

113



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
(GPS)”

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA:

P R E S E N T A:

ANGELICA MARIA ZEPEDA ROSAS

284242

ASESOR : ING. RODOLFO LOPEZ GONZALEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario: "Comunicaciones. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)"

que presenta la pasante: Ángelica María Zepeda Rosas
 con número de cuenta: 9137612-7 para obtener el título de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Septiembre de 2000

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I	Ing. Jorge Ramírez Rodríguez	
III	Ing. Rodolfo Lopez González	
II	Ing. Vicente Magaña González	

A mis motivos mas grandes, de quienes siempre recibí apoyo incondicional, paciencia, comprensión y lo mas importante, su gran AMOR, por esto y por lo que representan para mi,

un millon de Gracias.

A la memoria de mi MADRE

A mi PADRE y Hermana

A todos aquellos que contribuyeron en mi formación académica.

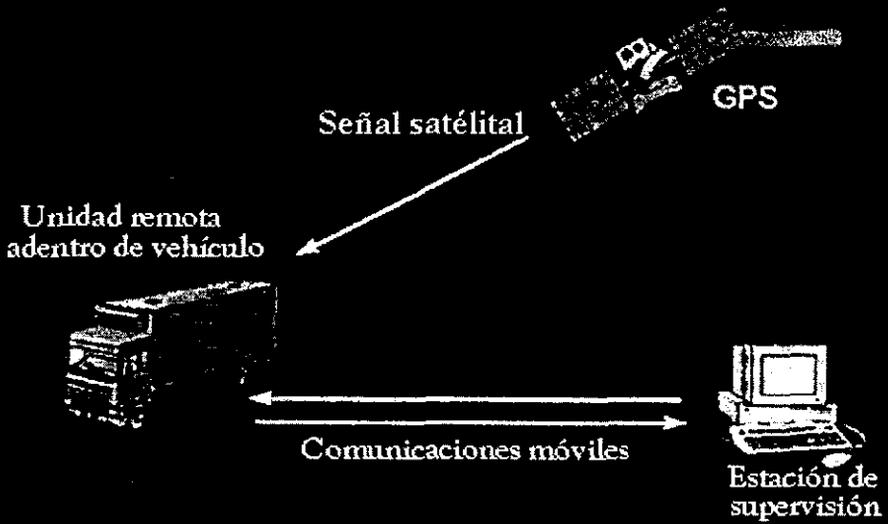
INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	3
II. DEFINICION DEL SISTEMA	6
• ESTRUCTURA DEL SISTEMA	7
• UNIDADES PRINCIPALES	10
♦ TIPOS DE RECEPTORES	11
• SEGMENTOS DEL SISTEMA	13
♦ SEGMENTO ESPACIAL	13
♦ SEGMENTO BASE CONTROL	13
♦ SEGMENTO UTILITARIO	14
III. OBTENCION DEL INFORMACION	16
• PRINCIPIO DE LA MEDICION	16
• PRESICION DE LA MEDICION	16
• TIPOS DE ERRORES	19
• FUENTES DE ERROR	22
• ESTRUCTURA DE LA SEÑAL	22
• SISTEMA DE MEDIDA	30
♦ PSEUDODISTANCIA	31
♦ MEDIDAS DE FASE	32

IV. METODOS DE POSICIONAMIENTO	34
• ESTATICO RELATIVO	34
• CINEMATICO RELATIVO	35
• PSEUDODISTANCIA	35
V. APLICACIONES	37
• VENTAJAS Y DESVENTAJAS	41
CONCLUSIONES	43
GLOSARIO	44
BIBLIOGRAFIA	48

CAPITULO I

Funcionamiento de Miras



I. INTRODUCCION

El sistema GPS (Global Position System) ó Sistema de Posicionamiento Global, fue desarrollado en Estados Unidos por el departamento de defensa con el fin de mejorar su antiguo sistema militar de satélites de navegación, denominado TRANSIT utilizado desde 1967, fue puesto en marcha para localizar y manejar aviones, buques, vehículos así como personal de tropa para su uso en combate.

Este sistema fue desarrollado con el objetivo de obtener información precisa referente a posición, velocidad y tiempo real, de forma continua en tierra, mar ó aire, sin importar la hora, sea de día ó de noche bajo cualquier condición meteorológica, debido a su diseño y capacidad referencial cubre todo el planeta, a través del envío y recepción de señales entre los satélites y la tierra.

Es un sistema compuesto por una red de 24 satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita a unos 20,200 Km de la Tierra, los receptores GPS permiten determinar nuestra posición. La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y esta gestionado por su Departamento de Defensa (DoD).

Gracias al su rápido desarrollo fue implementado también en el ámbito comercial, así como en los campos topográficos, de ingeniería, construcción y en la comunidad científica, por lo que se ha convertido en una de las tecnologías más importantes de nuestros tiempos. Por su bajo costo es también utilizado en algunos sistemas de transmisión.

En Defensa civil, para la localización y delimitación de zonas afectadas por grandes catástrofes y guiado de vehículos de auxilio.

La gran precisión que proporciona esta tecnología la convierte en una útil herramienta de trabajo para cualquier aplicación que requiera determinar posición, tiempo o dirección en cualquier punto de la Tierra, sin importar la condición meteorológica bajo la que se encuentre.

ANTECEDENTES

En Octubre De 1945, Arthur C. Clarke, expreso la posibilidad de enlazar los canales telefónicos así como transmitir programas desde satélites artificiales. Clarke sugería que un solo transmisor de televisión localizado en un satélite geoestacionario servirían a una nación reemplazando a las emisoras terrestres VHF y UHF. Clarke mencionaba que para un servicio que cubriera todo el mundo se necesitarían tres estaciones, es decir que con solo 3 satélites podrían ofrecerse facilidades para enlaces punto a punto de una red global telefónica.

La gran evolución en las comunicaciones ha contribuido gradualmente en el desarrollo de diversas actividades mediante vías de comunicación como son, radiolocalizadores, teléfonos celulares y transmisiones vía satélite, por citar algunos ejemplos tenemos:

TIROS: Grupo de satélites para uso meteorológico, el primero fue lanzado en 1960 y el último en 1988, su función es transmitir imágenes de las capas de nubes, detectar tormentas, también operar actividades de búsqueda y rescate.

SYNCOM: Utilizados en comunicaciones, el primero fue lanzado en 1963 pero se perdió en el espacio, posteriormente se lanzo el SYNCOM II y el III en el 1964 ambos operaron hasta el año de 1966.

TELSTAR 1: Lanzado en 1962 fué el primer satélite que recibía y transmitían simultáneamente, (el cual solo duro pocas semanas debido a la radiación del sol).

TELSTAR 2: Lanzado en mayo de 1963 y opero exitosamente durante 2 años.

NIMBUS: Grupo de satélites de uso meteorológico, lanzado en 1964 el primero y en 1978 el último, que al igual que en TIROS se encarga de fotografiar la capas de las nubes para medir los niveles de contaminación.

INTELSAT: En 1964 se estableció una red de satélites comerciales internacionales, conocido como INTESAT, el primero fue lanzado en 1965 con el nombre de "Early bird" (el pájaro madrugador) y el último fué lanzado en 1988.

LANDSAT: Grupo de satélites norteamericanos para uso científico, lanzado el primero en 1972, estudia y fotografía la superficie de la tierra.

GOES: grupo de satélites meteorológicos de órbita geosíncrona, el primero fue lanzado en 1975 y actualmente están en órbita el sexto y séptimo, a través de los cuales se obtienen patrones meteorológicos en cualquier punto de la tierra durante todo el día.

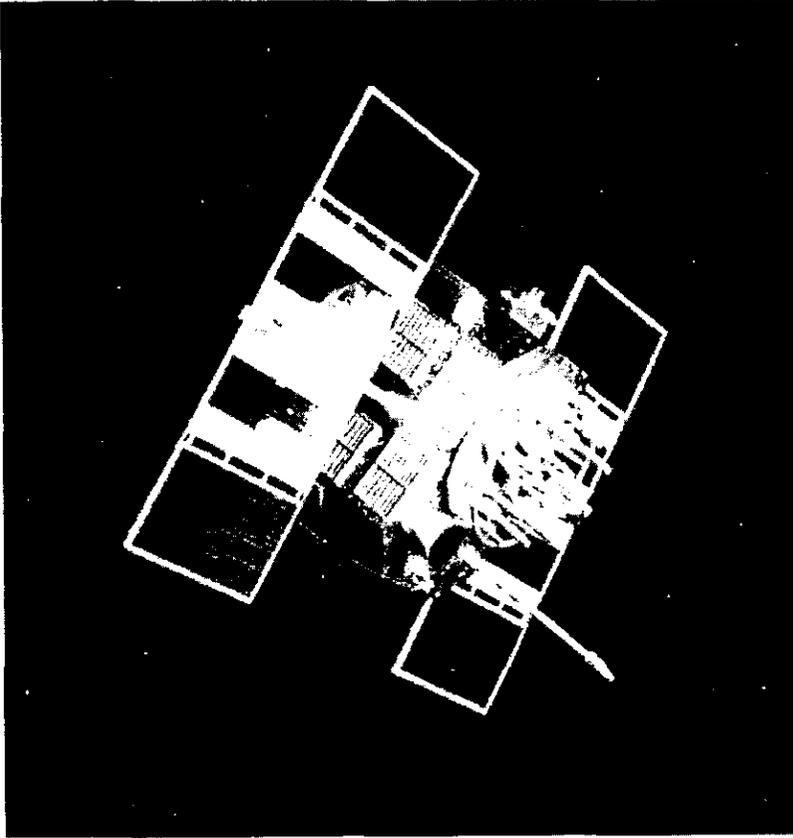
NAVSTAR: Grupo de 24 satélites de navegación diseñados para proporcionar tiempo, posición y velocidad de vehículos aéreos, terrestres y marítimos, los primeros prototipos fueron lanzados en 1978. Esta constelación de satélites es utilizada por GPS.

Actualmente se cuenta con una amplia gama de satélites artificiales orbitando la Tierra con diferentes finalidades:

- * Telecomunicaciones
- * Predicción meteorológica
- * Aplicaciones militares
- * Investigación Científica
- * Geofísica

Como se puede observar el sistema GPS surgió de la necesidad de obtener posición, dirección y/o velocidad de un punto deseado, mediante las mediciones obtenidas a través de señales de radio emitidas por los satélites y captadas por una antena ubicada en la superficie terrestre, este sistema fue desarrollado por el departamento de defensa de los Estados Unidos con fines militares, por lo que en la guerra del Golfo Pérsico se utilizó en la localización y manejo de tropas.

CAPITULO II



II. DEFINICION DEL SISTEMA GPS

Los receptores GPS portátiles son unos dispositivos sumamente útiles en la navegación terrestre, aérea o marítima, este sistema nos ofrece muchas más prestaciones de las que podríamos necesitar para orientarnos, el seguimiento de desvío de rumbos, el seguimiento de rutas, orientación, brújulas electrónicas, almacenamiento de puntos para posteriores estudios, etc., otro aspecto importante es la gran ayuda que este proporciona en cuestiones de seguridad es enorme debido a que facilita la actuación de un equipo de rescate en cualquier accidente o zona de desastre, al obtener con este sistema una rápida ubicación de tal.

La posibilidad de determinar rápida y precisamente la posición de algún punto nos permite realizar un trabajo estático o en movimiento.

GPS es un sistema de posicionamiento terrestres gracias a la información obtenida a través de los satélites que orbitan alrededor de la tierra.

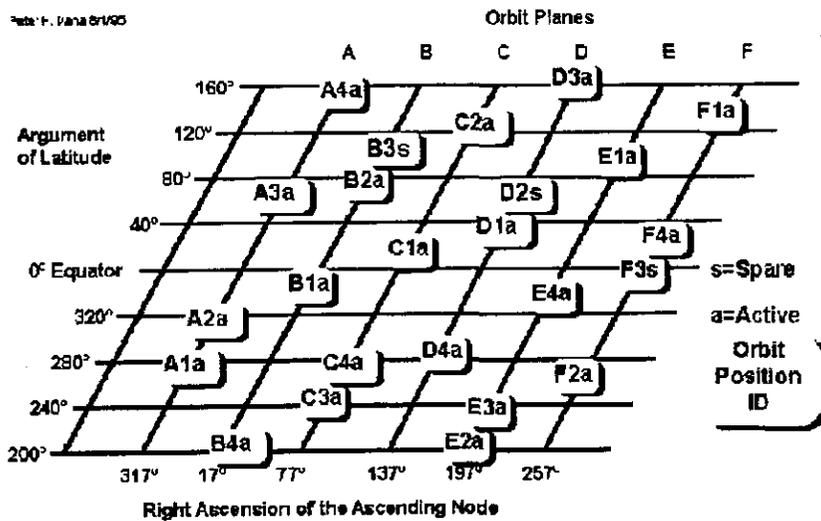
El conocimiento detallado de las reglas de Mecánica Celeste y el estudio del movimiento de satélites naturales ha permitido a los científicos diseñar y poner en órbita satélites artificiales alrededor de la Tierra.

Para lanzar los satélites al espacio se utilizan potentes cohetes. Debe mantenerse una velocidad promedio ya que si la velocidad de lanzamiento es muy baja el satélite caerá de nuevo a la Tierra atraído por la fuerza de la gravedad, de la misma manera que al lanzar una piedra vuelve a caerse a la superficie terrestre, por otro lado, si la velocidad de lanzamiento es excesivamente alta la fuerza de gravedad de la Tierra no será suficiente para mantener al satélite en órbita y este escapará al espacio.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Este sistema está constituido por una red de 24 satélites artificiales (los cuales cuentan con relojes atómicos de alta precisión), que orbitan alrededor de la tierra (transmiten constantemente posición y momento en que se emite la señal), los cuales completan dos órbitas por día.

Al principio se pensó que sólo eran necesarios 18 satélites (más 3 de emergencia por si acaso alguno fallaba). Sin embargo más tarde se comprobó que con este número la cobertura en algunos puntos de la superficie terrestre no era buena.



Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

Figura 1. Constelación del GPS

Por esta razón se comenzaron a utilizar 21 satélites (más 3 de reserva como antes) repartidos en 6 órbitas, de forma que hay 4 satélites por órbita (fig. 1).

El sistema está diseñado de tal forma que sobre cualquier punto de la superficie terrestre se ven al menos 4 satélites.

Las órbitas de los satélites son casi circulares, con una excentricidad de 0.03 a 0.3

Están situadas a una altura de 20,180 Km.

Tienen una inclinación respecto al plano del ecuador de 55° (fig. 2).

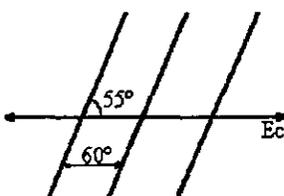


Figura 2 Inclinación y separación de órbitas.

La separación entre las órbitas es de 60° (fig. 2).

El periodo de los satélites es de 11h 58m.

Hay 6 efemérides que caracterizan a las órbitas.

La constelación de satélites es operada y verificada por la Fuerza Aérea de Estados Unidos desde una central de Colorado, Estados Unidos.

La estación esta equipada con sistemas para monitoreo de satélites, telemetría, envío y recepción de datos, etc.

Además de la estación de Colorado, otras estaciones y antenas están instaladas alrededor del mundo, para hacer seguimiento de los satélites y enviar la información a la estación central, la cual mantiene y actualiza la posición de los satélites y la precisión de los datos.

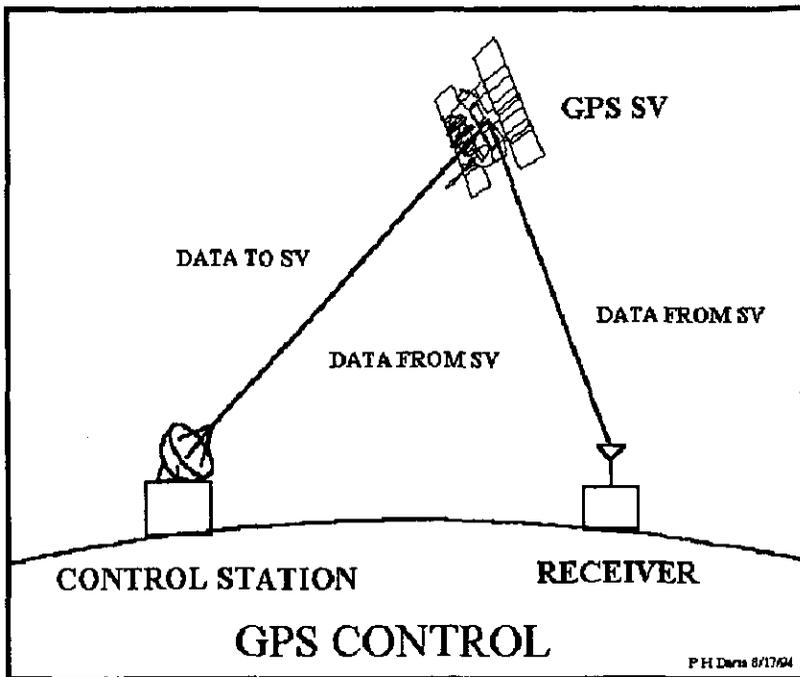


Figura 3. Control de GPS

Hay 3 estaciones de carga las cuales se encuentran situadas en Diego García, Isla Ascensión, Kwajalein. Estas se encargan de transmitir los mensaje de navegación y reciben las señales que los satélites envían a estas estaciones, como se muestra en la figura 3.

Se emplea la banda S

Canal ascendente: 1783.74MHz

Canal descendente: 2227.5 MHz

Además hay 5 estaciones monitoras, localizadas en Hawaii y Colorado Spring las cuales controlan el estado y posición de los satélites.

UNIDADES PRINCIPALES

Este sistema considera el "equipo GPS" compuesto por tres unidades principales: Receptor, Antena y Accesorios.

RECEPTOR:

Traslada la señal a frecuencia intermedia, demodula y decodifica el mensaje de navegación.

El receptor consta de una serie de elementos que se encargan de la recepción de las radiofrecuencias enviadas por los satélites. Además suelen poseer diferentes canales para seguir simultáneamente a varios satélites, un procesador interno con su correspondiente soporte lógico, una unidad de memoria para el almacenamiento de la información, teclado de control, pantalla de comunicación con el usuario, diferentes conectores para funciones varias y una fuente de alimentación interna o externa.

Las funciones principales de los receptores son las siguientes:

- * Sintonizar las señales emitidas por los satélites
- * Decodificar el mensaje de navegación
- * Medir el retardo de la señal(desde el transmisor hasta el receptor) a partir de los cuales calculan la posición.
- * Presentar la información de la posición en la que se encuentra (en 3D ó en 2D).

Otras funciones complementarias son:

- * Ayuda a la navegación
- * Almacenamiento de datos
- * Presentación sofisticada (mapas de fondo)
- * Prestaciones de los receptores civiles.

TIPOS DE RECEPTORES GPS:

RECEPTOR SECUENCIAL

Este tipo de receptor sólo cuenta con un canal.

Sigue secuencialmente a los diferentes satélites visibles.

El receptor permanece sincronizado con cada uno de los satélites al menos 1 segundo.

Durante este tiempo adquiere la señal y calcula el retardo temporal.

Extrae el retardo de sólo 4 satélites y a partir de estos calcula la posición. Los satélites que elige son aquellos que tienen mejor SNR.

Estos receptores son: Los más baratos, pero más lentos.

Su precisión es menor que la de los otros tipos de receptores.

Suele emplearse en aplicaciones de baja dinámica (barcos, navegación terrestre, etc.).

RECEPTOR CONTINUO O MULTICANAL

Este tipo de receptor cuenta con al menos 4 canales.

A cada canal se le asigna el código de un satélite para que se sincronice con él y adquiera el retardo con ese satélite, miden los retardos simultáneamente y son más rápidos que los secuenciales a la hora de calcular la posición y más precisos que el modelo anterior.

Y se utilizan para aplicaciones de gran dinámica (aeronaves).

RECEPTOR CON CANALES MULTIPLEXADOS

Este receptor cuenta con un solo canal físico (hardware).

También cuenta con 4 o más bucles de seguimiento (software).

De este modo se deben muestrear todos los satélites visibles en un tiempo inferior a 20ms, pues así podremos obtener la información recibida de todos los satélites visibles.

La complejidad de este sistema lo hace menos sensible a las posibles variaciones de canal.

ANTENA:

La antena(figura 4) es el elemento al cual viene siempre referido nuestro posicionamiento, está conectada a través de un preamplificador al receptor, directamente o mediante cable. La misión de la antena es convertir la energía electromagnética que recibe en corriente eléctrica que a su vez pasa al receptor.

Su vida media es de aproximadamente 7.5 años, al cabo de este tiempo hay que sustituirlo.

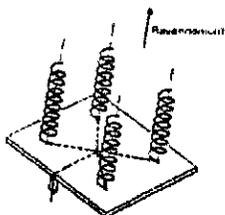


Figura 4. Antena de GPS

ACCESORIOS:

- **Microprocesador:** Calcula la posición y controla todos los procesos que debe realizar el receptor.
- **Unidad de Control:** Permite la comunicación entre el usuario y el microprocesador, por ejemplo para elegir el tipo de presentación, introducir la posición inicial aproximada.
- **Almacenamiento de datos:** Rutas, posiciones, presentaciones, etc.

Por último, también pueden emplearse trípodes, cables especiales, equipos de control meteorológico y diverso material auxiliar.

Es muy importante que el receptor y el satélite estén sincronizados para que la correlación comience cuando llega la señal del satélite.

SEGMENTOS DEL SISTEMA

Este sistema esta constituido por 3 segmentos:

SEGMENTO ESPACIAL O SATELITES ARTIFICIALES GPS:

Comprende la constelación de satélites denominada NAVSTAR (nombre que designa al conjunto y tipo de los satélites utilizados). Dicha constelación está compuesta por 24 satélites operativos colocados en seis planos orbitales (como se aprecia en la fig. 1) distintos con una inclinación de 55° respecto al plano ecuatorial terrestre y 60° con respecto a las órbitas adyacentes, a una altitud aproximada de 20,200 Km y con un periodo orbital de 12 horas. El posicionado de los satélites en cada instante es tal que, desde cualquier punto de la superficie de la Tierra se pueden observar un mínimo de cuatro satélites por encima del horizonte local. En ciertos intervalos de tiempo los satélites envían información referente a su estado, navegación, datos para la corrección de la propagación de ondas electromagnéticas a través de la atmósfera y lo que más nos interesa, datos de tiempo según sus relojes internos.

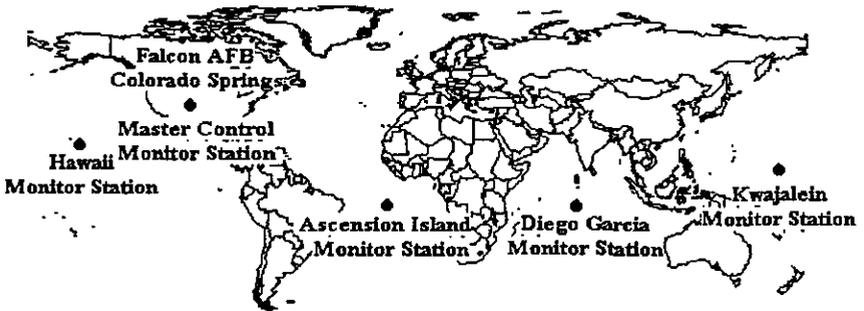
SEGMENTO DE CONTROL O BASE TERRESTRE DE CONTROL:

El sistema terrestre también consiste en diez estaciones terrestres: cinco civiles (Quito (EC), Buenos Aires (AR), Hermitage (UK), Bahrain y Smithfield (AU)) y otras cinco de las fuerzas aéreas norteamericanas (Hawaii, Colorado, Isla Ascensión, Diego Garcia y Kwajalein(fig. 5)).

Todas ellas reciben continuamente las señales GPS con receptores de 2 frecuencias y provistos de osciladores de cesio, también registran de manera exacta otra serie de parámetros como presión y temperatura, factores que afectan de forma directa la propagación de la información que se recibe de los satélites. Esta información se procesa en la Estación Central de Seguimiento para determinar con precisión cuales son las órbitas reales de los satélites y proceder a las correcciones de trayectoria que sean

necesarias enviándoles mensajes de navegación a cada uno de ellos a través de su antena en tierra.

Peter H. Dana 5/27/85



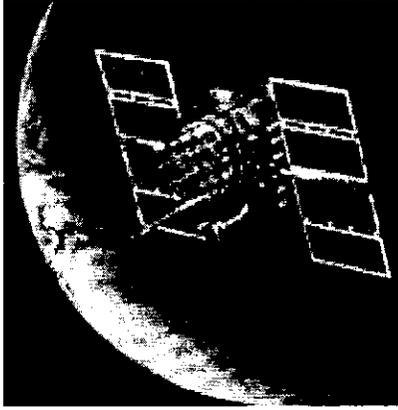
Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

Figura 5. Control maestro y red de estaciones GPS

SEGMENTO UTILITARIO O DEL USUARIO:

Este componente consiste en los receptores GPS que utilizan los datos recibidos de los satélites que en cada instante se encuentran por encima de su horizonte local, para determinar cual es su posición geográfica y el tiempo, así como por el software necesario para la comunicación del receptor con el ordenador y el postprocesado de la información para la obtención de los resultados.

CAPITULO III



III. OBTENCION DE LA INFORMACION

Una vez estacionados en el punto requerido y con el equipo completo en funcionamiento, procede a inicializarse el receptor, el cual a través de la pantalla y con ayuda del teclado, puede proporcionar una gran cantidad de información sobre la observación que estamos realizando, tal como:

- * Número y nombre de los satélites localizados.
- * Satélites en seguimiento.
- * Acimut y elevación de cada satélite en seguimiento.
- * Nuestra posición actual aproximada. (longitud, latitud y altitud).
- * *Dirección y velocidad del movimiento, para navegación.*
- * Geometría de observación.
- * Edad o antigüedad de la información ofrecida.
- * Progreso de la observación, satélites que se pierden y captan, así como número de observaciones realizadas a cada uno.
- * Nombre y número de la sesión que damos a la estación de observación, así como la identificación del operador y notas varias.
- * Registros meteorológicos y datos locales introducidos.
- * Estado de la fuente de alimentación.

PRINCIPIO DE LA MEDICION

El sistema GPS determina la posición donde se encuentra el receptor, conociendo las distancias a por lo menos tres puntos de coordenadas conocidas (satélites, como se ilustra en la fig. 6), estos puntos de coordenadas conocidas no están sobre la superficie de la tierra sino en el espacio. Los satélites envían al receptor información sobre la posición en la que se encuentran y datos para que el receptor pueda calcular la distancia.

El cálculo de la distancia se realiza recibiendo "mensajes" del receptor. En cada mensaje se indica el instante en que el mismo salió del satélite. El receptor tiene un reloj de

precisión, que está sincronizado con el del satélite y puede saber el instante en que llegó en mensaje. Con estos datos, el receptor calcula la posición absoluta. Esta determinación de posición tiene errores que pueden estar en unas decenas de metros.

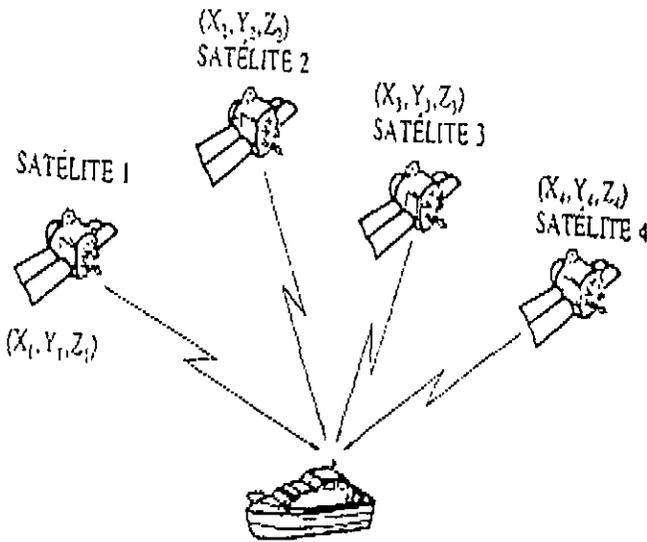


Figura 6. Medida de retardos temporales.

Las distancias entre el receptor y el satélite se obtienen por medio del retardo temporal entre el tiempo que tarda el satélite en enviar la señal hasta que el receptor la recibe.

Cada satélite transmite un mensaje de la siguiente manera: Soy satélite #A, mi posición actual es B y este mensaje es enviado a la hora C. Una vez recibido el mensaje por el GPS este compara la hora en la que fue enviado con la que hora en que fue recibido para poder determinar su posición actual. La diferencia de tiempos indica la distancia al satélite, anexando las medidas efectuadas por los otros satélites, se puede triangular la posición. Con un mínimo de 3 satélites, entonces se podrán calcular longitud y latitud de

su posición, a esto se le llama 2D position fix. Con cuatro satélites como mínimo, el GPS podrá determinar nuestra posición en 3D, la que incluye, latitud, longitud y altitud. Con la continua actualización de datos que respectan a la posición, también se pueden determinar velocidad y dirección hacia la que se dirige. En principio, cuantas más señales recibe, más exacto es el cálculo de la posición.

PRESICION DE LAS MEDICIONES.

Muchos factores afectan la precisión de las mediciones, algunos de estos son debidos a la naturaleza del sistema (interferencia de la ionosfera, errores en los relojes que se utilizan para determinar las distancias, etc.) y otros son causados a propósito, con objeto de evitar que se tenga una posición exacta cuando el sistema es utilizado por civiles.

Para corregir los errores de medición es necesario utilizar un mayor número de satélites que el teórico (en la práctica es necesario recibir señales de tres satélites para determinar las coordenadas planas y de cuatro para posición 3D) y de métodos diferenciales (para corregir los errores intencionalmente causados).

El método diferencial, consiste en hacer mediciones con dos receptores GPS. Uno de ellos está ubicado sobre un punto de coordenadas conocidas y el otro sobre un punto a determinar. Luego de hacer mediciones por un cierto período de tiempo (que depende de la distancia entre receptores), las mediciones tomadas en ambos receptores son procesadas por programas especiales (post-proceso), obteniéndose resultados con errores del orden de 1 a 2 mm/Km.

Los sistemas de medición diferencial en tiempo real, permiten obtener la posición con este orden de precisión, ya que el receptor que está ubicado sobre el punto conocido, envía mediante un enlace de radio las correcciones al que está ubicado sobre el desconocido.

TIPOS DE ERRORES

Tomando en cuenta que el Sistema GPS fue diseñado y desarrollado para aplicaciones militares, y que la mayoría de los receptores fueron creados para uso civil, el Departamento de Defensa de los EEUU necesitaba tener una manera de limitar esa exactitud para prevenir que esta tecnología fuera usada de una manera no pacífica.

Para limitar su exactitud se incorporaron errores aleatorios a la señal, es decir, que los receptores civiles (no los militares) están sujetos a ciertas restricciones de precisión, en función a circunstancias geoestratégicas y geopolíticas, estas limitaciones de encuentran reguladas por el Programa de Disponibilidad Selectiva del DoD de los EEUU o SA (Selective Availability).

Esto se hace de dos formas:

- Haciendo oscilar el reloj del satélite.
- Manipulando los datos enviados por las efemérides de los satélites

Con esto se consigue degradar el UERE hasta 37.5 metros. Los receptores militares van a disponer de los modelos de errores introducidos y ellos tendrán la precisión inicial del sistema (UERE = 66.6 m).

De todo esto se puede concluir que, en general los receptores GPS tienen un error nominal en el cálculo de la posición de aproximadamente 15 m. que pueden aumentar hasta los 100 m. cuando el DoD lo estime oportuno.

En efecto, el DoD (Departamento de Defensa de los Estados Unidos), especifica para posicionamiento absoluto, es decir con un sólo receptor, hay una probabilidad de 95% de que la posición determinada tenga un error inferior a los 100m.

Esto debido a que en posicionamiento absoluto, los receptores GPS determinan su posición de acuerdo a la mediciones de seudo distancias utilizando la correlación del código C/A.

Esta determinación se ve afectada por varios factores que degradan la precisión, tales como el efecto S/A, la imprecisión en los relojes de satélite y receptor, etc.

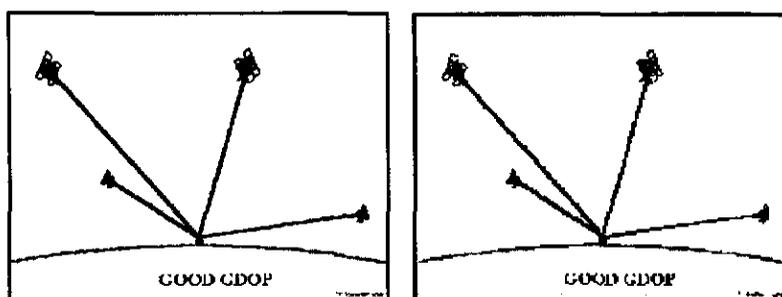
El efecto S/A (selective availability), introducido voluntariamente por el DoD, degrada la información de tiempo transmitida por el satélite y la información de las efemérides, esto significa que la información de tiempo (que permite deducir la distancia) y de trayectoria de los satélites (que permite deducir la posición de los satélites) es alterada aleatoriamente.

Como alternativa a la navegación precisa, la Comisión Radiotécnica para Servicios Marítimos (RTCM), definió un enlace de datos diferencial para transmitir mensajes de corrección desde una estación fija a otros usuarios.

El sistema funciona mediante correcciones de seudo distancia que son calculadas por la estación de referencia, empleando para esto correlaciones de código C/A.

Estas correcciones son transmitidas vía radio - módem y los usuarios las reciben por el mismo medio en sus receptores.

Al aplicar estas correcciones a las seudo distancias observadas por los usuarios, se obtienen posiciones con precisiones del orden de 1 a 2 metros.



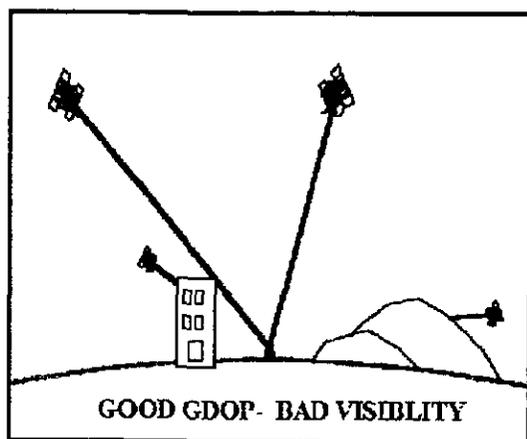


Figura 7. Fuentes de error.

Estos errores se corrigen a través de diferentes modelos que son transmitidos en el mensaje de navegación a los usuarios. El ruido del receptor es una de las principales fuentes de error del sistema.

Los factores que suelen desviar las órbitas satelitales calculadas por diferentes razones:

Variación del campo gravitatorio.

Variaciones en la presión de la radiación solar.

La fricción del satélite con moléculas libres.

Se ha estimado que las efemérides calculan la posición de los satélites con una precisión de 20 metros. Para disminuir (e incluso evitar) esta fuente de error se han construido varios algoritmos basados en datos experimentales (empíricos), los coeficientes de estos algoritmos se transmiten al usuario a través del mensaje de navegación para que se reduzca el error debido a esta fuente de error.

Los satélites emplean relojes atómicos muy precisos, pero con el paso del tiempo pueden presentar algún error. En el mensaje de navegación uno de los parámetros que se enviaban era el estado del reloj del satélite para tener controlado su funcionamiento.

Debido a que el satélite está situado en un campo gravitatorio más débil se produce un adelanto del reloj y como consecuencia de la mayor velocidad que lleva el satélite se produce un retraso del reloj. Sobre estos dos efectos predomina el adelanto, por esto se diseñan para que en la superficie terrestre atrasen y al ponerlos en órbita funcionen bien, pero no se consigue totalmente debido a efectos relativistas. Todos los coeficientes se envían al usuario a través del mensaje de navegación y así la corrección de esta fuente de error es casi total.

La velocidad de propagación de la señal no es constante. Especialmente cuando la señal se transmite por la ionosfera y la troposfera, las distancias medidas no son las distancias reales.

El efecto más importante se produce en la propagación por la ionosfera, este puede llegar a ser de hasta 100 metros. Para corregir este error los receptores civiles (códigos C/A y una sola frecuencia) usan modelos empíricos caracterizados por parámetros dependientes de la hora, latitud, estación. Todos estos parámetros se transmiten en el mensaje de navegación.

Para los receptores militares (que usan las dos frecuencias) el método para corregir este error es más eficaz.

FUENTES DE ERROR.

Una vez en proceso de toma de datos y con posterioridad a la visualización de la información que nos muestra el receptor, también hemos de controlar una serie de parámetros que van a condicionar de gran manera las precisiones que podamos obtener:

TIEMPO: Dado que en la información que nos llega de los satélites, estos nos transmiten el tiempo exacto en el que empezaron a emitir su mensaje codificado, y que los receptores miden, también, el tiempo exacto en el que recibieron cada señal, podremos calcular una medida de distancia entre el receptor y el satélite, conociendo la velocidad de propagación de la onda y el tiempo transcurrido desde que se emitió la señal hasta que fue recibida. El problema surgirá cuando los relojes del satélite y el receptor no marquen el mismo tiempo, de tal manera que un microsegundo de desfase se traduce en un error de 300 metros en la medición de la distancia.

Casi todas las firmas disponen de dispositivos opcionales DGPS (GPS Diferencial) como se observa en la figura 8, que disminuyen el error hasta un margen de 1 a 3 metros, DGPS consiste en instalar un receptor GPS en una situación conocida, de tal manera que este GPS dará errores de situación al compararlos con su exacta situación, y así poder determinar cual es el factor de error que está introduciendo cada satélite. Esta información se envía vía radio en una frecuencia determinada que puede ser captada por un receptor diferencial que la introducirá en nuestro GPS (preparado para DGPS) y éste calculará nuestra nueva posición teniendo en cuenta este factor de error. DGPS es entonces un sistema a través del cual se intenta mejorar la precisión obtenida a través del sistema GPS.

Con este sistema se pueden corregir en parte los errores debidos a:

Disponibilidad selectiva.

Propagación por la ionosfera-troposfera.

Errores en la posición del satélite (efemérides).

Errores producidos por errores en el reloj del satélite.

IONOSFERA: La ionosfera es la región de la atmósfera que se sitúa entre 50 y 1000 Km aproximadamente sobre la superficie de la tierra. Posee la particularidad de que los rayos ultravioletas procedentes del sol ionizan las moléculas de gas que allí se encuentran liberando electrones, produciendo de esta forma una dispersión no lineal en las ondas

electromagnéticas enviadas por los satélites, de manera que cada onda se desacelera en un ritmo inversamente proporcional al cuadrado de su frecuencia.

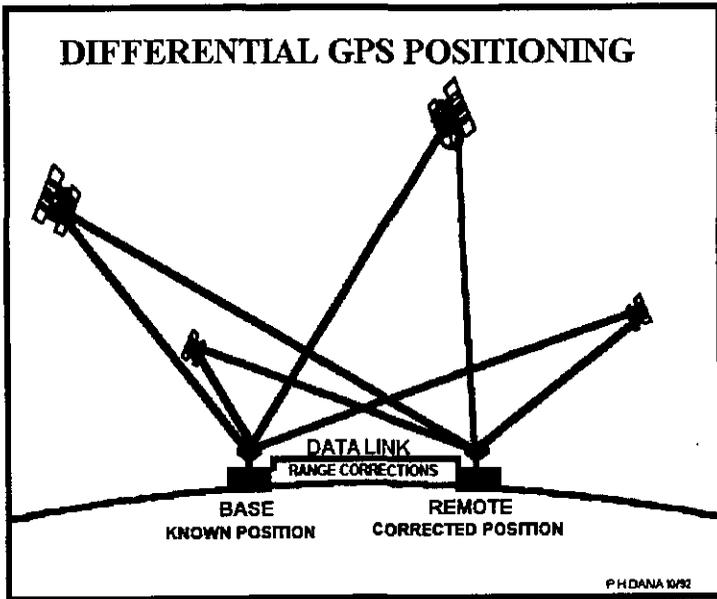


Figura 8. Posicionamiento del GPS Diferencial.

La manera utilizada para eliminar esta fuente de error es comparar la información que recibimos, con 2 receptores lo suficientemente próximos entre sí afectando dicha perturbación a los dos por igual y pudiéndola despreciar.

TROPOSFERA: Estos errores se cometen cuando se produce una refracción de las ondas según las distintas condiciones meteorológicas de temperatura, presión y humedad relativa del aire que encuentre a su paso. Para eliminar dichos errores se aplican diversos modelos troposféricos ya establecidos.

CADA SATELITE PROCESA 2 TIPOS DE DATOS:

- Las efemérides (parámetros orbitales del satélite) corresponden a la posición y tiempo exacto en UTM (Universal Time Coordinated), se utilizan para calcular la distancia exacta del receptor al satélite.

Las efemérides de los satélites se pueden leer en cada uno de los mensajes de navegación de cada satélite de la constelación. Dicha lectura, se realiza en las estaciones del segmento de control.

En ellas viene incluida una extensa información entre la que cabe destacar:

- * Influencia que sobre el satélite tiene el campo magnético terrestre.
- * Parámetros sobre la presión de la radiación solar.
- * Posibles fallos de los relojes atómicos.
- * Operatividad de cada uno de los satélites.
- * Posición estimada para cada uno de los satélites dentro de la constelación global, etc.

Los errores generados por las efemérides tienen un efecto relativamente pequeño, fácilmente compensable.

- Los datos almanaque: Consiste en una serie de parámetros generales sobre la ubicación y la operatividad de cada satélite en relación al resto de satélites de la red, esta información puede ser recibida desde cualquier satélite, y una vez el receptor GPS tiene la información del último Almanaque recibido y la hora precisa, sabe donde buscar los satélites en el espacio. Se transmite a un régimen binario de 50 bps y se tarda 12.5 min. en enviarlo completamente. También por medio de estos datos podemos obtener información sobre el estado de salud de los diferentes satélites de la constelación y las posiciones que tendrán durante los próximos 30 días. Con los almanaques, el receptor GPS es capaz de saber rápidamente que satélite debe buscar según la posición sobre la superficie de la tierra en que se encuentre. Cuando se

inicializa un GPS nuevo este debe recibir un almanaque completo. Para esto se necesita que el receptor este operando durante 10 ó 15min.

Disponemos de un software específico para, una vez introducido el almanaque, poder planificar nuestro trabajo en campo, este software nos proporciona entre otra, la siguiente información:

- * Número de satélites observables desde nuestra posición para cada hora del día.
- * Valores del DOP, máximos y mínimos, en el momento del día seleccionado.
- * Posibilidad de poder introducir las posibles obstrucciones a la recepción de información y ver de que manera nos afectan.
- * Generación de diversas gráficas de posición de los satélites en el espacio.
- * Visualización instantánea de la operatividad de todos los satélites.
- * Edición y gestión de toda la información vista para sesiones de trabajo determinadas.
- * Actualizaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- * Situación continua e instantánea de un vehículos sobre cartografía digital.
- * Navegación en tiempo real con gran precisión.
- * Determinación de dirección, velocidad y aceleración de cualquier vehículo.

EFECTO MULTICAMINO.

Se produce cuando la onda sufre desviaciones, reflexiones, choques contra objetos reflectantes en su camino hacia la antena.

Para reducir este efecto se requiere disponer de antenas con planos de tierra y sobre todo poner un especial cuidado en el emplazamiento de la misma.

GEOMETRIA DE LA OBSERVACION.

Existen tres factores principales que condicionan la precisión definitiva con la que se observe un punto con GPS:

a) Configuración geométrica de los satélites (DOP) o factor DOP (Dilution Of Precision), se trata del efecto de la configuración geométrica de los satélites, que es el radio entre la incertidumbre de precisión y la incertidumbre en distancia.

Existen diferentes DOP's dependiendo de posición que se este tratando en cada momento, los más comunes son:

DOP (Dilution Of Precision): depende de la geometría de los satélites en el momento del cálculo de la posición. No es lo mismo que los 4 satélites estén muy separados (mejor precisión) que los satélites están más próximos (menor precisión).

El DOP se divide en varios términos:

GDOP (Geometric DOP), suministra una incertidumbre como consecuencia de la posición geométrica de los satélites y de la precisión temporal (3D Y tiempo).

PDOP (Position DOP), incertidumbre en la posición debido únicamente a la posición geométrica de los satélites (3D).

HDOP (Horizontal DOP), incertidumbre en la posición horizontal que proporciona el usuario.

VDOP (Vertical DOP), suministra una información sobre la incertidumbre en la posición vertical del usuario.

* TDOP, Incertidumbre en tiempo.

* HTDOP, Incertidumbre en horizontal y de tiempo.

Utilizaremos el valor de GDOP como criterio más importante para poder realizar la observación con la geometría más favorable.

De lo anterior se puede resumir que las fuentes de error más importantes son:

Error en el cálculo de la posición del satélite.

Inestabilidad del reloj del satélite.

Propagación anormal de la señal (velocidad de propagación no es constante).

b) Observable considerado (pseudodistancias o fase portadora).

c) Grado de incertidumbre en la posición (englobando todas las fuentes de error vistas hasta el momento).

ESTRUCTURA DE LA SEÑAL.

Cada satélite va provisto de un reloj-oscilador que provee una frecuencia fundamental de 10.23 MHz, sobre la que se estructura todo el conjunto de la señal radiodifundida por el satélite.

El satélite emite información sobre dos portadoras, la primera es el resultado de multiplicar la fundamental por 154 (1575.42 MHz) y se denomina L1. La segunda, utiliza un factor de 120 (1227.60 MHz) y se denomina L2. El término "L" viene determinado porque los valores usados están en la banda L de radiofrecuencias que abarca desde 1 GHz a 2 GHz (1000 a 2000 MHz).

El poder utilizar las 2 frecuencias permite determinar por comparación de sus retardos diferentes, el retardo ionosférico, difícilmente predecible por otros sistemas.

Sobre estas dos portadoras se envía una información modulada compuesta por dos códigos y un mensaje, generados también a partir de la frecuencia fundamental correspondiente. El primer código denominado C/A (course /adquisition) o S (standard), es una moduladora con la frecuencia fundamental dividida por 10 o sea de 1.023 MHz. El segundo código llamado P (precise) modula directamente con la frecuencia fundamental de 10.23 Mhz y por último el mensaje se envía con la bajísima frecuencia moduladora de

50 Hz. (Código P: para obtenerlo se multiplica la salida de dos códigos (P1, P2). La frecuencia de reloj que se emplea es de 10.23 Mhz. La longitud de los códigos que se multiplican para obtener el código P es de: P1:15345000 bits y P2:1535034 bits).

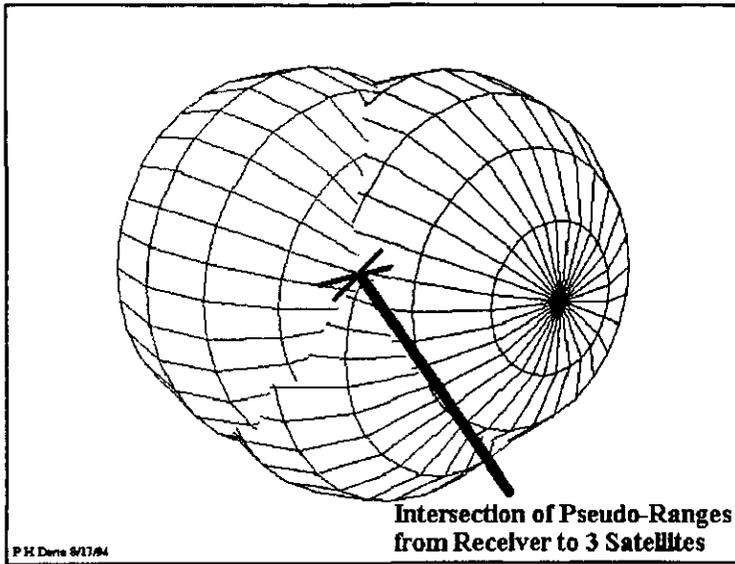


Figura 9. Señal recibida

Los códigos consisten en una secuencia de dígitos binarios o bits (ceros y unos). La modulación de las portadoras con éstos códigos genera un ruido electrónico que, en principio, no sigue ninguna ley y parece aleatorio, pero en realidad sus secuencias están establecidas mediante unos desarrollos polinómicos, este fenómeno se conoce con el término ruido pseudo-aleatorio (Pseudo Random Noise, PRN), y tiene la característica de que puede correlarse con una réplica generada por otro instrumento.

Cada uno de éstos códigos posee una configuración particular para cada uno de los satélites y constituye el denominado PRN característico, con el que se identifica a los satélites en el sistema GPS.

Sobre la L1 se suelen modular los dos códigos C/A y el P además del mensaje correspondiente. En la L2 sólo se modula el mensaje y el código P.

El sistema que se utiliza en GPS para modular los códigos binarios se denomina Modulación Binaria por Cambio de Fase o modulación binaria bifase.

El mensaje modulado sobre ambas portadoras tiene una duración de 12 m. y 30 s. debido principalmente a su longitud y su baja velocidad de transmisión. La información que contiene viene referida a:

- * Precisión y estado del satélite (salud, en terminología GPS), ya que los satélites pueden encontrarse "sanos" o "enfermos" (inoperantes).
- * Antigüedad de la información y de las efemérides radiodifundidas.
- * Almanaque y el estado de los relojes.
- * Un modelo ionosférico, para el cálculo de los retardos.
- * Información UTC (tiempo-hora universal).
- * Dos claves: - TLM, de telemetría, por si la órbita del satélite sufre alguna manipulación desde tierra.
- * HOW, que da acceso, para los usuarios autorizados, al código P.

SISTEMAS DE MEDIDA.

El GPS significa proporcionar latitud y longitud en un sistema que permite realizar posicionamientos por medición o variación de distancias, entre las antenas emisoras de los satélites y la receptora del equipo.

Existen dos formas principales de funcionamiento:

PSEUDODISTANCIA.

El método de Pseudodistancias es propio de la técnica GPS. Se trata de una auténtica trilateración tridimensional, que sitúa a la estación de observación, en la intersección de las esferas con centro en el satélite y radio correspondiente a la distancia entre las antenas de los satélites y el receptor, medida por este.

La pseudodistancia se podría definir como el desplazamiento temporal necesario para obtener una réplica del código GPS, generado en el receptor, con la señal procedente del satélite y multiplicado por la velocidad de la luz. Por tanto el observable es un tiempo.

El satélite emite uno de los códigos, el receptor tiene en su memoria la estructura de dicho código y genera una réplica exacta, modulando la señal recibida con la réplica inversa del código.

Si ambos códigos están precisamente sincronizados, el código desaparecerá dejando a la portadora limpia. Para sincronizar la réplica con el original recibido, el instrumento empieza a aplicar un retardo hasta que la anulación se produce. El tiempo del retardo nos permite calcular una distancia que no será precisamente la existente, ya que no conocemos el estado del reloj del receptor, de ahí que el valor hallado no sea una distancia sino una pseudodistancia.

La precisión de posicionamiento que nos ofrece este método es de aproximadamente un 1% del periodo entre sucesivas épocas de un código. Así para el código P, cuyas épocas son de 0.1 microsegundo (por lo que la precisión de medida será de 1 nanosegundo), al multiplicar dicho factor por la velocidad de la luz, obtendremos una precisión de distancia de 30 cm. en tiempo real. Para el código C/A, cuya precisión es diez veces menor a la del código P, obtendremos unos errores de unos 3 m.

MEDIDAS DE FASE.

El método de medidas de fase es el que permite obtener mayor precisión. Su fundamento es el siguiente: partiendo de una frecuencia de referencia obtenida del oscilador que controla el receptor, se compara con la portadora demodulada que se ha conseguido tras la correlación, controlándose así, en fase, la emisión radioeléctrica realizada desde el satélite con frecuencia y posición conocidas. Cuando esta emisión llega a la antena, su recorrido corresponde a un número entero de longitudes de onda (denominado N ó ambigüedad) mas una cierta parte de longitud de onda cuyo observable (ó momento exacto de recepción por parte de la antena) puede variar entre 0 y 360° . Tenemos pues, una frecuencia y cierta parte de la longitud de onda conocidas, y la ambigüedad (Número entero de las longitudes de onda) por conocer. La resolución de la ambigüedad se realiza a través de un extenso proceso de cálculo, que además nos dará el estado de los relojes y por supuesto los incrementos de coordenadas entre estaciones. Una vez obtenidos dichos valores, la resolución interna que nos proporcione el sistema, será de orden submilimétrico, aunque diversas fuentes de error limiten la precisión operativa a algún centímetro ó incluso menos, siempre en función de las técnicas de observación empleadas.

Debe destacarse que es fundamental en el sistema no perder el seguimiento de la fase para que la ambigüedad inicial no pueda variar. Si hay alguna pérdida de recepción por cualquier causa, la cuenta de ciclos se rompe (Cycle Slip), perdiendo así toda su eficacia. Esta pérdida de ciclos puede ocurrir por muchas causas desde el paso de un avión, disturbios ionosféricos, u obstrucciones físicas importantes (edificios, etc.). Podremos comprender, entonces, la dificultad de trabajar en zonas próximas a arbolados, tendidos eléctricos, torres, edificios, etc., limitando las aplicaciones de éste método en tiempo real.

CAPITULO IV



IV. METODOS DE POSICIONAMIENTO.

Existen tres métodos principales de posicionamiento aplicados en Topografía y Geodesia: (Partiendo de la base que se dispone de un equipo GPS, formado por 2 receptores de 1 frecuencia L1, código C/A, 12 canales de recepción y el equipo auxiliar necesario, es decir, trípodes, bases nivelantes, señalizadores, etc.).

ESTATICO RELATIVO.

Es el posicionamiento en el que dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora (o más), según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local. El único requisito importante, es el de que uno de los receptores deberá estar situado en un punto de coordenadas muy bien conocidas.

Los resultados obtenidos pueden alcanzar precisiones muy altas, teóricamente hasta niveles milimétricos.

Existe una variante denominada *estático rápido*, pero es sólo utilizable con receptores de doble frecuencia L1 y L2 y que puedan recibir información tanto del código C/A, como del código P. De esta forma se reducen los periodos de observación hasta 5 o 10 minutos por estación, manteniendo los mismos ordenes de precisión que para el método estático.

Los receptores utilizados para éste método son mucho mas caros que los normales de una sola frecuencia, además en tiempos de crisis se activa el sistema AS (anti-spoofing) por parte del Departamento de Defensa de los EEUU, que tiene por objetivo convertir el código P en otro Y, de las misma características pero secreto y no descifrible por los receptores comunes.

CINEMATICO RELATIVO.

Consiste en la determinación de tríos de coordenadas respecto al punto fijo de forma rápida, aunque menos precisa que con el método anterior. Es necesario elegir dos puntos fundamentales: el de referencia y el de cierre.

Con los demás puntos se configura un itinerario con inicio y final en el cierre. Es esencial en este método que, desde el inicio al final de la observación, ambos receptores realicen registros continuos de fase de la portadora sobre un mínimo de 4 satélites con común seguimiento y adecuadamente distribuidos. En ningún momento se puede perder la señal de los satélites, ni en los cambios de estación. El tiempo de observación por punto puede oscilar entre 1 y 2 minutos, y la precisión máxima a obtener estaría al rededor de los 10 y 20 cm.

PSEUDOCINEMATICO RELATIVO.

Requiere un receptor estacionado en un punto conocido y otro observando en otros puntos por al menos dos periodos de unos 5 minutos, separados por otro más largo del orden de una hora.

La variación de los satélites durante este periodo intermedio equivale, en parte, a haber utilizado una constelación de observación más nutrida, por lo que en 10 minutos de observación se alcanza la precisión de una observación única mucho más larga (entorno a los 10 cm.).

En la práctica, hoy en día los métodos de trabajo más utilizados son el *estático* y el *estático rápido*, principalmente por las altas precisiones y la fiabilidad obtenidas.

CAPITULO V.



V. APLICACIONES.

Aunque GPS es una técnica relativamente nueva, la inagotable creatividad de mucha gente de diferentes países ha dado como fruto la aparición de multitud de interesantes aplicaciones. Las primeras de ellas surgieron en el ámbito militar ya que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrolló el sistema GPS para navegación de aviones de combate, direccionamiento de misiles, posicionamiento de tropas, localización de barcos de combate militares en tiempo real, etc.

Actualmente las aplicaciones civiles, tanto en el campo comercial como en el científico, sobrepasan ampliamente en número a las militares. El sistema GPS está siendo utilizado cada vez más para guiar coches, camiones, taxis, trenes, barcos, aviones e incluso otros satélites.

Otro de los aspectos que nos gustaría destacar sobremanera es la gran utilidad de estos dispositivos para cuestiones de seguridad. Pensemos en la cantidad de pérdida de vidas humanas y de situaciones traumáticas que se podrían haber evitado, si en cualquier tipo de actividad al aire libre, en la que las cosas se han complicado, y se requiere la actuación de un equipo de rescate, se les pudiera facilitar la posición exacta en la que se encuentra un accidente.

La amplia gama de aplicaciones de esta técnica GPS, deja en claro la gran utilidad presente y futura del GPS:

- * Establecimiento y densificación de redes geodésicas.
- * Control de deformaciones terrestres.
- * Posicionamiento de cámaras de fotogrametría.
- * Establecimiento de bases y redes de replanteo.
- * Determinación y localización de cualquier tipo de obra.
- * Ubicación precisa de maquinaria, tales como perforadoras o palas en la industria minera
- * Estudio de evolución de cuencas fluviales.

- * Levantamientos barimétricos.
- * Actualizaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- * Situación continua e instantánea de un vehículos sobre cartografía digital.
- * *Navegación en tiempo real con gran precisión.*
- * Determinación de dirección, velocidad y aceleración de cualquier vehículo.
- * Guiado de vehículos sobre trayectorias prefijadas.
- * Control de deformaciones terrestres relacionadas con los terremotos, en sismología.
- * Estudio de deformaciones de montañas en las que hay volcanes activos, en volcanología
- * Glaciología para la medición de flujos de las masas de hielo de los glaciares.
- * Meteorología se mide el efecto de la atmósfera en las señales GPS con la finalidad de proporcionar información útil para predicciones del tiempo.
- * Ciencias geográficas donde permite localizar puntos con gran precisión así como la *construcción de mapas geográficos más precisos, mejorando los anteriores.*
- * Localización y control de flotas de vehículos.
- * Inventario de redes viales, etc.

USO DEL GPS EN ACTIVIDADES AL AIRE LIBRE

El uso del GPS en todas las actividades al aire libre nos puede proporcionar gran seguridad bajo cualquier condición meteorológica. Gracias al GPS tendremos la certeza de saber en cada momento donde estamos y así poder encontrar el camino de regreso sin *importar las condiciones climatológicas. El uso que cada quien le da a su GPS es una cuestión personal.*

Pero las prestaciones necesarias que el GPS debe tener para este tipo de actividades al aire libre, son las siguientes:

Alpinismo, excursionismo, esquí o snowboard fuera pistas, travesías, caza, pesca, búsqueda de setas.

Sea donde sea que nos encontremos, en un valle perdido, en una pista marcada, en el desierto, en el agua, o en el Polo Norte, un receptor GPS puede ser una parte absolutamente indispensable de nuestro plan de navegación y/u orientación.

APLICACIONES EN NAVEGACION

NAVEGACIÓN MARÍTIMA

Debido al rápido desarrollo de este sistema y al bajo costo lo puede usar cualquier embarcación.

NAVEGACIÓN TERRESTRE

En este caso hay dos mercados principales:

➤ **Automóviles (AVL, Localización Automática de Vehículos)**

Integran el GPS y sistemas gráficos avanzados para proporcionar un sistema de guiado desde un punto de una ciudad a otro evitando congestionamientos, permite localizar en tiempo real y controlar a cada uno de los vehículos de una flotilla (transportes internacionales, redes de autobuses, policías, ambulancias, etc.), con la frecuencia que el usuario determine.

➤ **Receptores personales. Excursiones en 4x4, como sistema de guiado para invidentes.**

Actualmente se ha visto su aparición en pruebas deportivas como en el caso del ciclismo, donde permite conocer en cada instante y en tiempo real el tiempo que saca un corredor a otro.

NAVEGACIÓN AÉREA

Debido a su mayor complejidad técnica su proceso de instalación ha sido más lento. Se están desarrollando sistemas que pretenden mejorar los actuales sistemas de gestión de vuelos.

Se están instalando en áreas de bajo tráfico.

APLICACIONES MILITARES

Como el GPS es un sistema desarrollado por el ejército el desarrollo del GPS en este campo ha sido más rápido que en las aplicaciones civiles.

Se emplea en la navegación militar (aeronaves, vehículos terrestres, barcos), una de las aplicaciones es dirigir misiles y el posicionamiento de tropas.

Es también de enorme utilidad en la determinación de límites geográficos, fronteras, elevaciones de terreno, cauces de ríos, etc. Los pilotos de aviones cuentan con GPS en sus sistemas de navegación y aterrizaje. Los zoólogos colocan cuidadosamente minúsculos receptores GPS a pingüinos, osos polares, ballenas, delfines, gacelas, leones y demás animales con la finalidad de trazar sus rutas y estudiar sus comportamientos en diferentes entornos naturales. También en el campo de la telefonía móvil se han incorporado los GPS para cuestiones de seguridad y gestión de personal. Por otra parte, ya son numerosas las instituciones que hacen uso de GPS para sincronización de relojes, por ejemplo estaciones de radio y televisión, bancos, redes informáticas, etc. Y así podríamos continuar citando aplicaciones curiosas e interesantes que siguen surgiendo de las mentes de gente creativa e inquieta.

COLABORACIONES CIENTÍFICAS EN EL CAMPO DE GPS

Las aplicaciones de GPS en el ámbito científico comienzan, a tomar gran auge, Por ejemplo, en Astronomía para coordinar el tiempo de observación de diferentes cuerpos celestes, como planetas, estrellas, galaxias, etc. Muchos satélites como el Shuttle o el Space Station cuentan con receptores GPS en sus sistemas de navegación espacial.

Probablemente muchas aplicaciones más se encontrarán a esta técnica, que hoy en día está limitada debido al relativo alto costo para un empleo masivo, pero que se justifica en muchas aplicaciones las cuales nos ayuda a culminar en poco tiempo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS

Entre las ventajas más grandes es la facilidad para localizar determinada posición así como el camino seguido hasta ahora ó si nos estamos desplazando, etc., todos estos datos sin importar lugar, día, hora ó condición meteorológica, otra más sería la gran seguridad que nos proporciona debido a que agiliza las actividades de rescate, gracias a la rápida localización de nuestra posición, otras ventajas más podrían ser su tamaño ya que los modernos receptores GPS portátiles caben en la palma de la mano, son similares a un teléfono móvil y pesan menos de 250 gramos, incluso con las pilas instaladas. La carcasa es fuerte y en ocasiones resistentes al agua.

DESVENTAJAS

Una desventajas seria el costo, el cual conforme va pasando el tiempo ha ido disminuyendo. Las señales de GPS siempre han sido gratis, pero hasta el momento el costo del hardware y software han sido un gran obstáculo en mucho de los casos.

Otra de las limitantes es el tiempo de vida útil de las baterías.

Aunque la más importante es la dependencia del DoD (departamento de defensa), puesto que en este caso ellos pueden eliminar el uso por parte de los civiles del sistema en el momento que crean conveniente.

Actualmente hay dificultad en su uso en ciudades con edificios altos, también es difícil garantizar su integridad, pues en caso de guerra se pueden lanzar misiles para eliminar algún satélite.

CONCLUSIONES

Del trabajo anterior se puede concluir que a pesar de que este sistema surge con fines militares y de la gran necesidad de localizar con precisión las coordenadas de un punto determinado en la superficie de la tierra, el uso civil a sobrepasado en gran número al uso militar debido a la gran ayuda que este proporciona, ya que ofrece la información necesaria sobre la ubicación de determinadas coordenadas, sin importar el día, lugar, hora o condición metereologica bajo la que se encuentre.

Este sistema es de gran utilidad si se sabe manejar adecuadamente ya que agiliza de sobre manera una gran variedad de actividades y además de la seguridad que brinda a aquellos que realizan algún tipo de expedición o actividades al aire libre en donde actua como un modo de orientación muy eficiente, al proporcionar la ubicación actual, así como el camino recorrido y la ruta a seguir, ya que viene a sustituir a la brújula y el mapa del mismo modo en actividades al aire de búsqueda y rescate.

Actualmente contribuye en el desarrollo de un sin fin de actividades; por ejemplo en materias de seguridad ayuda en la localización de automóviles robados, en las grandes empresas es empleado para control y protección de sus flotillas, evitando así el robo y mal uso de las unidades.

Así entonces a pesar de que este sistema se encuentra controlado y limitado para el uso civil, es el sistema más moderno, seguro y eficaz de orientación con que se cuenta.

GLOSARIO

2D

Navegación en 2 dimensiones (latitud y longitud)

3D

Navegación en 3 dimensiones (latitud, longitud y altura).

Acimut ó azimut

Angulo comprendido entre el plano vertical que pasa por el eje de observación y el plano de la vertical de referencia (plano del meridiano de observación).

Altitud

Altura de un punto de la tierra con relación al mar.

Array

Un array es un conjunto de elementos. La antena que llevan los satélites son varias antenas helicoidales.

Banda S

Es un rango de frecuencias que se asigna para unos determinados sistemas.

BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Es un esquema de modulación en fase.

C/A

Código empleado para navegación de baja precisión (uso civil). Para obtenerlo se multiplica la salida de dos códigos de 1023 bits. La frecuencia de reloj que se emplea es de 1.023 MHz.

Constelación

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

Demodulación

Es la técnica inversa de la modulación. A partir de la señal recibida por el receptor la demodulación obtiene la información contenida en la señal.

Efemérides

Las efemérides dan las posiciones de los satélites.

Latitud

La latitud se mide con respecto al Ecuador (latitud 0°). Si un punto determinado se encuentra en el hemisferio norte (sur), su coordenada de latitud irá acompañada de la letra N (S).

Longitud

Por razones históricas, la longitud se mide relativa al meridiano de Greenwich. Si medimos un ángulo al este (oeste) del meridiano de Greenwich escribimos la letra E (W) acompañando al número que da la longitud. Algunas veces se utilizan números negativos. Por ejemplo, los siguientes valores de longitud son equivalentes: W 90°; E 270°; and - 90°.

LNA (Low Noise Amplifier)

Es un amplificador de bajo nivel de ruido para no degradar la calidad de la señal.

NAVSTAR-GPS (NAVigation System and Ranging - Global Position System)

Es el sistema de posicionamiento global que estamos estudiando a lo largo de estas páginas.

P

Código empleado para navegación de alta precisión (uso militar).

Periodo

Es el tiempo que tarda el satélite en dar una vuelta completa a la tierra.

PNR

Ruido pseudo-aleatorio.

Polarización

Es una característica de la señal que se transmite.

Portadora

Es una señal cuyas características (frecuencia, fase) varían según la información que se quiere transmitir (señal moduladora). Según cual de las características de la portadora cambie la modulación recibe un nombre u otro (frecuencia - FM, amplitud - AM).

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.

Satélite

La definición de satélite es por tanto un cuerpo alrededor de otro y la gravedad es la fuerza de atracción que hace posible el movimiento relativo de las órbitas.

Secuencialmente

En esta técnica primero recibimos la señal procedente de un satélite y luego la del resto (uno detrás de otro)

SNR

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

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.

BIBLIOGRAFIA

Oceguera Silva, Jorge Eduardo
Sistemas de Posicionamento Global

Alfred Leik whit a contribution by Steven Lambert
GPS Satellite surveying
New York; JWiley

www.mundogps.com/mundoGPS/textos/basicos

www.elanzuelo.com/gps.htm

www.geocities.com

www.harvard.edu/space_geodesy/ATLAS