

SISTEMA DE NAVEGACIÓN GPS

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

El principal objetivo de esta práctica es conocer los fundamentos teóricos del GPS, su uso, sus posibles funciones en la vida cotidiana y aplicaciones en los estudios científicos de campo.

Asimismo, también hemos aprendido a trabajar con los datos obtenidos en el receptor GPS en el programa informático OZI Explorer, permitiéndonos visualizar sobre mapas los recorridos realizados.

INTRODUCCIÓN

➤ **GPS:**

El sistema Global de posicionamiento (GPS) es un sistema satelitario basado en señales de radio emitidas por una constelación de 24 satélites activos. Los satélites están situados a 20.180 Km de altura desplazándose a una velocidad de 14.500 Km./h. Las órbitas son casi circulares y se repite el mismo recorrido sobre la superficie terrestre. De esta forma en prácticamente un día (menos 4 minutos) un satélite vuelve a pasar sobre el mismo punto de la tierra. Los satélites quedan situados sobre 6 planos orbitales (con un mínimo de 4 satélites cada uno), espaciados equidistantes a 60° e inclinados unos 15° respecto al plano ecuatorial. Esta disposición permite que desde cualquier punto de la superficie terrestre sean visibles entre cinco y ocho satélites

Este sistema permite el cálculo de coordenadas tridimensionales que pueden ser usadas en navegación o, mediante el uso de métodos adecuados, para determinación de mediciones de precisión.

El GPS fue instaurado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con el objetivo de obtener en tiempo real la posición de un punto en cualquier lugar de la tierra. Este sistema surgió debido a las limitaciones del sistema TRANSIT que en la década de los 70 proporcionaba posicionamiento usando métodos Doppler. La principal desventaja de este último era la no disponibilidad de satélites las 24 horas del día.

El GPS proporciona información precisa acerca de su posición, velocidad y tiempo en cualquier lugar del mundo y en cualquier condición climática.

➤ **BREVE RESEÑA HISTÓRICA:**

En los inicios de la civilización, el hombre encontró en el cielo puntos de referencia, utilizando las estrellas. El momento exacto de efectuar las plantaciones de cultivos fue la motivación del hombre para introducirse en las ciencias astronómicas y geodésicas. La cadena de desarrollos técnicos llega hasta el presente de la mano de las mediciones satelitales. Así, se refleja el deseo del hombre por alcanzar el conocimiento de la esencia del tiempo y del espacio para el beneficio de sociedad.

GPS, era antes conocido como NAVSTAR Global Positioning System. Fue iniciado en 1973 para reducir la proliferación de ayudas de navegación. El objetivo del sistema GPS era ofrecer a las fuerzas de los EE.UU. la posibilidad de posicionarse (disponer de la posición geográfica) de forma autónoma o individual, de vehículos o de armamento, con un coste bajo, con disponibilidad global y sin restricciones temporales.

Los Estados Unidos (quienes desarrollaron GPS) y Rusia (quien desarrolló la versión Europea GLONASS) han ofrecido el uso gratuito de sus satélites a la comunidad internacional.

Desde 1984, con muy pocos satélites en órbita, aparecieron tímidamente fabricantes de receptores GPS destinados al mundo civil (Texas Instruments y Trimble Navigation).

✓ **Orígenes del sistema NAVSTAR**

El uso de satélites terrestres artificiales para propósitos de navegación comenzó con el SPUTNIK 1. La navegación satelital combinó los métodos de navegación celeste con los de radio navegación para alcanzar sistemas que tuvieran adelantos revolucionarios sobre la precisión y el rendimiento.

La diferencia fundamental entre la navegación por medio de satélites artificiales que usan señales de radio con respecto al resto de los métodos de navegación es, particularmente, la distribución geométrica de los puntos emisores. El espacio ofrece la oportunidad para la radiación de señales

sobre grandes extensiones. De esta manera, no existe el efecto tradicional de menor precisión por baja cobertura.

Desde que se inició la tecnología espacial, hace 40 años, se está generando un sistema que le proporciona al usuario una precisión de la posición en el orden de pocos metros, medición de velocidad en el orden de una décima de metro por segundo, y la lectura de la hora en el orden de nanosegundos.

El desarrollo del TRANSIT 1, primer sistema satelital estadounidense de navegación, se basó en las observaciones realizadas con señales de radio del primer SPUTNIK. TRANSIT 1 comenzó oficialmente en diciembre de 1.958. Básicamente, el sistema TRANSIT permitió el cálculo perpendicular al plano orbital, por lo que para determinar una posición se requiere realizar mediciones mediante dos satélites separados en el tiempo.

En consecuencia, a la experiencia de TRANSIT el Departamento de Defensa de Estados Unidos estableció requisitos para realizar un mejor sistema de navegación satelital. Entre 1.967 y 1.969 la Fuerza Aérea de U.S.A dirigió un estudio para diseñar el sistema denominado como 621B.

Como resultado de estos esfuerzos, se generó un sistema de navegación espacial que requería 20 satélites desplegados en órbitas sincrónicas, cuyas estelas sobre la tierra se extenderían a 60° de latitud norte y sur. Conjuntamente con los estudios de navegación espacial de la USAF, el Laboratorio Naval de Investigaciones concibió la idea de un sistema satelital de navegación y hora (TIMATION).

Tanto el sistema 621B de la USAF como el TIMATION de la Marina, eran apropiados para el Sistema Satelital de Navegación del Departamento de Defensa. Pero las restricciones presupuestarias no permitían el desarrollo de dos sistemas paralelos independientes. Por tanto, el programa resultante de un esfuerzo mixto es el "Sistema de Posicionamiento Global NAVSTAR GPS". NAVSTAR proviene de Sistema de Navegación por Tiempo y Distancia.

El programa GPS fue aprobado en 1.973 para una fase de demostración. Si bien el sistema NAVSTAR fue concebido para uso exclusivamente militar, el Congreso Estadounidense exigió al Departamento de Defensa la implementación civil del sistema. En diciembre de 1.993 se declaró el sistema completamente operacional.

➤ **ELEMENTOS DEL GPS:**

El GPS tiene 3 porciones:

- 1.- El segmento de espacio: formado por los satélites GPS que mandan señales de radio desde el espacio. Consiste en 24 satélites.
- 2.- Segmento de control: consiste en las estaciones de la tierra que se cercioran de que los satélites estén funcionando correctamente.
- 3.- Segmento de usuario: lo forman los receptores y la comunidad de usuarios. Los receptores convierten las señales recibidas de los satélites en posición, velocidad y tiempo estimados

El servicio básico de GPS provee una exactitud de aproximadamente 100 metros un 95% del tiempo. Para lograr esto, cada uno de los 24 satélites emite una señal a los receptores en tierra. GPS determina la localización al computar la diferencia entre el tiempo en que una señal es enviada y el tiempo en que es recibida. Los satélites GPS llevan consigo relojes atómicos que proveen información precisa en cuanto al tiempo. La señal también contiene datos que permiten a los receptores saber la localización de los satélites. El receptor usa la diferencia en tiempo entre la recepción de la señal y su envío para computar la distancia entre el receptor y el satélite. El receptor debe tener en cuenta los retrasos por propagación o el retardo de la señal causada por la ionosfera y la troposfera.

Con la información de los rangos de tres satélites y la información de la posición de un satélite cuando la señal fue enviada al receptor, este puede computar su propia posición tridimensional. Un reloj atómico sincronizado al GPS es necesario para poder computar los rangos de las tres señales. Sin embargo, al tomar esta medida de tiempo de un cuarto satélite, el receptor se evita la necesidad de un reloj atómico. Así el receptor utiliza cuatro satélites para computar latitud, longitud, altura y tiempo.

➤ **SATÉLITES DE CONSTELACIÓN NAVSTAR.**

- Los satélites, como ya se ha dicho, viajan en 6 planos orbitales a 20.200 Km de altura, para cubrir toda la superficie de la tierra.
- 2 órbitas cada día.
- 27 satélites (quizás 30 o 31). Un mínimo de 21 funcionales y 3 de reserva. Con relojes atómicos de alta precisión. Los satélites usan como combustible hidrazina.
- Con al menos 3 satélites se consigue una posición en dos dimensiones, no se da la altura por lo que el usuario debe introducirla.
- Con al menos 4 satélites se consigue una posición en tres dimensiones y la altura.
- Los modernos equipos utilizan la información de más de 4 satélites, para dar una posición
- Se garantiza la presencia de 4 o más satélites, con un 99,9% de probabilidad.

Los satélites envían dos tipos de información:

1. Almanaque: datos o parámetros que definen la órbita del satélite (situación aproximada de satélites en un momento determinado).
2. Efemérides: son ondas repletas de información. Situación precisa del satélite en el espacio, salud del satélite, hora exacta de emisión de la señal, códigos de control y corrección.

Los receptores GPS:

- Pueden determinar su distancia a los satélites...
- Pueden ser usados como puntos de referencias.

La posición se obtiene triangulando al menos tres satélites. La ecuación fundamental que permite aun GPS averiguar nuestra posición es:

$$\text{VELOCIDAD} = \text{DISTANCIA} / \text{TIEMPO}$$

(Kilómetros / hora)

De estos parámetros conocemos la velocidad y el tiempo. A partir de estos podemos conocer la distancia.

- Velocidad: 300.000 Km/segundo.
- Tiempo: es medido por el receptor.

✓ ¿Qué transmite el GPS?

En términos básicos, la transmisión del satélite GPS consiste en:

- Portadoras (las ondas encargadas de transportar la información).
- Códigos de distancia (ranging).
- Mensajes de navegación y/o efemérides transmitidas.

Los códigos ranging, permiten determinar el rango de distancia entre el satélite y la antena del receptor.

El mensaje de navegación contiene las efemérides predichas y correcciones del reloj del satélite controladas e inyectadas desde el segmento de monitoreo terrestre.

La portadora, provee el medio físico para la transmisión de los códigos y mensajes de navegación. Todas las ondas emanadas del satélite son derivadas a partir de un oscilador de muy alta precisión y estabilidad, un reloj atómico.

La estabilidad de los relojes de a bordo, la coherencia de los componentes de las ondas y la fortaleza de la configuración geométrica de la constelación satelital, proveen el posicionamiento, tanto civil como militar, con una extraordinaria exactitud.

✓ **Mensaje de navegación**

Para que el usuario pueda obtener el posicionamiento en tiempo real (autónomo), necesita disponer al mismo tiempo del mensaje de navegación, este contiene:

- Las efemérides del satélite predichas (efemérides precisas).
- Los parámetros de corrección del reloj del satélite en cuestión.
- Información del estado de salud del satélite.

El segmento de control en Tierra del Sistema de Posicionamiento Global actualiza e inyecta esta información constantemente en cada vehículo espacial, para que este la retransmita en subsecuentes transmisiones a los usuarios que posean receptores por medio del "mensaje de navegación".

✓ **Códigos:**

Para medir la distancia al satélite se pueden utilizar dos códigos (ranging codes):

- Código C/A (Coarse/acquisition; adquisición gruesa): este código es el que utilizan "todos" los receptores GPS de uso civil para determinar las coordenadas directamente en la pantalla de usuario y en forma autónoma.
- Código P (Precise; preciso): el código P se halla limitado a uso exclusivo para el Departamento de Defensa y por lo tanto es desconocida la composición del mismo.

Las formas más conocidas de modulación de ondas son por amplitud o por frecuencia.

➤ **RECEPTORES:**

Actualmente, existen más de 100 modelos de receptores en el mercado civil GPS para diferentes propósitos: navegación, topografía, geodesia, transferencia de tiempo, ubicación automática de vehículos, etc. Estos tienen diferentes características técnicas y de tecnología.

Una antena omnidireccional recibe las señales de los satélites que se hallan sobre la línea del horizonte, para luego ser preamplificadas y ser enviadas a la sección de radio frecuencia. En general, casi todas las antenas

del mercado son del tipo "microstrip". La construcción de las antenas tiene un punto clave que es la sensibilidad del baricentro eléctrico o centro de fases de antena. Este defecto se suele solucionar orientando todas las antenas en la misma dirección.

Después que la señal ingresa desde la antena, se efectúa una discriminación de extracción del código C/A.

Las señales que ingresan son generalmente asignadas a canales independientes de recepción para cada satélite.

Los elementos básicos de la sección de radio frecuencia son osciladores que generan la frecuencia de referencia, filtros para eliminar frecuencias indeseadas y mezcladores. Estos osciladores son sincronizados constantemente con la medición a un cuarto satélite.

✓ **Memoria de almacenamiento:**

Según el tipo de receptor GPS, dispondrá o no, de memoria para almacenamiento de datos. Existen los siguientes casos:

- Navegadores de mano que almacenan puntos de ruta.
- Navegadores de mano que almacenan puntos de ruta y recorridos con posterior descarga a PC.
- Receptores topográficos submétricos con capacidad de memoria interna de no más de 2 horas.
- Receptores topográficos submétricos con capacidad de memoria interna superior a las 12 horas.
- Receptores geodésicos con memoria RAM interna.
- Receptores geodésicos con memoria de tarjetas removibles.

En general, los tipos de memoria interna son del tipo RAM, de uso fundamental cuando se requiere la colección de información para posterior visualización o procesamiento en ordenadores.

PRECISIÓN DEL GPS:

El GPS nos ayuda a saber más o menos dónde estamos pero para localizar un dispositivo concreto necesitamos una precisión mayor. La limitante en la precisión nos la da el poder de cómputo de los receptores.

- ♦ Mediante el método **Wide Area Augmentation System (WAAS)** se mejora la localización de un dispositivo de 100 metros a 7 metros. Este método está basado en 25 estaciones de referencia en Estados Unidos. Dichas estaciones calculan constantemente una lista de todos los satélites que están visibles en ése momento, una corrección exacta del computo del rango o distancia de cada satélite y una referencia de tiempo de cada corrección. Éstos cómputos son transmitidos a la central WAAS, quien los analiza y los compara unos con otros para determinar su validez e integridad. La central WAAS manda a un satélite geoestacionario ésta información que entonces es propagada a todos los receptores del área de servicio del satélite geoestacionario. Con ésta corrección ya predeterminada, los receptores de GPS la pueden usar para mejorar su localización.

La precisión del GPS depende de dos parámetros: de la exactitud en la determinación de las pseudodistancias y de la geometría de los satélites.

El sistema GPS es inherentemente menos preciso en el plano vertical que en el horizontal (limitaciones en la geometría de los satélites). Como regla general, el error vertical es 1,5 veces mayor que el error horizontal. Además los GPSs dan la altura no referida sobre el nivel del mar, sino sobre la del elipsoide o el geoide.

Los fabricantes dicen que la precisión que se obtiene, en las mejores condiciones, es de 15 metros, mientras que la experiencia en el campo sugiere que la precisión es aun mayor, unos 8-10m en el plano horizontal (en el 95% del tiempo).

- ♦ Otro método que permite mejorar la precisión es el **DPGS (GPS diferencial)**. Éste método se construyó principalmente por la introducción de la disponibilidad selectiva. Es un sistema a través del cual se intenta mejorar la precisión obtenida a partir del sistema GPS. El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual, o de forma muy similar, a los receptores situados próximos entre sí. Si suponemos que un receptor basándose en otras técnicas conoce muy bien su posición, si éste receptor recibe la posición dada por el sistema GPS, será capaz de estimar los errores producidos. Con éste método DPGS se pueden corregir en parte los errores debidos a la disponibilidad selectiva, a la propagación por la ionosfera-troposfera, a los errores en la posición del satélite y a los errores producidos por errores en el reloj del satélite. En cuanto a esto

último el programa interno de los receptores GPS desarrolla complejas ecuaciones para conseguir ajustar la hora del receptor.

La hora exacta en la que se emitió la señal y la situación precisa del satélite en el espacio nos la da las ondas repletas de información llamadas **Efemérides**.

Éste ajuste pretende hacer coherente la hora de salida de las señales con la de la recepción y la hora para que el tiempo que tardan las señales en recorrer las distancias que se calculan tengan sentido. Tras realizar éste ajuste de hora habrá adquirido una hora perfecta, sabrá a qué distancia exacta estarán los satélites e indirectamente habrá corregido los errores porque estima que todos los satélites erran más o menos igual. De ésta forma la triangulación estará hecha y tendremos la posición.

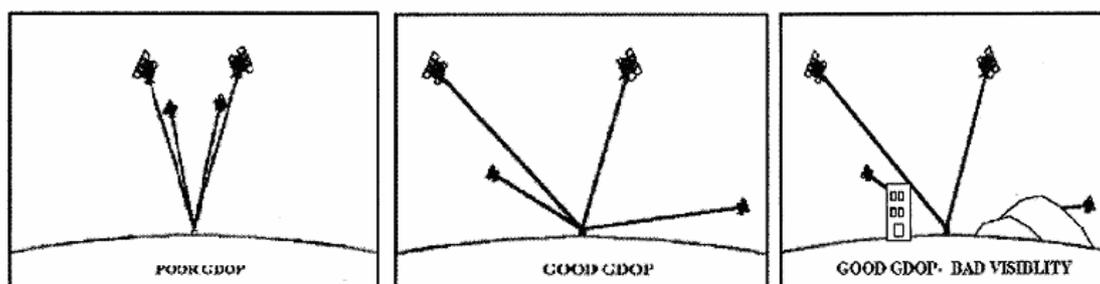
En cuanto a los mensajes que se envían a los receptores próximos se pueden incluir **dos tipos de correcciones**, una corrección directamente aplicada a la posición; esto tiene el inconveniente de que tanto el usuario como la estación monitora deben emplear los mismos satélites, pues las correcciones se basan en esos mismos satélites, y una corrección aplicada a las pseudodistancias de cada uno de los satélites visibles, ésta corrección es más flexible. Junto con el mensaje que se envía de correcciones también se envía el tiempo de validez de las correcciones y sus tendencias. Por tanto, el receptor deberá hacer algún tipo de interpolación para corregir los errores producidos.

- ◆ Se están desarrollando **sistemas WADGPS** que son DGPS de área amplia, de gran cobertura, formados por varias estaciones monitoras DGPS cuyas áreas de cobertura están superpuestas y también otras técnicas para lograr exactitud topográfica y geodésica, conocidas como técnicas diferenciales o métodos de posicionamiento relativo. Esto es, que es posible conocer con gran exactitud las diferencias de coordenadas entre dos o más receptores. Mediante el uso de éstas técnicas, se pueden lograr precisiones menores a 1 m, y dependiendo del tipo de procesamiento y equipo se puede llegar a precisiones del cm, incluso de mm.

FUENTES DE ERROR

Existen varias fuentes de error que se deben tener en cuenta al momento de trabajar con GPS y así poder obtener los mejores resultados. El error del NAVSTAR-GPS se expresa como el producto de dos magnitudes, a saber:

- **UERE:** es el error equivalente en distancia al usuario, se define como un vector sobre la línea vista entre el satélite y el usuario resultado de proyectar sobre ellos todos los errores del sistema.
 - Este error es equivalente para todos los satélites.
 - Se trata de un error cuadrático medio.
- **DOP** (dilución de la precisión): 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 estén 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.
 -
 - **PDOP** (Position DOP), incertidumbre en la posición debido únicamente a la posición geométrica de los satélites.
 - **HDOP** (Horizontal DOP), incertidumbre en la posición horizontal que se nos da del usuario.
 - **VDOP** (Vertical DOP) , suministra una información sobre la incertidumbre en la posición vertical del usuario.



Las principales fuentes de error son las siguientes:

1. Error en el cálculo de la posición de los satélites: los satélites se desvían de las orbitas calculadas por diferentes razones, entre estas podemos citar:

- Por la variación del campo gravitatorio.
- Debido a variaciones en la presión de la radiación solar.
- Debido a fricciones 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 esta fuente de error se han construido varios algoritmos basados en datos experimentales, 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.

2. Errores debidos a inestabilidades del reloj de satélite

Los satélites emplean relojes atómicos muy precisos, pero con el paso del tiempo pueden presentar alguna deriva. 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.

3. Errores inherentes al medio de propagación

Estos errores son los de refracción ionosférica y troposférica. La ionosfera es una de las capas de la atmósfera y se extiende hasta unos 1000 km de la superficie terrestre. Evidentemente las ondas GPS deben atravesar esta capa cargada de iones y los observables GPS sufren una refracción. Dicha refracción se traduce en un atraso de los códigos y un adelanto de la misma magnitud en la fase o portadora GPS, dependiendo de la cantidad de iones/m³ y la actividad o perturbación ionosférica en dicho momento. Este error afecta a las mediciones geodésicas y tiene su mayor influencia cuando un receptor

GPS se halla a más de 20 km de la base de referencia, durante períodos de actividad solar y durante horas diurnas que la ionosfera es activada por efecto del Sol.

4. Errores relacionados con el receptor

Entre los más importantes se hallan, el desvío y error de reloj y la variación del centro de fase de antena. El baricentro eléctrico de la antena, o centro de fase de antena es el punto en el cual se efectúa la determinación de coordenada y generalmente no coincide con el baricentro geométrico de la antena. A medida que los satélites se desplazan, en el tiempo, el baricentro eléctrico sufre variaciones y desplazamientos que deberían ser considerados al procesar los observables GPS.

Se construyen y calibran de igual manera todas las antenas de tal forma que si todas se orientasen de igual manera este error sistemático se compensa directamente. Por ello, casi toda las antenas geodésicas incorporan una brújula a una marca de posición, para que los operarios de terreno oriente todas las antenas en la misma dirección.

5. Error inducido intencionalmente: disponibilidad selectiva (S/A)

Este error se presenta únicamente en el sistema NAVSTAR Estadounidense. Los errores de efemérides, no se deben confundir con la Disponibilidad Selectiva , ya que esta última es colocada intencionalmente por el Departamento de Defensa Norteamericano (DoD). El DoD, posee la habilidad de aumentar o disminuir este error para diferentes satélites.

La forma que se impone es, alterando el tiempo (Dither) y las efemérides (Epsilon) para introducir errores en posición de hasta 70 metros.

6. Errores manejables por el usuario

-Multipath (multitrayectoria)

La señal emitida por satélites GPS no es afectada por fenómenos meteorológicos como lluvia, nieve, nubes, etc. Pero si es cierto que la señal no puede atravesar algunos materiales sólidos, por lo tanto estos materiales como superficies metálicas, edificios, el mismo suelo, reflejan la señal.

La señal de un satélite llega a la antena por diferentes caminos. La antena debería recibir las señales directamente del satélite, ya que el

principio de medición consiste en determinar la distancia satélite receptor. Sin embargo, la antena puede recibir señales que se han reflejado sobre alguna superficie generando un error.

Se pueden eliminar las señales multipath mediante una antena que tome ventaja de la polarización de la señal. Algunas antenas geodésicas llevan un plato de aluminio para apantallar las señales reflejadas en el suelo.

Este efecto es muy difícil de eliminar totalmente.

-Puesta en estación

Los cuidados al momento de instalara la antena sobre el punto a medir, básicamente son los siguientes:

- Se debe realizar un correcto centrado de la antena sobre el punto.
 - Medir la altura de la antena al inicio de la sesión y al finalizar, para verificar que no se halla movido la misma y que las lecturas de altura tomadas sean correctas.
 - Seleccionar las estaciones en lugares con la mínima obstrucción posible y evitar superficies que provoquen efecto multitrayectoria.
- Todos estos errores se corrigen a través de diferentes modelos que son transmitidos en el mensaje de navegación a los usuarios.

APLICACIONES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Algunas de las aplicaciones más importantes del GPS son las siguientes:

- **APLICACIONES EN LA NAVEGACIÓN**
Navegación marítima

Su implantación ha sido muy rápido. Se piensa que en poco tiempo toda la navegación marítima se basará en GPS. El coste del sistema GPS es bajo y lo puede usar cualquier embarcación.

Navegación terrestre

En este caso hay dos mercados principales:

·Automóviles.

Integran el GPS y sistemas gráficos avanzados para proporcionar un sistema de guiado desde un punto de una ciudad a otro evitando atascos...

·Receptores personales.

- ★ Útiles si te pierdes y tienes (o no) un mapa.
- ★ Puedes guiarte hacia un lugar determinado.
- ★ Puedes saber a qué velocidad andas o corres.
- ★ Sabrás la distancia que has o estás recorriendo.
- ★ Puedes localizar tus sitios favoritos de pesca o caza.
- ★ Indicar donde está una planta endémica .
- ★ Te ayudará a aprender algo de cartografía.

La gran implantación de este sistema se debe al bajo coste de los receptores. En la actualidad, se emplea en aplicaciones profesionales: transportes internacionales, redes de autobuses, policía, ambulancias...

También estamos viendo 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, la pendiente de una rampa de un puerto...

Navegación aérea

Debido a su mayor complejidad técnica su proceso de instalación ha sido más lento. Se están instalando en áreas de bajo tráfico, ya que su uso no está justificado si tenemos en cuenta que ya existe el RADAR.

• APLICACIONES MILITARES

Se emplea en la navegación militar (aeronaves, vehículos terrestres, barcos...)

Una de las aplicaciones es guiado de misiles.

Constituye una revolución para los sistemas militares, se usa para el posicionamiento de las tropas...

• CIENCIAS GEOGRÁFICAS

Permite situar puntos con gran precisión.

Se pueden construir mapas geográficos mucho más precisos, mejorando los que había hasta ahora.

- **OTRAS APLICACIONES**

Sincronización, pues el GPS ofrece una referencia temporal muy exacta. Lo usan algunos sistemas de transmisión... Para conseguir la referencia temporal sólo se necesita un satélite, es muy barato.

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

LIMITACIONES DEL GPS

Lo más importante es la dependencia de un único país EE.UU. Concretamente del DoD (departamento de defensa). Cuando ellos quieran pueden eliminar el uso por parte de los civiles del sistema.

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...

DICCIONARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL GPS

✚ **Cola de Track:** indica el número de puntos de track totales que se representan en la pantalla de OziExplorer cuando estamos en el modo Mapa móvil.

✚ **Datum:** modelo matemático que permite la representación de un punto en un mapa. El concepto es complicado. Uno de los aspectos más relevantes que debería tener en consideración un usuario de GPS's, es el hecho de que una misma posición real, contendrá valores de coordenadas diferentes si se expresan en dos datum diferentes.

✚ **ED50:** nombre abreviado que recibe el datum European 50.

✚ **ETA:** *Estimated Time of Arrival*. Tiempo estimado de llegada a nuestro siguiente Waypoint de la ruta. Nos indica la hora a la que llegaremos considerando nuestra velocidad y rumbo actuales.

- ✚ **ETE:** *Estimated Time Enroute*. Tiempo Estimado que queda por llegar el Waypoints de nuestro destino, o al siguiente Waypoint de nuestra ruta considerando nuestra velocidad y rumbo.
- ✚ **EVT:** Extensión específica de los Archivos de Eventos creados y usados por OziExplorer
- ✚ **FLT:** extensión específica de los Archivos de Ajuste de Filtrado de Track creados y usados por OziExplorer.
- ✚ **GOTO:** función específica de los receptores GPS que te permite navegar hacia un waypoint determinado y seleccionado por el usuario
- ✚ **Mápa Móvil:** modo de trabajo en que observaremos nuestra posición, en tiempo real, sobre un mapa. La función de Mapa Móvil se basa en la lectura e interpretación de las sentencias NMEA emitidas por un receptor GPS
- ✚ **MOB:** acrónimo del inglés Man Over Board, u Hombre al Agua. Se trata de una función específica presente en algunos receptores Garmin que permite crear de forma instantánea un waypoint con el nombre MOB, de forma que se activa al mismo tiempo la navegación dirigida hacia ese waypoint.
- ✚ **Modo GRMN:** Se trata de un modo en el que puede ajustarse la interfase de comunicaciones de los equipos Garmin. El GPS debe estar en este modo para que tenga lugar el intercambio de waypoints, tracks, rutas, posición, fecha, hora, almanaque entre el GPS y nuestro PC. Además, este es el modo que debe usarse cuando pretendemos actualizar el "firmware" (programa interno) de nuestros receptores Garmin.
- ✚ **Modo NMEA:** se trata de un modo en el que puede ajustarse la interfase de comunicaciones de todos los receptores que permite la emisión de las llamadas sentencias NMEA.
- ✚ **MGRS:** Military Grid Reference System, Se trata de un sistema de coordenadas rectangulares que forma parte del sistema UTM usado por los militares, que define las distintas zonas por pares de letras que definen cuadrados de 10 km de lado.

- ✚ **NMEA:** acrónimo de National Maritime Electronic Association. Se trata de una organización que estableció un lenguaje estándar inicialmente diseñado para comunicar aparatos electrónicos en aplicaciones marítimas que son útiles para la navegación. El código NMEA se ha extendido en otros equipos, como aerógrafos, brújulas, sonar de profundidad, etc. En las sentencias NMEA se indica la fecha, hora, rumbo, velocidad, posición actual, waypoint de destino, altura, etc.
- ✚ **Northing:** valor de la coordenadas Y o en el eje norte-sur. Cuando se aplica en un sistema de cuadrícula UTM, este valor está expresado en metros. En el hemisferio Norte, el valor de Northing representa la distancia en metros de una posición cualquiera al Ecuador. En el hemisferio Sur, el valor de Northing representa la distancia desde una posición determinada al origen de la zona UTM, localizada en el paralelo 80° Sur.
- ✚ **Objeto:** para el caso concreto de OziExplorer se trata de un Waypoint, Punto de Track, Punto, elemento o comentario del mapa, que puede dibujarse en un mapa y manipularse con el ratón.
- ✚ **OZF, OZF2:** formatos gráficos creados expresamente por el autor de OziExplorer para su uso con la versión de OziExplorer para equipos con WindowsCE. Ahora también se pueden usar desde las últimas versiones del programa para PC.
- ✚ **OziExplorerCE:** se trata de un programa complementario de OziExplorer que funciona en los miniordenadores con el sistema operativo WindowsCE. Permite fundamentalmente realizar funciones de Mapa Móvil con estos equipos. Este programa depende de los archivos de Mapas (*.map) creados por la versión de OziExplorer para PC para su funcionamiento.
- ✚ **OziMC:** se trata de un programa independiente pero complementario de OziExplorer que permite la creación y edición de mapas vectoriales para su uso con los receptores Lowrance y Eagle compatibles, en combinación con el programa MapCreate.
- ✚ **Paginación de memoria (aplicado a la carga de mapas):** técnica que consiste en leer sólo la porción del mapa que se necesita presentar en la pantalla. En oposición a esta técnica, los mapas deben cargarse

completos en la memoria, lo que podría hacer disminuir drásticamente los recursos del ordenador. La paginación de memoria acelera la presentación de los mapas en la memoria, porque sólo se lee del disco la parte del mapa que se necesita representar.

- ✚ **PLT:** extensión específica de los archivos de track creados y usados por OziExplorer
- ✚ **PNT:** extensión específica de los Archivos de Puntos creados y usados por OziExplorer
- ✚ **Punto de Track:** cualquiera de los puntos que forma parte de un Track. Suele tener asociada unas coordenadas. Opcionalmente el valor de la altura y la fecha y hora de su creación.
- ✚ **Puntos:** para el caso concreto de OziExplorer, se trata de un objeto que tiene asociado unas coordenadas, un nombre, unas descripciones y una figura geométrica (círculo, triángulo). Han sido creadas a propósito para permitir el uso y la manipulación de rótulos con nombres que pueden usarse con MapCreate, o de los POI's exclusivos de los equipos Magellans.
- ✚ **PVT:** acronimo de *Posición, Velocidad, Tiempo*. Se trata de un formato propio y exclusivo de los Garmins que permite el uso del modo Mapa Móvil.
- ✚ **Radio de Proximidad:** no confundir con Distancia de Proximidad. El Radio de Proximidad se define en la Configuración de la Navegación, y se trata de una distancia definida por el usuario que es interpretada por OziExplorer como la distancia a **todos y cada uno** de los waypoints que conforman una ruta en la que si penetramos, se activa el siguiente tramo y waypoint de la ruta.
- ✚ **Ruta:** sucesión de Waypoints que definen un camino. Los GPS's pueden navegar hacia una ruta, dirigiéndose desde el primer waypoint (punto de origen) hasta el último (destino) de una forma ordenada, pasando por todos y cada uno de los waypoints que la constituyen.
- ✚ **SIG:** acrónimo de Sistemas de Información Geográfica. Se trata de un sistema de programas en el que se pueden asociar mapas a una

serie de bases de datos con el que se pueden hacer estudios de poblaciones, de mercado, etc.

- ✚ **Track:** camino, sendero, rastro, estela. El significado de track es tan amplio en el mundo del GPS que no hay una palabra adecuada en español que la pueda sustituir. Hace referencia al mismo tiempo al rastro o estela del camino por el que hemos ido navegando, como al camino o sendero que podemos diseñar en previsión de un viaje inmediato o futuro.
- ✚ **TrackBack:** función específica que realizan los receptores Garmin, en la que un Track se convierte de forma automática en una ruta.
- ✚ **Tramo (de ruta):** se trata de una línea imaginaria que separa en línea recta dos waypoints que forman parte de una ruta.
- ✚ **UPS:** Universal Polar Stereographic. Se trata de un sistema de cuadrícula rectangular que se usa para cubrir la Tierra en los Polos Norte y Sur (por encima de los 84° Norte y por debajo de los 80° Sur, que son zonas no cubiertas por el sistema UTM).
- ✚ **UTM:** Universal Transverse Mercator. Se trata de un sistema de cuadrícula rectangular que cubre la Tierra desde la latitud 80° Sur a la latitud 84° Norte.
- ✚ **Waypoint:** posición discreta que está referida por unas coordenadas, y está identificada por un nombre. En algunos receptores, un waypoint está además asociado a un icono gráfico y a un comentario. En otros, se le puede asociar además una fecha y la altura. También podría definirse como una representación de un punto de la Tierra que se puede almacenar en un receptor GPS en la forma de unas coordenadas geográficas precisas.
- ✚ **Waypoint+:** se trata del nombre de un conocido programa gratuito, disponible en Internet, que se usa para el intercambio de datos entre los receptores GPS y un ordenador PC. Crea y usa archivos con un formato propio.
- ✚ **XTE:** *Cross Talking Error*. Si desde el Waypoint 1 al Waypoint 2 trazamos una recta, este sería el rumbo que definiría la ruta más corta entre ambos waypoints. El valor del XTE es cero si nos

mantenemos en dicha línea conforme vamos avanzando. Pero si nos desviamos de dicha línea imaginaria (rumbo ideal hacia la izquierda o derecha), nos desviamos en un valor correspondiente al XTE, que es la longitud de la línea perpendicular que trazaríamos desde nuestra posición actual a la línea del rumbo ideal.

OziExplorer es un programa interactivo que usa mapas de imágenes convencionales y algunos en formatos vectoriales, que permite planificar viajes, realizar funciones de Mapa Móvil, permite al usuario crear y añadir Waypoints, Rutas y Tracks en un Mapa con sólo hacer "clicks" sobre él. Además permite intercambiar este tipo de información con los receptores GPS y un ordenador PC. Esta información puede ser compartida por usuarios que poseen diferentes marcas de receptores

Características

- Puedes calibrar las imágenes de tus propios mapas obtenidas con un escáner. Puedes usar hasta 9 puntos de calibración que permiten corregir pequeños defectos en el mapa.
- Usa mapas en varios formatos comercializados en forma digital, como los mapas de la Junta de Andalucía y del Instituto Cartográfico de Cataluña en España, y los mapas y cartas BSB, Maptech, USGS DRG, etc.
- Soporte directo y completo para la mayoría de los receptores Lowrance/Eagle, Garmin, Magellan, Brunton/Silva y MLR, tanto para la carga como la descarga de Waypoints, Rutas y Tracks.
- Soporta la carga y descarga de Eventos en los receptores GPS Lowrance/Eagle GPS.
- Compatible con la mayor parte de los formatos gráficos de imágenes de mapas: TIF, JPG, BMP, PNG, ECW, SID.
- Crea Tracks y Rutas sobre el mapa, y los carga en los modelos más comunes de receptores GPS.
- Permite crear elementos permanentes en el mapa. Situa símbolos y comentarios sobre él.
- Más de 100 datums soportados; 10 pueden ser creados por el usuario. Compatible con numerosos tipos de proyecciones.

- Soporta numerosos sistemas de cuadrículas (UTM, BNG, IG, Suiza, Sueca, NZG + otras) que pueden incluso ser dibujadas en el mapa y ser impresas.
- Imprime Mapas, y Listas de Waypoints, Rutas, etc.
- Crea Perfiles de Altura y Velocidad de tus tracks
- Tiene asociada potentes motores de búsquedas de mapas y de bases de datos con nombres.
- Puedes ver representado tu colección de mapas en un Mapa Índice.
- Te permite navegar con un Piloto Automático (aún experimental)

RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

En nuestra práctica tuvimos que localizar un punto ya memorizado en el receptor GPS (waypoint). Partiendo desde el Aulario y siguiendo las indicaciones de dirección y distancia restante hasta el punto que nos indicaba nuestro receptor llegamos hasta una localización situada en la fuente cercana al teatro al aire libre. Sin embargo es importante decir que no era ese el punto al que deberíamos haber llegado, sino que se trataba del edificio C6. Este error de aproximadamente 500 m se debía a un fallo en la configuración del programa informático OZI explorer.

Después tuvimos que calcular mediante el GPS el área del aparcamiento del edificio C6 del Campus Rabanales. Para ello marcamos un waypoint con el punto de inicio y otro con el punto final obteniendo así un recorrido cerrado. A continuación guardamos los puntos y pulsamos la opción track. Mediante el programa OZI explorer pudimos visualizar nuestro recorrido sobre el mapa de Rabanales y con una función que nos ofrece dicho programa calculamos el área, obteniendo un valor de 4448 m².

Los mapas de los waypoints vistos en prácticas y del recorrido que nosotros hicimos se incluyen al final.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery
- ✓ <http://personal.redestb.es/jatienza/gps/index.hmt>
- ✓ www.geocities.com/txmetsb/index.htm

- ✓ www.nautigalia.com/gps
- ✓ www.powerup.com.au/~oziexp_esp.html
- ✓ www.artemediacompany.com/brujula/glosario/definicion/g/gps.html
- ✓ Apuntes de clase