



Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social
Pacífico Sur
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica
y Percepción Remota



SISTEMA DE CAPTURA Y ACTUALIZACIÓN DE DATOS GEOGRÁFICOS CON GEOPOSICIONADOR



Rubén Langlé Campos¹

SISTEMA DE CAPTURA Y ACTUALIZACIÓN DE DATOS GEOGRÁFICOS CON GEOPOSICIONADOR

La información cartográfica en cualquier disciplina de la investigación requiere ser complementada y actualizada por medio de tecnologías que permitan capturar en campo la información que no esté en la cartografía disponible, para que los análisis reflejen la información más actualizada.

La tecnología de los sistemas GPS/SIG, (Global Positioning System/Geographic Information System) permiten obtener la posición de los elementos geográficos y capturar su base de datos asociada de acuerdo a nuestras necesidades, convirtiéndose en una herramienta práctica y precisa para llevar a cabo las tareas concernientes al mantenimiento de datos de un Sistema de Información Geográfica.

A manera de subsistema se debe preparar la captura y actualización de datos geográficos, para localizar, actualizar y/o capturar información en campo donde:

- Incorporaremos elementos de infraestructura, con su correspondiente base de datos asociada.
- Se complemente y actualice la información cartográfica contenida en los archivos digitales previamente adquiridos.
- Se realice un levantamiento de datos en campo de nuevas unidades con el objeto de incorporarlas al sistema.
- Levantamiento en campo, de cualquier punto geográfico y de sus zonas de influencia, que resulte de interés para el desarrollo de labores de planeación, administración, operación, mantenimiento y sustentabilidad de los recursos.

El sistema debe ser capaz de permitirnos capturar y/o actualizar información directamente en campo, a partir de elementos espaciales (puntos, líneas, polígonos e imágenes dentro de un sistema de coordenadas geográficas).

Es importante que el sistema de captura, almacenamiento y análisis cuente con las siguientes características:

1. Portátil.- El sistema debe ser capaz de permitir al usuario capturar y/o actualizar información, directamente en campo, a partir de elementos

¹ MVZ, MSc. Coordinador del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Unidad Pacífico Sur. Oaxaca, Oaxaca

espaciales (puntos líneas y polígonos dentro de un sistema de coordenadas geográficas).

2. Adaptable.- Debe trabajar en cualquier sistema operativo y ambiente para PC, por lo que el sistema deberá funcionar en una computadora, ya sea móvil o de escritorio.
3. Compatible.- El sistema de captura deberá ser compatible con cualquier software de SIG.
4. Escalable.- Debe estar desarrollado sobre una plataforma tal que, posterior a su implantación, se pueda personalizar la interface, para crear nuevos formularios, tanto de consulta como de captura.
5. Versátil.- Debe tener la capacidad, de intercambiar información entre los dispositivos de campo y el Sistema de Información Geográfica implementado.
6. Conectividad.- Debe soportar, por lo menos, los protocolos de comunicación TSIP y NMEA para conexión a otros dispositivos de recolección y/o actualización de datos en campo.

El Sistema debe permitir las siguientes capacidades; Levantamiento de elementos geográficos puntuales y lineales con su base de datos asociada, generación de la base de datos de acuerdo a las necesidades del usuario y su consulta tabular de datos.

La captura de datos debe estar sustentada en la comprensión del funcionamiento del receptor del cuyos principales componentes son:

- Tipos de receptores y métodos

Una de las maneras más utilizadas para capturar información geográfica e incorporarla a un GIS lo constituye el sistema GPS. Se trata de un sistema que permite calcular las coordenadas de cualquier punto de la superficie terrestre a partir de la recepción de señales emitidas desde una constelación de satélites en órbita. Básicamente, su principal funcionalidad es que permite al usuario conocer, mediante un receptor, su posición en cualquier parte del planeta.

Los diferentes métodos e instrumentos existentes condicionan la precisión de las mediciones realizadas, existiendo un amplio abanico de posibilidades en cuanto a resolución.

- Segmentos y componentes del GPS

El fundamento del sistema GPS consiste en la recepción de entre cuatro y ocho señales de radio de otros tantos satélites de los cuales se conoce de forma muy exacta su posición orbital con respecto a la tierra; a la vez, se conoce muy bien el tiempo que han tardado las señales en recorrer el camino entre el satélite y el

receptor. Conociendo la posición de los satélites, la velocidad de propagación de sus señales y el tiempo empleado en recorrer el camino hasta el usuario, por trilateración se puede establecer la posición en términos absolutos del receptor.

Para entender el sistema GPS se hace necesario conocer los elementos que lo forman. Dentro del sistema GPS existen tres conjuntos de componentes denominados segmentos: el Espacial, el de Control y el de Usuario.

- Segmento espacial

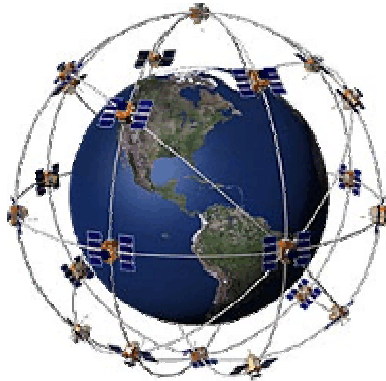
El Segmento Espacial está constituido por los satélites que soportan el sistema y las señales de radio que emiten. Estos satélites conforman la llamada constelación NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), constituida por 24 satélites operativos, mantenidos por la fuerza aérea estadounidense. No hay que olvidar, que el origen de este sistema es militar y su financiación corre íntegramente a cargo del gobierno de los Estados Unidos.

Existe también una versión rusa del sistema de posicionamiento global. (Constelación Glonass) . Esta constelación incompleta de satélites Glonass sólo se usa ocasionalmente como complemento al sistema GPS norteamericano en algunas aplicaciones de precisión.

Por otro lado, también existe en proyecto una versión europea liderado por la Agencia Espacial Europea, el Proyecto Galileo.

En medio de este escenario, el único sistema de posicionamiento global totalmente operativo al día de hoy es el norteamericano, con varias generaciones de satélites ya en órbita y funcionando, y con otra nueva generación de aparatos actualmente en fase de desarrollo que prometen mejorar considerablemente las prestaciones actuales.

Los 24 satélites de la constelación NAVSTAR, circundan la tierra en órbitas a una altura alrededor de los 20.200 km de la superficie (puede ser algo más o algo menos, dependiendo del satélite) y distribuidos de tal manera que en cada punto de la superficie terrestre se tiene posibilidad de leer la señal de al menos cuatro satélites. Esto es muy importante, porque se necesitan al menos cuatro satélites para conocer la posición del observador, y que estos se dispongan con un ángulo de elevación sobre el horizonte superior a 15°, no obstante, casi siempre son más de cuatro los satélites 'visibles'.



Los satélites envían señales en la región de radio del espectro electromagnético. La señal en sí es muy compleja. Está formada por varios componentes que se estructuran sobre una señal principal con frecuencia de 10,23 MHz. A partir de esta señal principal y derivada de ella, se producen los componentes principales de la señal: las portadoras (carriers) que se emiten en la banda L del espectro (definida por el rango que va de los 390 MHz a los 1,550 MHz). La banda L del espectro es la que presenta mejor transparencia atmosférica, lo cual es muy importante para la precisión del sistema.

Las dos frecuencias portadoras (carriers) son denominadas L1 (1.575'42 MHz) y L2 (1.227'60 MHz). El empleo de dos frecuencias distintas se debe a que la atmósfera proporciona un cierto retardo en la propagación de las ondas, siendo este retardo función de la frecuencia. Al utilizar dos frecuencias distintas se puede conocer ese retardo y compensarlo en consecuencia.

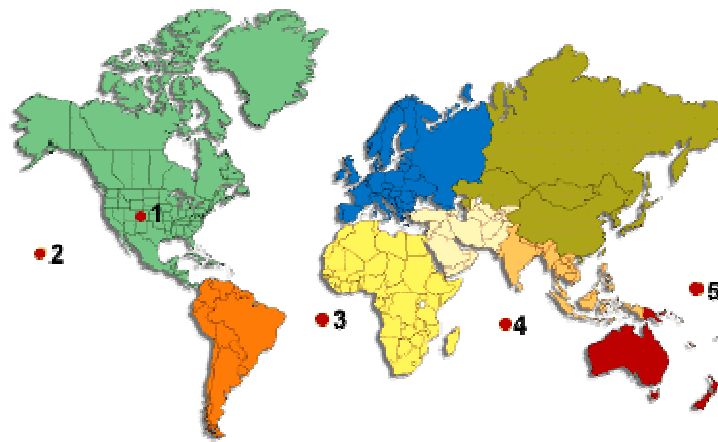
Sobre las dos portadoras se insertan por modulación varios códigos cifrados que rigen el funcionamiento del sistema. Estos códigos transportan en código binario la información necesaria para el cálculo de las posiciones. El más básico es el código C/A (Coarse/Acquisition), que va dentro de la señal L1 mediante modulación. Este código es leído por todos los receptores (incluidos los navegadores más sencillos). Otro código modulado sobre el conjunto de la L1 y la L2 es el denominado P (Precise), que permite la precisión del sistema y en la velocidad de medición. En función del número de observables que un receptor es capaz de leer y analizar va el costo económico del mismo; por ejemplo, un receptor que sólo lee código C/A es mucho más barato que un bifrecuencia de código P.

Al ser un sistema nacido de la investigación militar y con una importancia geoestratégica obvia, el gobierno de los Estados Unidos degradaba la señal intencionadamente para que los receptores civiles tuvieran un error mínimo intencionado que hiciera inapropiado su uso para aplicaciones militares. Era lo que se llamaba la Disposición Selectiva (Selective Availability) que condicionaba las lecturas a un error mínimo de 100 m. a través de la modificación de los datos de tiempo del satélite (reportados por los relojes atómicos a bordo) y alterando las efemérides de los satélites. En el 2001, se decidió eliminar esta fuente de error

intencionada, dada la importancia económica que estaba tomando el GPS; a partir de ese momento, la precisión del sistema se mejora notablemente.

- Segmento de control

El segmento de control son todas las infraestructuras en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites, mantenidas por la fuerza aérea estadounidense. Dichas infraestructuras tienen coordenadas terrestres de muy alta precisión y consisten en cinco grupos de instalaciones repartidas por todo el planeta, para tener un control homogéneo de toda la constelación de satélites.



Estas infraestructuras realizan un seguimiento continuo de los satélites que pasan por su región del cielo, acumulando los datos necesarios para el cálculo preciso de sus órbitas. A las predicciones de las órbitas de los satélites para el futuro se les conoce con el nombre de Almanagues, cuyo cálculo depende también del segmento de control.

Sin embargo, aunque muy predecibles, las órbitas también tienen una degradación debido a una serie de factores: desigual densidad de la gravedad terrestre, mareas gravitatorias provocadas por el alineamiento de la luna y los planetas, viento solar, etc. Todos estos factores conllevan pequeñas degradaciones sobre las órbitas que hay que tener en cuenta para que el sistema GPS sea preciso. Por ello, aquellas estaciones del segmento de control que están dotadas de antenas de referencia tienen también la función de subir a los satélites las correcciones de órbita para sus sistemas de navegación.

Dichas correcciones son transmitidas en la banda S, y una vez recibidas por cada satélite son incorporadas a los mensajes de navegación que el satélite emite para ser captados por el receptor del usuario. A estas órbitas recalculadas con los datos de corrección (suministrados por las estaciones de tierra) y su información de tiempo se les denomina efemérides.

- Segmento del usuario

El segmento del usuario está constituido por el hardware (equipos de recepción) y el software que se utilizan para captar y procesar las señales de los satélites. Es quizá la parte que más nos interesa a nosotros como usuarios del sistema GPS, puesto que del tipo de instrumental y métodos utilizados depende la precisión alcanzada.

El tipo de receptores va unido íntimamente al tipo de método elegido para la medición, y a su vez a la naturaleza de la aplicación que queramos realizar. Así, carece de sentido utilizar un receptor avanzado de doble frecuencia si no es en combinación con un método relativo, pues de no ser así estaríamos utilizando un equipo que puede valer mucho dinero para conseguir la misma precisión que un lector de mas barato. Por ello, equipos, métodos y aplicaciones son indisolubles para el especialista.

Tipos principales de receptores

Utilizando una caracterización en función de las aplicaciones a las que se destine se pueden destacar los siguientes tipos de receptores:

- Navegadores convencionales

Los navegadores son los tipos de receptor GPS más extendidos, dado su bajo costo y multiplicidad de aplicaciones. Consisten en receptores capaces de leer el código C/A, que pueden tener incluso capacidad para leer señales diferenciales vía radio o conexión software y también capacidad para representar cartografía sencilla en una pantalla de cristal líquido.

Permiten conocer las coordenadas en varios formatos y conversión de baja precisión a datum locales desde WGS84 (el sistema geodésico de referencia en GPS). También permiten la navegación asistida con indicación de rumbos, direcciones y señales audibles de llegada en rutas definidas por el usuario a través de puntos de referencia (waypoints). Sus precisiones pueden ir de los 25 a los 7 m en planimetría (sin Disposición Selectiva), y un error de al menos 16 m en altimetría, dependiendo de la visibilidad de satélites y de la geometría que presenten los mismos. En aplicaciones de SIG, pueden ser utilizados para referenciar puntos a representar sobre cartografías pequeñas-medias, pero generalmente no son muy aptos porque no permiten trabajar con bases de datos geográficas definidas por el usuario ni permiten un almacenamiento de datos alfanuméricos personalizado.

A cambio, presentan la ventaja de que el usuario no tiene que tener ninguna formación específica para su manejo.

- Receptores de c/a avanzados

Son receptores que además de analizar el código C/A disponen de lectura (con ciertas limitaciones) de la fase portadora L1.

Estos receptores permiten el uso de metodologías diferenciales, en ocasiones bajo la forma de suscripciones a servicios vía satélite como consiguiendo bajo esta metodología precisiones en torno a 1 m. en tiempo real.

Son muy aptos para aplicaciones SIG porque aparte de permitir una precisión compatible con la mayoría de las escalas usadas en SIG (siempre que se usen técnicas diferenciales), permiten el manejo de bases de datos geográficas realizadas por el usuario.

Con este tipo de receptores, conectados con ordenadores portátiles y otros dispositivos móviles, es posible tanto capturar como replantear (ubicar coordenadas del plano en el terreno), con una precisión métrica. Ello es posible porque el DGPS vía satélite permite correcciones en tiempo real.

Los dispositivos móviles que se conectan a este tipo de receptores suelen ser PDAs (Personal Digital Assistant), corriendo programas específicos para este tipo de tareas, como ArcPAD de ESRI o Pocket GIS de Pocket Systems Ltd.

De esta forma, podemos llevar nuestras bases de datos al terreno y conocer nuestra posición en tiempo real, con una pantalla en color donde ver la cartografía y acceso a bases de datos asociadas. Es como llevar una versión reducida del SIG al terreno.

Principales tipos de métodos de GPS

- Método Absoluto

Es el utilizado por los navegadores más sencillos, en el cual el usuario no tiene que hacer prácticamente nada pues el navegador se encarga de sintonizar la señal de cada satélite, ajustar su reloj, computar las distancias y calcular la posición en consecuencia.

En función del tipo de receptor que dispongamos, este método tiene una precisión planimétrica entre 7 m y 25 m (sin Disposición Selectiva), dependiendo de la geometría de la constelación y de la calidad con que nos llegue la señal.

- Método Diferencial (DGPS):

Consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia sobre coordenadas conocidas. La idea básica para comprender el fundamento del DGPS es la utilización de receptores sobre puntos de

coordenadas muy bien conocidas; estos receptores (llamados estaciones de referencia), leen en todo momento las posiciones reportadas por sus observaciones GPS y las comparan con las posiciones teóricas de sus coordenadas conocidas.

En tiempo real, las estaciones de referencia transmiten las correcciones a realizar a los receptores del usuario, que también está leyendo directamente la señal GPS y que al vuelo coge dichas correcciones y las aplica a sus medidas, con lo cual se mejora notablemente la precisión del sistema.

La manera de obtener las mediciones diferenciales depende del lugar del mundo donde estemos. En los Estados Unidos, es fácil adquirir correcciones DGPS vía radio y con bastante calidad de forma gratuita. En algunos países de Europa también es aplicable esta metodología.

Otra manera de conseguir correcciones diferenciales es a través de la suscripción a un servicio de pago vía satélite. En este caso las correcciones vienen proporcionadas por satélites geoestacionarios cuya señal cubren casi todo el planeta. Servicios de este tipo son OmniStar o LandStar y dan servicio a casi cualquier país (salvo las zonas de latitudes muy altas).

Las precisiones obtenidas vía satélite nos dan una resolución sobre un metro y tienen la enorme ventaja de que las podemos recibir en cualquier sitio, sin necesidad de tener que cargar con una estación de referencia.

En aplicaciones de SIG, la solución DGPS junto con un servicio de pago por satélite es muy apropiada, pues nos permite cartografiar hasta escalas 1:5.000 y con servicio en tiempo real, con lo cual podemos interactuar con nuestras bases de datos geográficas y capturar información de forma fácil y sencilla.

- Método Relativo Estático:

Consiste en la utilización de un receptor base sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor sobre el punto a medir. Ninguno de los dos receptores se mueve durante los prolongados tiempos de medición.

Es un método utilizado en geodesia para medir a largas distancias y es hoy por hoy la manera más precisa de obtener coordenadas por GPS. Su precisión depende de los tiempos de medición y sobre todo el tipo de receptor empleado. Recordamos que este método se puede aplicar con receptores de fase de portadora L1 o con receptores de fase de portadoras en bifrecuencia (L1+L2). En el caso de receptores de doble frecuencia la precisión del sistema viene a ser de 5 mm + 1 ppm.

Las coordenadas medidas no son obtenidas por el usuario en el campo, sino que son calculadas en gabinete utilizando el software apropiado. Dicho software pone en relación las series de la estación (o estaciones de referencia) con las series de los receptores de medida. Como la estación de referencia ha estado ubicada en

un punto de coordenadas conocidas, se puede saber en cada momento de la medición qué error aproximado estaban induciendo los satélites; dicho error es compensado sobre la serie del receptor medidor.

La idea principal de este método es que las señales que han llegado hasta la estación base han recorrido prácticamente la misma región atmosférica que las señales que han llegado hasta el receptor medidor, con lo cual ambas señales han estado sometidas al mismo tipo de degradaciones (sobre todo por efecto de la ionosfera).

Los receptores de dos portadoras (L1 y L2) al utilizar dos frecuencias distintas permiten resolver mayor número de ambigüedades y dar mayor precisión; ello es así porque los retardos atmosféricos son función de la frecuencia de la señal, luego si utilizamos dos frecuencias distintas podemos tener más información acerca de qué retardos y degradaciones ha tenido la señal en su camino hasta nuestro receptor.

- Método Relativo Cinemático:

El método anterior puede que sea muy preciso, pero tiene un grave inconveniente: no conocemos las coordenadas corregidas en el momento en que estamos en el campo. Ello implica una serie de limitaciones de las cuales las más importantes son:

No podemos capturar elementos formados por un número muy elevado de puntos (por ejemplo, el trazado de una pista forestal o de toda una carretera).

No podemos replantear (llevar información plasmada en el plano al terreno)

No podemos interactuar en tiempo real con nuestras bases de datos geográficas.

En el caso de aplicaciones SIG en las cuales la precisión no es esencial y sin embargo sí lo es la captura de información y la interacción en tiempo real con bases de datos geográficas, este tipo de limitaciones son definitivas. Por eso, los métodos relativos estáticos son más propios del campo de la geodesia y la topografía que del campo del SIG.

Básicamente el principio es similar al relativo estático: el uso de una estación de referencia sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor medidor. La diferencia estriba en que este receptor medidor es ahora móvil, es decir, no permanece estático durante el tiempo de medición sino que cambia su posición.

Con este tipo de método ya se pueden capturar los trazados de elementos geoméricamente irregulares (carreteras, caminos, etc.), todo ello a cambio de una cierta disminución en la precisión general del sistema.

En este caso, con receptores geodésicos de fase de portadora L1 se pueden conseguir precisiones de 10 ppm con medición sobre al menos 5 satélites y para

distancias de la estación base inferiores a 3 km. Para receptores geodésicos de doble frecuencia, se consiguen precisiones de 5 mm + 1 ppm.

Sin embargo, en este caso las coordenadas corregidas tampoco las obtenemos en el momento de estar midiendo en el campo, sino que son calculadas en gabinete con postprocesado.

Para resolver este inconveniente (de vital importancia en el campo de las aplicaciones SIG), se han desarrollado métodos relativos en tiempo real. Ya veíamos anteriormente el modo diferencial DGPS, que permite operar con datos en tiempo real y que considerábamos muy apropiado para aplicaciones GIS.

En métodos de fase de portadora, también existen métodos de tiempo real y con mayor precisión. Hoy en día se puede llegar a trabajar con posiciones centimétricas en tiempo real, lo que hace muy apropiado este método para tareas de la topografía de obras (especialmente el replanteo).

Así, en modo RTK (Real-Time Kinematik), con el que trabajan los receptores de última generación, se puede conseguir precisiones centimétricas con tiempos de inicialización instantáneos. Esto garantiza una alta productividad de los operadores, que además de no perder tiempo en la inicialización ya no requieren de auxiliares que les porten el jalón al punto de medida como ocurría con los métodos basados en topografía clásica.

Sin embargo, existen algunos inconvenientes de cara a la aplicación en SIG. En primer lugar, tenemos que portar con una estación de referencia a ubicar en un punto con coordenadas muy bien conocidas (lógicamente, con precisión milimétrica en planimetría). En segundo lugar, algunos de estos sistemas funcionan con colectores de datos no apropiados para las tareas GIS. Dichos colectores tienen pantallas alfanuméricas que las hacen aptas para tareas de replanteo y geometría de coordenadas, pero no permiten la carga de bases de datos como las que se requieren en GIS (ficheros raster, ficheros SHP, etc.)

Adicionalmente, no hay que olvidar que a mayores precisiones, mayores requerimientos de conocimientos se necesitan por parte del usuario. El adquirir un receptor sofisticado no significa un uso adecuado. Por ejemplo, el mismo traspaso de coordenadas del sistema WGS84 con que trabaja el GPS a nuestro datum local, puede dar al traste con toda la precisión que hayamos obtenido primero, si no somos cuidadosos.

Lo mismo hay que decir de las coordenadas de partida donde estacionamos el receptor de referencia. Si estas coordenadas no tienen una precisión adecuada, tampoco podremos sacar el rendimiento al sistema.

En tareas SIG convencionales de inventariado de recursos e infraestructuras, una aplicación que nos permita conocer las coordenadas con 1 m de precisión en planimetría y en tiempo real parece la más adecuada para la mayor parte de los

casos. Si además es flexible de cara a la portabilidad de la información en colectores de datos de tipo PDA, entonces es una opción muy aconsejable.

El uso de método DGPS junto con programas GIS reducidos como ArcPad™ corriendo sobre dispositivos móviles PDA reúne todas estas características.

Fuentes de información:

<http://www.gabrielortiz.com/>

<http://www.esri.com/software/arcgis/arcpad/index.html>

<http://www8.garmin.com/learningcenter/>

<http://www.lowrance.com/en/Community/Related-Reading/>

<http://www.trimble.com/mappingGIS/gpsanalyst.aspx?dtID=applications&>

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trilateration2d.svg>

<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/>

<http://www.esa.int/esaCP/index.html>

http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/navstar-gps_consum.shtml

<http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&KeywordPath=Parameters%7CSOLID+EARTH%7CGEODETICS%2FGRAVITY%7CSATELLITE+ORBITS&NumericId=3605&MetadataView=Full&MetadataType=0&lbnode=mdlb1>