

**FUNCIONAMIENTOS Y APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS GPS  
(SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) Y EL PROYECTO GALILEO**

**PATRICIA MARCELA ALVARADO MENDOZA  
MARCO ANTONIO FUENTES DÍAZ**

**MINOR DE COMUNICACIÓN Y REDES  
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
CARTAGENA, AGOSTO  
2005**

**FUNCIONAMIENTOS Y APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS GPS  
(SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) Y EL PROYECTO GALILEO**

**PATRICIA MARCELA ALVARADO MENDOZA  
MARCO ANTONIO FUENTES DÍAZ**

**TRABAJO FINAL PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
APROBAR EL MINOR DE COMUNICACIONES Y REDES**

**ASESOR  
INGENIERO GONZALO GARZÓN**

**MINOR DE COMUNICACIÓN Y REDES  
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
CARTAGENA, AGOSTO  
2005**

**Cartagena, 11 de Agosto del 2005**

Señores

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

Comité de facultad de Ingeniería de Sistemas

Ciudad

Estimados Señores:

De la manera más atenta nos permitimos presentar a su consideración y aprobación el trabajo de grado titulado "FUNCIONAMIENTOS Y APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) Y EL PROYECTO GALILEO" Elaborado por PATRICIA MARCELA ALVARADO MENDOZA y MARCO ANTONIO FUENTES DÍAZ.

Esperamos que el presente trabajo se ajuste a las expectativas y criterios de la universidad para los trabajos de grado.

Cordialmente,

---

Patricia Marcela Alvarado Mendoza

---

Marco Antonio Fuentes Díaz

Cartagena, 11 de Agosto del 2005

Señores

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

Comité de Evaluación de Proyectos

Ciudad

Apreciados Señores.

Cordialmente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes PATRICIA MARCELA ALVARADO MENDOZA y MARCO ANTONIO FUENTES DÍAZ, titulado: "FUNCIONAMIENTOS Y APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) Y EL PROYECTO GALILEO."

Cordialmente,

---

GONZALO GARZON

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

## **DEDICATORIA**

**A Dios mi amigo incondicional quien me a guiado y a dado todo en la vida. A mis padres y mi familia que fueron un gran apoyo en mi carrera y por ellos soy lo que soy. A Amaury que con su compañía y consejos me ayudo en los momentos más difíciles.**

**PATRICIA**

## **DEDICATORIA**

**A todas las personas que me han apoyado para llegar a este punto del camino, a mis papás por creer en mi, y a todo el grupos de docentes que me han enseñado como realizar mis metas las cuales se están cumpliendo.**

**MARCOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Nadie más que primero a Dios a quien le agradecemos por darnos la sabiduría, la ayuda, las fuerzas y la oportunidad de lograr ser profesionales, para que día a día podamos salir a delante en la vida y ser personas de bien. A la Universidad Tecnológica de Bolívar quien nos formo como profesionales íntegros para esta sociedad y a todos sus docentes que aportaron un granito de arena para esta formación. A los ingenieros Gonzalo Garzón e Isaac Zúñiga quienes nos aportaron su conocimiento y experiencia para realizar esta monografía y a todos aquellos que de alguna manera estuvieron ahí para darnos fuerza. Muchas gracias.

## **ARTICULO 107**

La institución reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos grupo aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización. Esta observación debe quedar impresa en parte visible del proyecto.

## AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D. T. y C., 11 de Agosto del 2005

Nosotros, **PATRICIA MARCELA ALVARADO MENDOZA** y **MARCO ANTONIO FUENTES DÍAZ**, identificadas con números de cédula 45.536.195 de Cartagena y 73.189.919 de Cartagena, autorizamos a la **Universidad Tecnológica de Bolívar** para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.

---

Patricia Marcela Alvarado Mendoza

---

Marco Antonio Fuentes Díaz

## RESUMEN

Los sistemas de posicionamiento global actualmente han sido de mucha ayuda para la comunidad, ya que, brinda un servicio el cual tiene diferentes utilidades en la sociedad. Esta tecnología se encuentra en una etapa evolutiva aunque lleve muchos años de funcionamiento.

Estados Unidos con el GPS (*SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL*) y la unión de algunos países Europeos como Francia, España, Alemania e Italia con el proyecto GALILEO, se encuentran en una lucha por posesionarse de la localización por satélite.

La tecnología GPS creada como un proyecto de uso militar, tuvo tanto éxito que su uso lo extendieron a comercial logrando así cada día impresionar más a sus usuarios. Este sistema basado en señales de radio emitidas por sus 24 satélites en órbita alrededor de la tierra. Permite el cálculo de coordenadas tridimensionales que pueden ser usadas en navegación o mediante el uso de métodos adecuados para determinación de mediciones de precisión, también poseen receptores que captan las señales emitidas por los satélites. Su funcionamiento es calcular la posición de un punto cualquiera en el espacio terrestre con dimensiones tridimensionales, partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida. La distancia del usuario del GPS se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida desde el satélite por su velocidad de propagación. Estos satélites utilizan relojes muy precisos mientras que los receptores son osciladores de cuarzo de bajo costo, por lo que el cálculo de la posición tiene un margen de error de 3 metros y no es muy confiable su cálculo. Para lograr un cálculo más preciso de la posición se tiene que hacer uso mínimo de cuatro satélites para los resultados.

Por estos errores y muchos otros que encontrara a lo largo de esta monografía se puede decir que el GPS no es un sistema muy confiable para dar a conocer una posición exacta, pero no basta decir que es un sistema que a saciado las necesidades de muchos usuarios y que a medida que pasa el tiempo su perfección puede aumentar.

Por otra parte y como complemento de la investigación tenemos otro sistema que se encuentra en desarrollo que es el ya mencionado GALILEO. Europa con este proyecto pretende dar un gran giro a la tecnología satelital e independizarse un poco de las tantas limitaciones que tiene el GPS. Este nuevo sistema que se creara para uso civil principalmente y le dará al usuario una mejor precisión a la hora de dar una posición tendrá un costo aproximado de 3 billones de euros y en espera que su funcionamiento sea para el año 2008.

Europa pretende desarrollar este proyecto no para sustituir al existente GPS o al GLONNAS, si no perfeccionarla que sea compatible e ínter operable con ellos, para que los usuarios que utilicen la red de GPS puedan acceder a la de GALILEO y los de GALILEO a la de GPS, por otra parte también dar una mejor perfección utilizando mas satélites en orbita y mas códigos para dar un mejor calculo.

Una ventaja muy importante que tendrá GALILEO es que le brindara a los usuarios una mejor comunicación en sitios donde los satélites utilizados por los dispositivos GPS les es difícil llegar, ya que, con los nuevos satélites lanzados por el proyecto se tendrá mayor cobertura mundial y más acceso a lugar mas cerrados.

Las aplicaciones que tienen estos sistemas son muy amplias por lo que su uso es muy variado y eficiente, tales usos pueden ser para el transporte marítimo, aéreo, ferroviario y terrestre, para la investigación, la exploración, la medición y la telefonía móvil.

GPS brinda a sus usuarios una variedad en los dispositivos dependiendo el uso que este le valla a dar, ya que la facilidad del montaje y el tamaño que este tenga es estratégico para su uso. También cuenta con software especializados para calcular la ruta que este desea ver y la capacidad de almacenar algunas que mas utilice y demarcando puntos por si este desea regresar al origen.

GALILEO respecto a sus dispositivos no tiene bien en claro lo que pretende presentar a los usuario, pero lo que si tiene claro es que las aplicaciones que pretende brindar son mas amplias que las que tiene GPS, ya que, con su mayor cobertura pueden dar un mejor servicio a centros de rescate y ayudar aquellas personas que se encuentre en riesgo, a evitar congestiones de trafico dándole al usuario una mejor ruta, ayudando a empresas de entrega de mercancía para supervisar por donde se encuentra y muchas otras aplicaciones que encontrara recopilada en esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	<b>Paginas</b>
<b><u>CAPÍTULO I. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO</u></b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.	1
1.2. EL SISTEMA GPS	2
1.2.1 Arquitectura del sistema GPS	2
1.2.2 Principios de funcionamiento del sistema GPS	3
1.2.2.1 Cadenas de Código GPS	6
1.2.2.2 Niveles de Servicio GPS	7
1.3. FUENTES DE ERROR EN LOS GPS	8
1.3.1 Cuantificación de la incertidumbre en localización GPS	9
1.3.2 Corrección de errores mediante técnicas diferenciales (DGPS)	10
1.4 VENTAJAS DEL GPS RESPECTO A LOS SISTEMAS HABITUALES DE ORIENTACIÓN	11
1.5 OTROS SISTEMAS ALTERNATIVOS DE POSICIONAMIENTO	12
<b><u>CAPÍTULO II. PROYECTO GALILEO</u></b>	<b>15</b>
2.1 DEFINICIÓN	15
2.2 EL PROGRAMA GALILEO DE LA UNIÓN EUROPEA	16
2.3 EL PROGRAMA GALILEOSAT DE LA ESA	17
2.4 UNA REFERENCIA PERMANENTE EN TIEMPO Y ESPACIO	19
2.4.1 ¿Navegación basada en satélites - cómo trabaja?	20
2.4.2 Telecomunicaciones	21
2.4.3 Red de comunicaciones	22
2.4.4 Capacidad de las redes de comunicaciones	22

2.5 EGNOS EN EL CAMINO HACIA GALILEO	23
2.6 COMPLEMENTO NECESARIO DEL GPS	25
2.7 ELEMENTO CLAVE EN EL DESARROLLO DE EUROPA	26
2.8 VENTAJAS QUE PROPORCIONARÁ GALILEO	28
2.9 DISEÑO DEL SISTEMA	29
2.9.1 Servicios y arquitectura del sistema	31
2.9.2 Componente global	32
2.9.3 Componentes regionales	34
2.9.4 Componentes locales	35
2.10 GALILEOSAT	37
2.11 PLANES DE FRECUENCIA	38
2.12 LA COMPATIBILIDAD E INTEROPERATIVIDAD CON LOS OTROS SISTEMAS	38
<b><u>CAPÍTULO III. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE     POSICIONAMIENTO</u></b>	<b>40</b>
3.1 APLICACIONES DE GPS	40
3.1.1 Navegación y Orientación	41
3.1.2 Exploración	42
3.1.3 Investigación	43
3.1.4 Medición	44
3.1.5 Topografía y Geodesia	44
3.1.6 Otras aplicaciones	45
3.1.7 Nuevas tecnologías con GPS	47
3.1.8 Dispositivos GPS	48
3.2 APLICACIONES DE GALILEO	53
3.2.1 APLICACIONES AL TRANSPORTE	53
3.2.1.1 Transporte Aéreo	54
3.2.1.2 Transporte por carretera	55

3.2.1.3 Transporte Marítimo	58
3.2.1.4 Transporte Ferroviario	60
3.2.2 MOVILIDAD PERSONAL	62
RECOMENDACIONES	64
CONCLUSIONES	65
GLOSARIO	67
BIBLIOGRAFÍA	71

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
<b>FIGURA 1</b>	Situación de las estaciones monitoras y de la estación de control maestro.	2
<b>FIGURA 2</b>	Principio de funcionamiento del sistema GPS.	4
<b>FIGURA 3</b>	Medida de la distancia a los satélites.	5
<b>FIGURA 4</b>	Señales transmitidas por los satélites GPS.	7
<b>FIGURA 5</b>	Imagen artística de la constelación GALILEO.	17
<b>FIGURA 6</b>	Principios del funcionamiento de GALILEO.	21
<b>FIGURA 7</b>	Imagen artística de la constelación GALILEO 2.	29
<b>FIGURA 8</b>	Diagrama esquemático del Sistema GALILEO.	31
<b>FIGURA 9</b>	Esquema de la arquitectura del sistema GALILEO.	32
<b>FIGURA 10</b>	Satélites de GALILEO.	33
<b>FIGURA 11</b>	GPSMAP 225 / Garmin.	42
<b>FIGURA 12</b>	GPS para bicicletas.	43
<b>FIGURA 13</b>	GPS III Plus ( de mano) / Garmin.	45
<b>FIGURA 14</b>	GPS eTrex.	48
<b>FIGURA 15</b>	GPS eTrex® Summit.	49
<b>FIGURA 16</b>	GPS eTrex® Legend.	50
<b>FIGURA 17</b>	GPS eTrex Vista ®.	51
<b>FIGURA 18</b>	GPS eMap ®.	52
<b>FIGURA 19</b>	Fotografía 1.	54
<b>FIGURA 20</b>	Fotografía 2.	56
<b>FIGURA 21</b>	Fotografía 3.	58
<b>FIGURA 22</b>	Fotografía 4.	61
<b>FIGURA 23</b>	Fotografía 5	62

<b>FIGURA 24</b>	Mapa Conceptual: Diferencias de GPS, GLONAS y GALILEO	63
<b>TABLA 1</b>	Contribución de países participantes en el programa de la ESA.	18
<b>TABLA 2</b>	Requerimientos preliminares de la señal de GALILEO en el espacio.	37

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se encuentra recopilada varios puntos de información para comprender la evolución, el funcionamiento y las principales aplicaciones del sistema de posicionamiento global GPS y GALILEO.

La tecnología GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) fue creada inicialmente para uso militar y ha sido muy utilizada por el departamento de defensa de estados unidos en la guerra u otras situaciones, pero como es una tecnología que tiene excelentes utilidades se vieron obligados a presentar una parte para el uso comercial.

En esta investigación también queremos mostrar como esta tecnología va creciendo y perfeccionando su precisión de posición con nuevos avances tecnológicos que se van presentando para así ir posesionándose en este mundo tan exigente que día a día quiere dispositivos con menos errores. Es por esto que partiendo de las fallas y las muchas limitaciones del GPS la unión europea creó un nuevo sistema llamado GALILEO que también esta basado en un conjunto de satélites. El sistema esta pronosticado para proporcionar información precisa de la posición y el tiempo del objeto o persona con adecuadas garantías del buen servicio y disponibilidad de la señal. Una de las partes importantes en la que también nos enfocaremos en este proyecto es su cobertura mundial y sus servicios básicos del que se podrá derivar todas aquellas aplicaciones que, para un mercado que se encuentra en expansión, la ingeniería sea capaz de desarrollarlo, para satisfacer a la comunidad europea en primer lugar, pero también para el del resto del mundo.

El proyecto GALILEO es muy importante para Europa ya que es un hecho histórico para este continente, porque se quita la dependencia con Estados Unidos. Además de ser un sistema autónomo, GALILEO no excluye la colaboración con otros sistemas de navegación por satélite existentes, sobre todo el GPS. En este sentido se considera más como un futuro socio que un competidor.

Es también importante anotar que en este proyecto se encuentran diversos dispositivos y equipos de GPS con sus respectivos usos y aquellas futuras aplicaciones que se podrán tener con el lanzamiento de GALILEO.

Esperamos que la información recopilada sea de utilidad para aquellos que quieren profundizar en el sistema de posicionamiento GPS y en el nuevo proyecto GALILEO y su evolución europea.

## OBJETIVOS

### GENERAL:

Investigar y profundizar el funcionamiento de la tecnología GPS y el proyecto GALILEO con sus respectivos dispositivos y aplicaciones presentes y futuras.

### ESPECÍFICOS:

- Describir el porque el funcionamiento de esta tecnología la hace muy precisa.
- Conocer las distintas funciones que puede ofrecer las tecnologías GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL).
- Visualizar y analizar el proyecto GALILEO como complemento a la tecnología GPS
- Conocer los dispositivos que se utilizan en GPS con sus diferentes funciones y características.
- Mostrar las futuras aplicaciones que el proyecto GALILEO tiene previsto para su uso.
- Comparar ambas tecnologías, dando a conocer como se complementa la una con la otra.

# CAPÍTULO I. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO.

## 1.1 INTRODUCCIÓN.

El Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) para constituir un sistema de navegación preciso con fines militares que suplantaran al antiguo sistema utilizado, que no era otro que las mediciones Doppler sobre la constelación Transit.

Para ello, aprovecharon las condiciones de la propagación de las ondas de radio de la banda L en el espacio, así como la posibilidad de modular las ondas para que en ellas se pueda incluir la información necesaria que permita posicionar un objeto en el sistema de referencia apropiado.

Este sistema originalmente llamado NAVSTAR se hizo realidad entre los meses de febrero y diciembre de 1978, cuando se lanzaron los cuatro primeros satélites de esta constelación, este es un **Sistema Global de Navegación por Satélite** (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una desviación de tres metros.

Este sistema esta basado en señales de radio emitidas por una constelación de 21 satélites activos en órbita alrededor de la tierra a una altura de aproximadamente 20.000 Km. El sistema permite el cálculo de coordenadas tridimensionales que pueden ser usadas en navegación o mediante el uso de métodos adecuados para determinación de mediciones de precisión, también poseen receptores que captan las señales emitida por los satélites.

## 1.2. EL SISTEMA GPS

### 1.2.1 Arquitectura del sistema GPS

El sistema se descompone en tres segmentos básicos, los dos primeros de responsabilidad militar: segmento espacio, formado por 24 satélites GPS con una órbita de 26560 Km. De radio y un periodo de 12 h.; segmento control, que consta de cinco estaciones monitoras encargadas de mantener en órbita los satélites y supervisar su correcto funcionamiento, tres antenas terrestres que envían a los satélites las señales que deben transmitir y una estación experta de supervisión de todas las operaciones (Fig. 1); y segmento usuario, formado por las antenas y los receptores pasivos situados en tierra. Los receptores, a partir de los mensajes que provienen de cada satélite visible, calculan distancias y proporcionan una estimación de posición y tiempo.

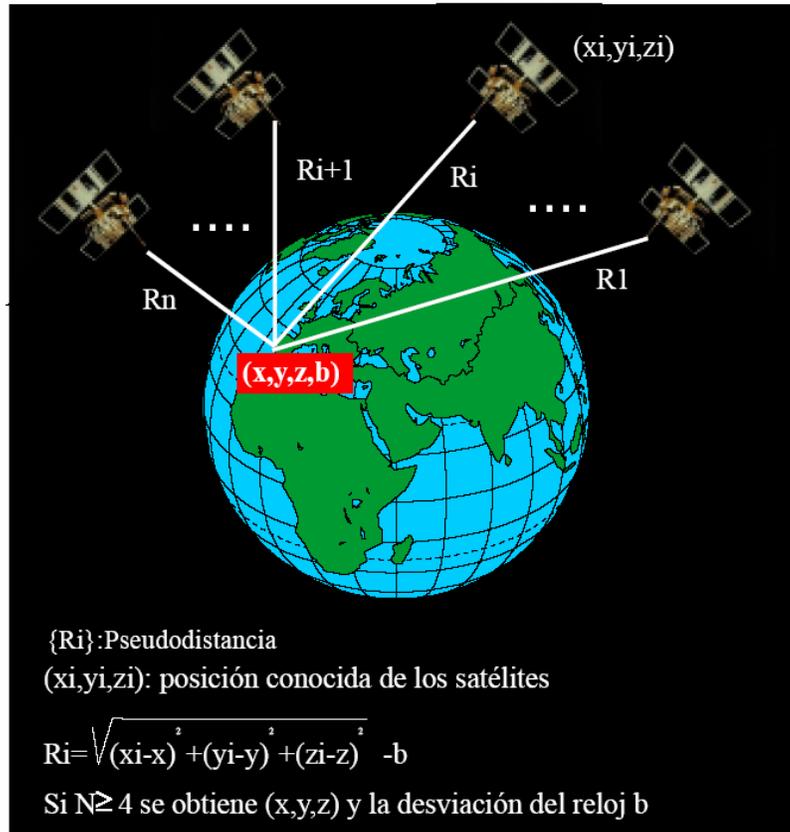


*Situación de las estaciones monitoras y de la estación de control maestro*

*Figura 1.*

### **1.2.2 Principios de funcionamiento del sistema GPS**

El sistema GPS tiene por objetivo calcular la posición de un punto cualquiera en un espacio de coordenadas  $(x,y,z)$ , partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida. La distancia entre el usuario (receptor GPS) y un satélite se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida desde el satélite por su velocidad de propagación. Para medir el tiempo de vuelo de la señal de radio es necesario que los relojes de los satélites y de los receptores estén sincronizados, pues deben generar simultáneamente el mismo código. Ahora bien, mientras los relojes de los satélites son muy precisos los de los receptores son osciladores de cuarzo de bajo coste y por tanto imprecisos. Las distancias con errores debidos al sincronismo se denominan pseudodistancias. La desviación en los relojes de los receptores añade una incógnita más que hace necesario un mínimo de cuatro satélites para estimar correctamente las posiciones (Fig. 2).

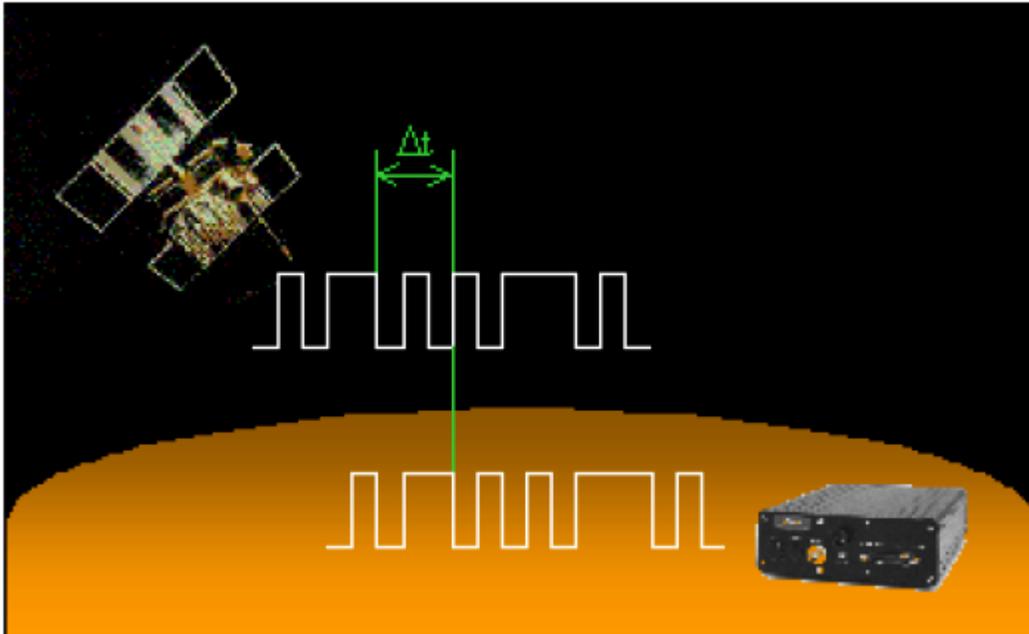


Principio de funcionamiento del sistema GPS

Figura 2.

En el cálculo de las pseudodistancias hay que tener en cuenta que las señales GPS son muy débiles y se hallan inmersas en el ruido de fondo inherente al planeta en la banda de radio. Este ruido natural está formado por una serie de pulsos aleatorios, lo que motiva la generación de un código pseudo-aleatorio artificial por los receptores GPS como patrón de fluctuaciones. En cada instante un satélite transmite una señal con el mismo patrón que la serie pseudo-aleatoria generada por el receptor. En base a esta sincronización, el receptor calcula la distancia realizando un desplazamiento temporal de su código pseudo-aleatorio hasta lograr la coincidencia con el código recibido; este desplazamiento

corresponde al tiempo de vuelo de la señal (Fig. 3). Este proceso se realiza de forma automática, continua e instantánea en cada receptor.



*Medida de la distancia a los satélites*

*Figura 3.*

La utilización de estos códigos pseudo-aleatorios permite el control de acceso al sistema de satélites, de forma que en situaciones conflictivas se podría cambiar el código, obligando a todos los satélites a utilizar una banda de frecuencia única sin interferencias pues cada satélite posee un código GPS propio.

Aunque la velocidad de los satélites es elevada (4 Km./s), la posición instantánea de los mismos puede estimarse con un error inferior a varios metros en base a una predicción sobre las posiciones anteriores en un período de 24 a 48 horas. Las estaciones terrestres revisan periódicamente los relojes atómicos de los satélites,

dos de cesio y dos de rubidio, enviando las efemérides<sup>1</sup> y las correcciones de los relojes, ya que la precisión de los relojes y la estabilidad de la trayectoria de los satélites son claves en el funcionamiento del sistema GPS.

### **1.2.2.1 Cadenas de Código GPS**

El código pseudo-aleatorio transmitido se compone de tres tipos de cadenas:

- El código C/A (Coarse/Acquisition), con frecuencia 1.023 MHz., utilizado por los usuarios civiles.
- El código P (Precision Code), de uso militar, con una frecuencia 10 veces superior al código C/A.
- El código Y, que se envía encriptado en lugar del código P cuando está activo el modo de operación antiengaños<sup>2</sup>.

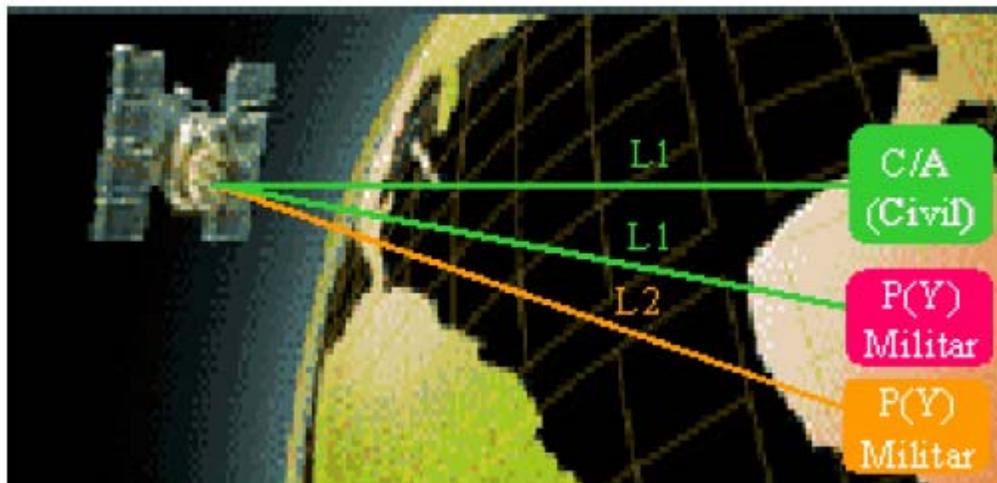
Los satélites transmiten la información en dos frecuencias (Fig.4):

- Frecuencia portadora L1, a 1575.42 MHz., transmite los códigos C/A y P.
- Frecuencia portadora L2, a 1227.60 MHz., transmite información militar modulada en código P.

---

<sup>1</sup> Las efemérides son las predicciones de la posición actual de los satélites que se transmite al usuario en el mensaje de datos

<sup>2</sup> El modo anti-engaños, operativo desde 1994, impide que fuerzas hostiles generen y transmitan una señal igual a la de los satélites GPS.



Señales transmitidas por los satélites GPS

Figura 4.

El satélite transmite además una señal de 50 Hz. En ambas portadoras L1 y L2, que incluye las efemérides y las correcciones por desviación de sus relojes.

#### 1.2.2.2 Niveles de Servicio GPS

El sistema GPS proporciona dos niveles diferentes de servicio que separan el uso civil del militar:

- Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS, Standard Positioning Service). Precisión normal de posicionamiento civil obtenida con la utilización del código C/A de frecuencia simple.
- Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS, Precise Positioning Service). Este posicionamiento dinámico es el de mayor precisión, basado en el código P de frecuencia dual, y solo está accesible para los usuarios autorizados.

### 1.3. FUENTES DE ERROR EN LOS GPS

A continuación se describen las fuentes de error que en la actualidad afectan de forma significativa a las medidas realizadas con el GPS:

- **Perturbación ionosférica:** La ionosfera está formada por una capa de partículas cargadas eléctricamente que modifican la velocidad de las señales de radio que la atraviesan.
- **Fenómenos meteorológicos:** En la troposfera, cuna de los fenómenos meteorológicos, el vapor de agua afecta a las señales electromagnéticas disminuyendo su velocidad. Los errores generados son similares en magnitud a los causados por la ionosfera, pero su corrección es prácticamente imposible.
- **Imprecisión en los relojes:** Los relojes atómicos de los satélites presentan ligeras desviaciones a pesar de su cuidadoso ajuste y control; lo mismo sucede con los relojes de los receptores.
- **Interferencias eléctricas imprevistas:** Las interferencias eléctricas pueden ocasionar correlaciones erróneas de los códigos pseudo-aleatorios o un redondeo inadecuado en el cálculo de una órbita. Si el error es grande resulta fácil detectarlo, pero no sucede lo mismo cuando las desviaciones son pequeñas y causan errores de hasta un metro.
- **Error multisenada:** Las señales transmitidas desde los satélites pueden sufrir reflexiones antes de alcanzar el receptor. Los receptores modernos emplean técnicas avanzadas de proceso de señal y antenas de diseño especial para minimizar este error, que resulta muy difícil de modelar al ser dependiente del entorno donde se ubique la antena GPS.

- Interferencia “Disponibilidad Selectiva S/A<sup>3</sup>”: Constituye la mayor fuente de error y es introducida deliberadamente por el estamento militar.
- Topología receptor-satélites: Los receptores deben considerar la geometría receptor-satélites visibles utilizada en el cálculo de distancias, ya que una determinada configuración espacial puede aumentar o disminuir la precisión de las medidas. Los receptores más avanzados utilizan un factor multiplicativo que modifica el error de medición de la distancia (dilución de la precisión geométrica).

Las fuentes de error pueden agruparse según dependan o no de la geometría de los satélites. El error debido a la Disponibilidad Selectiva y los derivados de la imprecisión de los relojes son independientes de la geometría de los satélites, mientras que los retrasos ionosféricos, troposféricos y los errores multisenda dependen fuertemente de la topología. Los errores procedentes de las distintas fuentes se acumulan en un valor de incertidumbre que va asociado a cada medida de posición GPS.

### **1.3.1 Cuantificación de la incertidumbre en localización GPS**

Debido a las múltiples fuentes de error anteriormente comentadas, los receptores GPS posicionan con un cierto grado de incertidumbre. Ofrecen una estimación de la posición, valor medio, a lo largo de un intervalo de tiempo con una determinada dispersión. De forma estándar se puede caracterizar esta dispersión mediante el error cuadrático medio (ECM) definido como la raíz cuadrada de la media de los errores al cuadrado, pudiendo referirse a una, dos o tres dimensiones.

---

<sup>3</sup> La señal SPS es degradada a propósito por el Departamento de Defensa utilizando una técnica conocida como SA (Selective Availability, Disponibilidad Selectiva).

En receptores GPS/GLONASS y DGPS los errores de posicionamiento, en un intervalo de horas se ajustan a una distribución normal, no ocurriendo así con el GPS en modo absoluto debido al error S/A. En los dos primeros casos, el error en las medidas sigue una distribución de probabilidad normal en cada eje, por lo que se pueden deducir las probabilidades asociadas a los mismos. Para análisis unidimensional, el valor de una medida se encuentra en el intervalo [valor medio  $\pm 2\sigma$ ] en el 95%<sup>4</sup> de los casos. En el caso bidimensional (ejes norte y este), el porcentaje de dispersión que está dentro de un círculo de radio ECM depende de la distribución, siendo del 98% en el caso circular.

Para las medidas GPS y GPS/GLONASS la distribución es elíptica, por lo que se aproxima a una distribución unidimensional, con probabilidad asociada del 95%.

Los fabricantes de GPS definen la precisión de las medidas de posición obtenidas con sus receptores mediante el Error Circular Probable (CEP), que se define como el radio del círculo en el que se encuentra la estimación más probable de la posición en un porcentaje del 95% o CEP 95%, en asociación con el ECM y del 50% o CEP 50%.

### **1.3.2 Corrección de errores mediante técnicas diferenciales (DGPS)**

En aplicaciones que no requieren gran precisión se puede utilizar un receptor con un único canal y bajo coste, que calcula la distancia a cuatro satélites en un intervalo de 2 a 30 segundos. Ahora bien, la precisión de las medidas se ve afectada por el movimiento del satélite durante el cómputo y por el tiempo que se

---

<sup>4</sup> Siendo  $\sigma$  la desviación típica de la distribución

tarda en obtener las posiciones, debido a lecturas repetitivas de todos los mensajes de la constelación.

El requerimiento de una localización precisa y continua en tiempo real, ha conducido al desarrollo de receptores con un mayor número de canales (8-12) capaces de disminuir al máximo el error de localización utilizando los métodos de posicionamiento diferencial. Así, un receptor GPS ubicado en una posición conocida de la Tierra calcula su distancia a un conjunto de satélites; la diferencia entre la posición calculada y la localización exacta del receptor constituye el error en la medida. Este error se transmite en un código predefinido (RTCM Radio Technical Commission Maritime) y cualquier usuario-receptor con capacidad de corrección diferencial puede acceder a él para corregir su posición. Esta técnica elimina prácticamente los errores S/A siempre que el receptor diferencial esté próximo a la base emisora de la corrección.

Las correcciones pueden enviarse desde una estación base propiedad de los usuarios, desde una estación base virtual y vía estaciones de radio comerciales. En todos estos casos el modo de operación del DGPS se denomina de área global (WADGPS) ya que el error debido a cada satélite se procesa de modo individual<sup>5</sup>.

#### **1.4 VENTAJAS DEL GPS RESPECTO A LOS SISTEMAS HABITUALES DE ORIENTACIÓN**

En síntesis, se puede decir que el GPS es un sistema que facilita la posición en la tierra y la altitud, con una precisión casi exacta, incluso en condiciones meteorológicas muy adversas.

---

<sup>5</sup> la arquitectura del GPS y las fuentes de error fue consultado en “Sistema de posicionamiento global (GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro”  
[http:// www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf](http://www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf)

Es importante entender que el cálculo de la posición y la altitud no se hace a partir de los datos de sensores analógicos de presión, humedad o temperatura o una combinación de éstos, sino que se hace a partir de los datos que envía una constelación de satélites e órbita que, a pesar de ser simples como satélites, proporciona la fiabilidad de hacer uso de la tecnología más sofisticada y precisa de la que se dispone actualmente.

Además, todos los GPS incorporan funciones de navegación realmente sofisticadas que harán cambiar el concepto de la orientación. Por ejemplo, se pueden elaborar rutas sobre mapas, registrando en el dispositivo los puntos por los que quiere o deben pasar sobre el terreno, activando esa ruta. Una pantalla gráfica indicará si se está sobre el rumbo correcto o si se está desviando en alguna dirección; o utilizar la misma función en rutas reversibles, es decir, ir registrando puntos por lo que se está pasando para luego poder volver por esos mismos puntos con seguridad. Con todos estos datos, además se puede deducir la velocidad a la que está desplazando con exactitud, mientras se mantiene el rumbo en línea recta, o deducir la velocidad a la que se está desplazado si se registran todos los puntos de cambio de rumbo.

## **1.5 OTROS SISTEMAS ALTERNATIVOS DE POSICIONAMIENTO**

### **GLONASS:**

La segunda alternativa al Sistema de posicionamiento global GPS estadounidense la constituye el Sistema de satélites de navegación global GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) de administración rusa, cuyas funciones son similares a las del GPS, pero con marcadas diferencias en su forma de operar.

Al igual que el sistema GPS, el GLONASS tiene aplicación tanto en el campo militar como en el civil, aunque en este último su uso es bastante limitado. El control de este sistema lo ejerce el gobierno de la Federación Rusa por mediación de las Fuerzas Espaciales.

El primer satélite del sistema GLONASS fue lanzado al espacio y puesto en órbita circunferencial el 12 de octubre de 1982 y el sistema completo comenzó a operar oficialmente el 24 de septiembre de 1993. Este sistema se compone de 24 satélites (21 activos y 3 de reserva), distribuidos en tres planos orbitales con una separación entre sí de 120°. Cada satélite gira en una órbita circular a 19.100 km de altura de la Tierra y da una vuelta completa a la órbita cada 11 horas y 15 minutos, aproximadamente.

Los 24 satélites del sistema GLONASS están distribuidos en sus respectivas órbitas de forma tal que siempre existen entre 4 ó 5 de ellos a la vista de los receptores, cubriendo el 97% de toda la superficie terrestre.

Existen actualmente receptores duales que trabajan tanto con el sistema GPS como con el sistema GLONASS.

### **GALILEO:**

La tercera alternativa de posicionamiento global es el sistema GALILEO, controlado por la Unión Europea y que se espera entre en explotación en el año 2008. Este sistema, actualmente en fase de desarrollo por la Agencia Espacial Europea, rinde honor con su nombre al famoso físico y astrónomo italiano GALILEO Galilei (1564-1642).

El principio de funcionamiento del sistema europeo será idéntico al GPS norteamericano. Estará formado por 30 satélites geoestacionarios distribuidos en tres órbitas circunferenciales situadas aproximadamente a 24 mil kilómetros de altura sobre la Tierra. De ese total de satélites en órbita se encontrarán siempre operativos 27, mientras los 3 restantes se mantendrán en reserva.

## CAPÍTULO II. PROYECTO GALILEO

### 2.1 DEFINICIÓN

El **GALILEO** es un sistema europeo de navegación similar al GPS, pero orientado al uso civil principalmente, y con sus propios satélites y sistemas. Ofrecerá acceso libre para el público general, así como otros servicios de valor agregado de pago. Por supuesto el GPS seguirá funcionando y los actuales receptores seguirán siendo perfectamente válidos. El GPS y el GALILEO serán dos sistemas compatibles y complementarios, y el uso conjunto de los mismos permitirá lograr mejores precisiones que ahora, y con mayores coberturas.

Este es un sistema propuesto por la Unión Europea con apoyo de la Agencia Espacial Europea y un grupo de inversionistas privados. Tiene un costo total aproximado de \$ 3 billones de Euros y se espera que esté en operación en el 2008. GALILEO es un sistema global independiente de GPS, pero totalmente compatible e ínter operable con él. Por compatible e ínter operable se entiende que un receptor GALILEO podrá explotar simultáneamente las señales recibidas de los satélites GALILEO y GPS.

Los satélites GALILEO, tendrán aproximadamente 600 Kg. De peso con una carga útil aproximada de 110 Kg. Y un consumo de potencia de 1.7 Kw., serán capaces de entregar la señal hacia la tierra con más potencia que la señal del sistema GPS, lo cual permite que la señal de GALILEO sea menos interferible.

El gran reto de este sistema será la sincronización entre los satélites y las terminales en tierra. Empleará relojes atómicos de cesio en tierra, en contraste con GPS que utiliza estos relojes en sus satélites. Los satélites de GALILEO estarán

equipados con relojes de rubidio, que permiten precisiones en el orden de nanosegundos. El cálculo orbital será llevado a cabo en tierra<sup>6</sup>.

El WAAS y el EGNOS son la versión americana y la versión europea de lo que se denomina *SBAS: Satellite based augmentation system*. Estos son sistemas que permiten mejorar la precisión del GPS, pudiendo lograr en las zonas de cobertura de Estados Unidos para el WAAS y Europa para el EGNOS, precisiones mejores de 2 m. Para ello, tu receptor de GPS tendrá que estar preparado para interpretar estas otras señales. Prácticamente todos los GPS actuales lo están.

## **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 (Agencia Espacial Europea) 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

---

<sup>6</sup> Definición consultada del artículo Galileo, La siguiente generación de los sistemas de localización por satélite.

[http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente\\_generacion.htm](http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente_generacion.htm)

aplicaciones comerciales orientadas a todos los modos de transporte. GALILEO estará financiado por la Unión Europea, la ESA (Agencia Espacial Europea) y posibles inversionistas 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.



Foto ESA

*Imagen artística de la constelación GALILEO  
Figura 5.*

### **2.3 PROGRAMA GALILEOSAT DE LA ESA (Agencia Espacial Europea)**

GalileoSat es el programa de la ESA que abarca las acciones de este organismo en el proyecto global 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 el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (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 Millones de euros a un nivel del 11% de su envolvente financiera total de 93 Millones de euros. Del mismo modo, España anunció, una participación para la siguiente fase de desarrollo y validación al mismo nivel del 11% de la cantidad suscrita (547 Millones de euros), es decir unos 60,2 Millones de euros.

<b>Estados Participantes (ESA)</b>	<b>Fase Definición (Millones de euros c.e. 98)</b>	<b>Fase Desarrollo y Validación (Millones de euros 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
España	10,23	60,2

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>

Tabla ESA

*\*contribución aún no anunciada.*

*Contribución de países participantes en el programa de la ESA*

*Tabla 1.*

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.

## **2.4 UNA REFERENCIA PERMANENTE EN TIEMPO Y ESPACIO**

Más y más a menudo, llegará a ser necesario comprobar una posición exacta en espacio y tiempo de una manera confiable. En algunos años esto será posible con el sistema de navegación de radio satélite de GALILEO, una iniciativa lanzada por la unión europea y la Agencia Espacial Europea. Este sistema mundial asegurará complementariedad con el sistema actual del GPS.

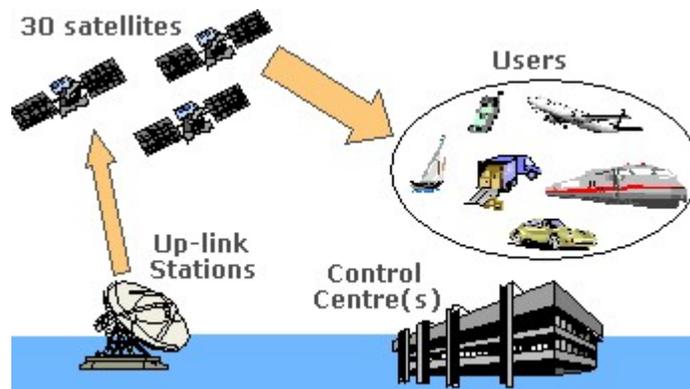
La navegación de radio satélite es una tecnología avanzada. Se basa en las señales que emiten los satélites que indican el tiempo extremadamente exacto. Esto permite al individuo determinar su posición o la localización de cualquier

objeto móvil o inmóvil (un vehículo, un barco o una manada de ganados.) dentro de un metro gracias a un pequeño receptor individual muy barato.

GALILEO es basado en una constelación de 30 satélites y estaciones de tierra que proporcionan la información referente la ubicación de usuarios en muchos sectores tales como transporte (localización del vehículo, búsqueda de rutas, control de la velocidad y sistemas de la dirección.), servicios sociales (asistente para lisiados o ancianos), sistema judicial y otros servicios (localización de sospechosos, control de frontera), trabajos públicos (sistemas de información geográficos), sistemas de búsqueda y de rescate, o el ocio (buscar-dirección en el mar o en las montañas.).

#### **2.4.1 ¿Navegación basada en satélites – cómo trabaja?**

Desde el tiempo inmemorial, la gente ha mirado a los cielos para encontrar su camino. Hoy, la navegación basada en satélites está continuando esta tradición, mientras que ofrece, gracias a la tecnología marginal, una exactitud más allá de lo posible simplemente observando el sol y las estrellas. Esta tecnología, que se ha desarrollado durante los últimos treinta años, originalmente para los propósitos militares, permite que cualquier persona con un receptor sea capaz de escoger las señales emitidas por una constelación de satélites para determinar instantáneamente su posición en tiempo y espacio muy exactamente.



*Principios del funcionamiento de GALILEO*

*Figura 6.*

*El principio del funcionamiento es simple:* los satélites de la constelación son cuadrados con un reloj atómico para tener un tiempo muy exacto. Los satélites emiten señales personalizadas que indican el tiempo exacto la cual la señal sale del satélite. El receptor de tierra, incorporado por ejemplo en un teléfono móvil, tiene en su memoria los detalles exactos de las órbitas de todos los satélites en la constelación. Leyendo la señal entrante, puede reconocer así un satélite particular, determinar el tiempo tomado por la señal que llegar y calcula la distancia del satélite. Una vez que el receptor de tierra reciba las señales por lo menos de cuatro satélites simultáneamente, puede calcular la posición exacta.

## **2.4.2 Telecomunicaciones**

Saber su posición puede ser a veces inútil si no puede ser comunicado. La telecomunicación es imprescindible para la mayoría de las aplicaciones de los satélites. Recíproco, las técnicas basadas en los satélites de la navegación llegarán a ser imprescindibles para la comunidad de telecomunicación, aumentar el nivel de comunicaciones y la eficacia de la integración de redes. La combinación de GALILEO con los teléfonos móviles generará una multiplicidad de aplicaciones

combinadas en la posición, encontrar dirección, información en tiempo real de tráfico y muchas otras.

### **2.4.3 Red de comunicaciones**

Las nuevas tecnologías digitales y los servicios tiempo-sensibles de valor agregado (el vídeo en tiempo real, comunicación con video) necesitan las arquitecturas de red confiables (GSM, UMTS, Internet, ATM). El crecimiento del suscriptor y la demanda del consumidor están conduciendo a operadores para acentuar calidad, confiabilidad y la anchura de servicios. Es por lo tanto imperativo que la sincronización de red está tratada y que los problemas de la sincronización están solucionados. GALILEO proporcionará la sincronización y la información de alta precisión de frecuencia sin la necesidad de invertir en relojes atómicos costosos.

### **2.4.4 Capacidad de las redes de comunicaciones**

Las técnicas de navegación por satélites podían mejorar la capacidad de la comunicación de redes. Esto es especialmente relevante para la tercera generación de UMTS usando técnicas de CDMA. Una sincronización-tiempo exacta de las diversas estaciones bajas (las antenas de UMTS) puede aumentar perceptiblemente la capacidad de tráfico del sistema. GALILEO será una herramienta confiable no solamente para localizar pero también para la sincronización. Proveerá el operador móvil de las comunicaciones una herramienta confiable y exacta, con garantía del servicio, para aumentar su funcionamiento de la red.

## **2.5 EGNOS EN EL CAMINO HACIA GALILEO**

Sabiendo que ya existen funcionando otros dos sistemas de radionavegación por satélite: tales como el americano GPS y el ruso Glonass que han sido creados con fines militares, y se han marcado en su funcionamiento. El ruso ya no está totalmente operativo y el americano no cubre bien ciertas regiones de poco interés estratégico de nuestro planeta. Otras veces, se producen fallos en su precisión dependiendo del lugar y del tiempo, lo que conduce a errores posicionales de decenas de metros. En ocasiones de guerra ha dejado de operar sin previo aviso. Existen decenas de casos de aeronaves que se han visto privadas del servicio o que han tenido señales erróneas durante periodos prolongados de tiempo. La finalidad prioritaria militar conduce a una notable ausencia de garantías y responsabilidades en relación con los usos civiles en los que unos pocos metros pueden ser vitales, por ejemplo en una maniobra de ataque a un muelle de un superpetróleo. Por tanto las dos principales características del sistema europeo serán su primordial destino civil y su mayor precisión (unos mínimos metros) y seguridad (funcionamiento asegurado).

Otra circunstancia es que este proyecto es vital para que Europa consiga una adecuada independencia tecnológica y política. En este punto son muy significativos los excelentes resultados obtenidos con otros grandes proyectos europeos previos, como los aviones Airbus, los cohetes de lanzamiento Ariane, o la Física de partículas de alta energía en las instalaciones de Ginebra. No es de extrañar que los Estados Unidos se hayan opuesto fuertemente al proyecto europeo GALILEO logrando mantener hasta hace poco las resistencias de países como Alemania, Inglaterra y Holanda. El ejemplo de las lanzaderas Ariane es un gran precedente. En los años 60 los Estados Unidos ridiculizaron el proyecto, sobre todo sus aspectos económicos, ofreciendo gratis sus propios cohetes para

el lanzamiento de los satélites europeos. Sin embargo la perseverancia europea logró desarrollar el sistema Ariane que actualmente es una gran fuente de beneficios económicos ya que los Ariane son utilizados, por su excelente resultado, para el lanzamiento de multitud de satélites de múltiples países, incluyendo los de algunas grandes empresas americanas que los escogen por su seguridad y competitividad. No es necesario comentar que la posibilidad de que Europa pueda tener alguna vez una política geoestratégica propia ha de pasar por su independencia respecto al sistema americano GPS de posicionamiento y navegación.

Un primer paso para intentar disminuir las deficiencias de los sistemas existentes GPS y GLONASS fue el desarrollo de los “sistemas de aumentación”, conocidos como GNSS-1 que consisten en aumentar las prestaciones del GPS y GLONASS a través de datos adicionales procedentes de otros sistemas independientes de ellos.

Los sistemas de aumentación por satélite “SBAS” consiguen proporcionar estos datos adicionales en un ámbito regional. El programa EGNOS europeo, el WAAS de Estados Unidos o el MSAS japonés, que entrarán en funcionamiento previsiblemente entre 2003 y 2005, son el resultado de esta iniciativa en sus respectivos ámbitos regionales. Según la definición de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), son “sistemas de aumentación espacial”, pues aumentan las prestaciones con señales procedentes de satélites geoestacionarios. Estos satélites se mantienen fijos en la vertical de una determinada zona geográfica, lanzando para esa zona una señal que corrige los errores de los otros satélites de las constelaciones GPS ó GLONASS, consiguiendo así aumentar las prestaciones del sistema “original”. Esta es la filosofía del programa europeo EGNOS, que nació en 1993 por iniciativa de la Comisión Europea, de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de Eurocontrol. España mostró desde un primer

momento su apuesta de futuro en el sistema EGNOS, precursor de GALILEO. De hecho, el Mº de Fomento y el de Ciencia y Tecnología patrocinaron acciones investigadoras para aplicar EGNOS en el sistema de transporte terrestre (proyecto MIMICS). Gracias a EGNOS, se aumentarán todos los parámetros de la señal del GPS en la zona europea, particularmente la precisión y la integridad, de forma que EGNOS “avisará” cuando el GPS esté enviando una información “defectuosa”.

Sin embargo, las prestaciones de estos satélites geoestacionarios se degradan en latitudes muy altas (países nórdicos en el caso de Europa) y no deja de ser un sistema corrector de la señal primaria del GPS, por lo que persiste el problema de la propiedad y de la manipulación de la señal inicial. Por ello, el siguiente paso lógico para Europa fue plantearse la opción más ambiciosa: la creación de un sistema de navegación por satélite propio e independiente de los actuales, con cobertura mundial, de origen civil y al servicio de la comunidad internacional, que ofreciera iguales o mejores prestaciones que los sistemas existentes, aunque manteniendo con ellos total interoperabilidad.

## **2.6 COMPLEMENTO NECESARIO DEL GPS**

Las carencias técnicas de GPS y EGNOS anteriormente mencionadas, junto con razonamientos de tipo estratégico, convencieron a la Unión Europea de la necesidad de contar con su propio sistema de radionavegación por satélite: GALILEO.

Aparte de su carácter civil, GALILEO permitirá precisiones de unos pocos metros y proporcionará garantías legales de operación, fundamentales en aplicaciones críticas de seguridad, como el transporte aéreo o marítimo. Además, el sistema europeo aportará información adicional relativa a la integridad del sistema,

aumentando la fiabilidad de las operaciones y avisando al usuario en el caso de que se produzcan errores.

En cualquier caso, GALILEO no debe verse únicamente como un competidor de los sistemas ya existentes, sino que se debe considerar como un sistema complementario e interoperable con los mismos. El proceso de determinación de posición será más robusto al contar con dos sistemas independientes GPS y GALILEO, que el usuario recibirá con un único receptor. Esta característica mejorará especialmente las prestaciones en los núcleos urbanos al tiempo que aportará mayor seguridad en las aplicaciones críticas, puesto que ante el fallo de un sistema todavía subsistirá el otro.

Por todo esto será necesaria la colaboración entre Estados Unidos y la Unión Europea, estando prevista la formalización de un acuerdo de cooperación que fije las bases para un desarrollo coordinado de ambos sistemas.

## **2.7 ELEMENTO CLAVE EN EL DESARROLLO DE EUROPA**

GALILEO contribuye al fortalecimiento de la soberanía europea sustentada en su independencia estratégica para liderar los procesos de eficiencia y competencia a nivel mundial. Las potenciales ventajas de GALILEO pueden verse desde distintos puntos de vista:

- **Aspectos Tecnológicos:** Al igual que sucedió con las iniciativas europeas Ariane (cohetes lanzadores de satélites) o Airbus (el consorcio aeronáutico europeo para la fabricación de aviones), el desarrollo de GALILEO permitirá a Europa independizarse tecnológicamente de EE.UU. en uno de los principales sectores industriales del siglo XXI. El avance tecnológico que experimentarán las industrias europeas las colocará en una posición de

privilegio para poder competir en este sector, especialmente en el desarrollo de las diferentes aplicaciones derivadas de este sistema.

- **Aspectos Económicos:** De acuerdo con diversos estudios realizados, se estima que el mercado de equipos y servicios para GALILEO estará en torno a los 10.000 Millones de Euros al año, con una creación en Europa de más de 100.000 puestos de trabajo para personal altamente calificado. Frente a estas perspectivas, la no participación europea en esta tecnología podría originar importantes pérdidas y despidos en el sector tecnológico y aeroespacial, al tiempo que crearía una dependencia peligrosa del GPS.
- **Aspectos Estratégicos y Políticos:** Parece claro que la navegación por satélite tiende a jugar un papel cada vez más importante dentro de la sociedad del futuro. El sector del transporte será uno de los más beneficiados puesto que facilitará la gestión de aeronaves, barcos, trenes y demás vehículos terrestres. GALILEO formará parte de infraestructuras inteligentes ayudando a garantizar la seguridad, racionalizando la gestión del tráfico, reduciendo la congestión y el impacto medioambiental y favoreciendo el desarrollo multimodal. Por tanto, los sistemas de navegación avanzados son indispensables para una eficaz gestión del transporte y para garantizar la movilidad de los individuos, requisitos ambos cruciales para lograr un crecimiento económico sostenido y mejorar el nivel de vida de las personas. También es destacable el impacto que sobre la soberanía de Europa tendría la dependencia con respecto a EE.UU. en tecnologías de navegación por satélite, así como las consecuencias que esto podría tener de cara al establecimiento de una política europea de defensa, puesto que se espera que en un plazo de 20 años muchos de los sistemas de defensa se basen en esta tecnología.

## 2.8 VENTAJAS QUE PROPORCIONARÁ GALILEO

Hay cuatro parámetros característicos que sirven para evaluar las prestaciones de todos los Sistemas Globales de Navegación por Satélite “GNSS”: la disponibilidad de la señal que exige que siempre haya al menos cuatro satélites a la vista del receptor, la continuidad que la emisión de la señal no sufra interrupciones, la precisión grado de incertidumbre de la posición que proporciona el sistema y la integridad veracidad de la información que proporciona el sistema incluida la alarma cuando el sistema no esté funcionando correctamente.

Los niveles que ofrecen los sistemas GNSS actuales (GPS-EEUU y GLONASS-Federación Rusa) respecto a esos cuatro parámetros no alcanzan los mínimos requeridos por algunos usuarios, especialmente la aviación civil. Ya que estos sistemas son más de uso militar que civil, en situaciones de crisis, las autoridades que lo gestionan pueden anular o degradar la señal limitando su precisión a aquellos usuarios militares que posean la autorización adecuada. Aunque en mayo de 2000 Estados Unidos decidió dar una mayor precisión a los usuarios civiles del GPS (que ya conseguían con técnicas de aumentación), eliminando el error deliberado que hasta entonces emitían para los usuarios civiles (disponibilidad selectiva), el GPS sigue siendo insuficiente para multitud de aplicaciones, debido principalmente a las siguientes razones:

- Ausencia de garantía y de compromiso de responsabilidad en la calidad y continuidad del servicio para usuarios civiles. No se puede reclamar a nadie un error en la señal GPS.
- Precisión insuficiente en la determinación de la posición para aplicaciones que exigen un posicionamiento rápido.

- Pobre disponibilidad en regiones de elevada latitud o áreas urbanas en las que la constelación GPS no tienen cobertura.
- Carencia de integridad. Los usuarios del GPS no son informados de eventuales fallos o errores del sistema, de forma que la posición obtenida del GPS puede estar dando errores de kilómetros sin saberlo.



Foto ESA

*Imagen artística de la constelación GALILEO 2  
Figura 7.*

## **2.9 DISEÑO DEL SISTEMA**

La propuesta para GALILEO está basada en una constelación de satélites de órbita media (MEO, Medium Earth Orbit) y satélites geoestacionarios (GEO, Geosynchronous Earth Orbit) combinados con la apropiada infraestructura terrestre y sistemas de soporte. El segmento espacial incluye la constelación de satélites que proveen las señales a los usuarios. El segmento terrestre consiste de las estaciones de telemetría y control requeridas para los subir y recibir datos de los satélites GALILEO; por otra parte, el centro de control de satélites es responsable de monitorear y controlar cada uno de los satélites.

El segmento misión comprende las diversas aplicaciones y sistemas necesarios para administrar y controlar el sistema. El segmento misión abarca el MCC (Mission Control Centres), el ICC (Integrity Control Centres), el OSS (Orbitography and Synchronisation Stations) y el RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations).

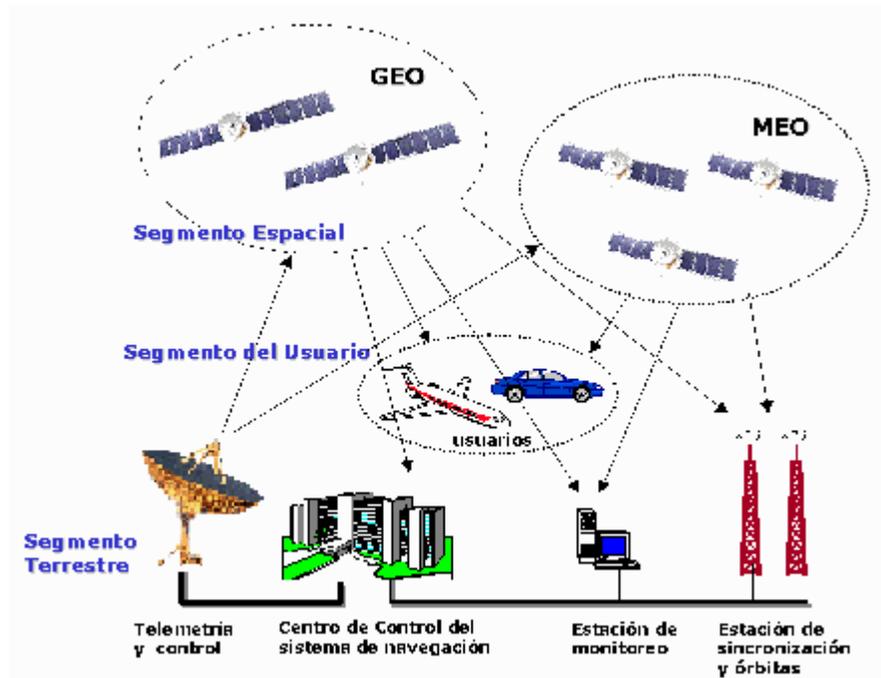
El MCC desempeña las siguientes tareas: generar todos los parámetros de referencia a ser usados por el sistema (tiempo, parámetros de sincronización, calendarización), monitoreo, validar y controlar las otras partes del segmento; archivar datos; evaluar y monitorear el desempeño del sistema; administrar el sistema de navegación de GALILEO.

Más allá del MCC, el ICC monitorea y valida el desempeño de las señales de los satélites GALILEO en el espacio, usando datos de las estaciones de control y medición (tales como el RIMS y OSS). El OSS forma una red global de estaciones que proveen datos que permiten computación a bordo de ephemeris (posiciones orbitales de los satélites) y parámetros para sincronizar los relojes de los satélites Galileos con el tiempo de GALILEO. Los RIMS son estaciones remotas que actúan como sitios de colección de datos de la señal en el espacio.

El segmento del usuario comprende los diferentes tipos de receptores encargados de procesar las señales de los satélites GALILEO y de otros sistemas como el EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), GPS y GLONASS<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> El diseño del sistema que compone el proyecto GALILEO fue tomado del artículo “Galileo, La siguiente generación de los sistemas de localización por satélite.”  
[http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente\\_generacion.htm](http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente_generacion.htm)



*Diagrama esquemático del Sistema GALILEO*

*Figura 8.*

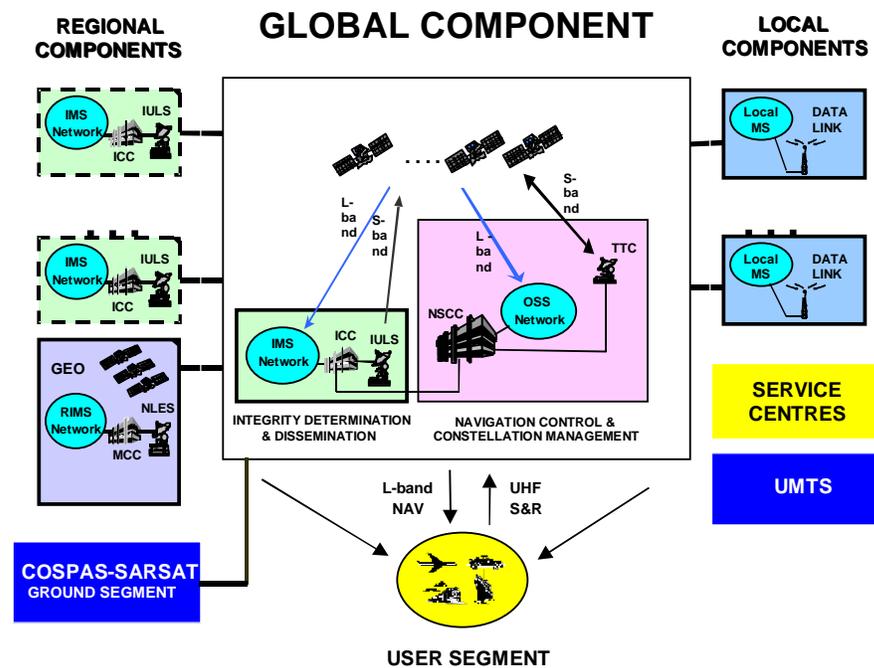
### 2.9.1 Servicios y arquitectura del sistema

El sistema GALILEO será diseñado de tal manera que permita:

- La adaptación a las necesidades que tiende los usuarios y el mercado.
- Minimización de los gastos del desarrollo y de explotación.
- Minimización de riesgos, con excepción de los riesgos financieros, inherentes en un proyecto tan inusual en virtud de su alcance, de la complejidad y de los desafíos que plantea.
- Interoperabilidad con los sistemas existentes, notablemente GPS, mientras que al mismo tiempo mantener la autonomía y competitividad.

La arquitectura de GALILEO tiene cuatro componentes principales:

- Componente global.
- Componentes regionales.
- Componentes locales.
- Receptores y terminales del usuario.



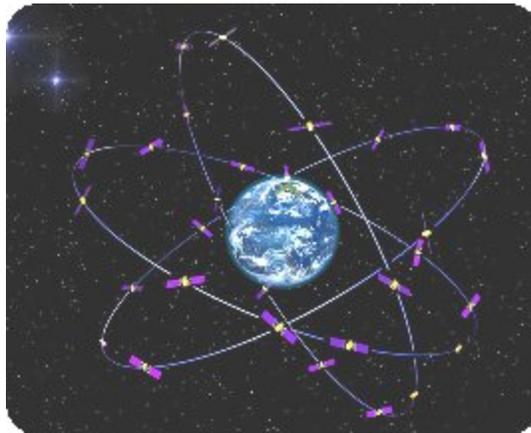
Fuente: ESA

Esquema de la arquitectura del sistema GALILEO  
Figura 9.

## 2.9.2 Componente global

El componente principal será la constelación global de treinta satélites, distribuida sobre tres planos en la órbita media de la tierra (MEO). Dentro de cada plano, los satélites son repuestos activos, capaces de ser movidos a cualquiera de sus otras posiciones dentro de su plano, para reemplazar un satélite que haya fallado.

Varias constelaciones fueron estudiadas para la optimización del segmento del espacio. La constelación conservada se basa exclusivamente en los satélites en la órbita de MEO, que asegura un funcionamiento uniforme en términos de la exactitud y de la disponibilidad, y que ofrece mayor robustez en el modo lisiado (falla de satélites). La constelación basada en los satélites de GALILEO está además bien satisfecha para los países altos de la latitud y ofrece una visibilidad mejorada en pueblos y ciudades, mientras que al mismo tiempo es menos costoso.



*Satélites de GALILEO*

*Figura 10.*

El tamaño y la masa de los satélites esta bajo consideración, con este tipo de misión asegurarán el despliegue óptimo de la constelación a través de los lanzamientos múltiples (2 hasta 8 satélites por lanzamiento, dependiendo de la capacidad del lanzador y del despliegue). La última opción del lanzador será hecha en una base competitiva y dependerá del lanzamiento propuesto costado por el satélite, capacidad de la carga útil del lanzador (número de satélites por lanzamiento), en factores de la confiabilidad, y condiciones contractuales (seguro). El control de la constelación de satélites, la sincronización de los relojes atómicos de los satélites, el proceso de la señal de integridad, y el tratamiento de datos de

todos los elementos internos y externos es realizado por dos centros de control redundantes de GALILEO (GCC). Ambos de las cuales será situado en la tierra europea. Estos GCC consisten en:

- Orbit Synchronization and Processing Facilities (OSPF);
- Precision Timing Facilities (PTF);
- Integrity Processing Facilities (IPF);
- Mission Control Facility (MCF);
- Satellite Control Facility (SCF);
- Services Product Facility (SPF).

La transferencia de datos hacia y desde los satélites se realiza a través de una red global de estaciones GALILEO Up-link (GUS), cada uno de las cuales combina telemetría, telecomandos y la estación de búsqueda (TT&C).

### **2.9.3 Componentes regionales**

El diseño del sistema de GALILEO es por ejemplo permitir la introducción de datos de abastecedores de servicio regionales usando los canales autorizados up-link proporcionados por GALILEO, de tal modo haciéndola posible "personalizar" la integridad según los términos de acuerdos con la sociedad de los países relevantes. El costo de este componente será llevado por la región en pregunta.

Un componente regional se compone de una red adicional de estaciones para supervisar la integridad de las señales y de un centro de proceso que proporciona este servicio.

#### **2.9.4 Componentes locales**

El sistema de GALILEO proporcionará funcionamiento del alto nivel a los usuarios mundiales, hasta en lugares donde no hay infraestructuras. Sin embargo, en el caso de usos específicos en dicha áreas, serán necesarios exigir más niveles de funcionamiento o, alternativamente, la integración con otras funciones.

De esta manera, empezando con un concepto genérico, será posible adaptar elementos locales a las áreas específicas: aeropuertos, puertos, carril, caminos y áreas urbanas. La fase de la definición ha permitido que un concepto preliminar sea formada de estos elementos locales, y esto será elaborada más lejos durante la fase del desarrollo y de la validación. Típicamente, un elemento local necesitará asegurar la transmisión de la señal, incluyendo la supervisión de la integridad, proceso de datos y transmisión.

Para ciertos modos del transporte tales como aviación, la existencia de un componente local que ofrece un servicio del aterrizaje adaptado a las condiciones meteorológicas que prevalecen en Europa desempeñará un papel dominante en la racionalización de las estructuras existentes y la fabricación de la navegación basada en los satélites más atractiva económicamente. Por esta razón, la Comisión está confiada a promover el técnico necesario y los estudios económicos y, si el esquema es claramente factible, él facilitarán la organización de un servicio local a través de las estructuras puestas en lugar.

Además hay otros tipos de servicios:

- *Servicio con acceso controlado de nivel 1 (SAC 1):* servicio con pago de tarifa con acceso controlado para aplicaciones comerciales y aplicaciones

profesionales que necesitan niveles de desempeño superior y una garantía de servicio.

- *Servicio con acceso controlado de nivel 2 (SAC 2)*: servicio con pago de tarifa con acceso controlado para aplicaciones de alta seguridad las cuales no deberán sufrir cualquier interrupción o distorsión por razones de seguridad.
- *Servicios básicos*: 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 y ciudades.)
- *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.

La precisión será menor a 10 metros para los tres tipos de servicios. El servicio SCA 2 cumple con los criterios de aterrizaje impuestos por la aeronáutica civil, esto es, una precisión de 4 metros verticales y 16 metros horizontal con un 99% de disponibilidad.

<b>REQUERIMIENTOS PRELIMINARES DE LA SEÑAL DE GALILEO EN EL ESPACIO</b>	
Precisión posicional [95%]	± 4.0 metros [horizontal] ± 7.7 metros [vertical]
Precisión en el tiempo [95%]	30 nanosegundos
Riesgo de integridad	2x10 <sup>-7</sup> por 150 segundos
Tiempo para alarma	6 segundos
Limite de alarma horizontal, vertical	10-20 metros [12 metros recomendadas]
Disponibilidad	0.9 - 0.997
Riesgo de continuidad	8x10 <sup>-6</sup> por 15 segundos
Cobertura	Global

*Tabla 2.*

## **2.10 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.

## **2.11 PLANES DE FRECUENCIA**

Durante los meses de mayo y junio del 2000 se llevó a cabo en Estambul, Turquía la reunión de la WRC (World Radiocommunication Conference) organismo que se encarga de la asignación de frecuencias de radio. Después de un mes de debates y tomas de decisiones se dio una respuesta final. Esta decisión permite la asignación de espectro suficiente tanto para el sistema estadounidense (GPS) como para el sistema europeo (GALILEO), lo cual permite a ambas entidades establecer su sistema global de navegación por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System).

La WRC agregó 51 MHz al final de una de las bandas para RNSS (Radionavegación Satellite Services), incrementándose de 1,215-1,260 MHz a 1,164 -1,260 MHz. Esta nueva banda tiene suficiente espacio para acomodar 24 MHz para la señal L5 de GPS, con frecuencia central en 1176.45 MHz; y 24 MHz para la señal E5 de GALILEO, señal con frecuencia central en 1202.025 MHz. Los 3 MHz restantes, serán utilizados como bandas de guarda alrededor de estas bandas. Además la WRC abrió las bandas de 1,300 -1,350 MHz y 5,000 - 5,010 MHz para las RNSS de subida (tierra al satélite) y la banda de 5,010 - 5,030 MHz para los enlaces de bajada (satélite a tierra), así como la banda de E6 para GALILEO que comprende de 1,260 - 1,300 MHz.

## **2.12 LA COMPATIBILIDAD E INTEROPERABILIDAD CON LOS OTROS SISTEMAS**

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 WRC hacen posible esto. Las transmisiones de GALILEO no deberán crear interferencia que de alguna manera degrade el desempeño de los receptores de GPS y viceversa. Será vital la

coordinación de frecuencias y niveles de potencia transmitida para la coexistencia de los tres sistemas. Esto hace presuponer que los fabricantes producirán receptores de modo dual (o modo triple) capaces de tomar en cuenta la diferencia en el "tiempo del sistema" entre GPS y GALILEO, y operar con referencias geodésicas compatibles.

## **CAPÍTULO III. APLICACIONES EN LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO**

### **3.1 APLICACIONES DE GPS**

Son múltiples los campos de aplicación de los sistemas de posicionamiento. El GPS es un instrumento básico en todo tipo de actividades relacionadas con la navegación (marítima, aérea y terrestre), la exploración y la investigación. Los responsables de hacer levantamientos usan los GPS una gran parte de su tiempo ya que les ofrece reducción de horas de trabajo y costos. Las unidades básicas de levantamiento, que valen algunos miles de dólares, pueden ofrecer precisiones de un metro.

Los GPS son populares entre los excursionistas, cazadores, ciclistas de montaña, esquiadores, sólo por dar algunos ejemplos. Cualquiera que necesite llevar registro de su paso o de dónde se encuentra, para encontrar su camino hacia una locación específica, o conocer qué dirección y a qué velocidad se desplaza, puede utilizar los beneficios de los sistemas de posicionamiento global.

Los GPS ya se encuentran instalados de fábrica en algunos automóviles. Algunos sistemas básicos incluyen utilerías de emergencia con el pulso de un botón. (Transmitiendo su posición actual a un centro de emergencia nacional). Otros sistemas más sofisticados que muestran su posición en un mapa de calles también están ya disponibles. Actualmente estos sistemas le permiten al chofer llevar registro de dónde está y le sugiere la mejor ruta para llegar a un destino designado.

### 3.1.1 Navegación y Orientación

La idea original del GPS, que aún hoy día se mantiene, era usarlo para navegación. Esto es, conocer la posición del observador en cualquier momento del día dentro de un sistema de referencia creado para tal fin. Esto es conocido como posicionamiento absoluto. La posición del receptor es conocida a partir de las coordenadas de los satélites y las distancias medidas a por lo menos cuatro satélites, mediante una intersección espacial. La distancia a cada satélite es determinada haciendo uso de la fórmula  $d = c \cdot \Delta t$ ; en donde  $c$  corresponde a la velocidad de la luz en el vacío y  $\Delta t$  el tiempo de recorrido de la señal desde el satélite hasta el receptor. Evidentemente se necesita proveer al sistema de un mecanismo de medida de tiempo. Tanto los satélites como los receptores son provistos de relojes para tal efecto. Debido a que no se puede tener un reloj perfecto, tanto los relojes en el receptor y satélite poseen un error que afectará la distancia medida, más si se considera la magnitud de las distancias involucradas. Debido a que el intervalo de tiempo es calculado a partir de dos relojes distintos, con errores diferentes, es que se usa el término de pseudo-distancias para hacer referencia a las distancias medidas.

La determinación de coordenadas en forma absoluta presenta varios problemas. Además de los errores de reloj, se debe considerar que en la medición de pseudo-distancias la señal proveniente del satélite cambiará su velocidad de propagación al atravesar capas atmosféricas de distinta densidad, lo que introduce otro error en la posición. También, debe recordarse que la posición de observación es determinada a partir de las coordenadas de los satélites, la distancia medida, por lo tanto, también se encuentra afectada por las distintas perturbaciones orbitales, que sacan a los satélites de las órbitas teóricas. La exactitud en la determinación de coordenadas absolutas con respecto al sistema de referencia es entre 100 y 150 m en las tres coordenadas.

Determina con exactitud nuestra posición (incluso la muestra en un mapa) y altitud, nos permite definir y seguir un rumbo a un punto de destino (o una ruta de varios puntos), además de proporcionarnos permanentemente nuestra velocidad, distancia, tiempo previsto de llegada, recorrido y hora. Igualmente, nos permite memorizar puntos de referencia (waypoints) y rutas. Todo ello ya sea de día o de noche, con niebla o sin ella, en cualquier parte del mundo, y por supuesto en diferentes sistemas de coordenadas y unidades de medida (grados, minutos y segundos, millas, kilómetros y millas náuticas.). Los modelos portátiles mas recientes, incluyen cartografía interna, de manera que puede verse en pantalla un mapa detallado de nuestra posición.



*GPSMAP 225 / Garmin  
Figura 11.*

### **3.1.2 Exploración**

Directamente relacionado con el apartado anterior, un GPS nos permite planear una ruta sobre el mapa, incorporarla como una serie de puntos al propio GPS, y posteriormente recorrerla con exactitud sobre el terreno, el mar o el aire. Del mismo modo, pero a la inversa, una ruta recorrida sobre el terreno (un itinerario de montaña, de bicicleta, a pié o en automóvil.) o sobre el mar o aire, puede ser

definida y almacenada en la memoria del GPS. También podemos localizar y guardar en memoria la posición de una fuente, de un paso difícil, de un refugio, de un oasis en medio del desierto, de un arrecife rocoso, boya, un pecio o una entrada a un puerto.



*GPS para bicicletas  
Figura 12.*

### **3.1.3 Investigación**

Su empleo en las disciplinas geofísicas y naturales es casi ilimitado. Un GPS nos sirve para definir la localización de un yacimiento arqueológico, para medir la longitud de un tramo de calzada romana, para definir el punto exacto en el que se ha encontrado un yacimiento fosilífero, para delimitar y medir el territorio de un animal salvaje, para cartografiar la distribución de una especie (Atlas de Vertebrados), para medir el territorio de una especie (Ornitología), para medir la superficie de una laguna o la longitud de un tramo de río o para almacenar la posición exacta del nido de una especie.

### **3.1.4 Medición**

Especialmente útil en labores de topografía y cartografía, especialmente cuando se trata de medir grandes superficies de perímetro o forma irregular (fincas, parcelas o masas forestales). Tomando varios puntos de referencia a lo largo del perímetro de la superficie a medir, es posible luego trasladar estos puntos a un ordenador y con un programa adecuado (Autocad, GIS/SIG) determinar dicha superficie, con un tiempo de trabajo mínimo. Así mismo, con un GPS se puede medir la longitud de un tramo de carretera, la velocidad a la que se desplaza una persona o vehículo. Los programas de software complementarios (por ejemplo OZexplorer) nos permiten escanear cualquier mapa y trasladar posiciones desde nuestro PC al GPS y viceversa, además de muchas otras funciones, como medir áreas, distancias, y trazar rutas.

### **3.1.5 Topografía y Geodesia:**

La posibilidad de usar el sistema para tareas de precisión se ha estudiado desde hace mucho tiempo. En la actualidad se han desarrollado técnicas para lograr exactitud topográfica y geodésica. Estas son conocidas como técnicas diferenciales o métodos de posicionamiento relativo. Esto es, que es posible conocer con gran exactitud las diferencias de coordenadas entre dos o más receptores. El principio que en ambos extremos de una línea los errores de las órbitas de los satélites son iguales.

En este caso, los mismos satélites tienen que ser usados en los extremos de la línea a medir. Además, mediante el uso de receptores que captan las dos frecuencias de transmisión de las señales, los errores debidos a la ionosfera pueden eliminarse. En cuanto a la troposfera esta es considerada mediante el uso de modelos atmosféricos adecuados. Mediante el uso de estas técnicas, se

pueden lograr precisiones menores a 1 m, y dependiendo del tipo de procesamiento y equipo se puede llegar a precisiones del cm., incluso de Mm<sup>8</sup>.



*GPS III Plus ( de mano) / Garmin*

*Figura 13.*

### **3.1.6 Otras aplicaciones**

**Sistemas automático de alarma.** Existen sistemas de alarma conectados a sensores dotados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo como perecederas (productos alimentarios frescos y congelados). En este caso la generación de una alarma permite una rápida asistencia al vehículo.

**Guiado para visitas turísticas.** Se están desarrollando sistemas GPS para ayuda en la navegación de invidentes por la ciudad. En esta misma línea, la industria turística estudia la incorporación del sistema de localización en guiado de visitas turísticas a fin de optimizar los recorridos entre los distintos lugares de una ruta.

---

<sup>8</sup> Aplicaciones tomadas del artículo “GPS El Sistema de Posicionamiento Global”  
<http://www.nautigalia.com/otrostemas/articulos.php4?pag=1>

**Control de flotas de vehículos.** El sistema GPS se emplea en planificación de trayectorias y control de flotas de vehículos. La policía, los servicios de socorro (bomberos, ambulancias), las centrales de taxis, los servicios de mensajería y las empresas de reparto. organizan sus tareas optimizando los recorridos de las flotas desde una estación central. Algunas compañías ferroviarias utilizan ya el sistema GPS para localizar sus trenes, máquinas locomotoras o vagones, supervisando el cumplimiento de las señalizaciones.

**Sistemas de aviación civil.** En 1983 el derribo del vuelo 007 de la compañía aérea coreana al invadir cielo soviético, por problemas de navegación, acentuó la necesidad de contar con la ayuda de un sistema preciso de localización en la navegación aérea. Hoy en día el sistema GPS se emplea en la aviación civil tanto en vuelos domésticos, transoceánicos, como en la operación de aterrizaje. La importancia del empleo de los GPS en este campo ha impulsado, el desarrollo en Europa, Estados Unidos y Japón de sistemas orientados a mejorar la precisión de los GPS.

**Navegación desasistida de vehículos.** Se están incorporando sistemas DGPS como ayuda en barcos para maniobrar de forma precisa en zonas de intenso tráfico, en vehículos autónomos terrestres que realizan su actividad en entornos abiertos en tareas repetitivas, de vigilancia en medios hostiles (fuego, granadas, contaminación de cualquier tipo) y en todos aquellos móviles que realizan transporte de carga, tanto en agricultura como en minería o construcción. La alta precisión de las medidas ha permitido importantes avances en el espacio en órbitas bajas y así tareas de alto riesgo de inspección, mantenimiento y ensamblaje de satélites artificiales pueden ahora realizarse mediante robots autónomos.

### **3.1.7 Nuevas tecnologías con GPS**

GPS sigue siendo una aplicación de negocio, pero con interesantes ramificaciones hacia el mercado residencial. Llevar un navegador GPS de serie aún está restringido a coches de lujo, pero se puede aplicar la solución a un ordenador de bolsillo y funciona igual, la necesidad de situar en un mapa dónde estamos, hacia dónde vamos y de qué modo podemos hacerlo, abre un interesante nicho de negocio en el mercado de pequeños dispositivos informáticos.

Al margen de las operadoras, los fabricantes de móviles también se preparan para la creciente demanda de dispositivos GPS. Nokia tiene un módulo GPS en el mercado, compatible con sus móviles de gama alta, que incluye rutas y mapas de más de 100.000 ciudades europeas que pueden consultarse en el interior de edificios o a pie de calle.

Y si el móvil está en casi todos los bolsillos, qué decir de los relojes. El fabricante finlandés Suunto ha adaptado su modelo G9 a la práctica del golf para que los jugadores controlen el número de golpes y dónde los han realizado. Y Casio tiene otro modelo que guarda en su memoria centenares de localizaciones geográficas. En opinión de Luis A. Mayo, director general de Grupo GMV, existen dos elementos clave para que el uso de GPS se generalice: 'una mayor integración entre estos sistemas y UMTS un factor tecnológico para el que no habrá que esperar demasiado y la entrada en operación de los sistemas de refuerzo regionales, como Egnos en el caso europeo, que den mayor precisión y garantía de calidad del servicio.

### 3.1.8 Dispositivos GPS

#### **ETrex**

El **eTrex®** porta las mejores características de un receptor GPS de 12 canales y las pone en un paquete de 170 gr. que mide solamente 10 x 5 cm. El resultado es una unidad que literalmente cabe en la palma de su mano.



GPS eTrex

Figura 14.

Aparte de su pequeño tamaño, los marineros y las personas de campo notarán el moderno diseño del eTrex. Todos los botones están localizados en los dos lados de la unidad, permitiendo una operación sencilla y con una mano que no obstruye la visión de la pantalla. De hecho, una de las características del eTrex es que solamente tiene 5 botones lo que lo hace muy amigable al usuario. El eTrex es completamente a prueba de agua por lo que resiste una rápida hundida en el agua y seguir funcionando.

Dentro del eTrex, encontrará el desempeño ya probado de un receptor GPS de 12 canales paralelos que funcionará por 18 horas con sólo 2 baterías AA. No necesita preocuparse si se encuentra en una masa densa de árboles, el eTrex se mantendrá fijo con los satélites dando una buena lectura.. El eTrex almacenará hasta 500 puntos de referencia del usuario con iconos gráficos y la característica exclusiva de GARMIN, el TracBack, que invertirá su rastro para ayudarlo a navegar de regreso a casa. Aparte, el eTrex utiliza gráficas animadas que le ayudan a identificar sus puntos marcados fácil y rápidamente.

### **ETrex Summit**

El **eTrex Summit** le sigue al eTrex, que fue diseñado para uso marino y de recreación terrestre. Este nuevo equipo de navegación incluye el necesario sistema GPS e incluye un altímetro y una brújula electrónica. La brújula electrónica le da información de rumbo aún cuando no está en movimiento y el altímetro determina su altura precisa, tal que puede saber cuánto ha ascendido y la tasa del mismo.



GPS eTrex® Summit

*Figura 15.*

Como el anterior el eTrex Summit usa un poderoso receptor GPS de 12 canales y viene en un tamaño pequeño y cómodo con los botones de operación en ambos lados de la unidad. La unidad es completamente a prueba de agua para aguantar inmersiones a un metro hasta por 30 minutos.

### **ETrex Legend**



GPS eTrex® Legend

Figura 16.

Este GPS de 12 canales con cartografía y montura resistente al agua. Con posibilidad de almacenar 500 puntos de referencia y 20 rutas y posibilidad de ampliación vía CD. Memoria interna 8 Mb. Admite correcciones WAAS. Indicadores de velocidad máxima y promedio. Pantalla de alta resolución y 4 niveles de tonos grises. Funcionamiento rápido y preciso. con 2 pilas AA (autonomía 18 h en uso continuo). Dimensiones (mm): 112x51x30. Peso: 150 gr. Admite receptor diferencial y antena externa. Recomendado especialmente para uso en carretera, todo terreno y excursionismo. Manejo fácil e intuitivo.

## **ETex Vista**

El **eTex Vista** combina un mapa base de Norte y Sudamérica, con un altímetro/barómetro y brújula electrónica. La brújula provee de información de dirección mientras que está parado y el altímetro determina su altitud precisa.



*GPS eTrex Vista ®*

*Figura 17.*

El eTrex Vista también tiene una impresionante capacidad de memoria de 24 Mb, que permite aceptar información y mapas descarga del CD-ROM MapSource de Garmin, incluyendo "Fishing Hot Spots". Un acabado color plata de la una vista de alta tecnología a la unidad. De nuevo desarrollo, GARMIN incluirá ayuda para navegación marina en el mapa base. Estas ayudas de navegación estarán precargadas en la unidad desde la fábrica. Incluye cable para PC

## **EMap**

Es del tamaño de una pequeña calculadora plana, contiene un receptor de 12 canales paralelos, y pesa apenas 180 gr. Aún con su diseño compacto, el **eMap** tiene una pantalla de gran tamaño que muesra más datos de los que esperaría de los equipos de nano GARMIN y funciona hasa por 12 horas con sólo dos baterías AA.



GPS eMap ®

Figura 18.

El eMap incluye un mapa interno que contiene información de Norte y Suramérica incluyendo fronteras de países y estados, lagos, ríos, ciudades, pueblos, aeropuertos, costas y las carreteras estatales e interestatales de los Estados Unidos. Adicionalmente, el eMap provee información de salidas del sistema federal interestatal de carreteras.

El eMap es compatible con la línea completa de software de GARMIN llamados "MapSource CD-ROMs" que se pueden descargar del internet y que incluyen Carreteras y Centros de Recreación de los EUA, Mapas del Mundo, Topografía de los EUA. Cuando se usa con el CD-ROM MetroGuide U.S.A., el eMap tiene la habilidad de buscar una dirección e información de números telefónicos de sitios cercanos de interés y otros puntos de interés. El eMAP almacenará hasta 8 ó 16 Mb de información descargada del CD-ROM por vez dependiendo del tamaño del cartucho que use en su unidad<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Equipos GPS tomados del proveedor Kosmos en su pagina  
<http://www.kosmos.com.mx/fprod/GPS.html>

## **3.2 APLICACIONES DE GALILEO**

GALILEO revolucionará la administración del tráfico aéreo, mejorará la calidad y seguridad de este medio de transporte en regiones del mundo donde los sistemas existentes son inadecuados, incrementará la precisión y control permitiendo la optimización del uso del espacio aéreo. Esto ayudará en gran medida a los retardos en los vuelos. Además, los conductores de camiones y autos podrán evitar congestionamientos de tráfico al reducir sus tiempos de viaje entre 15 y 25%, así como también se reducirá el consumo de combustible y emisión de contaminantes.

Los servicios de emergencia llegarán más rápidamente a la escena para proveer asistencia a la gente en peligro. Las compañías de transporte serán capaces de monitorear la posición de sus vehículos o contenedores y la lucha contra el crimen será más efectiva al localizar más rápida y eficientemente los vehículos robados. La lista de aplicaciones potenciales crecerá día a día.

Aunque el proyecto GALILEO está aún en sus fases iniciales, se esperan grandes beneficios para los usuarios cuando éste proyecto esté concluido en el 2008. GALILEO será otra opción para la determinación de la posición que en conjunto con los otros sistemas GPS y GLONASS brindarán una gama de nuevos servicios y aplicaciones.

### **3.2.1 APLICACIONES AL TRANSPORTE**

De los diferentes campos de aplicación de GALILEO, el sector del transporte es indudablemente el que obtendrá mayores beneficios. De hecho, GALILEO se aplicará en todos los ámbitos del transporte, ya sea terrestre, aéreo o marítimo, diseñándose el sistema para tener en cuenta las particularidades propias de cada

uno de estos modos. Así, GALILEO facilitará la movilidad en el mundo entero, al tiempo que mejora sustancialmente la seguridad y la comodidad.

### **3.2.1.1 Transporte Aéreo**

La Gestión del Tránsito Aéreo constituye probablemente uno de los factores clave para desarrollar GALILEO, dado el rápido crecimiento de la demanda (se prevé que el número de vuelos en el 2015 sea el doble del de 2000), y los fuertes requisitos de seguridad exigibles a este modo de transporte.

En este sentido, la propia Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), cuando a principios de los años 80 reconoció la necesidad de establecer mejoras urgentes que permitieran afrontar dicho aumento de demanda, estableció la navegación por satélite como un elemento básico de su estrategia. Así, se definió el concepto CNS/ATM como “el sistema de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia que emplea tecnología digital, incluyendo constelaciones de satélites junto con diversos niveles de automatización, cuya aplicación actúa como soporte de un sistema de tráfico aéreo continuo”.



*Fotografía 1*

*Figura 19.*

Básicamente, la navegación por satélite debe convertirse en un elemento indispensable que transformará la gestión del tráfico aéreo, puesto que permitirá la implantación de conceptos básicos de navegación como la Navegación de Área o

las Aproximaciones Instrumentales en aeropuertos de elevada densidad de tráfico. Además, está previsto emplear su referencia precisa de tiempos en aplicaciones estratégicas de Vigilancia o Comunicaciones (todos los programas en curso para desarrollar el VDL-4 emplean actualmente GPS para la sincronización).

Pero a diferencia de GPS, difícilmente certificable, GALILEO se ha diseñado para satisfacer todas las prestaciones requeridas por los usuarios de aviación. De esta forma, GALILEO será más preciso y fiable, e informará a los usuarios de posibles fallos en el sistema. Además, dado que en materia de seguridad aérea no es conveniente confiar en una única fuente de información, GALILEO aportará la redundancia necesaria para GPS, puesto que es interoperable y complementario de éste. Todo esto resultará en rutas más cortas, accesos más rápidos a los aeropuertos, procedimientos de control de tráfico simplificado y que evitarán sobrevolar núcleos urbanos, con la consiguiente reducción del ruido, y, en definitiva, un uso más eficiente de los medios aeronáuticos y aeroportuarios.

### **3.2.1.2 Transporte por carretera**

El transporte de pasajeros y mercancías por carretera es un fenómeno en continua expansión, previéndose un crecimiento del 50% en los próximos 15 años. Sin embargo, la movilidad cotidiana se ve fuertemente restringida debido a la creciente congestión del tráfico, lo que resulta en que más del 10 % de la red se encuentra bloqueada. En general, las soluciones para mejorar las condiciones del transporte por carretera pasan por optimizar la información sobre posición y velocidad de los vehículos. En este sentido, el empleo del sistema GALILEO puede mejorar substancialmente tanto la seguridad como la movilidad.



*Fotografía 2.*

*Figura 20.*

Las primeras aplicaciones de los sistemas de posicionamiento por satélite en este campo, enormemente rentable dada la magnitud del mercado, han surgido dentro del área de gestión de flotas. Sistemas automáticos de Localización de Vehículos están siendo ya instalados en multitud de flotas de camiones o de vehículos de emergencia. Dichos sistemas permiten optimizar el uso de los vehículos de cualquier flota, coordinando los procesos de llegada y salida y mejorando las tareas de control de la flota, facilitando la localización en caso de emergencia. Igualmente, se están desarrollando aplicaciones para incrementar la seguridad y la puntualidad de los servicios de autobuses urbanos, pudiéndose informar en tiempo real a los usuarios de cualquier retraso o imprevisto.

Además, en el mercado ya están disponibles turismos equipados con receptores GPS que ofrecen información de posicionamiento y de guiado en ruta. Avanzando en este sentido, el proceso para mejorar la capacidad ha llevado a crear el concepto de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS). Dichos sistemas pretenden modificar el flujo de tráfico en función de la demanda u otros factores.

Una forma de alcanzar esto implica el seguimiento de los vehículos que transmiten su posición a una estación central. Dicha estación podrá suministrar señales de re-encaminamiento para evitar posibles congestiones del tráfico. Otro aspecto de los

ITS implica la automatización en el proceso de pago de peajes en autopistas, lo que evitaría que el vehículo tenga que detenerse en las barreras.

En esta línea, se prevé integrar la información de posición y velocidad ofrecida por GALILEO dentro del futuro sistema ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), que avisará a los usuarios de la existencia de congestiones o incidentes de cualquier tipo.

A diferencia de otros sistemas, la navegación por satélite con los niveles de prestaciones ofrecidos por GALILEO garantiza la calidad del entorno del conductor mediante el suministro de información en tiempo real y una interpretación más precisa de los acontecimientos. Así, las aplicaciones ADAS se beneficiarán de la localización precisa del vehículo en la red de carreteras y con respecto a los límites de las mismas. La información de posicionamiento por satélite usada conjuntamente con cartografía de calidad y detallada (que también puede calcularse con GALILEO) permitirá obtener una reconstrucción precisa y fiable del escenario del tráfico.

A largo plazo, se aspira a que los sistemas ADAS evolucionen hasta alcanzar el Guiado Automático del Vehículo. En este caso la calidad del viaje depende fuertemente de la precisión de la posición, la fiabilidad de los sensores de abordo, así como de las acciones de control del vehículo. Para implantar estos sistemas de modo eficiente y eficaz es necesario contar con una elevada fiabilidad en términos de continuidad e integridad, prestaciones estas que se encuentran en la esencia de GALILEO.

De hecho, dado que todas las aplicaciones ADAS afectan a la seguridad de los ocupantes de los vehículos, se considera a éstas como aplicaciones “safety of life”, por lo que requieren el máximo grado de precisión, integridad y fiabilidad,

exigiendo un profundo proceso de Certificación de la Calidad para poder ser implantados, lo que ya de por sí choca con la dependencia militar del GPS.

### **3.2.1.3 Transporte Marítimo**

El sector marítimo europeo constituye una fuente importante de beneficios sociales y financieros. De hecho, algunas de las mayores flotas de mercantes y de los puertos de mayor tráfico se encuentran en Europa, que maneja más de la mitad de los buques del mundo. Esto resulta en un volumen anual de transporte de pasajeros y mercancías de 40 millones de personas y 270 millones de toneladas respectivamente.

Sin embargo, un fenómeno preocupante es el importante número de accidentes, lo que origina pérdidas humanas, económicas y contaminación medioambiental. Teniendo en cuenta que el 80% de estos accidentes se debe a errores humanos, las soluciones aportadas por GALILEO dotarán a la tripulación del soporte técnico necesario, minimizando el factor de error humano.



*Fotografía 3.*

*Figura 21.*

Actualmente los sistemas de posicionamiento por satélite gozan ya de una aceptación generalizada dentro del sector marítimo. A medida que crece el mercado surgen necesidades específicas (mejora de la precisión, garantía de la continuidad, disponibilidad de la señal o cobertura global) en diferentes campos de aplicación, como puede ser la navegación en mar abierto o las aproximaciones a costa o puerto.

Por todo lo anterior, la navegación marítima es una aplicación relacionada con los servicios “safety of life”, pero al mismo tiempo tiene como finalidad satisfacer las necesidades del mercado masivo. Por tanto, el grupo de usuarios finales directos incluye a los propietarios de todo tipo de embarcación: buques de guerra, mercantes, cruceros, yates y barcos de pesca.

Entre los usuarios potenciales se incluyen también organizaciones de búsqueda y rescate así como órganos gubernamentales (servicio hidrográfico, la Armada, y el Departamento de Marina Mercante). También pueden considerarse las compañías aseguradoras, dado su interés en obtener información fiable en caso de accidente.

Dado que las aplicaciones relacionadas con la navegación marítima implican la seguridad de los pasajeros y la tripulación, se requieren sistemas que garanticen el máximo el grado de precisión, integridad, continuidad y fiabilidad. Teniendo en cuenta estos requisitos, los sistemas de navegación por satélite existentes (GPS y GLONASS) presentan enormes limitaciones de cara a su aplicación.

Así, la introducción de GALILEO dotará a las embarcaciones de posición precisa, de información acerca de la integridad de la señal así como de garantía de servicio. Estas dos últimas contribuciones, exclusivas del sistema europeo, son de suma importancia, ya que tan importante es conocer si una posición es realmente correcta como disponer de la propia medida. Además de la mejora de la precisión

será fundamental para aquellas aeronaves desplazándose cerca de obstáculos o áreas de alta actividad (cercanías de puertos).

Finalmente, GALILEO posibilitará la provisión de información de posicionamiento en aquellas zonas donde no puedan instalarse estaciones diferenciales y los sistemas terrestres no estén disponibles.

#### **3.2.1.4 Transporte Ferroviario**

La Comisión Europea aspira a desarrollar una completa red de ferrocarriles que sirva de alternativa al transporte aéreo o por carretera. Para que dicha red sea competitiva, se deben realizar mejoras en los costes, en el tiempo de trayecto y especialmente en la seguridad. Sin embargo, las mejoras en la seguridad son tecnológicamente difíciles y bastante caras con los medios existentes en la actualidad.

Por todo lo anterior, el uso de GALILEO supondrá una oportunidad para mejorar la seguridad, al tiempo que se generan los medios con la capacidad potencial de reducir los tiempos de viaje y los costes operacionales.

Así, GALILEO será capaz de ofrecer numerosas aplicaciones ferroviarias, las cuales abarcan desde el seguimiento y control de los vagones de pasajeros o carga, hasta la gestión de señales, reconocimiento de vías y servicios de información al pasajero. En particular, GALILEO permitirá reducir las distancias entre trenes sucesivos, aumentando la frecuencia de paso, y facilitará el proceso de gestión de la flota de trenes.

El objetivo final de la mayoría de estas aplicaciones es mejorar la seguridad y

disminuir el número de accidentes debidos a señalización, errores humanos o infraestructura.

Básicamente, estos sistemas consisten en el empleo de datos de navegación por satélite aumentados con sensores locales, lo que permite una elevada precisión, integridad, continuidad y disponibilidad. Los trenes estarán dotados de sistemas de comunicaciones para transmitir su información de posición y velocidad a un centro de control. Esta información se empleará para comprobar la adecuación de las señales en las vías, seguir el estado del tráfico e identificar posibles conflictos en las intersecciones. Igualmente, esta información podría ser empleada para presentar información a los pasajeros esperando en las estaciones, a las compañías operadoras y servicios de protección civil.



*Fotografía 4.*

*Figura 22.*

Toda la información provista por estas aplicaciones se planea integrarla dentro de los sistemas futuros de control de ferrocarriles, ATP/ATC (Automatic Train Protection/Control), que en Europa se conocen como ERTMS (European Railway Traffic Management System), de ahí que sea imprescindible que satisfagan los requisitos propios de las aplicaciones “safety of life”, especialmente si se considera que en un accidente ferroviario pueden resultar involucradas cientos de personas o mercancías altamente contaminantes. Por todo esto, y para minimizar la posibilidad de cualquier riesgo, cualquier nuevo avance que se implante en estos

sistemas debe cumplir ciertos requisitos de precisión, junto con elevados niveles de integridad, continuidad y disponibilidad.

Por todo esto, la certificación de los sistemas es imprescindible para autorizar la introducción de cualquier tecnología, de ahí que la implantación de sistemas basados en satélite pase por el desarrollo del sistema GALILEO.

Todas estas mejoras introducidas en el ferrocarril resultarán en un aumento del número de pasajeros y de mercancías transportadas, lo que maximizará los beneficios propios de este modo frente al transporte aéreo o por carretera: alivio de la congestión, menor contaminación, mayor eficiencia energética y menor ruido.

### 3.2.2 MOVILIDAD PERSONAL



*Fotografía 5*

*Figura 23.*

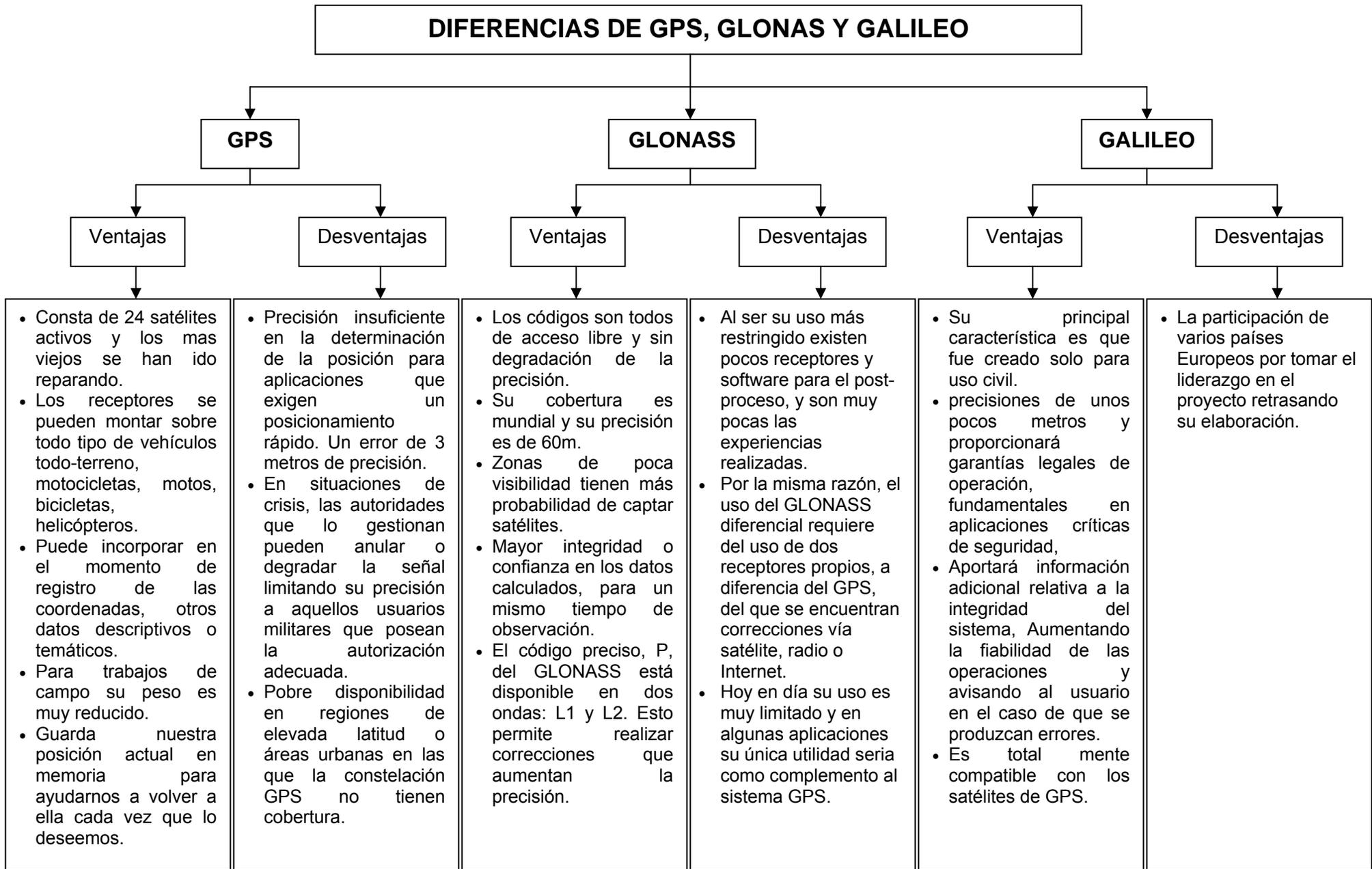
Con los receptores GALILEO integrados en teléfonos móviles la unión europea desea facilitar la ubicación de aquellas personas que constantemente tienen que estar de un lugar a otro. Estas aplicaciones de navegación constan con una localización geográfica, con servicios cercanos al usuario, llamadas de emergencia y difusión de ofertas comerciales<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Aplicaciones tomadas del documento “La iniciativa GALILEO y GMES desde el punto de vista de las administraciones públicas”.

<http://www.foro.upm.es/galileo/ponencias/galileo2.pdf>

# DIFERENCIAS DE GPS, GLONAS Y GALILEO



MAPA CONCEPTUAL: DIFERENCIAS DE GPS, GLONAS Y GALILEO  
FIGURA 24

## RECOMENDACIONES

Los sistemas de posicionamiento tienen una amplia gama de investigación pues es un tema que actualmente se encuentra en una etapa de crecimiento tanto aplicativo como tecnológico, por lo que es recomendable que se siga su investigación mas a fondo con el nuevo proyecto GALILEO para determinar si cumple los pronósticos deseados.

Para futuros trabajos de grados o monografía es recomendable una investigación profunda y a manera applicativa de las nuevas utilidades prestadas por el proyecto GALILEO.

Para Colombia es recomendable crear un programa que contenga las rutas bien detalladas de las ciudades, pues con esto y la ayuda de un buen GPS u otro dispositivo se brinda un mejor transito en ellas y evita el congestionamiento de las vías, para así poder alertar a los conductores y tenga la opción de tomar una mejor ruta rápida y segura.

Por lo que se a investigado en un futuro es recomendable hacer uso del sistema GALILEO, ya que las proyecciones que este brinda, ya sean de costo o servicio, tienen mejores influencias de las que puede brindar GPS actualmente.

Por ultimo esperamos que nuestra investigación sea de total ayuda para aquellas personas que en un futuro desee utilizar estos sistemas y quieran conocer los orígenes y como trabajan cada uno de ellos con sus respectivos equipos y aplicaciones.

## CONCLUSIONES

Ya completada y finalizada nuestra investigación damos por terminada nuestra monografía, por lo cual podemos concluir en los siguientes aspectos.

El GPS es un sistema que actualmente tiene mucha utilidad y su uso aparte de ser muy limitado en cobertura y posición, satisface ciertas necesidades del usuario, pues por ser el único sistema de posicionamiento, se ven obligados a ser uso de las pocas aplicaciones y restricciones que este brinda. Es por esto que la implementación del sistema GALILEO abrirá muchas puertas para nuevas aplicaciones que estén relacionadas al posicionamiento global. Es importante resaltar que GALILEO no pretende competir con los sistemas existentes pues las futuras aplicaciones se beneficiarán de la posibilidad de utilizar todos los sistemas de navegación disponibles, por lo que podemos decir que GALILEO será compatible e ínter operable con GPS y GLONASS ya que la estructura de la señal del sistema GALILEO se están desarrollando para añadir un coste mínimo adicional a los terminales de usuario. El uso combinado de GALILEO y otros sistemas proporcionará elevadas prestaciones, por ejemplo en términos de disponibilidad de navegación en áreas urbanas.

En cuestión de costo se puede decir que actualmente poseer un sistema que le brinde al usuario la posición en donde se encuentras es un poco elevado, ya que, los servicios prestados por el GPS son más de uso privado y el software aplicativo es más complejo. Es por esto que con las nuevas aplicaciones enfocadas al proyecto GALILEO tienden a bajar estos costos y en un futuro adquirir aparatos que brinden un mejor servicio será mas fácil, por lo que su uso es más público y brinda al usuario una mejor exactitud a la hora de mostrar tu posición.

En Colombia se puede decir que es poco el uso que se le da a este sistema de localización pues el uso más frecuente es en sistemas de alarma para determinar la posición de un auto robado y en la navegación marítima, pero como sus costos son un poco elevados no todas las personas pueden tener acceso a ellas.

Por ultimo podemos concluir que esta tecnología tiende a aumentar su uso, pues con el nuevo proyecto se abren las puertas a nuevas investigaciones para el uso adecuado de los satélites y todos los aplicativos que estos tengan, ya sea, para la localización o para la comunicación pues GALILEO tiende a opacar un poco a GPS no al punto de eliminarlo pero si a superarlo para dar al usuario una mejor exactitud en los datos.

## GLOSARIO

**ADAS:** (*Advanced Driver Assistance Systems*).

**Airbus:** el consorcio aeronáutico europeo para la fabricación de aviones

**Ariane:** cohetes lanzadores de satélites.

**AS:** (*Anti-Spoofing*) Anti-engaño, Es un tratamiento aplicado a la señal cuya finalidad es que los receptores no caigan en la trampa de tomar como auténticas señales falsas emitidas por el enemigo. Para ese fin se procede a encriptar el código P a través de un nuevo código secreto, W, generando en total un llamado "código Y", protegido, al cual pueden acceder sobre ambas portadoras sólo los usuarios autorizados a través de una clave otorgada por el DoD.

**ATP/ATC:** (*Automatic Train Protection/Control*).

**CDTI:** Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.

**Constelación:** Es la flota de satélites que se encuentra en el espacio.

**Coordenadas:** Las letras y números que definen una posición. Cada posición sobre la tierra tiene una única coordenada. El sistema de coordenadas en uso determina la grilla y como éstas coordenadas se escriben.

**DGPS:** (*Diferencial GPS*) Differential Global Positioning System. Sistema de correcciones para aumentar la precisión del GPS. Se necesita un receptor, que se adquiere a parte, que es capaz de captar y procesar la información que se envía por radio. Su aplicación prácticamente se reduce al campo profesional, principalmente en topografía.

**EGNOS:** (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) Versión Europea de lo que se denomina SBAS

**El código C/A:** (*Coarse/Acquisition*) Código (adquisición grosera) estándar del GPS. También se le conoce como "código civil".

**El código P:** (*Precision Code*) Código preciso o protegido de la señal GPS, usado normalmente por los receptores militares o usuarios autorizados por el DoD. Difundida en 10,23Mhz, se trata de una secuencia binaria muy larga (1014 bits)

modulada sobre una portadora GPS, la cual se repite cada 267 días. Semanalmente se le adjudica a cada satélite una porción o segmento único del mismo modificándose los sábados a medianoche.

**El código Y** : Código P encriptado. (Ver AS).

**EMC:** Error Medio Cuadrático Definido matemáticamente como la raíz cuadrada del cociente entre la suma de los cuadrados de los errores aleatorios y el número de errores menos uno, se minimiza con una solución por el método de los cuadrados mínimos. Él da una medida estadística de la dispersión de las posiciones calculadas en torno a la "posición mejor ajustada". A menor EMC mayor precisión.

**ERTMS:** (*European Railway Traffic Management System*).

**ESA:** Agencia Espacial Europea.

**GALILEO:** Proyecto Europeo para tecnología de posicionamiento global.

**GalileoSat:** programa de la ESA que abarca las actuaciones de este organismo en el proyecto global GALILEO.

**GEO:** *Geosynchronous Earth Orbit*

**GNSS:** (*Global Navigation Satellite System*) Sistema global de navegación por satélite.

**GNSS-1:** nombre que se le dio al primer paso para intentar disminuir las deficiencias de los sistemas existentes GPS y GLONASS por parte de la Unión Europea.

**GPS:** (*Global Position System*) Sistema de Posicionamiento Global.

**ICC:** (*Integrity Control Centres*)

**IPF:** Integrity Processing Facilities

**ITS:** Sistemas de Transporte Inteligente

**Latitud/Longitud:** Un sistema de coordenadas esféricas. Las líneas de latitud y longitud forman un sistema de grilla usados para fijar posición. Las líneas de latitud corren paralelas al ecuador y miden la distancia desde el ecuador, mientras que las líneas de longitud son dibujadas de polo a polo y miden la distancia desde

el primer meridiano de Greenwich, Inglaterra, (0°). En este sistema de coordenadas las medidas están en grados minutos y segundos.

**MCC:** *Mission Control Centres.*

**MCF:** *Mission Control Facility.*

**MEO:** *Medium Earth Orbit.*

**NAVSTAR-GPS:** *(NAVigation System and Ranging - Global Position System).*

**OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional.

**OSPF:** *Orbit Synchronization and Processing Facilities.*

**OSS:** *(Orbitography and Synchronisation Stations).*

**PPS:** *(Precise Positioning Service)* Es el más alto nivel de servicio ofrecido por el sistema GPS, con acceso a ambas frecuencias, código P y eliminación de la disponibilidad selectiva. Es prácticamente de uso militar exclusivo o para usuarios autorizados por el DoD.

**Pseudodistancias:** Cuando medimos la distancia entre un satélite y el receptor realmente lo que medimos es esa distancia más algo que se debe a la deriva existente entre el reloj del satélite y el del receptor.

**PTF:** *Precision Timing Facilities*

**RIMS :***(Ranging and Integrity Monitoring Stations).*

**RNSS:** *(Radionavegación Satellite Services).*

**RTCM:** *(Radio Technical Commision Maritime)* Protocolo de transmisión de correcciones DGPS.

**Rutas:** Conjunto de puntos interconectados, de manera que definen un camino.

**SBAS:** *(Satellite based augmentation system)* sistemas que permiten mejorar la precisión del GPS.

**SCF:** *Satellite Control Facility.*

**SNR:** Es la relación señal a ruido. Es una medida de la calidad con la que llega la señal al receptor.

**SPF:** *Services Product Facility.*

**SPS:** (*Standard Positioning Service*) Servicio normal ofrecido por el sistema GPS a los usuarios civiles a través de una sola frecuencia y el código C/A. Con la disponibilidad selectiva activada garantiza un error menor a 100m en una posición horizontal (2D) el 95% de las veces usando la técnica de posicionamiento autónomo.

**TRANSIT:** Es el primer sistema de navegación por satélite. Fue desarrollado por la marina de los EE.UU. y puede considerarse como el antecesor del NAVSTAR-GPS.

**WAAS:** Wide Area Augmentation System. Sistema de corrección de señales GPS, sistema de carácter regional, que tiene por objeto complementar y mejorar el servicio proporcionado por los sistemas GPS.

**WRC:** (*World Radiocommunication Conference*)

## BIBLIOGRAFÍA

### **MONOGRAFÍA TECNOLOGIA SATELITAL APLICADA A GPS: GOBAL POSITIONING SYSTEM**

Elaborada por:

ADRIANA QUINTERO MARTINEZ, KAREN RODRÍGUEZ GUERRERO

### **SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO**

A.Pozo-Ruz, A.Ribeiro, M.C.García-Alegre, L.García, D.Guinea, F.Sandoval

<http://www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf>

### **GARMIN GPS Interface Specification**

Copyright © 1998-2004 GARMIN Corporation

<http://www.kosmos.com.mx/fprod/GPS.html>

### **Data Transmission Protocol Specification for Magellan Products**

© 1996-1999 Magellan Corporation, All Rights Reserved.

[http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/galileo](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo)

<http://www.elgps.com>

<http://www.foro.upm.es/galileo/ponencias/galileo2.pdf>

<http://www.nautigalia.com/otrostemas/articulos.php4?pag=1>

[http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente\\_generacion.htm](http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/galileo/teleddes/siguiente_generacion.htm)