

INDICE

Capítulo I: Sistema GLONASS

1.1. Origen y disposición.....	1
1.2. Posicionamiento del satélite	2
1.3. La señal.....	3
1.4. El mensaje de navegación	4
1.4.1. Errores.....	4
1.5. Obtención de los parámetros de transformación entre PZ-90 y WGS-84	5
1.6. El mensaje de navegación C/A	7
1.7. El mensaje de navegación P	8
1.8. El sistema de tiempo	8
1.9. Descripción del sistema GLONASS.....	8
1.9.1. Segmento del espacio.....	9
1.9.2. Segmento de control.....	9
1.9.3. Segmento del usuario.....	10
1.10. Características de GLONASS.....	11
1.11. Planes futuros para el GLONASS.....	12
1.12. Errores del sistema GLONASS.....	12
1.12.1. Error ionosférico.....	12
1.12.2. Error atmosférico	12
1.12.3. Disponibilidad selectiva	13
1.12.4. Error del receptor	14
1.12.5. Error de efemérides.....	14
1.12.6. Error de efemérides.....	14
1.12.7. Error de multitrayectoria.....	15
1.13. Ventajas del sistema GPS + GLONASS.....	15
1.13.1. Disponibilidad	15
1.13.2. Confiabilidad	16
1.13.3. Precisión.....	16
1.14. GPS versus GLONASS.....	17
1.15. Uso del GPS y el GLONASS conjuntamente	19

1.16. GLONASS diferencial.....	20
--------------------------------	----

Capítulo II: Formas de mejorar la precisión de los sistemas de navegación

2.1. Sistemas de aumentación de la señal GPS	22
2.2. Sistema de aumentación basado en satélites (sbas).....	22
2.2.1. Japonés msas.....	23
2.2.2. Europa egnos.....	23
2.2.3. LAAS (local area augmentation system)	25
2.2.4. WASS (wide area augmentation system).....	26
2.3. Introducción al sistema de navegación europeo:	
Sistema EGNOS	27
2.3.1. Incidencia en la aviación civil	28
2.3.2. Funcionamiento del sistema	28
2.3.3. Prestaciones del sistema EGNOS	29
2.3.3.1. Exactitud(accuracy)	30
2.3.3.2. Integridad (integrity)	30
2.3.3.3. Disponibilidad (availability)	30
2.3.3.4. Continuidad (continuity).....	30
2.3.4. Los usuarios.....	30
2.3.5. El sistema.....	31
2.3.6. El proyecto.....	32
2.4. Proyecto GALILEO.....	33
2.5. Fases del proyecto	33

Capítulo III

3.1. Glosario de términos usados en teledetección.....	35
Referencia bibliográfica	45

PROLOGO

Los sistemas de posicionamiento Global constituyen, hoy por hoy, unos de los sistemas más usados y con mayores expectativas de futuro. Este hecho los obliga a estar en continua evolución para que la comunidad mundial obtenga resultados cada vez más satisfactorios. Pero es esta comunidad, y en concreto los profesionales de las materias afectadas, los que deben disponer de la documentación y experiencias necesarias para llegar a dominar estos métodos de trabajo y obtener de ellos el máximo rendimiento.

El objetivo de esta Serie didáctica no es otro que orientar de forma básica a los usuarios de estos sistemas a entender su funcionamiento y posibilidades de desarrollo, abriendo el campo de la medida por satélite como una poderosa herramienta de trabajo, y que hoy por hoy, se está convirtiendo en el método más usado por su precisión y rapidez en los campos de la agrimensura, navegación aérea, marítima y terrestre, o simplemente para actividades de recreación., siendo este el motivo por el cual no debe pasar desapercibido por ninguno de nuestros profesionales.

El tratamiento de los temas posee una profundidad compatible con un nivel introductorio para estudiosos del tema, siendo de fácil comprensión para aquellos que se inician en el mismo, el cual es obviamente el objetivo principal de esta serie didáctica.

Esta serie incluye un análisis del sistema GLONASS y de otros sistemas implementados (o en vías de implementarse), tendientes a mejorar la precisión, disponibilidad, integridad y continuidad del posicionamiento tanto terrestre, marítimo y aéreo.

También y como un importante ayuda para los estudiantes, se incluyó un glosario de los términos más utilizados en la ciencia de la teledetección y en el área del geoposicionamiento.

CAPITULO I

SISTEMA GLONASS

1.1. ORIGEN Y DISPOSICIÓN

Los sistemas de posicionamiento Global, permiten la determinación de posiciones en cualquier lugar del globo terrestre en un sistema mundial de coordenadas, con precisiones absolutas de decenas de metros hasta precisiones relativas al nivel del centímetro.

GLONASS es un sistema de posicionamiento satelital de características en la práctica muy similares a GPS.

El sistema de navegación global por satélite ruso es conocido por sus siglas como GLONASS, que derivan de (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema).

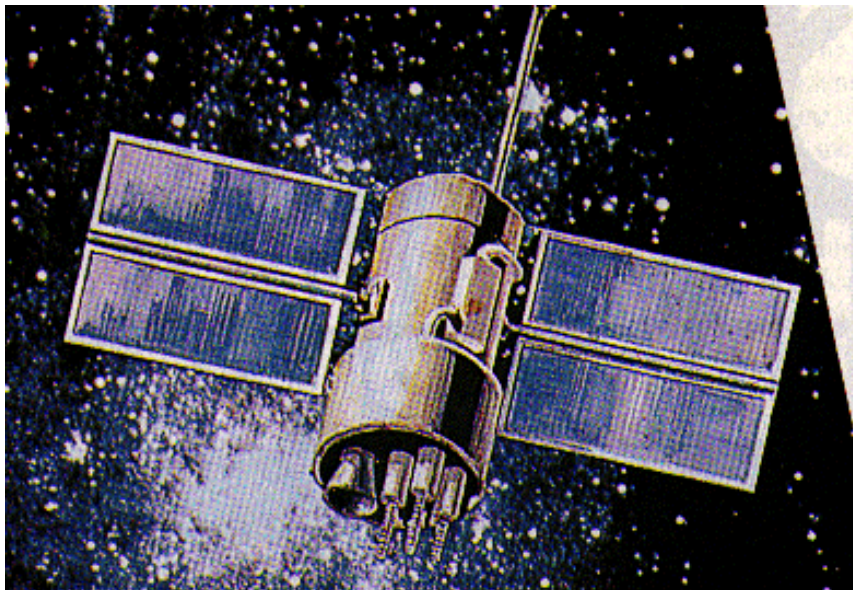


Figura 1: Esquema de un satélite de la constelación GLONASS.

GLONASS (Russian Global Orbiting Navigation Satellite System) fue desarrollado paralelamente al GPS. El sistema es manejado por las Fuerzas Militares Rusas, teniendo importantes aplicaciones civiles. Este proyecto fue ideado en los años setenta, pero su primer lanzamiento se realizó en 1982 (El COSMOS 1413 fue la primera nave de este tipo lanzada en ese año). Los satélites GLONASS son lanzados en órbitas a una altura de 19100 Km.

1.2. POSICIONAMIENTO DEL SATÉLITE

El calculo de posición-única tiene una precisión de 10 a 100 mts usando GLONASS, el receptor toma mediciones de tiempo de llegada usando códigos identificables a 4 satélites sumándosele la posición de las coordenadas X, Y y Z; sumándole un aceptable error del reloj.

GLONASS esta configurado operacionalmente con ocho satélites en cada una de las tres órbitas. Esta configuración la obtuvo en 1996 pero debido al tiempo de vida cumplido por unos de estos satélites, esta configuración se perdió. Actualmente la constelación esta formada por 21 satélites activos y 3 de reserva situados en tres planos orbitales separados por 120° con lo que se pueden divisar 4 satélites de forma continua.

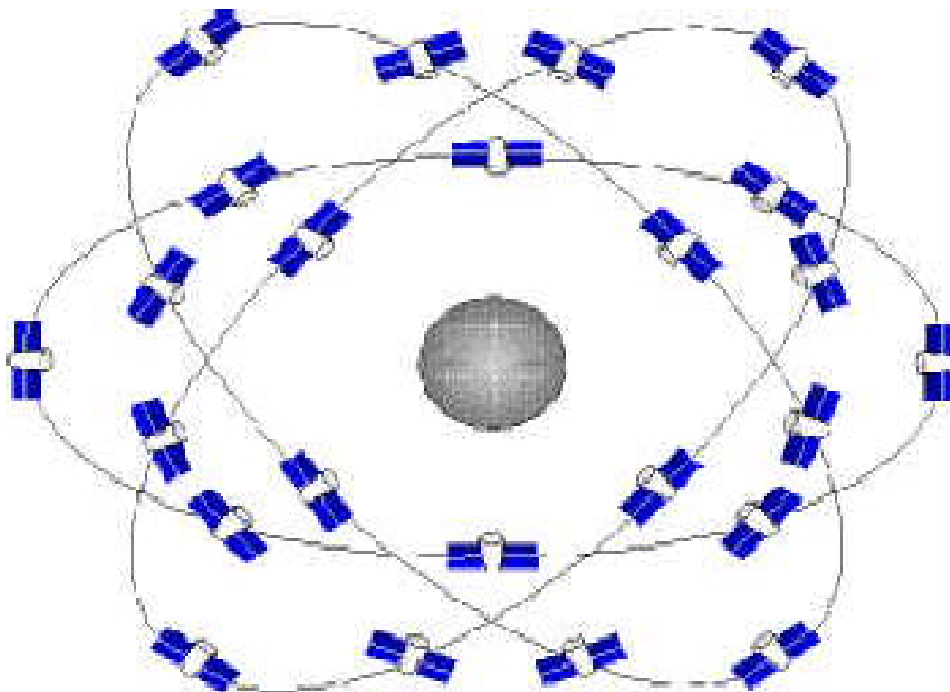


Figura 2: Constitución del sistema GLONASS

Para solucionar dicho inconveniente se pretende lanzar tres satélites que reemplacen a los averiados que cumplieron su ciclo de vida en el espacio.

Los satélites del Sistema GLONASS tienen un periodo orbital de 11 horas y 15 minutos. La configuración del sistema proporciona datos de navegación a usuarios por encima de los 2000 Km. sobre la superficie terrestre.

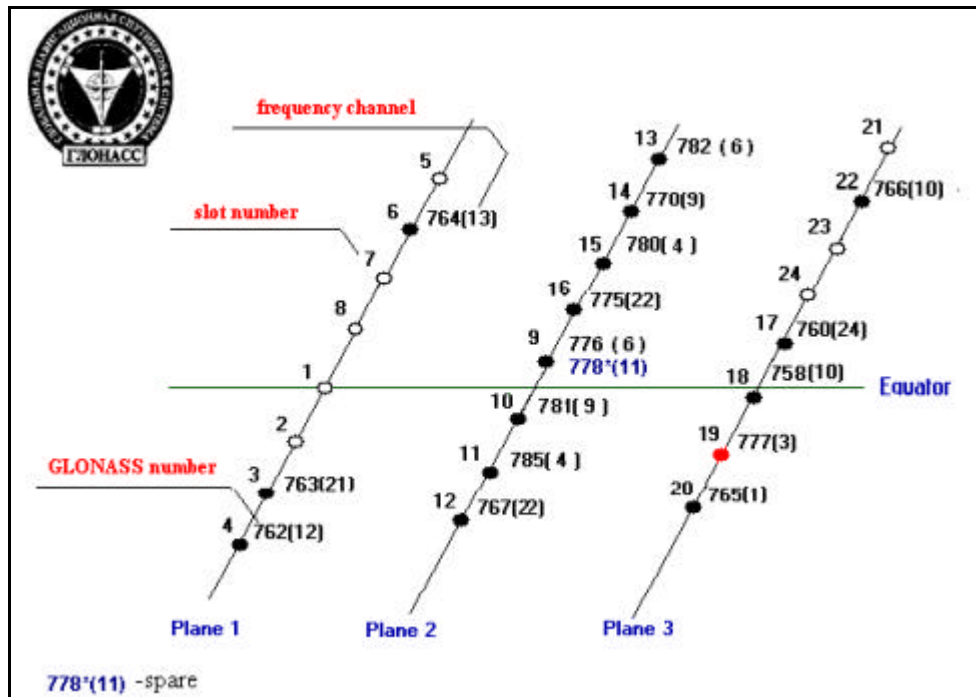


Figura 3: Despliegue de la constelación GLONASS.

GLONASS provee una onda de fases observables que pueden ser usada para dar posiciones precisas; aunque hay unas importantes diferencias.

1.3. LA SEÑAL

El GLONASS transmite dos señales en la cobertura del espectro en la banda L. Esta es la principal diferencia con los GPS ya que ellos funcionan solamente en una sola frecuencia. Los satélites del GLONASS están distinguidos por canales de radiofrecuencias a los cuales se les denomina (Acceso de Frecuencia de División Múltiple). Así tenemos las siguientes frecuencias en la banda L.

Frecuencia banda L1: $f_1(k) = 1602 \text{ MHz} + k * 9/16 \text{ MHz}$

Frecuencia banda L2: $f_2(k) = 1246 \text{ MHz} + k * 7/16 \text{ MHz}$

Actualmente están en vigencia estas frecuencias

* **1998-2005:** 1602 - 1608.8 MHz

1246 - 1251.25 MHz

* **A partir de 2005:** 1598.1 - 1604.25 MHz
1242.9 - 1247.75 MHz

El sistema transmite en cada uno de sus satélites un código denominado C/A (Coarse Acquisition) para uso civil y el P (Code Precision) para uso militar, los cuales son la mitad de precisos que el GPS.

La constelación ha experimentado un gran progreso desde los años 1994 y 1995, los planes de GLONASS son ofrecer dos niveles de servicio:

- El **Channel of Standard Accuracy (CSA)**, similar al Standard Positioning Service (SPS) del Sistema GPS, disponible para uso civil.
- El **Channel of High Accuracy (CHA)**, similar al Precise Positioning Service (PPS) del Sistema GPS, disponible solo para usuarios autorizados.

La Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO) aceptó formalmente en Julio 1996, el uso de GLONASS / CSA para uso en aviación civil, como ya se hizo en 1994 con el GPS / SPS.

1.4. EL MENSAJE DE NAVEGACIÓN

GLONASS transmite señales a diferentes frecuencias, hay dos problemas principales los cuales afectan el cálculo de ambigüedades en la fase portadora.

1.4.1. Errores:

1. Cada una de las señales del GLONASS puede ser demorada a través de la antena, los cables o filtros en el receptor, para el GPS las demoras son identificables porque las señales son identificables en la misma frecuencia y entonces ellas simplifican los errores del reloj.

2. El hecho de que las medidas son hechas a tiempos ligeramente diferentes. GLONASS emplea dos mensajes de navegación que van sumados a los códigos C/A y P respectivamente.

La información contenida en las efemérides permite al receptor GLONASS conocer exactamente la posición de cada satélite en cada momento. Además de las efemérides, en el mensaje de navegación hay otro tipo de información como el estado de salud del satélite, edad de los datos, cronometraje de épocas, bits de reserva, al igual que puede incluir información que permita el uso de los sistemas GPS y GLONASS simultáneamente (WGS-84 y PZ-90).

Las efemérides GLONASS están referidas al Datum Geodésico Parametry Zemli 1990 o PZ-90, o en su traducción Parámetros de la Tierra 1990 o PE-90. Este sistema reemplazó al SGS-85, usado por GLONASS hasta 1993.

Tabla 1: Parámetros del Datum PZ-90.

Parámetro	Valor
Rotación de la Tierra	$72.92115 \cdot 10^{-6}$ rad/s
Constante Gravitacional	$398600.44 \cdot 10^9$ m ³ /s ²
Constante Gravitacional de la atmósfera	$0.35 \cdot 10^9$ m ³ /s ²
Velocidad de la luz	299792458 m/s
Semieje mayor del elipsoide	6378136 m
Aplanamiento del elipsoide	1 / 298.257839303
Aceleración de la gravedad en el Ecuador	978032.8 mgal

1.5. OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE PZ-90 Y WGS-84.

Los parámetros que definen los dos sistemas de referencia PZ-90 y WGS-84 son significativamente diferentes. Para poder utilizar el sistema combinado GPS / GLONASS es necesario el conocimiento de las posiciones de todos los satélites utilizados, satélites GPS y GLONASS, en el mismo sistema de referencia. Para ello, lo que se realiza es el paso de las posiciones de todos los satélites GLONASS al sistema de referencia WGS-84, y así trabajar con la constelación de los 48 satélites en un mismo sistema de referencia. Además de la unificación del sistema de referencia, es necesario establecer también la relación entre los dos sistemas o escalas de tiempo utilizados. Esto se resuelve por medio de la información contenida en los mensajes de navegación de cada uno de los sistemas, donde aparecen las diferencias entre los tiempos GPS o tiempos GLONASS con respecto al Tiempo Universal Coordinado.

Para obtener las efemérides de los satélites GLONASS en el sistema WGS-84 es necesario conocer los parámetros de transformación de PZ-90 a WGS-84, para lo cual se necesita un cierto número de satélites GLONASS con

coordenadas en ambos sistemas. Con estos satélites se calculan los parámetros de transformación y se aplican al resto de satélites.

Las coordenadas de los satélites GLONASS en PZ-90 aparecen en el mensaje de navegación que mandan los satélites. La estimación de las posiciones de los satélites GLONASS en WGS-84 es realizada por una serie de estaciones de seguimiento que utilizan técnicas de medición láser, radar y ópticas para la determinación de las órbitas. Estas estaciones están localizadas por todo el mundo:

Las órbitas son calculadas usando nueve días de datos de seguimiento. Una vez que los parámetros orbitales son estimados, el programa genera vectores de estado en intervalos de 30 minutos, correspondientes a las épocas de las efemérides GLONASS transmitidas. La calidad de la determinación de las órbitas tras el cálculo se estima por un error rms de la posición de los satélites del orden de 11 m.

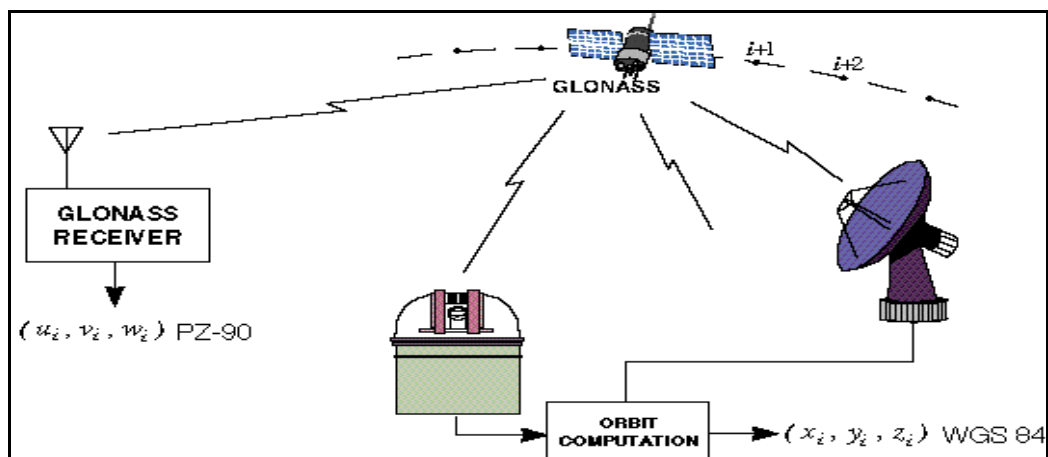


Figura 4: Estaciones de seguimiento para el cálculo de las órbitas de los satélites GLONASS en WGS-84.

En el Laboratorio Lincoln de Massachusetts se calculan los parámetros de transformación entre ambos sistemas.. Se estiman los parámetros de la transformación, obteniendo como resultado de la transformación una rotación alrededor del eje Z y una traslación a lo largo del eje Y. Los parámetros de la transformación resultantes se muestran en la siguiente figura :

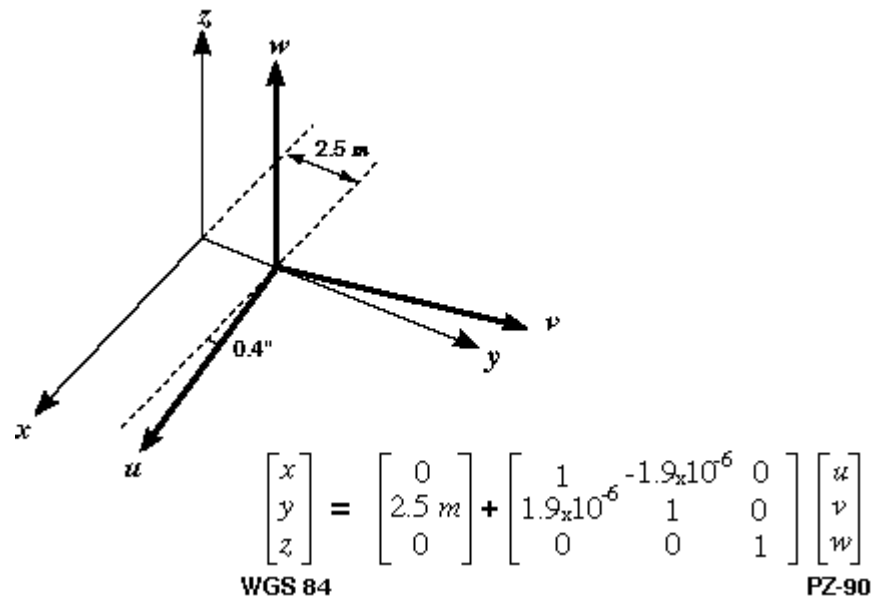


Figura 5: Transformación de coordenadas de PZ-90 a WGS-84.

Una vez que tenemos los parámetros de la transformación del sistema PZ-90 al sistema WGS-84 ya podemos tener las efemérides de todos los satélites GLONASS en el sistema WGS-84, y por lo tanto podremos utilizar el sistema combinado GPS / GLONASS.

La mayor causa de error en la determinación de los parámetros de transformación se encuentra en las efemérides transmitidas. Para facilitar el uso combinado GPS / GLONASS, las autoridades Rusas pretenden incluir en los nuevos mensajes de navegación de los satélites de la Constelación GLONASS-M, las diferencias entre los dos sistemas de tiempos y posiciones de referencia.

1.6. EL MENSAJE DE NAVEGACIÓN C/A

Cada uno de los satélites de GLONASS emite un mensaje de navegación en esta categoría, compuesto por una trama que a su vez esta formada por 5 subtramas. Cada subtrama contiene 15 palabras de 100 bits cada una. El tiempo que tarda cada subtrama en ser emitida es de 10 a 15 segundos por lo que una trama completa duraría máximo 2.5 minutos.

Cada subtrama posee la información del almanaque de 5 satélites. Este almanaque posee el restante compendio de palabras que contiene información de efemérides aproximadas al resto de satélites de la información ya que las tres

primeras palabras de cada subtrama contienen información de las efemérides propias de cada satélite, llegando al receptor cada 30 segundos.

1.7. EL MENSAJE DE NAVEGACIÓN P

El sistema de navegación P fue descifrado por varias organizaciones y entidades individuales ya que no hay un pronunciamiento oficial. De acuerdo a dichas investigaciones en este nivel cada satélite emite una trama formada por 72 subtramas. Cada subtrama contiene 5 palabras de 100 bits. Una subtrama tarda 10 segundos en ser emitida. Las tres primeras subtramas contienen las efemérides detalladas del propio satélite, por lo que estas llegaran al receptor cada 10 segundos una vez establecida la recepción.

1.8. EL SISTEMA DE TIEMPO

Cada satélite del sistema esta equipado con relojes atómicos de cesio que son corregidos dos veces al día, lo que permite una precisión de 15 nanosegundos en la sincronización de tiempos de los satélites respecto al Sistema de Tiempos GLONASS (GLONASST) el cual es generado en la Central de Sincronización de Tiempos de Moscú. La diferencia del sistema de tiempos con GPS radica en que este ultimo utiliza el sistema TAI (Tiempo Atómico Internacional) el cual no tiene en cuenta la disminución de la velocidad de la tierra respecto al sol, como si lo ase el sistema UTC (CIS) bajo control del Centro Meteorológico Principal del Servicio Ruso de Tiempos y Frecuencias de Mendeleev.

Lo que implica un desfase en el sistema de GPS de 1 segundo por año, alterando la sincronización con el día solar.

1.9. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GLONASS

La Federación Rusa implantó el sistema GLONASS para ofrecer señales desde el espacio (en la banda L:1602 MHz) para la determinación precisa de posición, velocidad y tiempo, con una cobertura continua alrededor del globo terrestre y en toda clase de tiempo meteorológico.

Las partes del sistema GLONASS son:

1.9.1. Segmento del espacio

Está constituido por 24 satélites colocados en tres planos orbitales con una inclinación de 64.8 grados con relación al ecuador terrestre, y con 8 satélites en cada plano a una altitud de 10,313 millas náuticas. El período orbital de cada uno de estos satélites es de 11 horas y 15 minutos.

Cada satélite GLONASS dispone de un pequeño reflector, que es usado para el seguimiento de los satélites por láser desde las estaciones de control. Existen 4 prototipos o modelos de satélite. El primer prototipo lo componen un total de 10 satélites que forman el Bloque I, lanzados entre Octubre-82 y May-85. Otros 6 satélites del segundo prototipo forman el Bloque IIa, lanzados entre Mayo-85 y Septiembre-86. Un total de 12 satélites forman el Bloque IIb del tercer prototipo, lanzados entre Abril-87 y Mayo-88, de los cuales seis se perdieron por fallo del vehículo de lanzamiento.

El cuarto prototipo forma el Bloque IV, constituido por 43 satélites, y vigente hasta la fecha.

Cada subsiguiente generación de satélites contienen equipamientos más modernos y tienen un mayor periodo de vida. El Gobierno Ruso desarrolla un nuevo prototipo de satélites que irán sustituyendo a los antiguos para formar la nueva Constelación GLONASS-M. Los test con los satélites GLONASS-M comenzaron en 1996

1.9.2. Segmento de control

Incluye una estación maestra de control, estaciones de seguimiento de los satélites y las estaciones para enviar mensajes de navegación y control.

El segmento de control del Sistema GLONASS esta enteramente ubicado en el territorio de la Unión Soviética. El centro principal de control terrestre esta ubicado en Moscú, y existen otras estaciones de telemetría y seguimiento en St. Petersburgo, Ternopol, Eniseisk, Komsomolsk-na-Amure.

Las estaciones de control de las Fuerzas Espaciales Rusas (RSF) publican unos boletines, llamados NAGUSs para los usuarios GLONASS con noticias, estado y anomalías del sistema, para así anunciar la inutilidad de alguno o varios satélites.

Otras organizaciones, como GLONASS Group del Laboratorio de Lincoln de Massachusetts o el DLR-DFD Neustrelitz Remote Sensing Ground Station en Alemania, también controlan la actividad de GLONASS.

Las anomalías se producen cuando los parámetros que manda el satélite en su mensaje de navegación son incorrectos y el parámetro de salud indica que está sano. El resultado es una incorrecta pseudodistancia y trae consigo posicionamientos incorrectos. Las anomalías del sistema se determinan por medio de las estaciones de control, que hacen uso de algoritmos de detección de errores. Esto consiste en receptores autónomos de seguimiento íntegro que detectan anomalías en la transmisión de datos, aún figurando un buen estado de salud en los mensajes de navegación y almanaques. Además, si un receptor dispone de este algoritmo RAIM puede detectar fácilmente estas anomalías

1.9.3. Segmento del usuario

Consiste de los receptores GLONASS, los mismos que están compuestos de un receptor-procesador y un sistema de antena.

El Sistema GLONASS es un sistema militar y civil. Todos los usuarios militares y civiles constituyen el Sector Usuario. El desarrollo y diseño de nuevos receptores por parte de los fabricantes está en continua evolución.

Un equipo de recepción de señales GLONASS, al igual que uno de GPS, está formado por una antena y un receptor. Los receptores disponen de un reloj para sincronizar las señales recibidas.

Existen dos generaciones de receptores GLONASS. La primera generación contenían 1,2 y 4 canales. La segunda generación son ya mucho más compactos y ligeros, incluyendo 5, 6 , 12 y hasta 24 canales, usados para aplicaciones civiles y capaces de operar con las dos constelaciones GPS / GLONASS.

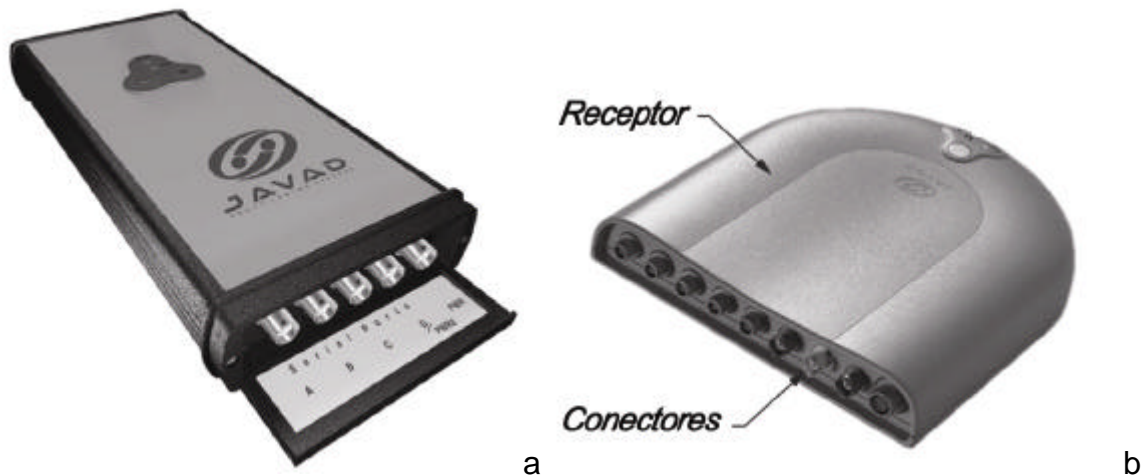


Figura 6 : Receptores GPS / GLONASS marca TOPCON de 24 canales, modelos a) Legacy-E y b) Legacy-W

Fuera de Rusia, hay un número considerable de fabricantes e investigadores que han diseñado y construido receptores GLONASS o GPS / GLONASS incluyendo doble frecuencia y códigos C/A y P. Algunos de ellos eran prototipos desarrollados para ganar experiencia con GLONASS, y otros para aplicaciones específicas.

1.10. CARACTERÍSTICAS DE GLONASS

- Full Name: Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
- COSPAR ID: 9305401
- Launch Date: 30-Aug-93
- Launch Vehicle: Proton
- Reflectors: 396 retroreflectors
- Shape (array): Planar square
- Size (array): 120 cm x120 cm
- Inclination: 64.9 degrees
- Perigee: 19,140 km
- Period: 676 minutes
- Weight: 1,400 kg

1.11. PLANES FUTUROS PARA EL GLONASS

El GLONASS-M será el sucesor del actual GLONASS. Este programa modernizara ambos segmentos tanto espacial como terrestre y será desarrollado después del 2000.

Las mejoras de este sistema radicarán en:

- Incrementar la vida de servicio de cada satélite: 5 años (versus 3 años en el presente).
- Reducir el tiempo requerido para reemplazar los satélites fallados, incluyendo 6 satélites de reserva en órbita (2 por plano orbital).
- Mejorar la precisión de efemérides.
- Mejorar la estabilidad de los relojes a bordo.
- Habilitar el código C/A broadcast en las frecuencias L1 y L2 para el uso civil. Así poder estimar los efectos ionosféricos en la señal.

1.12. ERRORES DEL SISTEMA GLONASS

Los sistemas GPS y GLONASS están sujetos a varios errores que afectan la precisión de la posición calculada. Estos errores en conjunto pueden estar en el rango de 10 á 25 metros, dependiendo del tipo de receptor, la posición relativa del satélite y la magnitud de otros errores.

1.12.1. Error ionosférico.

El error más significativo se ocasiona durante el paso de la señal del satélite a través de la ionosfera de la Tierra. La ionosfera es una capa de partículas cargadas eléctricamente, que cubre a la tierra entre aproximadamente 130 y 190 Km. sobre la superficie. Al desplazarse las señales de radiofrecuencia a través de la ionosfera, se hacen más lentas en una magnitud que varía dependiendo de la hora del día, la actividad solar y otros factores.

1.12.2. Error atmosférico.

Se introduce otro error cuando la señal pasa a través de la atmósfera. El vapor de agua de la atmósfera hace más lentas a las señales de radiofrecuencia y reduce adicionalmente la exactitud del sistema.

1.12.3. Disponibilidad selectiva.

Desde la puesta en servicio del sistema GPS, el DoD de los Estados Unidos ha introducido intencionalmente un error en el sistema, llamado disponibilidad selectiva (SA), con el objeto de negar los beneficios de la exactitud del sistema GPS en situaciones bélicas (error de ± 100 mts.). A partir del 01-Mayo-2000 el gobierno de los Estados Unidos de América decidió retirar esta disponibilidad selectiva por lo que el error de posición ahora está en el rango de 10 á 25 metros para cualquier usuario y teniendo la capacidad de activar la disponibilidad selectiva para que afecte a una determinada región del mundo, en caso de ser necesario.

El Gobierno de la Federación Rusa ha declarado que GLONASS proporcionará a los usuarios civiles una precisión en toda la Tierra para el posicionamiento absoluto en tiempo real basado en medidas de código de unos 60 m en horizontal (99.7%) y de unos 75 m en vertical (99.7%). Los rusos han anunciado que no tienen previsto introducir ninguna medida intencionada de degradación de la precisión del sistema.

Con la SA activada la precisión del sistema GLONASS es superior a la del sistema GPS como lo muestran las figuras a continuación.

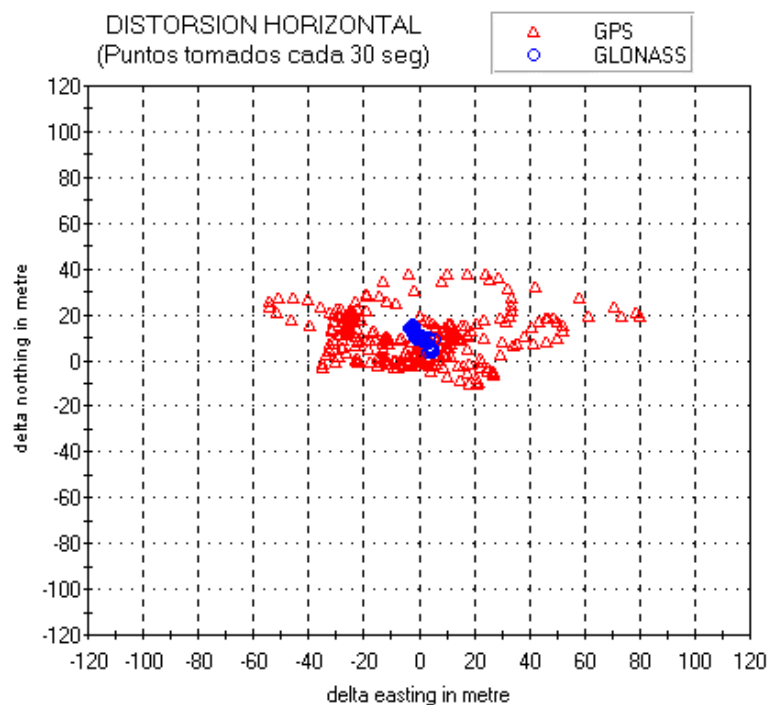


Figura 7: Distorsión horizontal, en la medición de una posición.

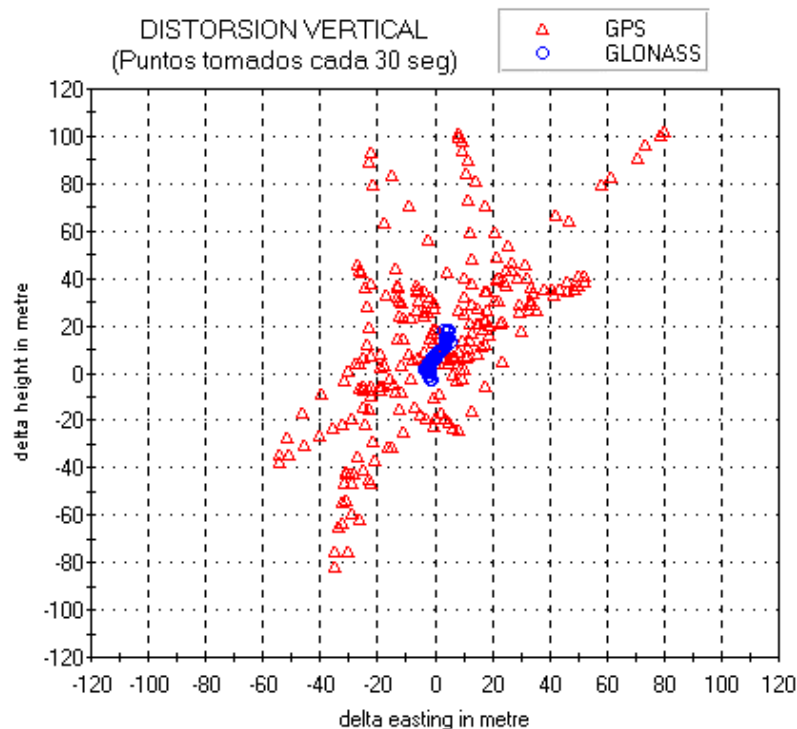


Figura 8 : Distorsión vertical, en la medición de una posición.

1.12.4. Error del receptor.

El receptor de a bordo puede introducir una cierta cantidad de error durante las diversas etapas del procesamiento de las señales recibidas de los satélites. Estos errores pueden ser causados por el ruido térmico, la precisión del software, y el error de bias entre canales de recepción.

1.12.5. Error de efemérides (posición) del satélite.

Este error se refiere a que un satélite puede estar realmente en una posición un poco distinta a la que viene transmitiendo hacia los receptores.

1.12.6. Dilución de Precisión (DOP) por Posición.

La geometría posicional de los satélites que se están utilizando para determinar la ubicación del receptor influyen grandemente en la exactitud de los cálculos de la posición.

Cuando se requiere de mayor exactitud se recurre a diferentes técnicas de corrección diferencial (o aumentación), los cuales comparan la posición calculada versus la posición real de un punto de referencia (medido)

obteniéndose una cantidad de error que es retransmitida (generalmente por radiofrecuencias) a los usuarios para que se hagan los ajustes del caso.

Dependiendo de la técnica utilizada (tiempo real, post-proceso, etc.) y las condiciones de utilización (por ejemplo estáticos, baja velocidad, etc.) se pueden obtener exactitudes hasta el orden de los centímetros.

1.12.7. Error de multitrayectoria. (multipath).

Los efectos de la multitrayectoria de la señal GPS ocurren cuando la señal no solo es recibida directamente desde el satélite sino desde las superficies cercanas a la antena del receptor debido a la reflexión de la señal. La señal de multitrayectoria se superpone con la señal directa y produce errores de fase, los cuales traen como consecuencia medidas erradas de las distancias a los satélites. Estos efectos tienen características periódicas y pueden llegar a causar errores que alcancen amplitudes de algunos metros con las técnicas tradicionales de medida del pseudorange. Con receptores especiales que usan técnicas diferentes (carrier phase) estos errores se reducen a unos cuantos centímetros, también se puede evitar este efecto utilizando diseños de antenas apropiadas.

1.13. VENTAJAS DEL SISTEMA GPS + GLONASS

Las principales ventajas que GPS + GLONASS presenta son: Disponibilidad, Confiabilidad y Precisión.

1.13.1. Disponibilidad

Los 24 satélites que se determinó para GPS fue pensado para tener cobertura mundial durante las 24 horas del día, pero sin considerar las obstrucciones presentes en toda las actividades cercanas a los bancos de explotación; y en otras aplicaciones tales como edificios, cerros, árboles, etc. Esta situación es especialmente complicada en las minas chilenas, ya que en muchos casos son profundos pits en que la cobertura GPS es extremadamente limitada por lo que puede ser usada sólo en algunas horas del día y en zonas muy abiertas del pit.

Esto ha sido verificado en muchas oportunidades por ingenieros de GEOCOM en diferentes minas como Chuquicamata y otras, donde generalmente en el fondo del pit se puede obtener 5 satélites, que es el mínimo necesario para obtener precisión centimétrica en tiempo real. Pero al acercarse a los bancos de

explotación fácilmente se baja a 4 o 3 satélites, insuficientes para las aplicaciones mineras.

Es fácil suponer que al agregar los satélites GLONASS, duplicando así la cantidad de satélites GPS, sucederá que donde haya 5 satélites GPS se tendrá 10 satélites GPS + GLONASS y donde no se pueda medir porque apenas hay solo 3 ó 4 satélites GPS habrá de 6 a 8 satélites GPS + GLONASS, lo que permite obtener precisión centimétrica.

1.13.2. Confiabilidad

El departamento de transporte de los Estados Unidos llegó a la conclusión que el sistema GPS por sí solo no satisface los requerimientos para un Sistema Primario de Navegación Aérea. Pero GPS + GLONASS si entregaría una solución aceptable, la cual debe cumplir con a lo menos 6 satélites durante el 99.999% del tiempo, que es el mínimo necesario para identificar y corregir cualquier anomalía que se produzca en algún satélite y así poder tener un posicionamiento altamente confiable.

1.13.3. Precisión

GLONASS presenta la ventaja de no estar afecto a la degradación de sus señales, como lo es la Disponibilidad Selectiva en el caso de GPS. De esta manera la precisión absoluta GPS se ve restringida a 100 metros con un 95% de probabilidad, mientras que GPS + GLONASS entrega una precisión absoluta de 16 metros.

El ISS (Institute of Satellite Navigation) a trabajado construyendo receptores con GLONASS y GPS a partir de 1982.

Con la disponibilidad de receptores GPS / GLONASS, el usuario puede tener acceso a un sistema combinado de hasta 48 satélites (con la dos constelaciones completas). Con todos estos satélites, los trabajos en desfiladeros y otras localizaciones de visibilidad restringida, tales como áreas boscosas, etc., es mejorada debido a la posibilidad de mayor información de más satélites. Además, una mayor constelación de satélites también mejora la ejecución del posicionamiento diferencial en tiempo real, ya que, el tiempo menor de toma de datos, con respecto a un posicionamiento diferencial calculado en post-proceso, se ve compensado por la obtención de una mayor información de más satélites.

Tabla 2: Obtención de posiciones absolutas utilizando la constelación GLONASS, la constelación GPS y su uso combinado GPS / GLONASS

Posiciones estimadas con GLONASS:

- Error horizontal (m):	10 (50%) 21.2 (95%) 26.8 (99%)
- Error vertical (m) :	14.6 (50%) 39.1 (95%) 46.3 (99%)

Posiciones estimadas con GPS:

- Error horizontal (m):	20.6 (50%) 48.4 (95%) 62.9 (99%)
- Error vertical (m) :	26.7 (50%) 81.7 (95%) 105.1 (99%)

Posiciones estimadas con la combinación GPS / GLONASS:

- Error horizontal (m):	6.5 (50%) 14.9 (95%) 25.8 (99%)
- Error vertical (m) :	16.7 (50%) 41.8 (95%) 49.5 (99%)

Al aplicar el método diferencial, la precisión de GPS es similar a la de GPS + GLONASS en áreas abiertas, pero cuando se debe trabajar en áreas obstruidas como en la minería, GPS difícilmente puede mantener las precisiones, ya que con menos de 5 satélites no puede entregar precisión centimétrica, mientras que en tal situación habrá 6 a 8 satélites GPS + GLONASS que podrán seguir proporcionando precisión centimétrica.

1.14. GPS VERSUS GLONASS

En la tabla que se adjunta, podemos ver las diferencias entre las dos constelaciones, la estructura de la señal y las especificaciones del GPS y GLONASS para un posicionamiento preciso. Como se observará, los dos sistemas son muy similares. En una tabla N° 4 al final de este capítulo se mostrará mayor información a este respecto.

En Diciembre de 1993, GPS completo su Capacidad Operativa Inicial logrando cobertura mundial en cuatro dimensiones, con 24 satélites operativos en órbita. Estos satélites no han tenido ningún problema y han superado su vida útil planeada de 5 años, llegando incluso a los 11 años de vida útil. Ellos continúan lanzándose periódicamente y cada vez con nuevas características que robustecen al sistema GPS. Sin embargo, GLONASS ha tenido problemas importantes con la prematura pérdida de servicio de sus satélites, y el tamaño de la constelación ha quedado en cerca de 12 satélites. La red de satélites GLONASS comenzó en el año 1993 con 13 satélites operativos, luego se añadieron 3 nuevos satélites en un lanzamiento ese mismo año, pero conforme transcurrió el tiempo y la vida útil de los satélites se cumplía, el número de satélites ha ido reduciéndose.

Tabla 3: GPS versus GLONASS

CONSTELACIÓN	GPS	GLONASS
Número de Satélites	24	24
Número de Planos Orbitales	6	3
Inclinación de la órbita (en grados)	55°	65.8°
Radio de la órbita (en Km.)	26560	25510
Periodo (hh:mm)	11:58	11:16
Retransmisión del seguimiento	Día sideral	8 días siderales
Separación de los planos orbitales	60°	120°
Señal portadora (Mhz)	L1 : 1575.42 L2 : 1227.60	L1 : 1602+0.5625n L2 : 1246+0.4375n
Código	CDMA Código C/A en L1 Código P en L1 y L2	FDMA Código C/A en L1 Código P en L1 y L2
Frecuencia del código (MHz)	Código C/A : 1.023 Código P : 10.23	Código C/A : 0.511 Código P : 5.11
Sistema de coordenadas	WGS84	PZ90
Horizontal (mts)	10-25 mts	50-70
Vertical	140	150

1.15. USO DEL GPS Y EL GLONASS CONJUNTAMENTE

Los receptores duales GPS-GLONASS ofrecen mejor performance que los receptores individuales de cada sistema. Con los dos sistemas integrados se tiene una mayor rapidez de recepción de señales debido al mayor número de satélites en un tiempo dado y en cualquier parte. Asimismo se tiene una mayor cobertura en ambientes de muchas obstrucciones.

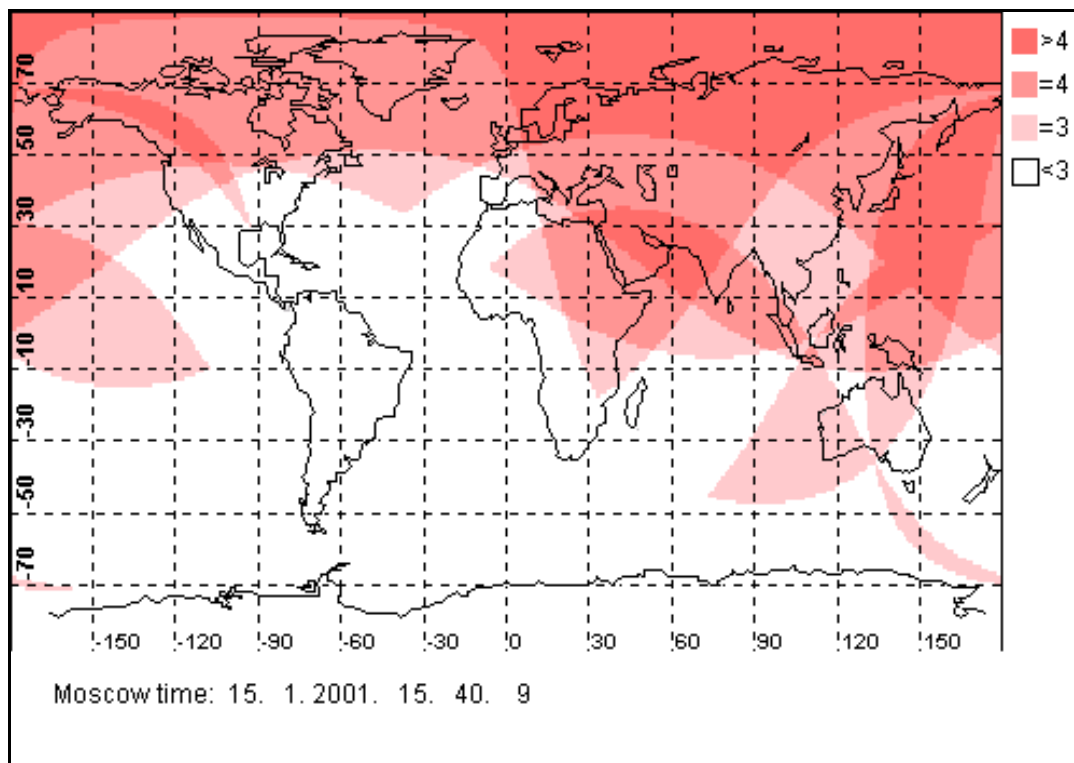


Figura 9 : Cubrimiento de los satélites GLONASS (ver escala de colores).

El GLONASS con tres planos orbitales, el GPS con seis, y la diferente inclinación de sus planos orbitales, ofrecen una disponibilidad complementaria en función de latitud. Con el GLONASS se favorecen las latitudes extremas debido al alto grado de inclinación de sus planos orbitales, mientras que con el GPS se favorecen las latitudes medias.

Un receptor con capacidad de operar con los dos sistemas ofrecerá lo mejor de ambos. En adición al aumento del número de satélites disponibles, y a la mejora de la geometría.

1.16. GLONASS DIFERENCIAL

A finales de los años 70 comenzó en Rusia la investigación en el campo del sistema GLONASS diferencial. Los científicos del Instituto Central de Investigación de las Fuerzas Espaciales Rusas (TsNII VKS), el Instituto Ruso de Investigación de Ingeniería de Vehículos Espaciales (RNII KP) y la Corporación Científica de Producción de Mecanismos Aplicados (NPO PM) tomaron parte activa en esta investigación.

Pero, debido a diversas causas, la implementación del sistema GLONASS diferencial en Rusia no llegó a su fin. La falta de disponibilidad selectiva en el GLONASS fue decisiva para que esto ocurriera, ya que la precisión estándar del sistema resultaba suficiente para los usuarios rusos.

En 1990-91 los trabajos en este campo volvieron a revitalizarse debido a extensión del sistema DGPS incluso en territorio ruso y a que ciertas compañías extranjeras mostraron gran interés en introducirse en el mercado ruso de equipamiento.

Bajo estas circunstancias, el interés de los usuarios rusos y de los fabricantes de equipos diferenciales aumentó considerablemente y los trabajos para la creación de estaciones diferenciales para diversas aplicaciones se aceleraron.

Actualmente está en proyecto la creación de sistemas diferenciales de área local (LAAS, Local Área Augmentation System): y de área regional (RADS) para el control del tráfico aéreo y marítimo, pero debido a la necesidad de canales específicos para la transmisión de las correcciones diferenciales, su uso por parte de usuarios particulares es problemática.

Tabla 4: GLONASS / GPS Comparison

		GLONASS	GPS	
Nominal # of s/v		24	24	
Launch vehicle		Proton K/DM-2	Delta 2-7925	
# of spacecrafts / launch		3 (occasionally 2)	1	
Launch site		Baikonur Cosmodrome, Kazakstan	Cape Canaveral, USA	
# of orbital planes		3	6	
Orbital inclination		64.8°	55°	
Orbit altitude		19,130 km	20,180 km	
Period of revolution		11h15m40s	11h58m00s	
Ephemeris representation		position, velocity and acceleration in earth-centered, earth-fixed coords	Kepler parameters	
Datum		PZ-90	WGS-84	
Time reference		UTC (Russia)	UTC(NO)	
Almanac	Length	152 bits	120 bits	
	Duration	12m30s	2m30s	
	Content	day of validity		week of validity
		channel number		S/C identifier
		eccentricity		eccentricity
		inclination		inclination
		equator time		almanac time
		validity of almanac		health
		equatorial longitude		right ascension
		-		RA rate of change
		period of revolution		sq. root of semimajor axis
		argument of perigee		argument of perigee
		-		mean anomaly
		uni-solar term		-
		time offset		time offset
-			frequency offset	
Signalling		FDMA	CDMA	
Carrier frequency	L1	1602.0 - 1614.94 MHz (*)	1575.42 MHz	
	L2	7/9 L1	60/77 L1	
# of code elements	C/A	511	1023	
	P	5110000	$2.35 \cdot 10^{14}$	
Code rate	C/A	0.511 Mbit/s	1.023 Mbit/s	
	P	5.11 Mbit/s	10.23 Mbit/s	
Crosscorrelation interference		-48 dB	-21.6 dB	
Navigation message	Rate	50 bit/s	50 bit/s	
	Modulation	BPSK Manchester	BPSK NRZ	
	Total length	2m30s	12m30s	
	Subframe length	30s	6s	

CAPITULO II

FORMAS DE MEJORAR LA PRECISION DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

2.1. SISTEMAS DE AUMENTACIÓN DE LA SEÑAL GPS

La alta precisión en las medidas del GPS es lograda principalmente utilizando estaciones de referencia las cuales recopilan información de posición GPS, geográfica y condiciones atmosféricas del lugar para ser luego procesadas en las estaciones maestras donde son elaborados modelos matemáticos que permiten obtener las correcciones de los errores GPS. Las causas de error más importantes en las medidas de la posición GPS son los retardos de la señal en la ionosfera y troposfera, los errores de efemérides, y los errores introducidos a propósito. Los errores GPS dejan de relacionarse con los errores obtenidos en las estaciones de referencia conforme las distancias entre los usuarios y las estaciones de referencia se incrementen. Si las separaciones de distancia son suficientemente pequeñas aquellos errores GPS son iguales y podrán cancelarse.

Si uno deseara incrementar el área de cobertura de correcciones GPS y, al mismo tiempo, minimizar el número de receptores de referencia fijos, será necesario modelar las variaciones espaciales y temporales de los errores. En tal caso estaríamos hablando del GPS diferencial de área amplia.

Para aplicaciones en tiempo real, las correcciones de los parámetros de cada satélite deberán ser transmitidas a los usuarios a través de equipos de radio VHF o si se requiere una amplia cobertura a través de satélites Geoestacionarios que emitan pseudo códigos con información de corrección.

A continuación se describen estos sistemas:

2.2. SISTEMA DE AUMENTACIÓN BASADO EN SATÉLITES (SBAS)

SBAS es un término que comprende todos los sistemas de aumentación basadas en satélites que están en desarrollo actualmente, más cualquier otro que sea desarrollado en el futuro. Las entidades que han desarrollado actualmente sistemas SBAS son la FAA (el WAAS), un consorcio europeo (el EGNOS) y el Estado Japonés (el MSAS).

2.2.1. Japones MSAS

En paralelo con el sistema de Estados Unidos y el de Europa, Japón está desarrollando un sistema de aumentación llamado el Sistema de Aumentación Basado en Satélites MTSAT (MSAS). MSAS está basado en un satélite multifuncional (MTSAT), el cual tiene también una función meteorológica. El MTSAT-1 debe ser lanzado en 2000, y subsecuentes lanzamientos serán programados cada 5 años.

Aunque el sistema de software del MSAS está basado en el WAAS, presenta diferentes capacidades que los sistemas WAAS y del EGNOS (explicados más adelante en esta serie didáctica), porque incluirá dos modos de comunicación, voz y data. Esta capacidad de comunicación será usada para brindar Vigilancia Automática Dependiente (ADS). Específicamente, MSAS incluye: GNSS para navegación; y Servicio Satelital Móvil Aeronáutico (AMSS) para dos modos voz / data incluyendo ADS.

MTSAT-1 debió ser lanzado a comienzos del 2000 (el lanzamiento de este no fue exitoso-explotó, pero el desarrollo y prueba continúa), y MSAS estará operativo con este satélite en el 2001. En el año 2005, MSAS estará operativo con MTSAT-1 y MTSAT-2. Japón está coordinando el desarrollo de MSAS con EUROPA, y los Estados Unidos. Y otras regiones alrededor del mundo.

2.2.2. Europa EGNOS

La Agencia Espacial Europea, La Comisión Europea y la Organización Europea por la seguridad de la Navegación Aérea (Eurocontrol) se unieron para desarrollar el EGNOS, Sistema de Aumentación de Europa para navegación por satélite. Este proyecto dará a los usuarios civiles del GPS o GLONASS en tierra, en el mar o en el aire la precisión, integridad y disponibilidad mejorada. Trabajando juntos, las tres entidades son conocidas como el Grupo Tripartito Europeo (ETG).

El ETG firmó el 27 de junio de 1996 el alquiler para los primeros dos transpondedores de navegación que serán usados para brindar señales broadcast a los usuarios del sistema EGNOS. Estos transpondedores están instalados en dos satélites Inmarsat-III, localizados en las longitudes 64 Este (Región Océano Índico- IOR) y 15.5 Oeste (Región Océano Atlántico-Este- AOR-

E). Ellos juntos no solo cubrirán todo Europa, África, Sudamérica, y la mayoría de Asia. El satélite IOR fue lanzado el 3 de abril de 1996 y ha sido operacional desde el 12 de mayo de ese año. El satélite AOR-E deberá ser lanzado en agosto del 2000. En su implementación final, el EGNOS brindara Ranging, Integridad y servicios diferencial de área amplia.

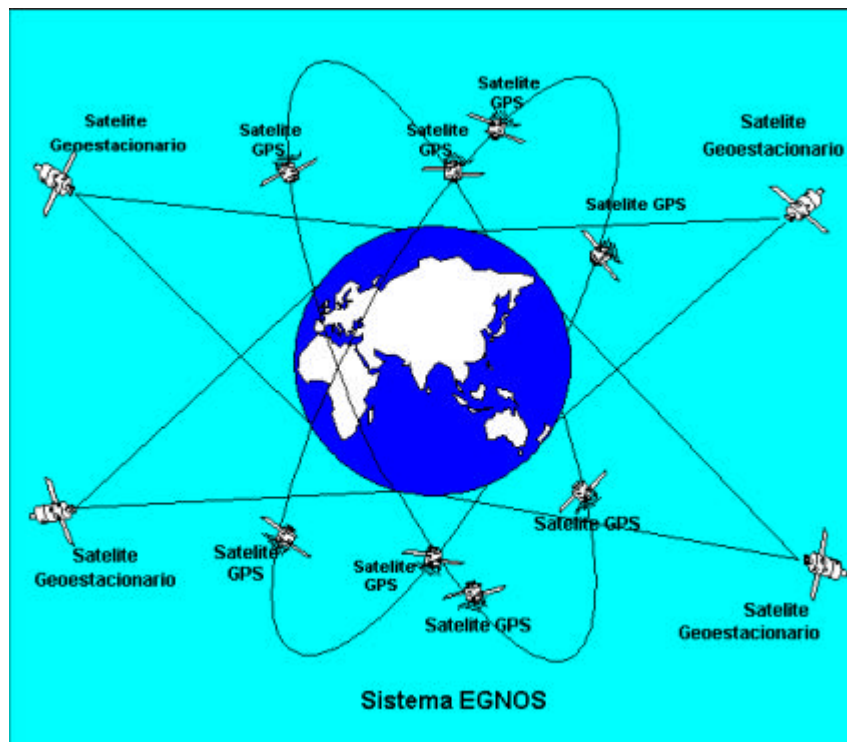


Figura 10 : Sistema de mejoramiento EGNOS.

EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay System, sistema que suministra una aumentación regional de precisión Cat. I, basándose en las señales emitidas por los sistemas GPS y GLONASS, mediante la utilización de satélites geoestacionarios y miras a ser usado en la aviación civil, similar al WAAS, proporciona una precisión horizontal de 5 a 10 metros. Utiliza la constelación de satélites INMARSAT III.

Conocidas las distancias exactas a cuatro (4) satélites en el espacio, que actúan como puntos de referencia precisa, es posible fijar la posición del usuario como intersección de cuatro esferas centradas en los satélites y de radios los valores de las distancias.

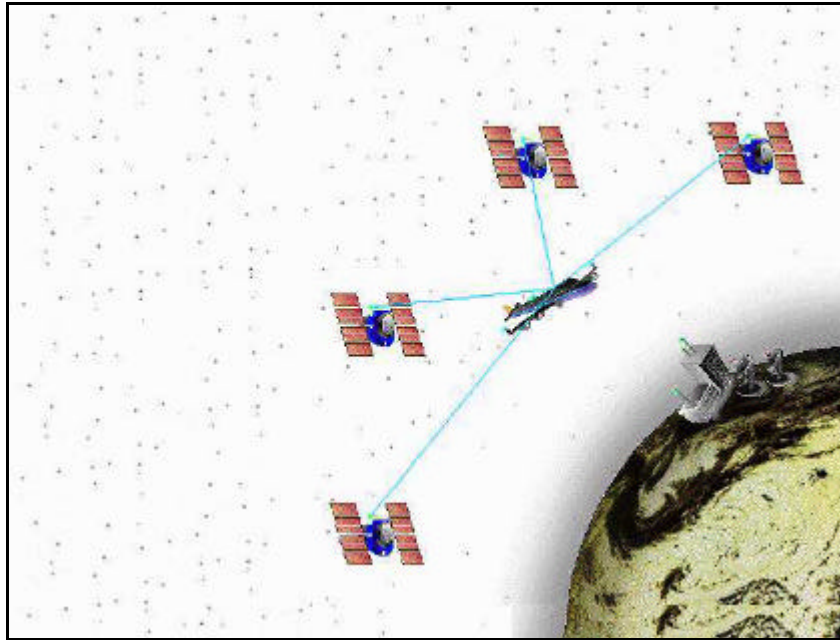


Figura 11 : Posicionamiento de aeronaves con EGNOS.

2.2.3. LAAS (Local Area Augmentation System)

Mediante el uso de Diferenciales de área local, es posible permitir a las aeronaves volar aproximaciones y aterrizajes de precisión Categorías I, II y III.

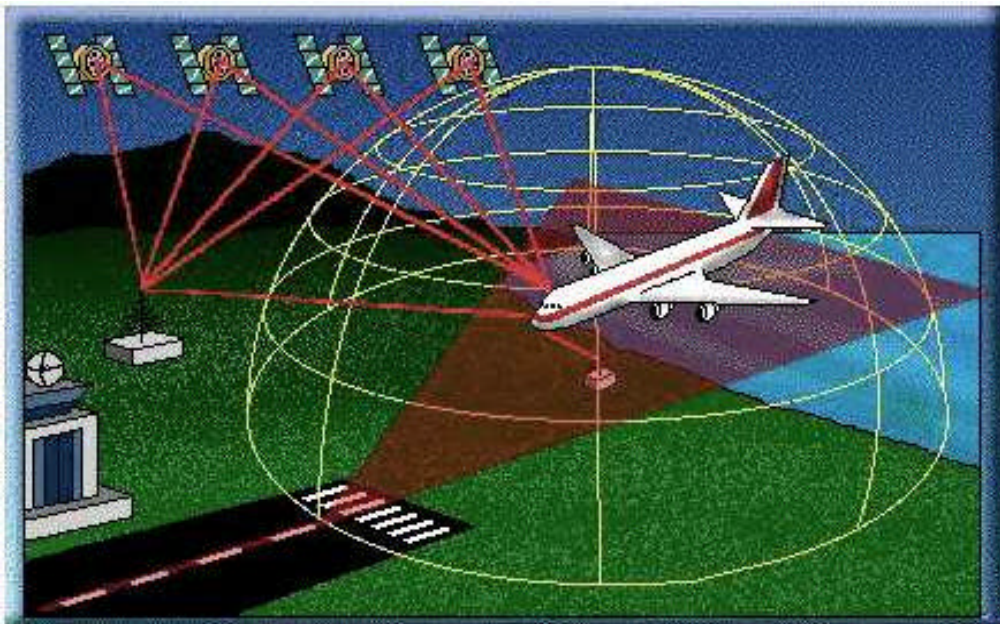


Figura 12 : Esquema del sistema LAAS

Mediante una estación diferencial en tierra de GPS, es posible transmitir a las aeronaves la corrección de los errores de posición en un área de influencia (20-30 millas náuticas) por un enlace de datos VDL en frecuencia VHF aeronáutica, se puede garantizar la exactitud de la posición en tiempo real a bordo de la aeronave.

2.2.4. WAAS (Wide Area Augmentation System)

El sistema utiliza un incremento de la precisión mediante estaciones de tierra GPS diferenciales, enlazadas por una red terrestre con la cual se comunican entre sí, transmitiendo las correcciones y además recibiendo información de una o varias estaciones monitoras terrestres. En este sistema es posible alcanzar una exactitud para aproximaciones de precisión CAT. I, de acuerdo con la cantidad de estaciones de referencia en tierra.

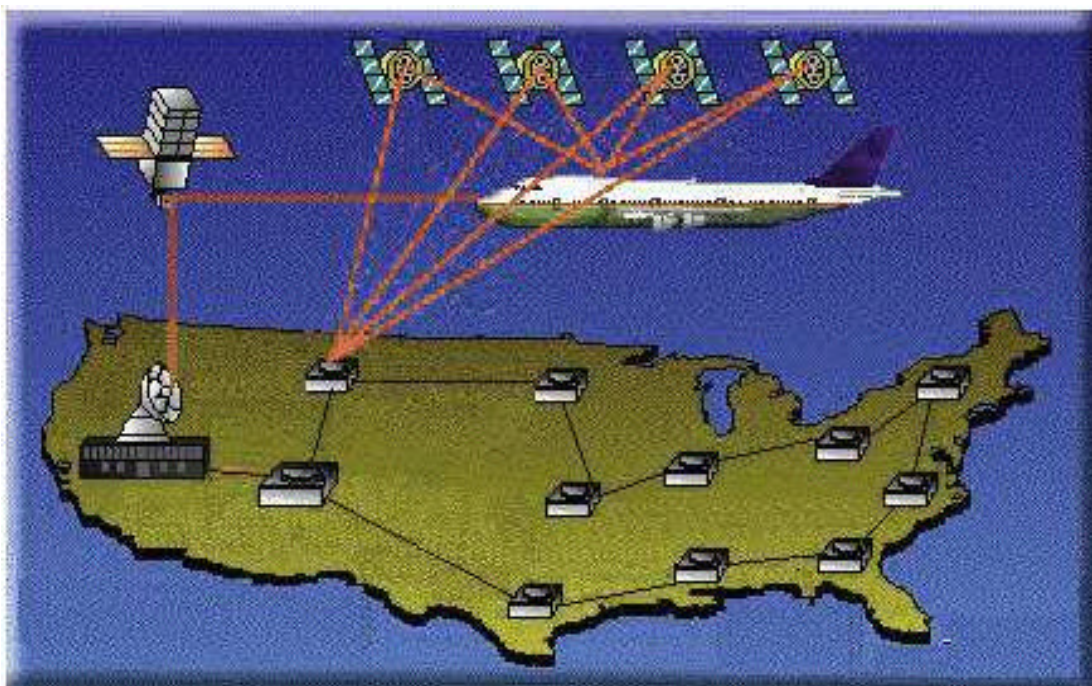


Figura 13: Esquema del sistema WAAS

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE NAVEGACIÓN EUROPEO:

2.3. SISTEMA EGNOS

Como dijimos anteriormente durante la década de los ochenta, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), decidió la puesta en marcha de un sistema de navegación por satélite, comúnmente llamado GPS (Global Positioning System), en el que señales emitidas desde satélites a 20000 Km. de altura podían ser utilizados por usuarios en tierra para determinar su posición con precisión. El sistema es operacional desde 1993

Por otro lado, los mismos pasos fueron seguidos por el Gobierno Ruso a finales de la década de los ochenta y comienzos de los noventa, poniendo en funcionamiento su propio sistema de navegación por satélite, llamado GLONASS, y dirigido a todo tipo de usuarios.

Mediante dichos sistemas, un usuario equipado con un receptor específico puede ser capaz de determinar instantáneamente su posición y tiempo, procesando las señales provenientes de al menos cuatro satélites.

Ambos sistemas de navegación global por satélite (GPS y GLONASS) ofrecen un servicio que ha abierto un mercado inimaginable hace algunos años, surgiendo multitud de nuevas aplicaciones tales como control de flotas de vehículos, levantamientos topográficos, etc.

Sin embargo, dichos sistemas de navegación por satélite presentan dos limitaciones: primera, las prestaciones no son suficientes para algunas aplicaciones (como, por ejemplo, la aviación civil) y, segunda, ambas están bajo control militar.

En este contexto, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) surge con el objetivo de mejorar las prestaciones de dichos sistemas de navegación por satélite (GPS y GLONASS). EGNOS consiste en la incorporación de un segmento de tierra que se encargará de procesar las señales de los satélites GPS y GLONASS y de un segmento espacial (satélites geoestacionarios) que se encargarán de transmitir a los usuarios las correcciones calculadas por dicho segmento de tierra.

El resultado será una mejora de las prestaciones de navegación con el objetivo de cumplir las especificaciones impuestas por la Aviación Civil.

EGNOS proporcionará su servicio sobre Europa. Sistemas similares están siendo desarrollando por los Estados Unidos (WAAS) para Norte América y Japón

(MSAS) para Asia. El objetivo es que los tres sistemas sean compatibles, asegurando una interoperabilidad que permitiría la existencia de un único sistema de navegación por satélite para uso civil, de altas prestaciones y de cobertura mundial.

La estrategia del GNNS, diseñada e impulsada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y aprobada en 1991, pretende la paulatina introducción de los medios necesarios (equipos de tierra y satélites) para ayudar a la navegación aérea y, en un futuro, al transporte terrestre, la navegación marítima (seguimiento de mercancías peligrosas), geodesia y otras múltiples aplicaciones.

2.3.1. Incidencia en la aviación civil

Con el EGNOS se amplificarán y mejorarán las señales que los aviones y aeronaves reciben del GPS y GLONAS mediante una serie de sistemas basados en tierra. Los expertos aseguran que la necesidad de mejorar la señal recibida de esos dos sistemas es debido a que, en aviación civil, la precisión que ofrece el GPS y el GLONASS, "incluso sin que las autoridades militares degraden la señal", no es suficiente para garantizar la seguridad de la navegación aérea. Técnicos del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) aseguran que hace falta una mayor precisión debido, fundamentalmente, a los problemas actuales del tráfico aéreo en Europa y en el mundo.

En este momento las aeronaves, u otros medios de transporte, reciben una señal de los satélites que no les llega a proporcionar la situación exacta del lugar en el que se encuentran: hay una desviación que es preciso corregir.

Simultáneamente, la Organización de Aviación Civil Internacional se propone poner bajo control civil la explotación del proyecto. Los países de la Unión Europea (UE) y la ESA negocian en este momento la creación de este organismo y cuáles deben ser sus competencias.

2.3.2. Funcionamiento del sistema

Lo que aporta de nuevo el proyecto EGNOS para incrementar la seguridad en la navegación aérea, y en general la mejor localización, dirección de las aeronaves (rutas) y aterrizaje, son una serie de instalaciones en tierra complementadas con unos satélites geoestacionarios (Inmarsat y en un futuro Artemis) para generar una señal que se añada a las que ya reciben los aviones del GPS y GLONASS.

El sistema de ayuda a la navegación aérea consta de varias estaciones de seguimiento, denominadas RIMS (Estación Monitorea de Telemetría e Integridad), que cubren toda la zona o espacio aéreo en las que se quiere mejorar el servicio de navegación. Ahora bien, este sistema, explican los técnicos del CDTI, no sólo mejora la señal, sino que puede alertar a las aeronaves del funcionamiento anómalo de un satélite e indicarle cuales deben ser las correcciones necesarias para subsanar el error en la información transmitida.

En la aviación civil, eso es clave, explican en el CDTI, ya que si, por ejemplo, hay un avión aterrizando y el sistema se desconecta, falla o hay un satélite sobrevolándole que en ese momento se ha averiado, hay que alertar a la tripulación inmediatamente, o al menos con el tiempo suficiente como para que dejen de utilizar ese sistema y acudan a otro.

Las estaciones RIMS, cuya situación en tierra se conoce con exactitud, reciben las señales del GPS y GLONASS, tratan la información y después la envían al Centro de Control de Misiones (MCCs). Este centro se conecta a su vez con las Estaciones de Tierra de Navegación (NLES) encargadas de reenviar a través de un satélite geoestacionario una señal de posición adicional con toda la información precisa para mejorar y dar así mayor seguridad a la navegación.

En este momento, el proyecto EGNOS se encuentra en fase de construcción, concretamente se están diseñando las instalaciones. Las pruebas comenzarán en el año 2003 y en el año 2005 estará totalmente operativo.

2.3.3. Prestaciones del Sistema EGNOS

El sistema para la navegación aérea comercial, debe suministrar unos altos índices de exactitud, integridad, disponibilidad y continuidad en la prestación del servicio. Estos parámetros pueden ser aumentados con ciertos sistemas de mejoramiento que se encuentran en desarrollo tales como LAAS y WAAS.

2.3.3.1. Exactitud(Accuracy):

Es el grado de concordancia entre una cantidad estimada o medida y la verdadera posición o velocidad de la aeronave.

2.3.3.2. Integridad (Integrity):

La integridad de un sistema es esa calidad que relaciona la confianza que puede dársele a la exactitud de la información proporcionada por el sistema total. El riesgo de integridad es la probabilidad de una falla no detectada de la exactitud especificada. La integridad incluye la habilidad del sistema de proporcionar advertencias oportunas al usuario cuando el sistema no debe usarse para el funcionamiento.

2.3.3.3. Disponibilidad (Availability):

Es la habilidad del sistema de navegación de proporcionar la función requerida y ejecución en la iniciación del funcionamiento u operación intencional. La disponibilidad del sistema a corto plazo es la probabilidad que el avión pueda dirigir el acercamiento a su destino, dado que el servicio para la trayectoria fue determinado para estar disponible en este instante. La disponibilidad de servicio a largo plazo es la probabilidad que la señal en el espacio del proveedor de servicio, estará disponible para cualquier avión que piensa dirigir un acercamiento.

2.3.3.4. Continuidad (Continuity)

Es la habilidad del sistema total (el cual comprende todos los elementos necesarios para mantener la posición del avión dentro del espacio aéreo definido) para realizar su función sin interrupción durante el funcionamiento u operación intencional. Más específicamente, la continuidad es la probabilidad que la actuación especificada del sistema se mantenga para la duración de una fase de funcionamiento y se presumirá que el sistema estaba disponible al iniciar esa fase de funcionamiento.

2.3.4. Los usuarios

Es fácil comprender los grandes beneficios que proporcionará EGNOS a sus usuarios, entre los que se incluyen no solo los usuarios aeronáuticos sino también los terrestres y marítimos

Para usuarios aeronáuticos, la introducción de EGNOS permitirá la definición de rutas más eficientes y la flexibilización de las operaciones de aterrizaje (posibilidad de usar diferentes trayectorias de aterrizaje). Todo ello redundará en la posibilidad por parte de las autoridades de control aéreo de aumentar

significativamente la densidad de tráfico aéreo sin perjuicio de la seguridad del mismo.

2.3.5. El sistema

EGNOS cuenta con dos elementos básicos, el segmento de tierra y el segmento espacial, a los que hay que añadir otros dos no menos importantes: el segmento de usuario y los medios de soporte al sistema.

El segmento de tierra consta de los siguientes elementos:

- Ranging and Integrity Monitoring Stations (RIMS). Son estaciones distribuidas principalmente por Europa y cuyo propósito es el de recibir las señales provenientes de los distintos satélites.
- Mission Control Center (MCC), que incluye dos subsistemas: la Central Processing Facility (CPF), cuyo objetivo es el cálculo, distribución, validación y transmisión de las correcciones y la Central Control Facility (CCF), encargada del control y monitorización del sistema.
- Navigation Land Earth Stations (NLES), que se encargan de enviar la información al satélite geostacionario (GEO) para que sea retransmitida a los usuarios.
- EGNOS Wide Area Network (EWAN). Es la red de comunicaciones entre los diferentes elementos del segmento de tierra.

El segmento espacial de EGNOS está formado por los satélites geostacionarios (GEO) encargados de transmitir a los usuarios las correcciones calculadas por el segmento de tierra.

El segmento de usuario viene dado por el desarrollo de un receptor estándar EGNOS que será utilizado por todos los usuarios en las diferentes aplicaciones.

Finalmente, el último elemento, pero no por ello el menos importante, está formado por los sistemas de soporte para la desarrollo, operación y cualificación de las diferentes partes del sistema:

- Development Verification Platform (DVP), que incluye todo un conjunto de elementos con el fin de validar y verificar los requisitos de EGNOS durante la fase de desarrollo. Entre ellos, destacan por su importancia el EGNOS End-To-End Simulator (EETES), cuyo propósito es el de proporcionar señales simuladas que puedan ser usadas para la validación del sistema, y el Early System Test-Bed

(ESTB), un prototipo de EGNOS en tiempo real que permitirá las primeras pruebas con datos reales.

- Performance Assessment and system Check-out Facility (PACF), que se usará durante la operación y mantenimiento del sistema y que será básico para la investigación de posibles anomalías.
- Application-Specific Qualification Facility (ASQF), que proporcionará a las autoridades de Aviación Civil y de certificación las herramientas para la cualificación y validación del sistema.

2.3.6. El proyecto

El proyecto EGNOS se enmarca dentro del Programa Europeo de Navegación por Satélite, definido por el Grupo Tripartito Europeo que está formado por la Unión Europea, Eurocontrol y la Agencia Europea del Espacio. El objetivo de dicho Programa es la implantación de un sistema de navegación por satélite bajo control europeo. Se realizará en dos pasos:

- EGNOS (también llamado GNSS-1), que mejora los sistemas de navegación por satélite ya existentes (GPS y GLONASS) y que será operacional para el año 2002.
- Galileo (también llamado GNSS-2), cuyo objetivo es el de desarrollar un sistema propio de navegación por satélite desplegando una nueva constelación de satélites. Es una opción a más largo plazo y que está actualmente en fase de definición.

Dado el posible interés comercial de un sistema tipo EGNOS, los aspectos de financiación adquieren especial importancia.

La Agencia Europea del Espacio es la encargada de la dirección del proyecto, que ha sido adjudicado a un gran consorcio industrial de empresas europeas.

En la actualidad, EGNOS es ya un proyecto en marcha: en Noviembre de 1998 tuvo lugar la firma para el comienzo oficial del sistema en su fases de producción e instalación (Fases C y D), cuyos objetivos son la implantación del sistema y hacerlo operacional para el 2002.

2.4. PROYECTO GALILEO

La Comisión Europea ha adoptado una Comunicación que marca el final de la fase de definición del proyecto europeo de radionavegación por satélite para usos civiles, GALILEO. La Comunicación presenta los resultados de la fase de definición de GALILEO, que ha llevado a cabo junto con la Agencia Espacial Europea (AEE).

GALILEO será administrado y controlado por autoridades civiles. Actualmente, cualquiera puede adquirir un receptor GPS, que le permite determinar su posición en la carretera, en el mar o en la montaña. En cambio, el receptor actual no ofrece ninguna garantía de precisión ni de continuidad del servicio. La Comunicación confirma el interés estratégico y económico del programa, al tiempo que propone al Consejo de Transportes del próximo 20 de diciembre su continuación en 2001.

2.5. Fases del proyecto

Para su desarrollo se han propuesto cuatro fases: definición en 2000, desarrollo y validación para 2005, despliegue para 2007 y funcionamiento y explotación a partir de dicho año. La Comisión espera, no obstante, que el proyecto vaya acompañado de una serie de condiciones que considera indispensables para el éxito de GALILEO. "GALILEO permitirá a Europa disponer de un instrumento seguro y potente para el desarrollo de nuevos servicios de posicionamiento para aplicaciones en el transporte, de telemedicina, de seguimiento de detenidos y de dosificación de abonos en la agricultura.

La Comisión Europea aspira a que se someta GALILEO a los cambios siguientes:

- Despliegue de una constelación de satélites propia de la UE, "siendo una condición sine qua non para la independencia de la UE en el ámbito de la radionavegación por satélite", asevera la Comisión. La constelación constaría de 30 satélites en órbita alrededor de la Tierra a aproximadamente 23.000 kilómetros de altitud.
- Garantía de una ayuda financiera suficiente de aquí al año 2007. Los resultados de los estudios de rentabilidad han demostrado que GALILEO resulta rentable y suficientemente atractivo para que la financiación pública en forma de subvenciones deje de ser necesaria después de 2007. Sin embargo, para las fases de desarrollo y validación (2001-2005), resulta imprescindible asignar ayudas

públicas equivalentes a 1.100 millones de euros. Éstas ya han sido programadas y se realizarán por partes iguales con cargo al presupuesto comunitario y al de la AEE, sin que sea necesario recurrir a contribuciones públicas adicionales. Para la fase de despliegue (2006-2007), será necesaria una inversión del sector privado de 1.500 millones de euros.

- Establecimiento de un marco jurídico y financiero adecuado, esto es, la creación de una estructura provisional de gestión coordinada en la que participen la Comisión y la AEE, y de una estructura única de gestión definitiva, que dispondrá de una dotación presupuestaria que combine todos los fondos destinados al proyecto. En la conferencia intergubernamental de Niza se debatió el espacio europeo de investigación, y el Consejo Europeo formuló diversas recomendaciones favorables a la creación de una Europa de la innovación y el conocimiento.

CAPITULO III

3.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS USADOS EN TELEDETECCIÓN

Acimut: Angulo medido en el sentido de las agujas del reloj a partir del Norte, su valor está comprendido entre 0 y 360 Grados decimales. Se denomina Rumbo si se mide con respecto al Norte Magnético, mientras que se emplea el término Acimut Geográfico si se mide con respecto al Norte Geográfico.

Actualización Cartográfica: Proceso de revisión y modificación de la información gráfica y temática, con el fin de que la cartografía recoja los cambios habidos en el tiempo en el territorio que representa.

Almanaque: Información aproximada de los parámetros orbitales de los satélites de la constelación NAVSTAR.

Altitud: Distancia medida verticalmente desde un punto a la superficie de nivel de referencia que constituye el origen de las altitudes de los mapas topográficos de un país.

Altitud Normal: Es la longitud medida sobre la normal al elipsoide desde este a un punto sobre la superficie terrestre.

Altitud Ortométrica: Altitud de un punto de la Superficie Terrestre sobre el geoide, medida a lo largo de la línea de plomada. Debido a la falta de paralelismo entre las superficies de nivel o superficies equipotenciales en el campo de la gravedad, la altitud ortométrica es distinta para puntos de una misma superficie de nivel.

Análisis Métrico: Contraste y validación de una cartografía a partir de puntos tomados por topografía clásica en el terreno. Los puntos muestreados en el terreno se comparan con los que existen en la cartografía, si las diferencias están dentro de la tolerancia establecida por la escala del mapa, se admite esta como válida, en caso contrario se debe realizar una nueva cartografía.

ARC/INFO: Software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Research Institute Systems (ESRI).

Base de Datos Alfanumérica: Base de datos que contiene atributos de los objetos espaciales.

Base de Datos Geográficos: Es una representación o modelo de la realidad territorial. Contiene datos sobre posición, atributos descriptivos, relaciones

espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos, volúmenes o también por medio de celdas.

Brújula: Instrumento constituido por una aguja magnética que se orienta señalando la dirección del polo norte magnético terrestre.

Cartografía: Ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su establecimiento.

Cartografía Automatizada: Proceso de elaboración de cartografía mediante software informático de edición y maquetación.

Catastro: Censo Descriptivo o estadística gráfica de las fincas rústicas y urbanas. Tiene por objeto, la determinación de la propiedad territorial, es decir, el inventario más o menos detallado de la riqueza de una comarca o nación, cuyo fin primordial es que sirva para el equitativo reparto del impuesto territorial. Desde el punto de vista del topógrafo, en el catastro se presenta una cartografía básica de enorme aplicación y siempre como referencia válida para cualquier actuación cartográfica.

Código C/A o S: Código de fácil acceso o de clara adquisición estándar del sistema GPS asequible a todos los usuarios. Se modula exclusivamente sobre la portadora L1 a una frecuencia de 1.023 MHz.

Código P: Código preciso de las señales GPS. Cada satélite GPS genera un código P único. Se emite sobre las portadoras L1 y L2 a una frecuencia de 10.23 MHz.

Corrección Geométrica: Ajuste de la geometría de una imagen digital para su escalado, rotación, y corrección de otras distorsiones espaciales. También se puede considerar como la eliminación de los errores geométricos de una imagen, de tal manera que esté de acuerdo con un determinado sistema de coordenadas. Esto implica la creación de una nueva imagen digital por remuestreo de la imagen original.

Corrección Ortométrica: Corrección que se aplica a la diferencia de altitudes medidas en un itinerario de nivelación geométrica para convertirla en diferencia de altitudes ortométricas. Es negativa en ambos hemisferios para itinerarios de nivelación en que aumenta la latitud a lo largo del recorrido y positiva en caso contrario.

Cota: Cifra que representa la altitud de un punto con respecto a la superficie de nivel de referencia.

Cuadrícula: Sistema de Referencia basado en una malla cuadrada, que se utiliza reglamentariamente en la cartografía oficial de un país.

Datum: Punto Fundamental del terreno, determinado por observación astronómica, con el que se enlazan los extremos de la base del primer triángulo de una cadena de triangulación y que sirve de origen a todas las coordenadas geográficas de la red. En España se ha adoptado el Datum Europeo o Datum Postdam.

Datum Geodésico: Conjunto de parámetros que determinan la forma y dimensiones del elipsoide de referencia.

Disponibilidad Selectiva: Degradación introducida deliberadamente por el Sector de Control de GPS, controlada a través del Plan Federal de Radionavegación de EEUU, para reducir la precisión en los posicionamientos con GPS. La degradación se produce al introducir modificaciones en la información contenida en el mensaje de Navegación correspondiente al estado de los osciladores atómicos de los satélites, parámetros orbitales de la constelación e incremento en el ruido de la fase.

DOP: Contribución en la precisión de la configuración geométrica de la constelación de satélites operativos disponibles sobre el horizonte visible, en el momento de la observación. El valor más óptimo es de 1, incrementándose a medida que la geometría de la constelación es más desfavorable, no se recomienda realizar sesiones de observación con valores de DOP superior a 6.

Efemérides: Conjunto de parámetros que describen las órbitas de los satélites, recalculados, con sus variaciones, sobre las órbitas predeterminadas y programadas en los sistemas de navegación de los satélites .

Elipsoide de Referencia: Superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor y usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima al Geoide, siendo sencilla de definir matemáticamente.

Estereoscopio: Instrumento compuesto por dos lentes montadas a una distancia equivalente a la de los ojos, utilizado para obtener la visión en tres

dimensiones del terreno, a partir de un par de fotografías de la misma zona, tomadas desde dos ángulos distintos con zona de superposición.

Fichero DXF: Formato de fichero de diseño para la creación de entidades en distintos Sistemas de Información Geográfica, CAD y CAE.

Fotografía Aérea: Instantánea de la superficie terrestre o de cualquier otro cuerpo celeste tomada verticalmente o con un ángulo determinado desde un avión u otro vehículo espacial.

Fotografía Multiespectral: Fotografía tomada con una cámara multiespectral o con un ensamblaje de varias cámaras con distintos filtros para cubrir distintas porciones del espectro visible y de la región infrarroja cercana.

Fotogrametría: Conjunto de métodos y operaciones que permiten la confección de mapas topográficos y planos a partir de fotos aéreas o terrestres.

Fotogrametría aérea: También denominada aerofotogrametría, utiliza fotografías aéreas. La cobertura fotográfica de un territorio se realiza mediante tomas verticales, utilizando una escala de clisés que varía con la altura de vuelo y la distancia focal de la cámara.

Fotogrametría Analítica: Se diferencia de la fotogrametría analógica en que el modelo espacial se reconstruye exclusivamente mediante programas informáticos que simulan dicha geometría.

Fotogrametría Analógica: Determinación precisa de un objeto en el espacio, a partir de la utilización directa de fotografías aéreas formando modelos estereoscópicos, reconstruyendo el modelo espacial con sistemas de ópticos o mecánicos.

Fotogrametría Digital: Fotogrametría que utiliza como datos de entrada, las fotografías aéreas previamente transformadas a formato digital, reconstruyendo asimismo el modelo espacial de forma numérica y digital. En este caso, los conceptos de tratamiento de imágenes digitales usados en teledetección cobran gran importancia.

Fotointerpretación: Interpretación de la superficie del terreno a partir de fotogramas.

Fotomapa: Mapa realizado mediante la adición de información marginal, datos descriptivos y un sistema de referencia a una fotografía o conjunto de

fotografías.

Geodesia: Ciencia que tiene por objeto el estudio y la determinación de la forma, dimensiones y campo de la gravedad de la Tierra y de los cuerpos celestes cercanos a ella. Previamente a la realización del mapa topográfico de un país, son necesarios los trabajos de Geodesia. Permite obtener datos para fijar con exactitud los puntos de control de la triangulación y la nivelación.

Geoide: Es la superficie de nivel, equipotencial en el campo de la gravedad, que adopta la forma de esferoide irregular tridimensional. Debido a que depende de la distribución de masas en el interior de la Tierra, es imposible de representar matemáticamente. Para ello se utiliza el elipsoide de referencia que más se le aproxime o ajuste. Es coincidente con la superficie del agua en reposo de los océanos, extendida virtualmente por debajo de los continentes, de manera que la dirección de las líneas de plomada crucen perpendicularmente esta superficie en todos sus puntos.

GPS: Global Positioning System, sistema de posicionamiento con satélites, que desde sus orígenes en 1973 ha supuesto una revolución frente a las técnicas utilizadas en Geodesia Clásica. Mediante el tratamiento de los observables GPS, que consisten en medidas de fase, tiempo y pseudodistancias, se puede conocer la posición en post-proceso de la antena del receptor, que vendrán dadas en el sistema de referencia WGS 84, por lo que habrá que realizar una transformación de este sistema al sistema de referencia local que se precise.

Greenwich: Observatorio astronómico al SE de Londres por el que pasa el meridiano de 0 grados ó de origen de medición de las longitudes E ó W de todo el mundo.

Huso: Sección de un globo limitado por dos meridianos o círculos máximos, el volumen esférico correspondiente se llama cuña. En la proyección Transversal Mercator (utilizada por Gauss Krugger), cada huso viene determinado por dos meridianos separados por una longitud de 3 grados sexagesimales. En Argentina se emplean siete husos distintos para el territorio continental.

Huso Horario: Porción de la superficie terrestre limitada por dos meridianos separados por 15 grados de longitud. La Tierra está dividida en 24 husos horarios.

Imagen Binaria: Imagen tratada con el fin de recoger en cada píxel tan sólo dos valores radiométricos (0 ó 1).

Imagen Digital: Caracterización discreta de una escena formada por elementos multivaluados llamados pixeles, como tal puede estar formada por un conjunto de bandas, en cuyo caso se conoce como imagen digital multispectral.

L1: Portadora L1 situada en la banda L de emisiones electromagnéticas, es la señal primaria radiada desde los satélites de la constelación NAVSTAR, con una frecuencia de 1575.42 MHz. Sobre ella se modulan los códigos C/A, el código P y el Mensaje de Navegación. Los receptores capaces de captar solamente esta frecuencia se denominan receptores monofrecuencia.

L2: Portadora L2 situada en la banda L de emisiones electromagnéticas, es la señal secundaria radiada desde los satélites de la constelación NAVSTAR, con una frecuencia de 1227.60 MHz. Sobre ella se modula el código P. La portadora L2 permite eliminar el retardo ionosférico producido en la señal, por comparación con la portadora L1, en los receptores bifrecuencia.

Landsat: Serie de satélites construida por NASA, dedicados específicamente a la detección de recursos naturales.

Latitud: Angulo medido sobre un arco de meridiano, que hay entre un punto de la superficie terrestre y el Ecuador.

Longitud: Distancia angular, medida sobre un arco de paralelo, que hay entre un punto de la superficie terrestre y un meridiano tomado como base u origen.

Mensaje de Navegación: Información sobre cada satélite de la constelación NAVSTAR, modulado sobre las portadoras L1 y L2 a una frecuencia de 10.23 MHz y transmitido a una velocidad de 50 bits/s, su duración es de 12 min. 30 segundos. Los datos aparecen estructurados en 25 grupos, cada uno de los cuales consta de 5 celdas, en las cuales la información que se adjunta consiste básicamente en el estado del reloj en la escala de tiempo GPS, efemérides radiodifundidas, modelos de la ionosfera para usuarios monofrecuencia y almanaque.

Meridiano: Círculo máximo de la Tierra o de la esfera celeste que pasa por los polos. Queda definido por la intersección del plano del meridiano con la esfera, todos los puntos que pertenezcan al mismo meridiano vienen caracterizados por tener la misma hora local.

Meridiano de Greenwich: Meridiano origen que pasa por el Observatorio Real de Greenwich, e indica los 0 grados de longitud a partir de los cuales se mide la longitud de todos los meridianos.

Modelo digital del terreno: Es la representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre, contiene información acerca de la posición (x,y) y la altitud Z de los elementos de la superficie. La denominación MDT es la genérica para todos los modelos digitales, incluyendo los DEM, en los cuales la coordenada Z se refiere siempre a la elevación sobre el terreno, y a los demás tipos de modelos en los que la Z puede ser cualquier variable (profundidad de suelo, número de habitantes ...)

Navegador GPS: Receptor GPS de baja precisión que permite obtener posicionamientos absolutos en tiempo real de manera rápida. Utiliza como observables las pseudodistancias medidas sobre código C/A. La precisión a esperar puede variar desde los 50 m, hasta tener una incertidumbre superior a los 100 metros en el caso de estar la Disponibilidad Selectiva activada.

NAVSTAR, constelación: Constelación de satélites de Navegación, Cronometría y Distanciometría, formada por un total de 22 satélites operativos y otros tres de reserva, se caracteriza por la altitud media de las órbitas de 20200 Km., plano orbital con una inclinación de 55 grados y un periodo orbital de 12 horas sidéreas.

Nivelación Geométrica: También llamada nivelación por alturas, consiste en determinar la diferencia de altitud entre los puntos observados, realizando visuales horizontales dirigidas a miras verticales.

Nivelación Trigonométrica: Método altimétrico para determinar el desnivel de un punto respecto de otro, midiendo la distancia cenital o el ángulo de pendiente de la visual, junto con la distancia entre ambos puntos.

Norte Geográfico: Es el señalado por la meridiana geográfica.

Norte Magnético: Es el indicado por el Polo Norte magnético. Los polos magnéticos no son extremos de un diámetro terrestre y cambian constantemente de posición según una serie de leyes físicas.

Ortofoto: Imagen fotográfica del terreno con el mismo valor cartográfico que un plano, que ha sido sometida a un proceso de rectificación diferencial que permite

realizar la puesta en escala y nivelación de las unidades geométricas que lo componen.

Ortoproyección: Método riguroso de obtención de fotomapas. Corrige el error debido a la inclinación del eje de toma y relieve del terreno en pequeñas unidades geométricas de la fotografía original, de manera que las fotografías perfectamente ensambladas, resultan una imagen fotográfica métrica del terreno.

Píxel: Unidad mínima o elemental percibida en una imagen digital, sobre la que se registra la radiación procedente del área del campo de visión instantáneo (IFOV). También se denomina así a la unidad mínima de información que se puede identificar en una imagen Raster.

Proyección cilíndrica: Proyección en la que la Tierra se proyecta sobre un cilindro secante o tangente a la esfera, cuyo eje de revolución es un diámetro de la Tierra. Los meridianos y paralelos son líneas rectas que se cortan en ángulo recto.

Proyección Universal Transversa de Mercator: Proyección cilíndrica conforme en la que el cilindro es tangente al elipsoide a lo largo de un meridiano tomado como origen, y el eje del cilindro está sobre el Ecuador. Esta proyección divide a la Tierra en 60 husos de 6 grados sexagesimales de longitud cada uno, numerados a partir del antemeridiano de Greenwich.

Pseudodistancia: Distancia medida entre la antena del receptor GPS y el satélite. Esta distancia debe ser corregida de errores de estado de los osciladores del receptor y del satélite, así como de retardos debidos a la propagación de la señal por la ionosfera y la troposfera.

Pseudo Random Noise: Denominado normalmente PRN, es el ruido pseudoaleatorio, formado por campos de secuencias binarias (0,1), de generación polinómica retroalimentaria, de las señales L1 y L2 emitidas desde los satélites de NAVSTAR, sobre las que se modulan los códigos C/A y P.

Puntos de Apoyo: Puntos en el terreno levantados por topografía que sirven de base para la orientación absoluta en la restitución fotogramétrica, y para efectuar un tratamiento geométrico o Georeferenciación de los datos en teledetección.

Radar: Sistema activo de microondas que emite una haz energético sobre la superficie terrestre para luego recoger su reflexión sobre ella.

Raster: Conjunto de datos distribuidos en celdas y estructurados en filas y columnas. El valor de cada celda representa el atributo del elemento.

Rectificación: Conjunto de técnicas destinadas a eliminar errores en los datos, debe utilizarse para corregir distorsiones en las fotografías aéreas, imágenes de satélite o errores en mapas analógicos.

Red Geodésica: Conjunto de puntos denominados vértices, materializados físicamente sobre el terreno, entre los cuales se han realizado observaciones geodésicas, con el fin de determinar su precisión tanto en términos absolutos como relativos. Una red Geodésica es la estructura que sostiene a toda la cartografía de un territorio.

Sistema de Información Geográfica: Es el conjunto formado por Hardware, Software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación.

SPOT: Satélite de observación de la Tierra, desarrollado por el CNES francés, en colaboración con Bélgica y Suecia.

Taquimetría: Tiene por objeto el estudio de los métodos de observaciones topográficas y cálculo utilizando el taquímetro, para poder obtener simultáneamente la posición horizontal y vertical de puntos del terreno mediante observaciones de distancias y ángulos.

Teledetección: Técnica mediante la cual se obtiene información sobre la superficie de la Tierra, a través del análisis de los datos adquiridos por un sensor o dispositivo situado a cierta distancia, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas o emitidas por la superficie terrestre.

Triangulación: Conjunto de operaciones que tienen por objeto fijar sobre la superficie que se quiere cartografiar, la posición de los puntos claves que forman una red de coordenadas geográficas en un mapa.

Trilateración: Triangulación observada basada en la medida de los lados de los triángulos en lugar de los ángulos para determinar la posición.

Trisección Directa: Método planimétrico consistente en dirigir tres visuales desde puntos de coordenadas conocidas al punto que se quiere determinar, sin necesidad de estacionar en él.

Trisección Inversa: Método planimétrico en el que se estaciona en el punto de coordenadas desconocidas y se miden acimutalmente los ángulos que forman entre sí las visuales dirigidas a tres puntos de coordenadas conocidas.

Vertical Astronómica: Dirección de la vertical de un punto de la superficie terrestre, que queda materializada por la dirección de la línea de plomada. Es la dirección del vector gravedad en ese punto. También se le llama línea de plomada o vertical física.

Vértice Geodésico: Materialización sobre el terreno, por medio de marcas o construcciones efectuadas, de puntos entre los que se han realizado mediciones geodésicas y cuyas coordenadas y precisión se conocen mediante el procesamiento de las observaciones.

WGS-84: Designa el Sistema Coordinado materializado y diseminado por la agencia norteamericana National Imagery and Mapping Agency (NIMA). El origen de este Sistema de Referencia se remonta a la era Doppler, aunque en la actualidad está basado prácticamente en observaciones GPS. La solución más reciente es el denominado WGS84 versión G873, época 1997.0. Donde la letra "G" denota que la solución solo contiene observaciones GPS. El número 873 hace referencia a la semana GPS en que las efemérides precisas calculadas por NIMA se distribuyeron por vez primera al público en este nuevo sistema coordinado (0h UTC, Septiembre 29, 1996). Las efemérides incluidas en el mensaje radiado por los satélites GPS, se expresan también en este marco de referencia desde el 29 de Enero de 1997. Hasta entonces se había utilizado el sistema WGS84 (G730) definido de forma similar.

Zoom: Capacidad de aumentar o reducir el tamaño de la figura visualizada en la pantalla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basics of High-Precision Global Positioning System, JAVAD 1998. TOPCON.

Cordova, E. V., 1992, La Fotografía Aérea y su aplicación a estudios geológicos y geomorfológicos. Universidad Mayor de San Andrés. Tomo I, La Paz, Bolivia. 823p.

Documentos de Internet publicados por el Laboratorio Lincoln de Massachusetts, el Coordinational Scientific Information Center ruso y por el DLR-DFD Neustrelitz Remote Sensing Ground Station en Alemania, Noviembre 1997.

Franco, Antonio Rodríguez, precisión en la determinación de la altitud por los gps's, Junio 1999

Garcia del Poso, A., et al. 1992. GPS. La nueva era de la Topografía. Editorial Ciencias Sociales. Madrid, España.

Gil Perez Fraile, L., 1997, Como utilizar un GPS. Editorial Risko. Madrid, España.32 p.

GPS Electronics innovations and features, 2000, Topcon Positioning System.

GPS Guide for beginners, 2000, Garmin Corporation.www.garmin.com

Hofmann-Wenllenhof, B., 1994, GPS Theory and Practice, Springer

Holanda Blas, M.P., Bermejo Ortega, J.C., Hernanz Villalba, P., Gómez Sánchez, F., Madrid 1997, Estudio de la precisión que el sistema GPS proporciona en cada una de sus cinco observables y comportamiento de las mismas en función de diversos condicionantes para la medida de líneas base en un amplio rango de distancias.

Holanda Blas, M^a Paz, Bermejo Ortega Juan Carlos, 1998 GPS & GLONASS descripción y aplicaciones madrid, 67 pag.

Introduction to the Russian GLObal NAVigation Satellite System GLONASS, 2000, German Aerospace Center.

Langley, R., GPS Receiver System Noise, in GPS World of June 1997.

Langley, R., Review and Update of GPS and GLONASS, in GPS World of July 1997.

Langley, R., The GPS Error Budget, in GPS World of March 1997.

Leick, A., 1996, GPS Satellite Surveying, Wiley-Interscience, New York.

Manual de operaciones Magellan GPS ProMARK X. 1995. Magellan systems corporation. U.S.A.

Mikhail, E. M., 1981, Analysis and Adjustment of Survey Measurement, Van Nostrand Reinhold, New York.

Moldes, F. J., 1995, Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, Editorial Ra-ma. Madrid, España, 185 p.

Núñez-García, A., Valbuena Durán, J.L., Velasco Gómez, J., 1992, GPS La Nueva Era de la Topografía, Ediciones de las Ciencias Sociales, Madrid.

Puch, C., 2000, Manual Práctico de GPS, Introducción al sistema global de Posición. Editorial Desnivel. Madrid, España. 189 p.

Scanvic, J. Y. 1989, Teledetección Aplicada.. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 200 p

Surveying with TPS, August 14, 2000, Topcon Positioning System
<http://www.javad.com>.

Trimble Navigation Limited, Como funciona el sistema GPS, en cinco pasos lógicos, 1999 .

Links referidos al tema

Base de datos de imágenes en <http://www.oso.chalmers.se/~geo/glonass.html>

Documentos varios de

<http://www.humanas.unal.edu.co/geografia/geotest/estudiantes/estudiantes.htm>

<http://lareg.ensg.ign.fr/ig>

<http://www.glonass.org>

http://cddis.gsfc.nasa.gov/920_1/SGAPO.html (sistema VLBI)

<http://personales.mundivia.es/edomenecht/docs/gpsweb/introgps/introgps.htm>

<http://satnav.atc.ll.mit.edu/papers/LLjournal/Misra.html>

<http://satnav.atc.ll.mit.edu/papers/PZ90-WGS84/PZ90-WGS84.html> Integrated Use of GPS and GLONASS: Transformation between WGS 84 and PZ-90

<http://www.aerocivil.gov.co/telecom/cns/cns.htm>

http://www.al-top.com/al_top/Gps-art.htm , 2000, Curso de Introduccion al GPS, AGUSTIN LOPEZ DOVAL , AL-TOP, TOPOGRAFIA, S.A.

<http://www.gva.es/icv/GLOSARIO.HTM> Instituto Cartográfico Valenciano.

<http://www.imasd-tecnologia.com/imasd/mayo00/0500ti1.htm>

<http://www.isa.cie.uva.es/gps/GPSindex.html>

<http://www.tel.uva.es/~jpozdom/telecomunicaciones/tutorial/contenido.html>