intereses españoles. Además, se abre una etapa en la que AENA y CDTI coordinarán aun más sus actividades. A tal fin, ambas entidades han acordado intercambiar información técnica, participar conjuntamente en reuniones internacionales y consultarse para la toma de decisiones.

El proceso comenzó cuando el CDTI como delegación oficial ante la ESA, ofreció a AENA la posibilidad de participar en la iniciativa, algo que interesó inmediatamente a la entidad: EGNOS haría posible el acceso a unas tecnologías en el campo de la navegación aérea que situarán a España en vanguardia de los sistemas de navegación del próximo siglo.

Finalmente, AENA comprometió una aportación de casi 4.000 millones de pesetas, que sumada a la de más de 500 que ha realizado el CDTI, coloca a España en el quinto lugar entre los países participantes en EGNOS, con un peso del 11% y permitirá traer a nuestro país un importante paquete de instalaciones - un centro de operaciones de la misión (MCC), cuatro terminales remotos de supervisión de la integridad (RIMS) la plataforma de aplicaciones específicas (ASQF) y una estación de navegación para la conexión con el satélite Artemis (NLES). Para su desarrollo e integración intervendrán compañías industriales españolas como Indra Espacio, GMV y Sener.

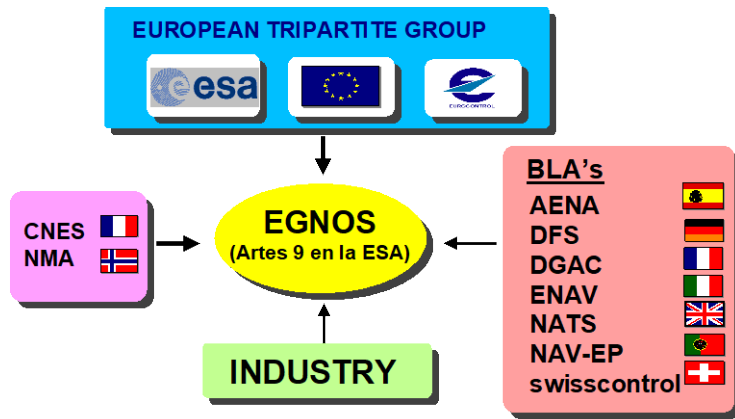


Instalaciones EGNOS en Europa (4 MCC, 6 NLES, 34 RIMS, 1 ASQF, 1 PACF)

AENA fue la primera entidad nacional de navegación aérea, de entre el conjunto de las entidades participantes, que dio su apoyo al proyecto EGNOS. Su postura arrastro, en buena medida a los demás, le permitió optar a partes interesante del proyecto a las que no hubiera tenido acceso si hubiese sido un último entrante, y permitió traer a España instalaciones como el citado MCC, uno de los cuatro cerebros del sistema.

### Coordinación nacional

La complementariedad de los intereses de AENA y el CDTI ha hecho posible la coordinación. En el caso del CDTI, su interés en el proyecto EGNOS deriva de que la iniciativa permitirá movilizar inversiones tecnológicas en España y contrataciones con empresas españolas con las que se reforzará la posición de la industria espacial. Por su parte, el de AENA reside principalmente en que permitirá disponer de unas infraestructuras que le asegurarán un papel activo en la introducción progresiva del servicio GNSS a escala mundial.



Fuente: ESA

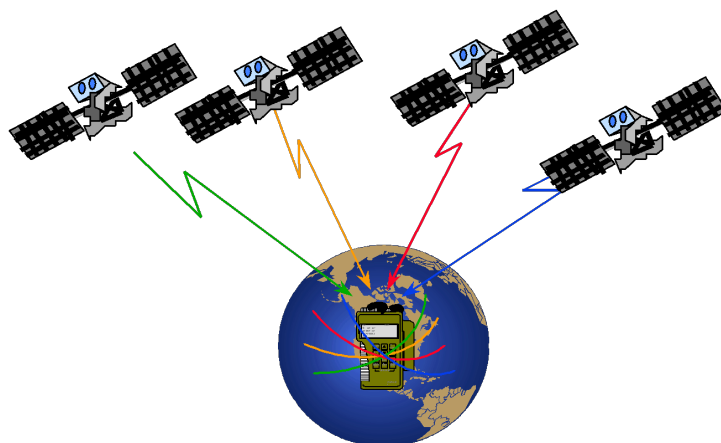
Marco institucional del programa EGNOS

## ANEXO 3 : SISTEMAS GLOBALES DE NAVEGACIÓN: GPS y GLONASS

En el presente anexo se hace una descripción básica de los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), los principios básicos en los que se basan, su funcionamiento y componentes. Introduce las aplicaciones que se pueden derivar del servicio básico que estos proporcionan y haciendo una pequeña reseña histórica repasa el estado actual y los planes de desarrollo de los principales sistemas existentes y futuros: GPS, GLONASS y GALILEO.

### Principios básicos de la navegación por satélite

Los sistemas GNSS proporcionan básicamente información global de posicionamiento tridimensional y tiempo. Es necesario que el receptor disponga al menos de 4 satélites a la vista para poder determinar la posición con la necesaria precisión. Geométricamente solo sería necesario disponer de 3 satélites a la vista, pero la precisión relativa de los relojes atómicos embarcados introduce otras incógnitas en el sistema. Los satélites emiten sus señales en el espacio junto con la información de su posición y los receptores de usuario realizan el cálculo de distancias relativas a los satélites midiendo el tiempo de propagación de la señal desde el satélite al receptor.



Principio básico de la navegación por satélite: calculo de tiempo relativo a 4 satélites para calcular la distancia a los mismos

### Componentes de un sistema básico de navegación por satélite

Los componentes básicos del sistema se pueden dividir en segmento espacial y segmento terreno. El segmento espacial consta de una constelación de satélites en varios planos en órbita media (MEO) que asegure una cobertura en todo el globo asegurando la visibilidad adecuada por el usuario de 4 satélites en cualquier lugar y en cualquier momento. Las órbitas típicas suelen ser órbitas circulares entre los 19.000 y los 25.000 km de altitud dependiendo del sistema. Estas órbitas tienen un fuerte ambiente electromagnético adverso que exige una protección especial de los equipos embarcados en el satélite. Excepto por estos sistemas de protección la plataforma de los satélites son convencionales entrando en el rango de los 500-1300 Kg y los 1500-2000 W.

La carga de pago específica de navegación tiene un alto grado de redundancia componiéndose básicamente de relojes atómicos, sistema de generación de señal, sistema de radiofrecuencia y antena. La tecnología crítica del segmento de vuelo en satélites de navegación son los relojes atómicos embarcados ya que su estabilidad repercute directamente en la precisión del sistema. Actualmente sólo hay un suministrador americano de estos relojes, si bien en Europa se están haciendo amplios esfuerzos por desarrollar la tecnología necesaria que es crítica para asegurar la independencia del sistema. Adicionalmente, en algunos sistemas como el GALILEO se está proponiendo la incorporación de otras cargas de pago a la de navegación, al objeto de proporcionar otros servicios, por ejemplo, el de salvamento y rescate que hasta la fecha se vienen suministrando internacionalmente con otros satélites (COSPAS-SARSAT).

El segmento terreno del sistema a su vez se divide en el control de la constelación y el control de la misión de navegación. El primero de ellos es el encargado de operar los satélites a lo largo de su vida útil a través de los enlaces ascendentes y descendentes de telecomando, control y seguimiento (TT&C). Por su parte, el sistema de control de misión de navegación es responsable de que el servicio de navegación sea correctamente generado prediciendo la posición de los satélites y la señal de sus relojes para crear los mensajes de navegación apropiados. Esta labor se lleva a cabo en los centros de control de sistema de navegación que procesan las señales de los satélites recogidas en todo el globo por las estaciones monitoras de órbita y sincronización y luego transmiten sus mensajes mediante estaciones de enlace a los satélites.

El concepto de integridad es básico para multitud de aplicaciones comerciales ya que permite conocer el estado operacional del sistema en todo momento y en caso de mal funcionamiento avisa al usuario para que utilice algún sistema alternativo, permitiendo así garantizar el servicio y determinar las responsabilidades legales. Por ello, algunos sistemas de navegación por satélite pueden apoyarse en sistemas regionales complementarios que proporcionan mejores prestaciones en la señal y aportan información de integridad. El segmento terreno regional de integridad se compone de centros de control regional y procesamiento de la integridad que analizan y elaboran las señales recogidas por las estaciones monitoras de la integridad distribuidas en la región geográfica de interés. La distribución de los mensajes de integridad pueden ser distribuidos por diversos medios a través de estaciones de enlace a satélite.

Los sistemas de aumentación regional de GPS están siendo desarrollados en diversas partes del mundo y se conocen como los sistemas GNSS-1 o GNSS de primera generación. En Europa, la ESA lidera desde finales de los '90 el desarrollo de una contribución europea al GNSS-1 que se denomina "European Geostationary Navigation Overlay Service" (EGNOS). Este sistema europeo se desarrolla en paralelo con iniciativas similares en otras regiones (sistemas WASS norteamericano y MSAS japonés). Estos sistemas distribuyen sus mensajes a través de satélites geoestacionarios (GEO) por lo que sus prestaciones se degradan en latitudes muy altas (países nórdicos en el caso de Europa, por ejemplo). El futuro sistema GALILEO tiene previsto la creación de su propio sistema regional de aumentación e integridad independiente de EGNOS.

Finalmente, existe un componente adicional de sistema que cubre áreas locales. Esta parte del sistema que afecta a áreas muy restringidas permitirá aumentar las prestaciones del sistema básico en áreas de específico interés donde el servicio

básico de navegación no proporciona los niveles de precisión requerido por algunas aplicaciones. Los escenarios de aplicación previstos para este segmento son entre otros, los aeropuertos con maniobras de aterrizaje de gran precisión, los puertos con maniobras de ataque delicadas y las ciudades o ambientes urbanos por las numerosas zonas de sombra que se producen para las señales procedentes de satélites. Esta parte del sistema aún por desarrollar y definir se conoce como segmento local.

### **Aplicaciones civiles y militares de los sistemas de navegación.**

Las aplicaciones y la actividad económica generada por la incorporación de los servicios de navegación en las telecomunicaciones y la Sociedad de la Información es el verdadero motor económico de los sistemas de navegación por satélite y la razón por la cual estos sistemas que antaño se diseñaron exclusivamente por motivos militares han sido abiertos al desarrollo en un contexto civil internacional. Las aplicaciones de los sistemas GNSS son casi infinitas si se integra como un sistema más en la Sociedad de la Información junto con las telecomunicaciones (GMS, UMTS, etc).

Las aplicaciones potenciales cubren áreas de actividad tan diversas como transporte terrestre, gestión de flotas, actividades de ocio y lúdicas, sistemas de información geográfica (GIS), generación de mapas, tendido de suministros, servicios de seguimiento, servicios públicos, servicios de emergencia, aviación y gestión de tráfico aéreo, transporte marítimo y pesquerías, transporte ferroviario, aplicaciones militares, sincronización de tiempo en redes, agricultura de precisión, aplicaciones espaciales, obras civiles, gestión medioambiental, control de vertidos y muchos más que están en proceso de desarrollo o se desarrollarán en el futuro. De una forma u otra los sistemas de navegación por satélite están contribuyendo a cambiar la forma de vida de los ciudadanos con un enorme potencial de creación de empleo y riqueza.

### **El sistema americano GPS**

El sistema Americano GPS (“Global Position System”), antes llamado NavStar, fue creado en el contexto de la llamada “Guerra Fría” para dar capacidad de posicionamiento de alta precisión a las fuerzas armadas de los EE.UU. Se desarrolló en la década de los 70 y los 80 promovido y gestionado por el DoD (“Department of Defence” americano ) alcanzando su máximo nivel de utilización militar por las fuerzas armadas aliadas en las guerras del Golfo y Kosovo.

Dada su aplicación prioritaria para la defensa y seguridad americana, la señal de GPS de alta precisión puede ser degradada intencionadamente reduciendo su precisión para quien no disponga de la autorización adecuada mediante un proceso llamado “disponibilidad selectiva”. El 2 de mayo del 2000 el Presidente de los EE.UU. decidió unilateralmente desconectar la disponibilidad selectiva posibilitando que la señal de libre acceso de GPS sea de alta precisión. En cualquier caso, ese dispositivo existe y pese a las promesas de no volver a activarlo, lo cierto es que EE. UU. puede volver a reactivarlo en cualquier momento sin ninguna garantía para el servicio abierto, ya que GPS no está sometido a ningún tipo de control internacional.

El sistema GPS ha pasado de ser gestionado exclusivamente en sus orígenes por el DoD, a ser gestionado por una comisión de varias agencias americanas, reunidas en



el “Interagency GPS Executive Board” (IGEB) con el objetivo de impulsar también su utilización civil del sistema, potenciar la fuerte actividad económica que este servicio está generando y, en última instancia, promover su introducción como sistema estándar mundial de posicionamiento y navegación por satélite a nivel internacional.

El estado actual de la constelación es de 28 satélites operacionales en órbita, 4 más de los necesarios, de los cuales 6 son del nuevo tipo Block IIR con características mejoradas y 23 son de los tipos Block II/IIA. La constelación nominalmente consta de 24 satélites en 6 planos orbitales de 55° de inclinación en órbita circular de 20.200 km de altura. El segmento terreno consta de un centro de control del sistema situado en Colorado Springs y una vasta red de estaciones de seguimiento y comando repartidas por todo el mundo y situadas en bases estadounidenses y territorios controlados por los EE.UU. y sus aliados.



Instalaciones Terrenas del sistema GPS Americano

Existe un programa de modernización del sistema GPS con el objetivo de mejorar el servicio que se presta actualmente. Para ello, se tiene previsto usar un nuevo tipo de señal usando nuevas frecuencias disponibles tras la pasada Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en 2000 (WRC-2000) y está en marcha un programa de sustitución de satélites por modelos de nueva generación con capacidades y prestaciones mejoradas como los del tipo Block IIE y Block IIF.

### **La reacción de la unión soviética: glonass**

En la década de los '80 la Unión Soviética inició el desarrollo de su propio sistema de Navegación por satélite llamado GLONASS. La constelación consta de 24 satélites en 3 planos orbitales de 64.8° de inclinación en órbita circular de 19.100 km de altura. El sistema tiene la particularidad que cada uno de los satélites emite en una frecuencia distinta lo que permite el reconocimiento de cada satélite por su frecuencia de emisión en lugar de su reconocimiento por el código incluido en la señal. El segmento terreno consta de un centro de control del sistema situado en la región de Moscú, Golitsyno-2, y varias estaciones de seguimiento y comando repartidas por una vasta área de Rusia. El sistema es operado y gestionado para la Federación Rusa por las Fuerzas Espaciales Rusas dependientes del Ministerio de Defensa Ruso. Este sistema posee

un nivel de precisión de acceso abierto (SP) y de un nivel de alta precisión restringido (HP) similar al del sistema americano GPS.

Durante la vida operativa del sistema se han lanzado 77 satélites GLONASS aunque tras 1995 el programa ha sufrido retrasos y cancelaciones por lo que solamente se han lanzado 6 satélites desde finales de 1995 hasta la fecha. Por este motivo, el estado operacional del sistema es muy limitado disponiendo solamente a fecha de abril del 2001 de 7 satélites operativos de los tipos Block 27 y 28. Esta situación no garantiza ningún tipo de nivel aceptable de servicio y se desconoce si las autoridades Rusas tienen previstos lanzamientos para aumentar el número de satélites en órbita.

El gobierno Ruso en un intento de revitalizar el sistema ha decidido abrirlo a la cooperación internacional buscando financiación. En particular, Rusia viene impulsando la idea de promover el sistema GLONASS como nuevo sistema estándar a escala mundial ante la iniciativa e interés de Europa de desarrollar su propio sistema.