



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
CONTINUA Y A DISTANCIA

*SISTEMAS DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL
CA 159*

TEMA

*GPS
CURSO BÁSICO*

EXPOSITOR: ING. ERNESTO ROCHA GARDUÑO
DEL 28 DE OCTUBRE AL 05 DE NOVIEMBRE DE 2008
PALACIO DE MINERÍA

CURSO BASICO

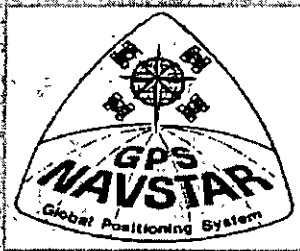
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Ing. Ernesto Rocha Garduño

1

Gps

¿Qué es el sistema de posicionamiento global?



GPS es la abreviatura de NAVSTAR: GPS: Navigation System with the Time and Ranging Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global con Sistema de Navegación por Tiempo y Distancia y sirve para proveer al usuario de información de alta precisión de:
Navegación, Ubicación exacta en 3D y Tiempo.

2

Gps

Introducción:

Después de la Segunda Guerra Mundial, se hizo necesario que el Departamento de Defensa, encontrara una solución al problema de determinar una posición absoluta y exacta. Durante los siguientes 25 años, se llevaron a cabo muy diversos proyectos y experimentos con este fin, entre los que se cuentan los sistemas Transit, Timation, Loran, Decca etc.

Todos ellos permiten determinar posiciones, pero muy limitados en precisión y funcionalidad.

A principios de los años 70 se propuso un nuevo proyecto-el GPS. Este concepto prometía satisfacer todos los requerimientos del gobierno de los Estados Unidos,

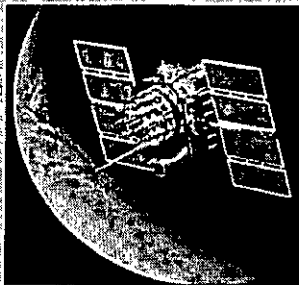
3

Gps

Introducción:

principalmente el poder determinar en cualquier momento y bajo cualquier condición atmosférica, una posición precisa en cualquier punto de la superficie terrestre.

Con uso militar en principio, pasó a ser un sistema de uso civil con ciertas restricciones, siendo utilizado para fines geodésicos prácticamente desde 1983.

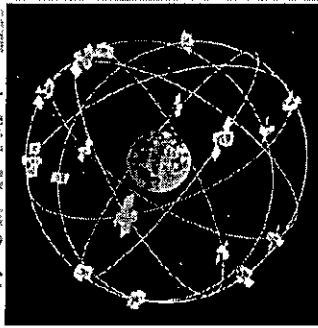


4

Gps

Introducción:

El GPS es un sistema basado en satélites artificiales, dispuestos en una constelación de 24 de ellos, para brindar al usuario una POSICION PRECISA. La configuración del sistema fue alcanzada hasta el año de 1994.



5

Gps

¿Que es la precisión?

- La precisión para un excursionista o un soldado que se encuentre en el desierto significa más o menos 15 metros
- Para un barco en aguas costeras significa 5 metros
- Para un topógrafo, 1centimetro o menos

El GPS se puede emplear para obtener todos estos rangos de precisión, la diferencia radicará en el tipo de receptor y en la técnica aplicada.

6

Gps

¿Qué provee el sistema GPS?

- Alta precisión en posicionamiento
- Acceso ilimitado
- Cobertura mundial
- Disponibilidad de tiempo real
- Posicionamiento y Navegación de tres dimensiones extremadamente preciso
- Operación bajo cualquier condición climática de día o de noche
- Recepción de señal de la constelación GPS

7

Gps

Descripción del Sistema:

El GPS es un sistema diseñado para proveer cobertura de navegación y posicionamiento mundial, en forma continua y precisa:

GPS comprende tres segmentos diferentes:

- El Segmento Espacial. - Satélites que giran en órbitas alrededor de la Tierra
- El segmento de Control. - Formado por estaciones ubicadas cerca del ecuador terrestre para controlar a los satélites.
- El segmento de Usuarios. - Cualquiera que reciba y utilice las señales GPS.

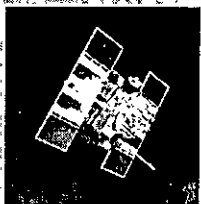
8

Gps

DESCRIPCION DEL SISTEMA

Consta de 3 segmentos principales

Espacial



Control



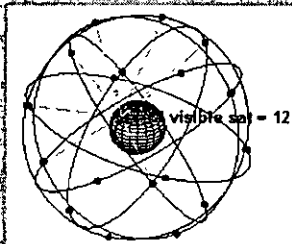
Usuario

9

Gps

Segmento espacial GPS

Segmento espacial.- Satélites que giran en órbitas alrededor de la tierra.



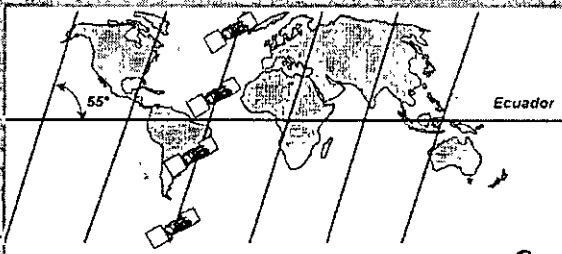
- 24 satélites disponibles
- 3 satélites de reserva
- Ubicados en 6 planos orbitales
- 55° de inclinación
- Angulo de separación 60°
- 20,200Km de altura orbital
- 12 horas de periodo orbital
- Visibles entre 4 y 5 horas
- Vida Útil de 7,5 años
- Relojes atómicos de Cesio
Rubidio
- 4 satélites disponibles

10

GPS

Segmento espacial GPS

Segmento espacial.- Satélites que giran en órbitas alrededor de la tierra.



- 24 satélites disponibles
- 3 satélites de reserva
- Ubicados en 6 planos orbitales
- 55° de inclinación

11

Gps

Segmento espacial GPS

El segmento espacial está diseñado de tal forma que se pueda contar con un mínimo de 4 satélites visibles por encima de un ángulo de elevación de 15° en cualquier punto de la tierra, durante las 24 horas del día.

Para la mayoría de las aplicaciones, el número mínimo de satélites visibles deberá ser de cuatro. La experiencia ha demostrado que la mayor parte del tiempo hay por lo menos 5 satélites visibles por encima de los 15°, y muy a menudo hay 7 o 8 satélites visibles.

Cada satélite GPS lleva a bordo varios relojes atómicos muy preciosos. Estos relojes operan en una frecuencia fundamental de 10.23MHz, la cual se emplea para generar las señales transmitidas por el satélite.

12

Gps

Segmento espacial GPS

Los satélites transmiten constantemente en dos ondas portadoras. Estas ondas portadoras se encuentran en la banda L (utilizada para transmisiones de radio) y viajan a la Tierra a la velocidad de la luz. Dichas ondas portadoras se derivan de la frecuencia fundamental, generada por un reloj atómico muy preciso.

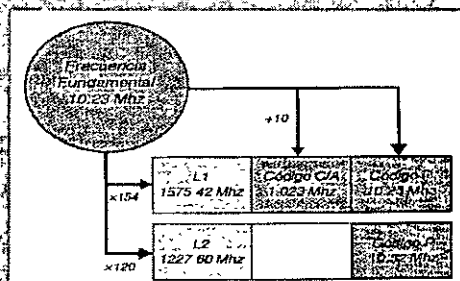
- La portadora L1 es transmitida a 1575.42MHz
(10.23×154)
- La portadora L2 es transmitida a 1227.60MHz
(10.23×120)

13

Gps

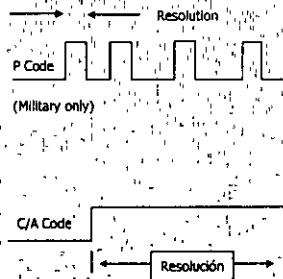
Segmento espacial GPS

La portadora L1 es modulada por dos códigos. El Código C/A o Código de Adquisición Gruesa modula a 1.023MHz ($10.23/10$) y el código P o Código de Precisión modulada a 10.23MHz. L2 es modulada por un código solamente. El código P en L2 modula a 10.23MHz.



14

- + El código CA se refiere al acceso civil vía baja resolución
- + El código P se refiere al código preciso utilizado por los militares
- + El código P tiene una frecuencia de intervalo 10 veces mayor a la del código CA
- + Se requiere código CA para poder definir el código P



Bandas de señal:

- | | |
|---|---|
| <p>Banda L1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Código C/A - Código P | <p>Banda L2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Código P |
|---|---|

Los receptores GPS utilizan los diferentes códigos para distinguir los satélites. Los códigos también pueden ser empleados como base para realizar las mediciones de pseudodistancia y a partir de ahí, calcular una posición.

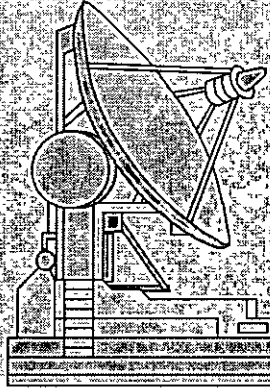
Gps

Segmento de control GPS

Segmento de control.- Formado por estaciones ubicadas cerca del ecuador terrestre para controlar a los satélites

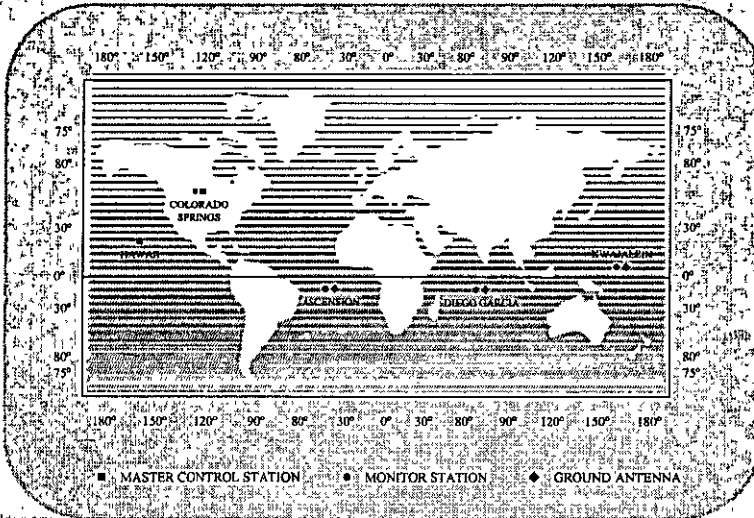
Consta de:

- 1 estación de control maestro
- 5 estaciones de observación
- 4 antenas de tierra distribuidas en 5 puntos muy cercanos al ecuador terrestre.



Gps

Segmento de control GPS



Gps

Segmento de Control GPS

El segmento de control rastrea los satélites GPS, actualiza su posición orbital y calibra y sincroniza sus relojes.

Otra función importante consiste en determinar la órbita de cada satélite y predecir su trayectoria para las siguientes 24 horas. Esta información es cargada a cada satélite y posteriormente transmitida desde allí. Esto permite al receptor GPS conocer la ubicación de cada satélite.

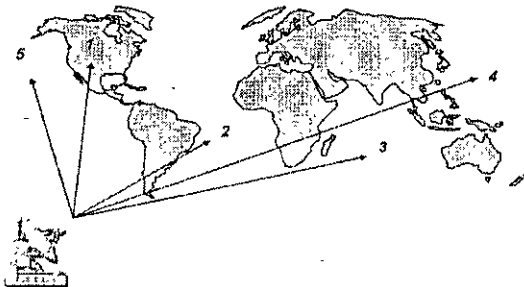
Las señales de los satélites son leídas desde las estaciones: Ascensión, Diego García, Kwajalein y Hawaii. Estas mediciones son entonces enviadas a la Estación de Control Maestro en Colorado Springs, donde son procesadas para determinar cualquier error en cada satélite.

19

Gps

Segmento de Control GPS

La información es enviada posteriormente a las cinco estaciones de observación equipadas con antenas de tierra y de allí cargada a los satélites.



20

Segmento de usuarios

Segmento de usuarios.- comprende a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinando su posición y/o la hora.

Algunas aplicaciones son:

Campismo

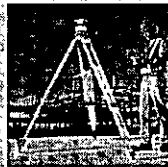


Ubicación de vehículos



Control de Maquinaria

Topografía



Navegación marítima y aérea

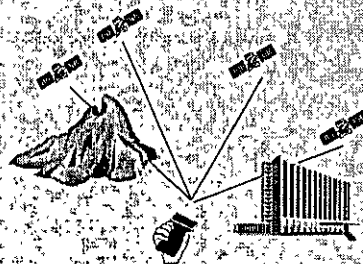


Ventajas vs. Equipo convencional

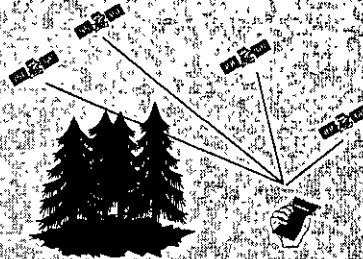
- No es necesaria la visibilidad entre estaciones
- Selección de sitio independiente de la red
- Reducción del número de sitios
- Beneficios ambientales
- Operación diurna y nocturna
- Operación sencilla
- Amplia gama de aplicaciones
- Precisión Geodésica
- Significativamente más rápido
- Ventajas económicas.

- Mediciones a cielo abierto
- Obstrucciones
 - Interferencia electromagnética
 - Edificios y construcciones
 - Cerros y montañas
 - Follaje

- + La señal de GPS no puede pasar a través del metal o materiales densos o tan solo algunos milímetros de agua
- + La señal puede pasar a través de vidrio, plástico y materiales ligeros para construcción de techos
- + El receptor necesita prácticamente una vista sin obstrucción de los satélites.



- + La señal de la banda L del GPS no tiene mucho poder de penetración debido a su corta longitud de onda
- + El follaje puede reducir la fuerza de la señal, especialmente cuando existe mucho rocío o humedad sobre las hojas
- + Las coníferas causan más problemas que los abedules de follaje menos denso

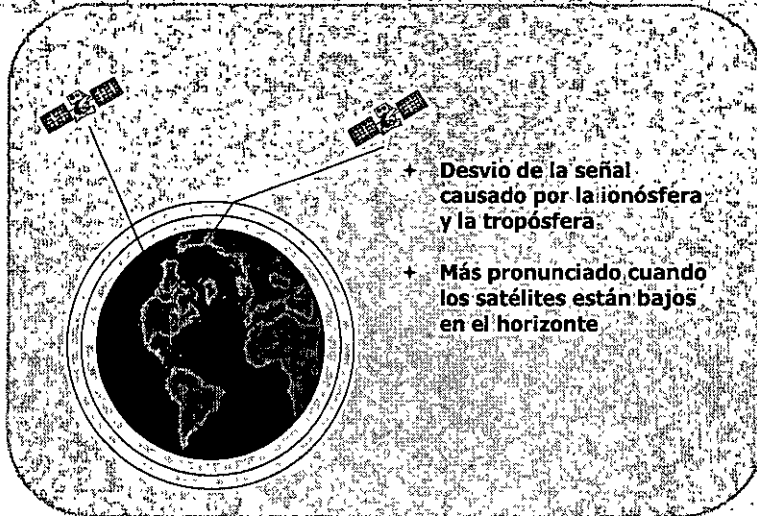


Existen diferentes fuentes de error que degradan la posición GPS desde algunos metros, en teoría, hasta algunas decenas de metros. Estas fuentes de error son:

- Errores Atmosféricos
- Retrasos ionosféricos y atmosféricos
- Errores en el reloj del Satélite y del Receptor
- Efecto Multitrayectoria
- Dilución de la Precisión
- Errores de Reflección
- Error de Posición del Satélite
- Anti-Spoofing

Gps

Errores Atmosféricos

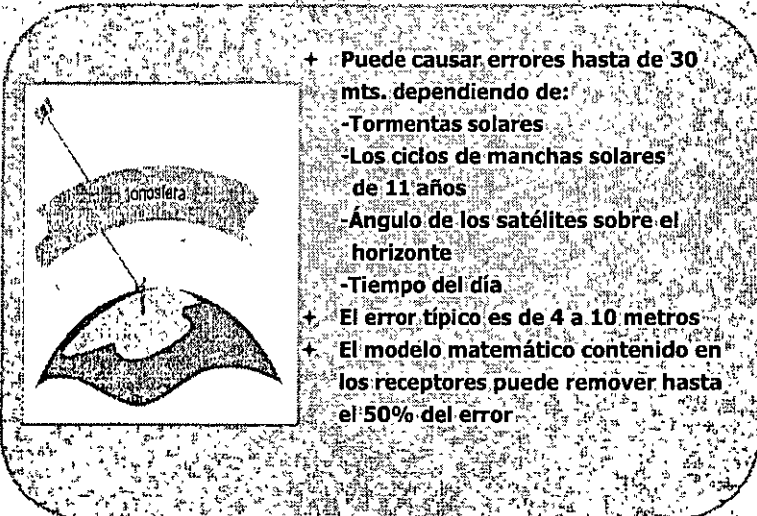


- + Desvío de la señal causado por la ionósfera y la tropósfera.
- + Más pronunciado cuando los satélites están bajos en el horizonte

27

Gps

Retrasos Ionosféricos



- + Puede causar errores hasta de 30 mts. dependiendo de:
 - Tormentas solares
 - Los ciclos de manchas solares de 11 años
 - Ángulo de los satélites sobre el horizonte
 - Tiempo del día
- + El error típico es de 4 a 10 metros
- + El modelo matemático contenido en los receptores puede remover hasta el 50% del error

28

Gps

Retrasos Ionosféricos y Atmosféricos

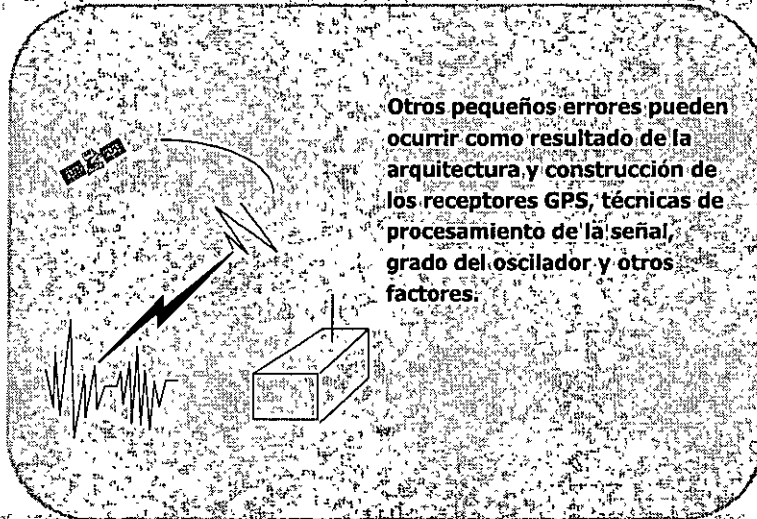
Al pasar la señal del satélite a través de la ionosfera, su velocidad puede disminuir, este efecto es similar a la refracción producida al atravesar la luz un bloque de vidrio. Estos retrasos atmosféricos pueden introducir un error en el cálculo de la distancia, ya que la velocidad de la señal se ve afectada (la luz solo tiene una velocidad constante en el vacío). Existen diversos factores que influyen en el retraso producido por la ionosfera:

- Elevación del satélite. (tomar satélites altos)
- La densidad de la ionosfera está afectada por el sol. (empleo de receptores de doble frecuencia)
- El vapor de agua también afecta la señal GPS.

29

Gps

Errores del Receptor



30

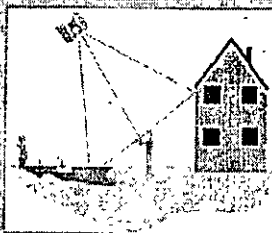
Errores del Reloj



Error del reloj del Satélite

- + Errores en los relojes atómicos de los satélites o de los relojes internos de los receptores pueden causar errores de rango
- + El uso de un 4to. satélite ayuda a reducir los errores de reloj
- + Mediante el segmento de control el Depto de Defensa observa permanentemente los relojes de los satélites y puede corregir cualquier deriva que pueda encontrar.

Errores de Multitrayectoria



Este error se presenta cuando el receptor está ubicado cerca de una gran superficie reflectora, la señal del satélite no viaja directamente a la antena, sino que llega primero al objeto cercano y luego es reflejada a la antena, provocando una medición falsa.

Este tipo de error puede ser reducido utilizando antenas GPS especiales que incorporan un plano de tierra, el cual evita que las señales con poca elevación lleguen a la antena.

Dilución de la Precisión

La Dilución de la Precisión (DOP) es una medida de la fortaleza de la geometría de los satélites y está relacionada con la distancia entre estos y su posición en el cielo. El DOP puede incrementar el efecto del error en la medición de distancia a los satélites.

Dependiendo de la dimensión, se puede calcular diferentes tipos de Dilución de la Precisión:

VDOP – Dilución Vertical de la Precisión.

HDOP - Dilución Horizontal de la Precisión.

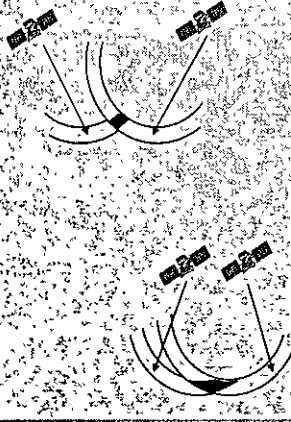
PDOP – Dilución de la Precisión en Posición.

GDOP – Dilución de la Precisión Geométrica.

Proporciona la degradación de la exactitud en la dirección vertical, horizontal, en posición 3D y en posición 3D y en tiempo, respectivamente.

Dilución de la Precisión

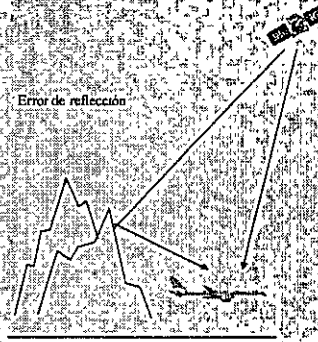
- + Entre más separados estén los satélites mejor será la geometría y mejor solución de posición podrá ser obtenida
- + Entre mas cercanos se encuentren entre sí los satélites en el espacio peor será su geometría y mas pobre la solución de posición



Gps

Errores de Reflección

- + Causados por la reflexión de las señales de los satélites GPS con objetos físicos
- + Se reducen gradualmente mediante la atención de los datos de la onda portadora
- + Reducido también por antenas resistentes a la reflexión



35

Gps

Error de Posición del satélite



- + Errores en el reporte de posición del satélite causarán errores en el cálculo de posicionamiento
- + Las Estaciones terrenas monitorean los mensajes satelitales para asegurar que los datos de efemérides estén dentro de especificación

36

El efecto Anti-Spoofing es similar al efecto S/A, ya que ha sido concebido con la idea de no permitir que los usuarios civiles y las fuerzas hostiles tengan acceso al código P de la señal GPS, obligándolos a emplear el código C/A, al cual se aplica el efecto S/A. El efecto Anti-Spoofing encripta el código P en una señal conocida como código Y. Sólo los usuarios con receptores GPS militares (EEUU y sus aliados) pueden descifrar el código Y.



Los receptores militares son más precisos porque no utilizan el código C/A para calcular el tiempo que tarda en llegar la señal desde el satélite al receptor GPS. Únicamente emplean el código P.

El código P modula a la portadora con una frecuencia de 10.23 Mhz, mientras que el código C/A lo hace a 1.023 Mhz.

Las distancias se pueden calcular con mayor precisión empleando el código P, ya que este se transmite 10 veces más por segundo que el código C/A.

Sin embargo, como se describió en la sección anterior, muy a menudo el código P se ve afectado por el Anti-Spoofing (A/S). Esto significa que, únicamente las fuerzas militares (equipadas con receptores GPS especiales), pueden descifrar el código P encriptado, también conocido como código Y.

Por todas estas razones, los usuarios de receptores GPS militares generalmente obtendrán precisiones del orden de 5 metros, mientras que los usuarios de equipos GPS civiles equivalentes únicamente alcanzaran precisiones de 15 a 100 metros.

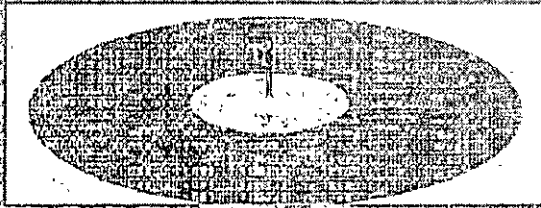
Existen diferentes métodos para obtener una posición empleando el GPS. El método a utilizar depende de la precisión requerida por el usuario y el tipo de receptor disponible, estas técnicas pueden ser clasificadas en tres clases:

- Navegación autónoma
- Posicionamiento diferencial corregido
- Posicionamiento diferencial de fase

Gps

¿Cómo funciona el GPS?

Navegación Autónoma. Empleando sólo un receptor simple. Utilizado por excursionistas, barcos en alta mar y las fuerzas armadas. La Precisión de la Posición es mejor que 5m para usuarios civiles.

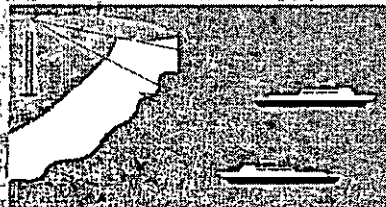


40

Gps

¿Cómo funciona el GPS?

Posicionamiento Diferencial Corregido. Más comúnmente conocido como DGPS, el cual proporciona precisiones del orden de 0.5-5m. Utilizado para navegación costera, adquisición de datos para SIG (Sistemas de Información Geográfica), agricultura automatizada, etc.



41

El receptor de Referencia

La antena del receptor de referencia es montada en un punto medido previamente con coordenadas conocidas. Al receptor que se coloca en este punto se le conoce como Receptor de Referencia o Estación Base.

Se enciende el receptor y comienza a rastrear satélites. Puede calcular una posición autónoma utilizando las técnicas descritas en la sección 3.1.

Debido a que el receptor se encuentra en un punto conocido, el receptor de la referencia puede estimar en forma muy precisa la distancia a cada uno de los satélites.

De esta forma, este receptor puede calcular muy fácilmente cual es la diferencia entre la posición calculada y la posición medida.

El receptor de Referencia

Estas diferencias son conocidas como correcciones. Generalmente, el receptor de la referencia está conectado a un radio enlace de datos, el cual se utiliza para transmitir las correcciones.

Gps

El receptor Móvil

El receptor móvil está al otro lado de estas correcciones. El receptor móvil cuenta con un radio enlace de datos conectado para recibir las correcciones transmitidas por el receptor de referencia.

El receptor móvil también calcula las distancias hacia los satélites, luego aplica las correcciones de distancia recibidas de la Referencia. Esto le permite calcular una posición mucho más precisa de lo que sería posible si se utilizaran las distancias no corregidas.

Utilizando esta técnica, todas las fuentes de error descritas anteriormente son minimizadas, de aquí que se obtiene un posición más precisa.

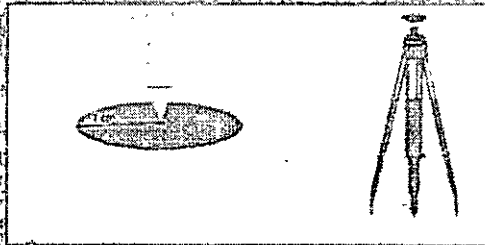
Cabe mencionar que múltiples receptores móviles pueden recibir correcciones de una sola Referencia.

44

Gps

¿Cómo funciona el GPS?

Posicionamiento Diferencial de Fase. Ofrece una precisión de 0.5-20mm. Utilizado para diversos trabajos de topografía, control de maquinaria, etc.

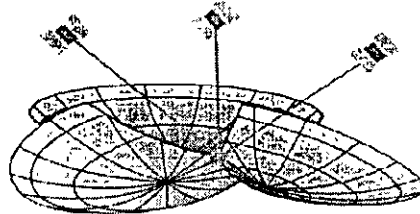


45

GPS

Determinación de la Posición

Medición de la Distancia a los Satélites.-Todas las posiciones GPS están basadas en la medición de la distancia desde los satélites hasta el receptor GPS en tierra. Esta distancia hacia cada satélite puede ser determinada por el receptor GPS. A partir de la distancia hacia un satélite, sabemos que la posición del receptor debe estar en algún punto sobre la superficie de una esfera imaginaria cuyo origen es el satélite mismo. La posición del receptor se podrá determinar al intersectar tres esferas imaginarias.



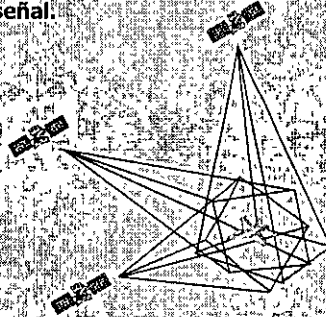
Intersección de tres esferas imaginarias

46

GPS

Determinación de la Posición

Medición de la Distancia a los Satélites.-De este modo existen cuatro incógnitas a determinar (X, Y, Z,) y el tiempo que tarda en viajar la señal.



Se requiere por lo menos 4 satélites para obtener la posición y el tiempo en 3 dimensiones.

47

GPS

Determinación de la Posición

Para calcular la distancia a cada satélite, se utiliza una de las leyes del movimiento

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} \times \text{Tiempo}$$

El GPS requiere que el receptor calcule la distancia del receptor al satélite

La velocidad es la velocidad de las señales de radio. Las señales de radio viajan a la velocidad de la luz, a 290 000Km/seg.

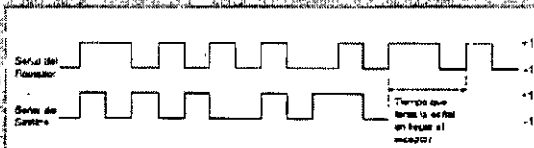
El tiempo es aquel que le toma a una señal de radio en viajar desde el satélite al receptor GPS. Esto es un poco difícil de calcular, ya que se necesita conocer el momento en que la señal de radio salió del satélite y el momento en que llegó al receptor. Comparando el código recibido del satélite con el generado por el receptor nos indica cuando fue enviado

48

GPS

Determinación de la Posición

Cálculo del Tiempo. La señal del satélite es modulada por dos códigos, el Código C/A y el Código P. El código C/A está basado en el tiempo marcado por un reloj atómico de alta precisión. El receptor cuenta también con un reloj que se utiliza para generar un código C/A coincidente con el del satélite. De esta forma, el receptor GPS puede "hacer coincidir" o correlacionar el código que recibe del satélite con el generado por el receptor.



El código C/A es un código digital que es "seudo aleatorio", o que aparenta ser aleatorio. En realidad no lo es, sino que se repite mil veces por segundo.

49

GPS Mediciones de Gps conCodigo (Pseudo-Rangos o Pseudo-Distancias)

La Distancia es calcula por la diferencia de tiempo entre la velocidad de transmisión de la señal de GPS.

Distancia = Velocidad X Tiempo

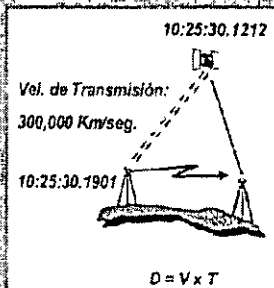
$$D = V \times T$$

$$T = 0.0689 \text{ seg.}$$

$$T = 10:25:30.1212 - 10:25:30.1901$$

$$D = 300,000 \text{ Km/seg.} \times (0.0689 \text{ seg.})$$

$$D = 20,670 \text{ Km.}$$



50

GPS Mediciones de GPS con Fase Portadora

La Distancia es calculada por medio del numero de ciclos recibidos y estos son multiplicados por la longitud de onda.

Long. de Onda en L1 = 19 cm.

Long. de Onda en L2 = 24 cm.

Distancia = No. de ciclos X Long. De Onda

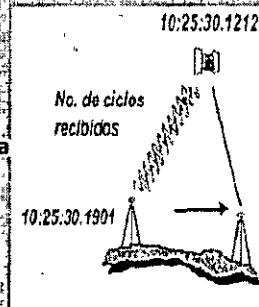
$$D = \text{No. Ciclo} \times \text{LO}$$

Ejemplo:

No. Deciclos recibidos = 108,235,169

$$D = 108,235,169 \times 0.19$$

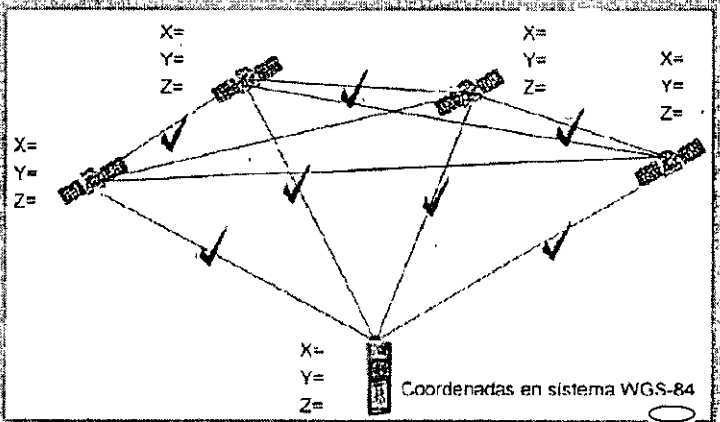
$$D = 20,564.682 \text{ Km.}$$



51

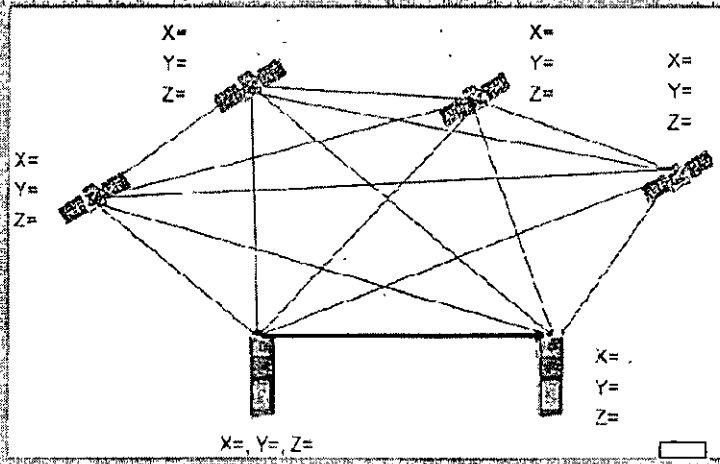
GPS

Posicionamiento Puntual



GPS

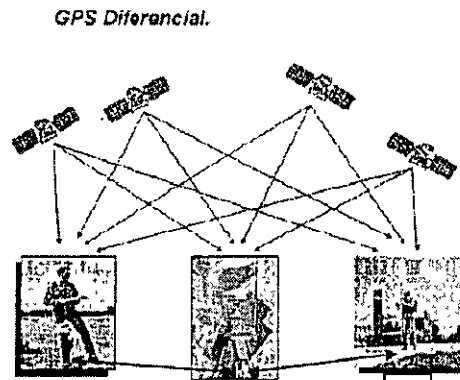
Posicionamiento Diferencial



GPS

Posicionamiento Diferencial

- Posición relativa entre dos o mas estaciones GPS.
- Elimina los errores en los relojes y en las efemérides
- Elimina los efectos atmosféricos

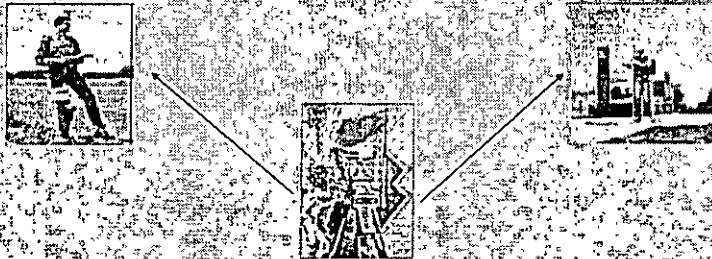


GPS

Posicionamiento Diferencial

GPS Diferencial

- Diferencial en Pos - proceso
Solución u obtención de las coordenadas en proceso posterior.
- Diferencial en Tiempo Real
Obtención de las coordenadas al instante

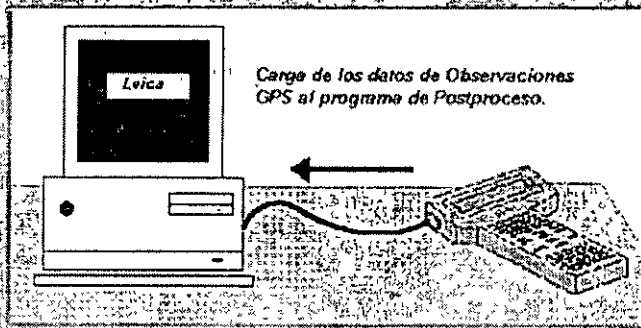


GPS

Posicionamiento Diferencial

GPS Diferencial

Pos Proceso



56

GPS

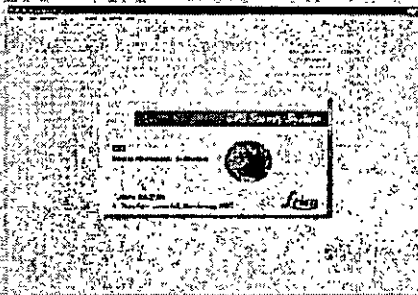
Posicionamiento Diferencial

GPS Diferencial

Pos Proceso

Programa de Pos -proceso:

- Cálculo de la posición.
- Métodos diferenciales.
- Transformación de Coordenadas.
- Exportación /Importación de datos.
- Ajuste de Redes.



57

GPS

GPS Diferencial de Tiempo Real

•Radio módem:

Establece el radio enlace entre las estaciones.



•Antena:

Recibe la señal de los satélites.



•Receptor:

Registra los datos transmitidos y calcula la distancia receptor-satélite.



•Procesador:

Convierte los datos en una posición tridimensional y Almacena la Información obtenida



58

GPS

GPS Diferencial



Punto a medir



Punto conocido

X, Y, Z



Punto a medir



Línea Base



Línea base



Se determina una posición a partir de otra conocida.

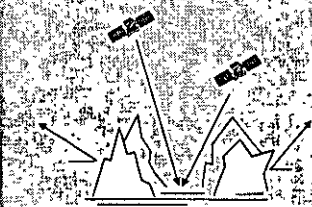
59

Gps

¿Porque utilizar satélites?



- Los satélites pueden "Ver" áreas muy grandes por estar ubicados a gran altura.



- La recepción de la señal satelital no es interferida por el terreno o la geografía

60

Gps

¿Porque utilizar satélites?

El sistema GPS tiene numerosas ventajas sobre los métodos de topografía tradicionales

- No se requiere visibilidad entre los puntos
- Puede ser usado en cualquier momento del día o de la noche y bajo cualquier condición climática.
- Se obtienen resultados con precisión geodésica
- Se puede completar más trabajo en menos tiempo y con menos gente

61

Limitaciones

- Para poder trabajar con GPS es importante que la antena GPS tenga visibilidad, sin obstáculos
- Algunas veces las señales de los satélites se ven bloqueadas por edificios altos, árboles, etc.
- El GPS no puede ser utilizado en interiores
- Es difícil emplear en GPS en los centros de las ciudades

Debido a estas limitaciones, en algunas aplicaciones topográficas es recomendable el uso de una estación total, o combinar ésta con un GPS.

NAVEGACION GPS

Como el GPS utiliza la información de posición para realizar navegación

GPS

Navegación GPS

- + Los receptores GPS calculan la posición cada segundo.
- + Un receptor GPS no puede determinar hacia donde esta Ud. dirigiéndose mientras Ud. se encuentre detenido.
- + El movimiento permite al receptor GPS Navegar.
- + A través del cálculo de diferencia en posiciones, el receptor GPS calcula el rumbo y la velocidad.
- + Comparando estos valores contra una ruta previamente almacenada en su memoria, permite al receptor GPS proveer información referente a dirección.

64

GPS

Información sobre Navegación

- + RUMBO - Dirección en la que se esta moviendo
- + COG (Curso sobre el terreno) - La dirección actual de viaje y como es impactada por otros factores (corrientes, viento, etc.)
- + SOG (Velocidad sobre el terreno) - Su velocidad real con respecto a la superficie del terreno
- + SOA (Velocidad de avance) - La velocidad con que se aproxima al siguiente punto de ruta
- + Punto de ruta (Waypoint) - Una posición de referencia grabada en la memoria del receptor GPS.
- + TIEMPO DE LLEGADA (TTG) - El tiempo requerido para llegar al próximo punto de ruta
- + TIEMPO ESTIMADO DE LLEGADA (ETA) - La hora que va a ser cuando llegue al punto de ruta al que se dirige

65

Probablemente para el topógrafo o el ingeniero sea aún más importante la práctica o el uso efectivo del GPS que la teoría. Como cualquier herramienta, el GPS será tan bueno como su operador. Un planeamiento adecuado y una buena preparación son los ingredientes esenciales para un trabajo exitoso, así como el conocimiento de las posibilidades y limitaciones del sistema.

¿Por qué usar GPS?

El sistema GPS tiene numerosas ventajas sobre los métodos de topografía tradicionales:

1. No se requiere visibilidad entre los puntos.
2. Puede ser usado en cualquier momento del día o de la noche y bajo cualquier condición climática.

66

3. Se obtienen resultados con precisión geodésica.
4. Se puede completar más trabajo en menos tiempo y con menos gente.

Limitaciones:

Para poder trabajar con GPS es importante que la antena GPS tenga visibilidad, sin obstáculos, hacia por lo menos cuatro satélites. Algunas veces las señales de los satélites se ven bloqueadas por edificios altos, árboles, etc. Debido a esto, el GPS no puede ser utilizado en interiores. También es difícil emplear el GPS en los centros de las ciudades o entre árboles.

Debido a esta limitación, en algunas aplicaciones topográficas se puede recomendar el uso de una estación total óptica o combinar ésta con un GPS.

67

GPS

TECNICAS DE MEDICION CON GPS

68

GPS

Técnicas de Medición con GPS

Empleo de GPS para Topografía:	Tiempo Real
Estático	Precisión y Tiempos de Observación.
Estático Rápido	Intervalos de Registro recomendados.
Reocupación	Receptores de Doble Frecuencia.
Parar y Seguir	Receptores de una Frecuencia.
Cinemático	Una Frecuencia vs Doble Frecuencia.
Cinemático sin Inicialización	

69

Existen diferentes técnicas de medición que pueden ser utilizadas por la mayoría de receptores topográficos GPS. El topógrafo debe elegir la técnica apropiada para cada aplicación.

Estático – Utilizado para líneas largas, redes geodésicas, estudios de tectónica de placas, etc. Ofrece precisión alta en distancias largas, pero es comparativamente lento.

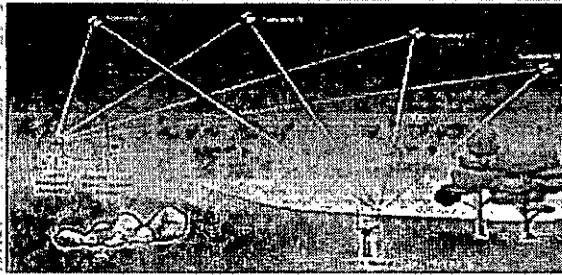
Estático Rápido - Usado para establecer redes de control locales, incrementar la densidad de redes existentes, etc. Ofrece alta precisión en líneas base de hasta 20km. y es mucho más rápido que la técnica estática.

Cinemático - Empleado para levantamientos de detalles y para la medición de muchos puntos de sucesión corta. Es una técnica muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno de otro. Sin embargo, si existen obstrucciones hacia el cielo, tales como puentes, árboles, edificios altos, etc., y se rastrean menos de 4 satélites, el equipo deberá volverse a iniciar, lo cual toma entre 5 y 10 minutos.

Una técnica de proceso conocida como **On-the-Fly (OTF)**, minimiza esta restricción.

Técnicas de Medición GPS

RTK - Cinemático en Tiempo Real (por sus siglas en inglés **Real Time Kinematic**). Utiliza un radio enlace de datos para transmitir los datos del satélite desde la referencia hacia el móvil. Esto permite calcular las coordenadas y mostrarlas en tiempo real, mientras se lleva a cabo el levantamiento.



72

*GPS para Topografía**GPS para Topografía*

Todos los levantamientos topográficos con GPS se llevan a cabo aplicando técnicas diferenciales. Es decir, se mide una línea base a partir de un punto fijo, (estación de referencia) hacia un punto desconocido (estación móvil).

Lo anterior se lleva a cabo mediante uno de los siguientes métodos

Post Proceso

Se graban los datos GPS crudos de los satélites y se procesan mediante un software en la oficina

Tiempo Real

El procesamiento de datos se lleva a cabo en el momento de la medición, obteniendo una posición instantánea y precisa

73

GPS

Levantamientos Estáticos (STS)

Estático (STS)

Método clásico para líneas largas y alta precisión emc en la línea base de $5\text{mm} + 1\text{ppm}$

Medición clásica para líneas base GPS, donde cada línea se observa por lo menos durante una hora

El tiempo de observación es proporcional a la longitud de la línea

Método aplicado para líneas mayores de 20 Km.

Aplicaciones

Control Geodésico para grandes áreas

Redes nacionales y continentales. Monitoreo tectónico

Ajuste de redes de gran precisión

74

GPS

Levantamientos Estáticos

Este fue el primer método en ser desarrollado para levantamientos con GPS. Puede ser utilizado para la medición de líneas base largas (generalmente 20km -16 millas - o mas). Se coloca un receptor en un punto cuyas coordenadas son conocidas con precisión en el sistema de coordenadas WGS84. Este es conocido como el Receptor de Referencia. El otro receptor es colocado en el otro extremo de la línea base y es conocido como el Receptor Móvil.

Los datos son registrados en ambas estaciones en forma simultánea. Es importante que los datos sean registrados con la misma frecuencia en cada estación. El intervalo de registro de datos puede ser establecido en 15, 30 ó 60 segundos.

Los receptores deben registrar datos durante un cierto periodo de tiempo.

75

Levantamientos Estáticos

El tiempo de observación dependerá de la longitud de la línea, el número de satélites observados y la geometría (Dilución de la Precisión o DOP). Como regla general, el tiempo de observación deberá ser por lo menos de una hora para una línea de 20km. con 5 satélites y un GDOP prevaeciente de 8. Líneas más largas requieren tiempos de observación más largos.

Una vez que se ha registrado suficiente información, los receptores se apagan. El Móvil se puede desplazar para medir la siguiente línea base y volver a comenzar la medición. Es muy importante que exista redundancia en la red que está siendo medida. Esto significa que los puntos se deben medir por lo menos dos veces, con lo cual se pueden revisar para evitar problemas que de otra manera, pasarían desapercibidos.

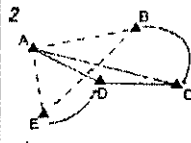
Levantamientos Estáticos

Un gran incremento en la productividad se puede conseguir añadiendo un receptor Móvil adicional. Se necesita una buena coordinación entre las diferentes brigadas de topografía para aprovechar la disponibilidad de tres receptores. En la siguiente página se muestra un ejemplo.

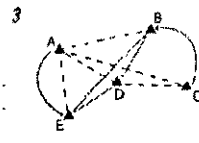
GPS Levantamientos Estáticos



1 La red ABCDE debe ser medida con tres receptores. Se conocen las coordenadas de A en el sistema WGS84. Los receptores se colocan en los puntos A, B y C, registrando datos durante el tiempo necesario.



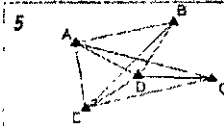
2 Después del tiempo necesario de registro, los receptores se desplazan de E a D y de D a C, formando el triángulo ACD, el cual es medido.



3 Después el receptor en A se desplaza a E y el de C se mueve a B. Ahora se forma el triángulo BDE, el cual también se mide.



4 Por último, el que está en B regresa el punto C y se mide la línea EC.



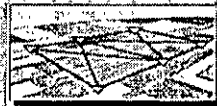
5 El resultado final será la medición de la red ABCDE. Un punto es medido tres veces y cada punto se mide por lo menos dos veces, lo cual proporciona la redundancia necesaria. Los errores gruesos serán detectados y las mediciones incorrectas serán desechadas.

78

GPS Levantamientos Estáticos Rápidos

Estático Rápido (STS)

Tiempos cortos de observación para líneas base de hasta 20 Km. Precisión de 5-10mm + 1ppm.



Aplicaciones

Levantamientos de Control, inventarios urbanos para SIG, levantamientos de detalle. Reemplazo de poligonales y triangulación local. Cualquier trabajo en el que se requiera levantar muchos puntos.

Ventajas:

Sencillo, rápido, eficiente.
Ideal para levantamientos de corto alcance.

79

GPS

Levantamientos Estáticos Rápidos

En los levantamientos Estático Rápidos, se elige un punto de Referencia y uno o más Móviles operan con respecto a él. Típicamente se utiliza el método Estático Rápido para aumentar la densidad de redes existentes, para establecer control, etc. Cuando se inicia el trabajo donde no se ha llevado a cabo ningún levantamiento con GPS, la primer tarea es la de observar un cierto número de puntos cuyas coordenadas sean conocidas con precisión en el sistema de coordenadas locales. Esto permitirá calcular la transformación y de allí todos los puntos medidos con GPS pueden ser convertidos al sistema local. Se deben observar por lo menos 4 puntos en el perímetro del área de interés. La transformación calculada será válida para el área incluida entre esos puntos.

80

GPS

Levantamientos Estáticos Rápidos

El Receptor de Referencia se ubica por lo general sobre un punto conocido y puede ser incluido en los cálculos de los parámetros de transformación. Si no se conoce ningún punto, puede ser ubicado en cualquier lugar de la red. El Receptor (o los Receptores) Móvil (es), serán colocados entonces en cada punto conocido. El periodo de tiempo que los Móviles deberán observar en cada punto, depende de la longitud de la línea base desde la Referencia y del GDOP.

Los datos son registrados y luego son procesados en la oficina.

Se deben efectuar verificaciones para asegurarse que no se presentan errores gruesos en las mediciones. Esto se puede hacer midiendo los puntos nuevamente en un momento diferente del día.

Cuando se trabaja con dos o más Móviles, es necesario asegurarse que todos los receptores están operando.

81

GPS

Levantamientos Estáticos Rápidos

simultáneamente sobre cada punto ocupado. Esto permite que los datos de cada estación puedan ser utilizados como Referencia o como Móvil. Esta es la manera más eficiente de trabajar, pero también la más difícil de sincronizar. Otra manera de conseguir redundancia es colocando dos estaciones de referencia y utilizar un móvil para ocupar los puntos, tal como se muestra en el ejemplo de la siguiente página.

82

GPS

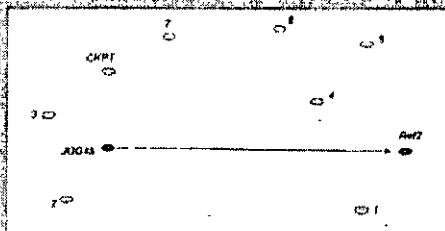
Levantamientos Estáticos Rápidos

Estático Rápido (STS)

Paso 1

Establezca el Receptor en la Estación de Referencia "JOG45"

Establezca en la Estación "Ref2" el móvil



83

GPS

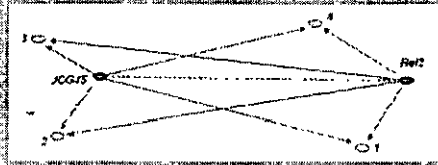
Levantamientos Estáticos Rápidos

Estático Rápido (STS)

Paso 2

Las estaciones "JOG45" y "Ref2" serán Estaciones de Referencia

Con una tercera unidad desplácese a las estaciones 1, 2, 3, 4 Y 5



84

GPS

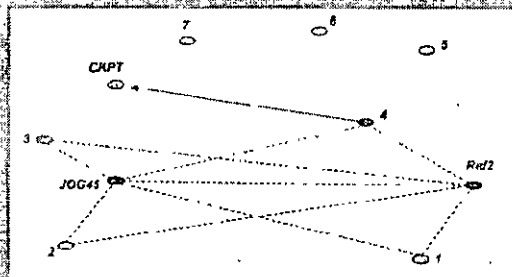
Levantamientos Estáticos Rápidos

Estático Rápido (STS)

Paso 3

Desplace el receptor de Referencia a la estación "4"

Establezca el móvil en la Estación "CKPT"



85

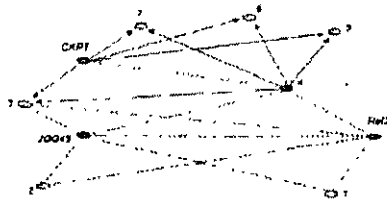
GPS

Levantamientos Estáticos Rápidos

Estático Rápido (STS)

Paso 4

- La Estación "4" y "CHKPT" serán Estaciones de Referencia
- Con la tercera unidad, haga móvil en las estaciones 3,5,6 y 7



86

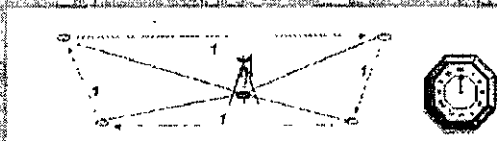
GPS

Reocupación

Reocupación (STS)

Reocupación

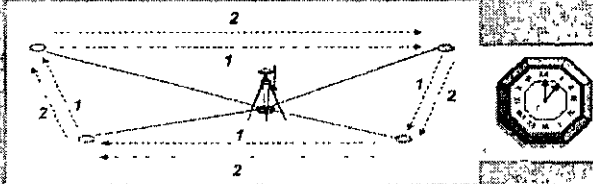
- La Estación de Referencia rastrea continuamente sobre un punto conocido.
- El receptor móvil permanece durante un corto periodo en cada punto.



87

Reocupación (STS)**Reocupación:**

- La Estación de Referencia rastrea continuamente sobre un punto conocido
- El receptor móvil permanece durante un corto periodo en cada punto
- Después de una hora, cada punto es reocupado por un corto periodo
- Método ideal en condiciones no satisfactorias para aplicar el método estático rápido.



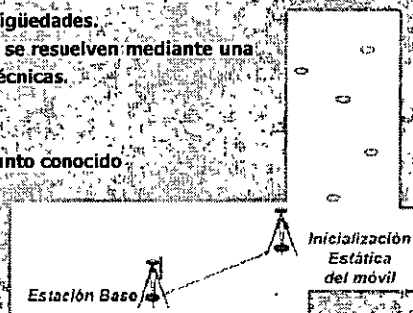
88

Parar y Seguir (SGS)**Modo Parar:**

- Antes de comenzar el levantamiento, el móvil debe resolver ambigüedades.
- Las ambigüedades se resuelven mediante una de las siguientes técnicas.

Inicialización Estática

- Inicialización en un punto conocido



89

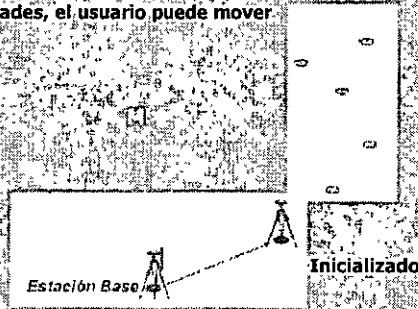
GPS

Parar y Seguir

Parar y Seguir (SGS)

Modo Seguir

Una vez que se tienen datos suficientes para resolver ambigüedades, el usuario puede mover el receptor



90

GPS

Parar y Seguir

Parar y Seguir (SGS)

Modo Parar y Seguir

Una vez que se tienen datos suficientes para resolver ambigüedades, el usuario puede mover el receptor.

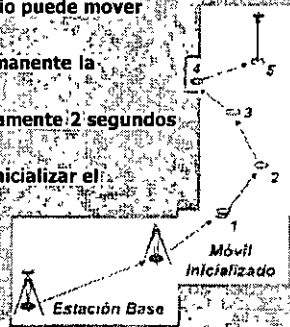
Se debe mantener en forma permanente la señal de por lo menos 4 satélites

En cada punto se requieren únicamente 2 segundos de toma de datos.

Si se pierde la señal, se debe reinicializar el sistema

Aplicaciones

Levantamientos de detalles en áreas abiertas.



91

Parar y Seguir (SGS)**Modo Parar y Seguir**

Una vez que se tienen datos suficientes para resolver ambigüedades, el usuario puede mover el receptor.

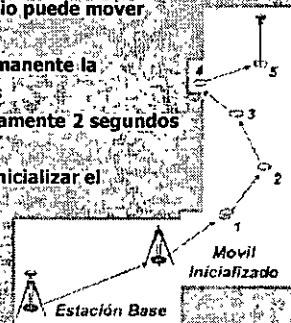
Se debe mantener en forma permanente la señal de por lo menos 4 satélites

En cada punto se requieren únicamente 2 segundos de toma de datos.

Si se pierde la señal, se debe reinicializar el sistema

Aplicaciones

Levantamientos de detalles en áreas abiertas.



La técnica cinemática se utiliza generalmente para levantamiento de detalle, registro de trayectorias, etc., aunque con la implementación del RTK su popularidad ha disminuido. La técnica involucra un Móvil que se desplaza y cuya posición puede ser calculada en relación con la Referencia.

Primero, el móvil tiene que realizar el procedimiento conocido como iniciación. Esto es esencialmente lo mismo que medir un punto con Estático Rápido y permite al programa de post-proceso resolver las ambigüedades cuando se regresa a la oficina. La Referencia y el Móvil se activan y permanecen absolutamente estáticos por 5-20 minutos, registrando datos. (El tiempo depende de la longitud de la línea base desde la Referencia y del número de satélites observados).

Después de este periodo, el móvil se puede mover libremente. El usuario puede registrar posiciones con un intervalo

GPS

Cinemático

de tiempo predeterminado, puede registrar otras posiciones, o una combinación de las dos. Esta parte de la medición se conoce comúnmente como la cadena cinemática.

Una advertencia importante cuando se opera en levantamientos cinemáticos es que hay que evitar moverse muy cerca de objetos que pudieran bloquear las señales de los satélites del receptor Móvil. Si en algún punto el Móvil rastrea menos de 4 satélites, hay que detenerse, desplazarse a una posición donde se registren 4 o más satélites y realizar nuevamente la iniciación antes de continuar, como se muestra en el ejemplo de la siguiente página.

94

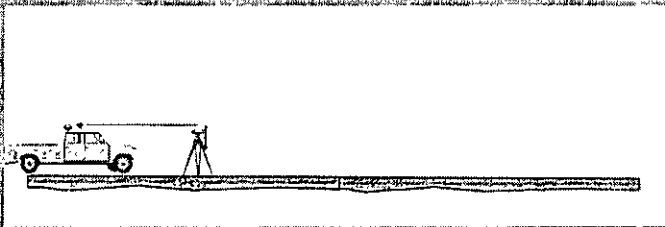
GPS

Cinemático

Cinemático (KIS)

Modo Parar

Primero, el móvil debe inicializar



95

GPS

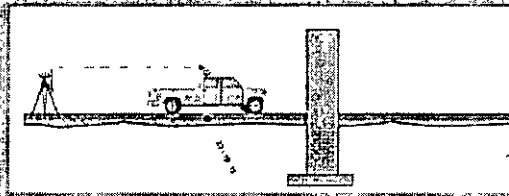
Cinemático sin Inicialización (KOF)

Cinemático (KOF)

Modo Desplazarse

No requiere de una inicialización estática

Las ambigüedades se resuelven después de un cierto tiempo, cuando el móvil se ha desplazado, rastreando continuamente un mínimo de 5 satélites en L1 y L2.



98

GPS

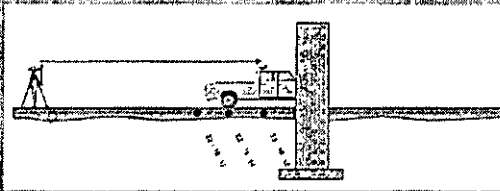
Cinemático sin Inicialización (KOF)

Cinemático (KOF)

Modo Desplazarse

No requiere de una inicialización estática

Las ambigüedades se resuelven después de un cierto tiempo, cuando el móvil se ha desplazado, rastreando continuamente un mínimo de 5 satélites en L1 y L2.



99

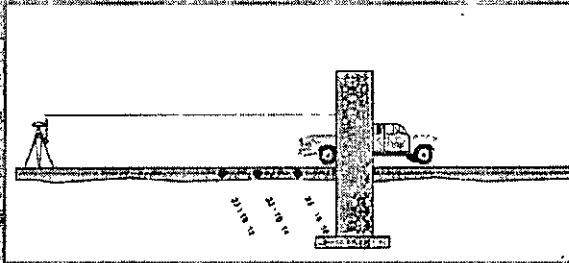
GPS

Cinmático sin Inicialización (KOF)

Cinmático sin Inicialización (KOF)

Modo Desplazarse

Si al pasar bajo una obstrucción ocurre una pérdida de señal,



100

GPS

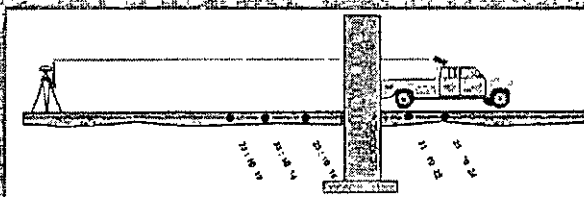
Cinmático sin Inicialización (KOF)

Cinmático sin Inicialización (KOF)

Modo Desplazarse

Si al pasar por debajo de una obstrucción ocurre una pérdida de señal,

Las ambigüedades se resolverán nuevamente al adquirir 5 satélites en L1 y L2 y el rastreo sea consistente en un breve periodo de tiempo.



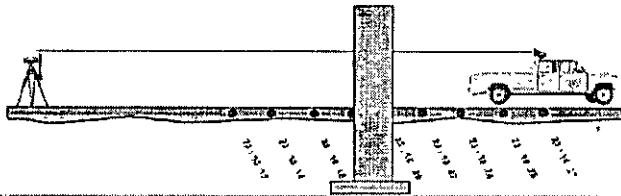
101

GPS

Cinemático sin Inicialización (KOF)

Cinemático sin Inicialización (KOF)

- Modo Desplazarse
- Si al pasar por debajo de una obstrucción ocurre una pérdida de señal,
- Las ambigüedades se resolverán nuevamente al adquirir 5 satélites en L1 y L2 y el rastreo sea consistente en un breve periodo de tiempo.
- Con esta técnica se pueden posicionar puntos hasta aquel donde se recibió el número mínimo necesario de satélites.



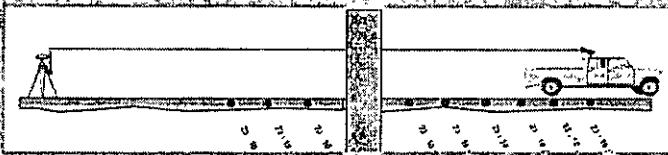
102

GPS

Cinemático sin Inicialización (KOF)

Cinemático sin Inicialización (KOF)

- Modo Desplazarse
- Si al pasar por debajo de una obstrucción ocurre una pérdida de señal,
- Las ambigüedades se resolverán nuevamente al adquirir 5 satélites en L1 y L2 y el rastreo sea consistente en un breve periodo de tiempo.
- Se vuelve a adquirir posición hasta el punto en el que se adquieran nuevamente el número mínimo necesario de satélites.



103

GPS

Tiempo Real (RTK)

Cinemático en Tiempo Real (por sus siglas en inglés Real Time Kinematic). Es un tipo de levantamiento cinemático al vuelo efectuado en tiempo real.

La Estación de Referencia tiene un radio enlace conectado y retransmite los datos que recibe de los satélites.

El Móvil también tiene un radio enlace y recibe la señal transmitida de la Referencia. Este receptor también recibe los datos de los satélites directamente desde su propia antena. Estos dos conjuntos de datos pueden ser procesados juntos en el Móvil para resolver las ambigüedades y obtener una posición muy precisa en relación con el Receptor de Referencia.

Una vez que el receptor de Referencia se ha instalado y está transmitiendo datos mediante el radio enlace, se puede activar el Receptor Móvil.

104

GPS

Tiempo Real (RTK)

Cuando está rastreando satélites y recibiendo datos de la Referencia, puede empezar con el proceso de inicio. Esto es similar al proceso de inicio realizado en un levantamiento cinemático OTF con post-proceso, la diferencia principal es que el proceso se realiza en tiempo real.

Una vez que se ha completado el inicio, las ambigüedades son resueltas y el Móvil puede registrar puntos y sus coordenadas. En este punto, las precisiones de las líneas base serán del orden de 1-5cm.

Es importante mantener contacto con el Receptor de Referencia, de otra manera el Móvil puede perder la ambigüedad. Si esto sucede la posición calculada es mucho menos precisa.

Además, se pueden presentar problemas cuando se mide cerca de obstrucciones tales como edificios altos, árboles, etc. ya que la señal de los satélites puede ser bloqueada.

105

El RTK se está convirtiendo en el método más común para realizar levantamientos GPS de alta precisión en áreas pequeñas y puede ser utilizado en aplicaciones donde se utilizan las estaciones totales convencionales. Esto incluye levantamientos de detalles, estaqueo, replanteo, aplicaciones COGO, etc.

El Radio Enlace

La mayoría de los sistemas RTK GPS emplean pequeños radio módems UHF. Muchos de los usuarios experimentan problemas con la radio comunicación del sistema RTK. Por lo tanto, vale la pena considerar los siguientes factores al tratar de optimizar el desempeño del radio.

1. La potencia del radio transmisor.

En términos generales, a mayor potencia mayor rendimiento. Sin embargo, la mayoría de los países restringe legalmente la potencia de salida entre 0.5 - 2w.

106

2. La altura de la antena del transmisor.

Las comunicaciones por radio se pueden ver afectadas por la falta de línea de visibilidad. Cuanto más alto se pueda instalar la antena, menores serán los problemas por la falta de línea de visibilidad y aumentará el alcance de las comunicaciones por radio. El mismo principio se aplica para la antena receptora.

Otros factores que afectan el rendimiento incluyen la longitud del cable de antena, ya que cuanto más largo sea este, se presentarán más pérdidas. Asimismo, el tipo de antena también influye en el alcance.

107

GPS

Tiempo Real (RTK)

Tiempo Real (RTK)

Tiempo Real en Código y Tiempo Real en Fase

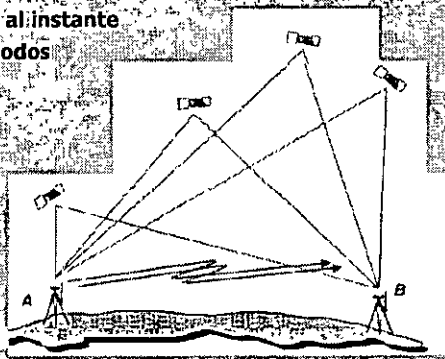
No se requiere post-proceso

Se obtienen resultados al instante

Puede operar en dos modos

RTK

RT-DGPS



108

GPS

Precisión y Tiempos de Observación

Estatico

Longitud de Línea base	Número de Satélites	GDOP	Tiempo de Observación	Precisión
20 - 50 Km	> 4	< 6	1 hr.	5 mm + 1ppm
50 - 100 Km	> 4	< 6	2 hr.	5 mm + 1ppm
> 100 Km	> 4	< 6	3 hr.	5 mm + 1ppm

Estatico Rapido

Longitud de Línea base	Número de Satélites	GDOP	Tiempo de Observación	Precisión
0 - 5 Km	> 4	< 5	10 min	5 - 10 mm + 1ppm
5 - 10 Km	> 4	< 5	10 - 15 min	5 - 10 mm + 1ppm
10 - 20 Km	> 4	< 5	10 - 30 min	5 - 10 mm + 1ppm

109

GPS

Precisión y Tiempos de Observación

Reocupacion

Longitud de Línea base	Número de Satélites	GDOP	Tiempo de Observación	Precisión
20 - 50 Km	4	≤ 8	10 min.	10 mm + 1ppm
50 - 100 Km	4	≤ 8	15 min.	10 mm + 1ppm
> 100 Km	4	≤ 8	20 min.	10 mm + 1ppm

Parar y Seguir

- El tiempo para fijar una posición se determina como se mencionó previamente. Se requieren pocas épocas en puntos conocidos.

Cinemática

- El tiempo para fijar una posición se determina como se mencionó previamente. Una vez que el móvil se desplaza, no hay necesidad de detenerse.

110

GPS

Precisión y Tiempos de Observación

Intervalos recomendados de Registro

Tipo de Operación	Intervalo de Registro
Estático	15 seg.
Estático Rápido	15 seg.
Parar y Seguir	1 - 3 seg.
Cinemático	1 seg. o más

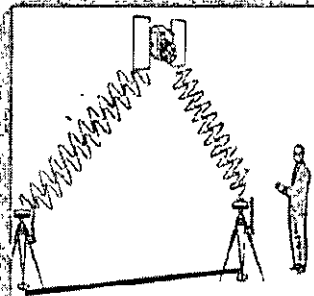
111

¿Que tipo de GPS debo emplear?

112

Receptores de Doble Frecuencia

- ❖ Son lo más actual en el mercado de GPS
- ❖ Precisión de Línea Base de $5\text{mm} + 1\text{ppm (emc)}$
- ❖ Se emplean en todo tipo de levantamientos con GPS:
 - Redes de Control Geodésica,
 - Monitoreo de placas Tectónicas,
 - Densificación de Redes, Control Fotogramétrico, levantamientos de Detalle, etc.
- ❖ Diariamente se encuentran nuevas aplicaciones

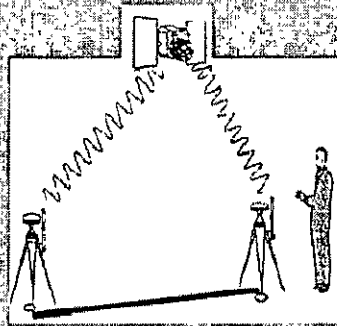


113

GPS

Receptores de una Frecuencia

- ❖ Precisión de la Línea Base de $1\text{cm} + 2\text{ppm (rms)}$
 - ❖ Emplea post proceso de Fase Portadora en L1
 - ❖ Se emplean para todos los levantamientos con líneas base de hasta 15Km
 - ❖ Menos costoso, alternativa a los de doble frecuencia
- Densificación de Redes,
Levantamientos de Detalle



114

GPS

Una Frecuencia vs. Doble Frecuencia

Una frecuencia

- ❖ Opción menos costosa
- ❖ Limitación en la longitud de la línea base (15Km)
- ❖ Tiempos de ocupación mayores
- ❖ Tiempo Real
 - No tiene opción de Cinemático Sin Inicialización
- ❖ Según la aplicación, puede ser la solución ideal

Doble Frecuencia

- ❖ Longitud de línea base ilimitada
- ❖ Tiempos cortos de ocupación
- ❖ Tiempo Real
 - Con opción de Cinemático Sin Inicialización
- ❖ Trabaja en todos los modos GPS
- ❖ Resultados más confiables

115

GPS

	Una frecuencia	Doble frecuencia
Estático	Si	Si
Estático Rápido	Si	Si
Parar y Seguir	Si	Si
Cinematico	Si	Si
Cin. S/Inicial	No	Si
RT DGPS	Si	Si
RTK	Si	Si
RTK con OTF	No	Si

116

GPS

GPS Diferencial de Fase Portadora

El GPS Diferencial de Fase Portadora es utilizado principalmente en la topografía y trabajos relacionados para alcanzar precisiones en posición del orden de 5-50mm. (0.25-2.5 in.). La técnica utilizada difiere de todas las descritas previamente e involucra un intenso análisis estadístico.

Como técnica diferencial significa que un mínimo de dos receptores GPS deben ser siempre utilizados en forma simultánea.

Esta es una de las similitudes con el método de Corrección Diferencial de Código descrita anteriormente.

El receptor de Referencia está siempre ubicado en un punto fijo o de coordenadas conocidas. El otro (o los otros) receptores están libres para moverse alrededor.

117

GPS

GPS Diferencial de Fase Portadora

Estos son conocidos como receptores móviles. Se calcula, entonces, la(s) línea(s) base entre la Referencia y los móviles. La técnica básica es igual a las descritas previamente, - es decir la medición de distancias a cuatro satélites y la determinación de la posición a partir de esas distancias.

La diferencia radica en la forma en que se calculan esas distancias.

En este punto, es importante definir los diversos componentes de la señal GPS.

Fase Portadora. Es la onda sinusoidal de la señal de L1 o L2 creada por el satélite. La portadora L1 es generada a 1575.42 MHz, la portadora de L2 a 1227.6 MHz.

Código C/A. Es el Código de Adquisición Guesa. Modula la portadora L1 a 1.023 MHz.

118

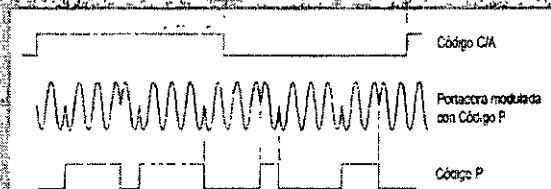
GPS

GPS Diferencial de Fase Portadora

Código P. El código preciso. Modula a las portadoras L1 y L2 a 10.23 MHz.

¿Qué significa modulación?

Las ondas portadoras están diseñadas para llevar los códigos binarios C/A y P en un proceso conocido como modulación. Modulación significa que los códigos están superpuestos sobre la onda portadora. Los códigos son códigos binarios. Esto significa que sólo pueden tener dos valores -1 y +1. Cada vez que el valor cambia, hay un cambio en la fase de la portadora.



119

GPS

GPS Diferencial de Fase Portadora

Se utiliza la fase portadora porque esta puede proporcionar una medida hacia el satélite mucho más precisa que la que se consigue utilizando el código G/A o el código P.

La onda portadora de L1 tiene una longitud de 19.4cm. Si se pudiera medir el número de longitudes de onda (completas y fraccionarias) que existen entre el satélite y el receptor, se obtendría una distancia muy precisa al satélite.

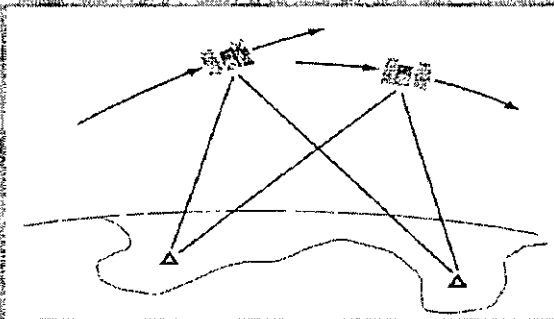
La gran parte del error en el que se incurre cuando se realiza una medición autónoma, es producido por las imperfecciones en los relojes del satélite y el receptor. Una manera de evitar este error es utilizar una técnica conocida como Diferencia Doble.

120

GPS

GPS Diferencial de Fase Portadora

Si dos receptores GPS realizan mediciones a dos satélites diferentes, las diferencias de tiempo entre los receptores y los satélites se cancelan, eliminando cualquier fuente de error que pudieran introducir a la ecuación.



Diferencias Dobles

121

GPS

Ambigüedades y Resolución de Ambigüedades

Después de eliminar los errores del reloj con el método de las dobles diferencias, se puede determinar el número entero de longitudes de onda más la fracción de longitud de onda entre el satélite y la antena del receptor. El problema radica en la existencia de muchos "juegos" posibles de longitudes de onda enteras para cada satélite, de aquí que la solución sea ambigua. Mediante procesos estadísticos se puede resolver esta ambigüedad y determinar la solución más probable.

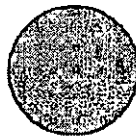
La siguiente es, a grandes rasgos, una explicación de cómo funciona el Proceso de resolución de ambigüedades. Muchos factores que complican la situación no son cubiertos en esta explicación, pero aún así, se presentan los principios básicos del mismo.

122

GPS

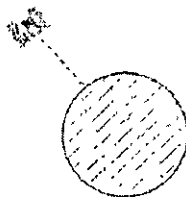
Ambigüedades y Resolución de Ambigüedades

1.



Una medición diferencial usando código permite obtener una posición aproximada. La solución precisa debe estar dentro del círculo.

2.



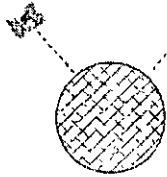
Los frentes de onda de un satélite al ser intersectados con el círculo, forman un conjunto de líneas. La solución precisa debe ser un punto que está en una de estas líneas.

123

GPS

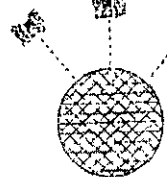
GPS Diferencial de Fase Portadora y Resolución de Ambigüedades

3.



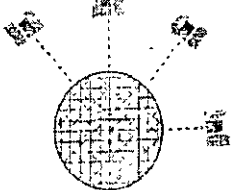
Cuando se reciben señales de un segundo satélite, un segundo juego de frentes de onda o líneas de fase es creado. La solución precisa será un punto de intersección entre los dos juegos de líneas.

4.



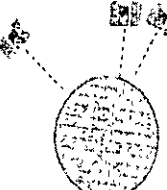
Añadiendo un tercer satélite, se reduce el número de posibilidades ya que el punto solución debe pertenecer al conjunto formado por la intersección de los tres juegos de líneas.

5.



Añadiendo un cuarto satélite el conjunto de posibles soluciones contendrá un número menor de elementos.

6.



Al ir cambiando la posición de la constelación de satélites, el conjunto de las soluciones tiende a girar, revelando la solución más probable.

124

GPS

EQUIPO EMPLEADO EN EL CURSO BASICO DE GPS

124

GPS

Navegador E-trex Marca GARMIN



125

GPS

Especificaciones Técnicas

Waypoints 500 personalizables con nombre y símbolo
Iconos: Si
Rutas: 20 rutas
Pistas: Track Log automático (10 pistas)
Receptor: 12 canales
Antena: Interna ULTRA SENSIBLE
WAAS/EGNOS: Si/No
Precisión: (+/-) 5 metros (95% Típico)
Idioma: Ahora en ESPAÑOL ! (Multidioma)
Funciones: Reloj Geosincronico ajustable, Nueva computadora de viaje con campos ajustables, Pantalla tipo
Brújula (Satelital, No electrónica)
Memoria: 1 Mb

126

GPS

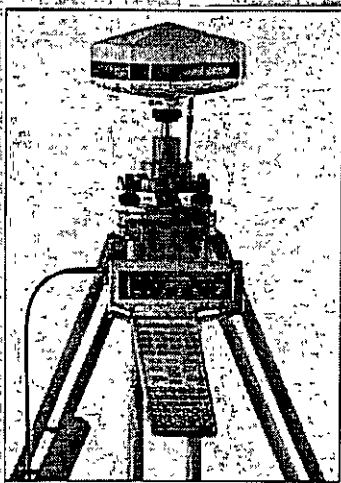
Especificaciones Técnicas

Altimetro: SI, Calcula la altitud por geometría satelital
Computadora de Viaje: Velocidad, odómetro, Vel: Promedio, hora, día fecha, vel. max, Bearing Heading, Altitud
Alarmas: Visuales (Sin sonido)
Tablas: Función de puesta de Sol y Amanecer
Map/Datum: Mas de 100, además de la del usuario
Formatos: Lat/Long, UTM/UPS, Maidenhead, MGRS, Loran TDs y otros Grids, incluyendo Grid personal
Mapas: No
Pantalla: LCD, backlight con resolución media
Impermeabilidad: cumple la norma IPX7 del IEC 529 (resistente a brisa y lluvia, NO SUMERGIBLE)
Peso: 100 Gramos (Sin Baterías)
Tamaño: 11.2 x 5.1 x 3.0 cm (Alto x Ancho x Profundidad)
Rango de Operación: -15 grados C a 70 grados C
Energía: 2 Baterías AA (No incluidas) o Adaptador de automóvil (No Incluido)
Paquete incluye: GPS, Manual, Guía Rápida, Cuerdilla de sujeción

127

GPS

Sistema 300 de Leica Geosystems



128

Sistema 300 de Leica Geosystems**Especificaciones Sistema RS300 de Leica**

La Estación de Referencia de Operación Continua DICyG está integrada por:

- Un Servidor de Estación de Referencia de Operación Continua
- Un Receptor GPS de categoría geodésica.
- Una Antena de Bobina Anular.
- Suministro de energía de corriente continua y alterna.
- Enlace de comunicación TCPIIP, MODEM o Puerto Serie.
- Ubicación en una estructura geotécnica estable y libre de obstrucciones o interferencias electromagnéticas.
- Un sistema de protección contra descargas eléctricas y electrostáticas.

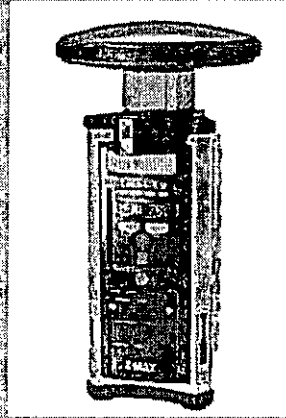
Sistema 300 de Leica Geosystems

El Sistema de Monitoreo considerado en este proyecto incluye un equipo GPS geodésico, con las siguientes características [Eduardo J. Espinosa, 2004]:

- Un receptor GPS geodésico de doble frecuencia con 12 canales
- Precisión de línea base para mediciones en tiempo real:
 - o Estáticas 5mm + 0.5ppm, e. m. c.
 - o Cinemáticas 10mm + 1ppm, e. m. c.
- Precisión de línea base para mediciones de post proceso:
 - o Estáticas 5mm + 0.5ppm, e. m. c.
 - o Cinemáticas 5mm + 0.5ppm, e. m. c.
- Registro en tarjetas internas y removibles de hasta 256 Mbytes;
- 4 puertos de alimentación de energía;
- 4 puertos de comunicación RS-232.

GPS

Sistema de Levantamiento Thales modelo Zmax



131

GPS

Especificaciones Técnicas

Características	Ventajas
ADAPT RTK De correlación automática y ajuste de parámetros	Se adapta a diferentes entornos para maximizar el uso de cobertura de estaciones de precisión convergiendo para RTK. Precisión de diez segundos (para) para líneas de base $= 20\text{ km}$ (12 millas), disponibilidad de la solución de precisión convergiendo hasta 54 hrs (31 días) en modo de largo alcance.
Diseño modular Z-Max	Permite no datos de mano libre modo, receptor receiver RTK dinámico y control receiver RTK en modo, sólo con la interfaz plataforma receptora ZPG.
Software de control integrado	Realización de levantamientos de control, topográficos e incluso RTK sin necesidad de software ni ordenador de campo adicional.
Selección de software integrada para Topografía y Construcción	Transferencia de archivos de planificación e resultados con el software de oficina GNSS Datto y el software de campo PAST 6000.
Compatibilidad inalámbrica Bluetooth	Elimina el caos y las molestias de los cables.
Tecnología de comunicaciones modular	Las opciones flexibles de comunicaciones, incluyen UHF Thales, UHF Puzos Crux, móvil GSM y GSM para UHF, sin módulos y se accionan fácilmente al Z-Max.
Tecnología de antena UHF Yoris	La antena UHF integrada con un cable extensible ofrece un mayor alcance y durabilidad física.
Tecnología de alimentación modular de batería - Tiempo de 14 horas - Tiempo de 7 horas	El sistema incluye de batería pre-cargada un sistema flexible de funcionamiento, un cargador integrado e alimentación de capacidad ilimitada así como un funcionamiento fiable y sin problemas.
Comunicación GPS de frecuencia dual con visualización completa	Minimización de la interferencia de las redes GPS para levantamientos, asegurando que los observadores de todos los modelos GPS viajen por encima del horizonte.
Difusión de P-Corre patentada Técnica Z-Tracking™	La calidad de señal más rápida del mercado para uso civil.
Detección automática de recepción múltiple	Gran número de funcionamiento en entornos de levantamiento reales.
Compatibilidad de uso en la estación de referencia	Mediante el posicionamiento VSD o POC, el Z-Max obtiene resultados como si se tratara de una estación de referencia en seguridad.

132

GPS

Especificaciones Técnicas

Especificaciones de rendimiento

❖ Estático, Estático rápido

- Horizontal 0,005 m + 0,5 ppm

(0,016 pies + 0,5 ppm)

- Vertical 0,010 m + 0,5 ppm

(0,033 pies + 0,5 ppm)

Cinemático posprocesado

- Horizontal 0,010 m + 1,0 ppm

(0,033 pies + 1,0 ppm)

- Vertical 0,020 m + 1,0 ppm

(0,065 pies + 1,0 ppm)

❖ Posición DGPS en tiempo real

- < 0,8 m (2,62 pies) Posición cinemática en tiempo real (modo fino)

- Horizontal 0,010 m + 1,0 ppm (0,033 pies + 1,0 ppm)

133

GPS

Especificaciones Técnicas

- Vertical 0,020 m + 1,0 ppm (0,065 pies + 1,0 ppm)

❖ Inicialización ADAPT-RTK

- 99,9% de fiabilidad

- Inicialización típica de 2 segundos para líneas de base < 20 km

❖ Especificaciones técnicas

Receptor GPS, Ambientales

- Cumple con IP54 para la humedad *

- Temperatura de funcionamiento: -30° a +55°C (-22° a +131°F)

- Temperatura de almacenamiento: -40° a +85°C (-40° a +185°F)

- Golpes: caída del poste de 1,5 m (4,92 pies)

134

GPS

Especificaciones Técnicas

❖ Alimentación

- Entrada de 9-24 VDC
- salida de 10-24 VDC en puertos serie
- Batería Max-Run > 14 h de funcionamiento a 0 °C
- Batería Max-Lite > 7 h de funcionamiento a 0 °C

❖ Memoria

- 48 horas de datos GPS brutos de 1 seg. con tarjeta Secure digital de 64 MB
- tarjeta SD de 128 MB disponible

135

GPS

Especificaciones Técnicas

Software del sistema

Software de oficina GNSS Studio

- Procesado L1
- Compatibilidad RTK
- Opción de procesado L1 + L2

Software de campo FAST Survey

- Control GPS
- Control de instrumentos ópticos
- Construcción avanzada de carreteras (opcional)

Los parámetros de rendimiento presuponen un mínimo de 5 satélites, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. Las zonas de alta recepción múltiple, los valores elevados de PDOP y los periodos de malas condiciones atmosféricas pueden reducir el rendimiento.

136