



Introducción GPS

José Salas , Ingeniero Geomensor

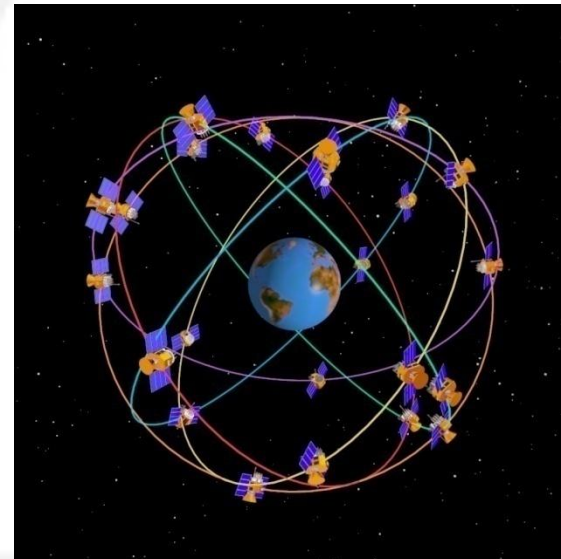
¿Qué es GPS?



El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) como un sistema de navegación de precisión con fines militares. con el propósito de definir posiciones geográficas en la superficie de la Tierra.

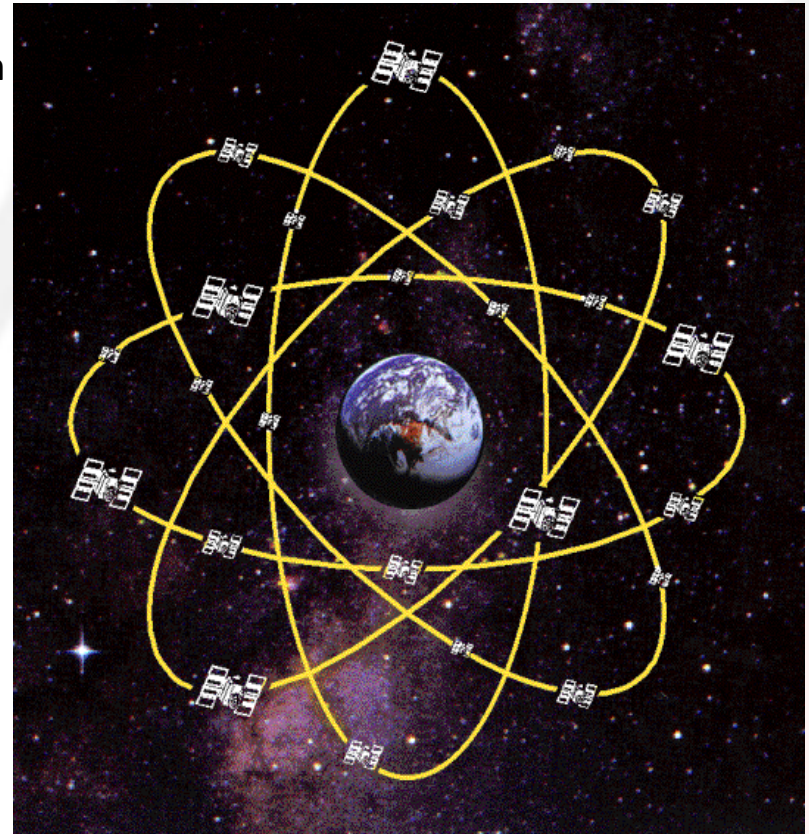


A partir de 1973 comenzó el desarrollo del que sería la actual constelación NAVSTAR (navegación por satélite con medición de tiempo y distancia).



Segmento Espacial

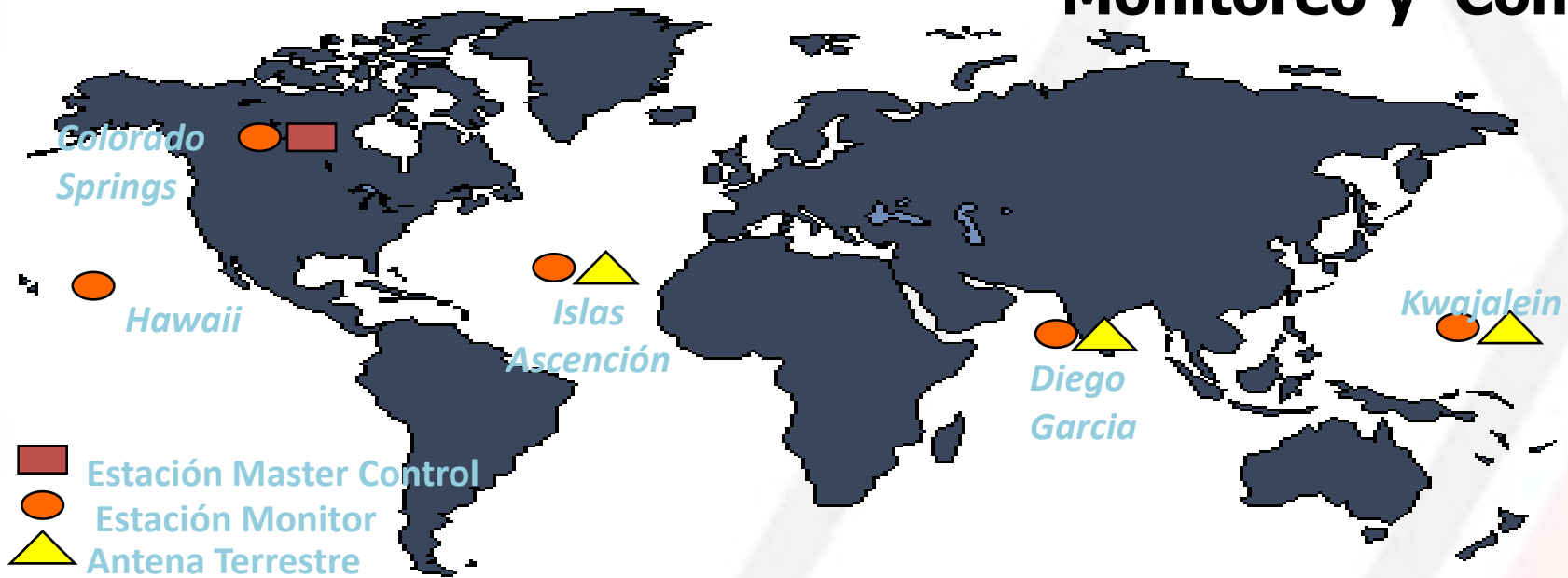
- 27 satélites que circulan la Tierra a una altitud de 20.200km, en orbitas elípticas con inclinación de 55 grados respecto a línea del Ecuador.
- Estos satélites poseen 2 relojes atómicos de Rubidio y 2 de Cesio.
- Los satélites GPS transmiten la información necesaria para que el usuario determine su órbita (Almanaque, Efemérides Transmitidas)



Segmento Control



Monitoreo y Control



Calcular órbitas extrapoladas

Determinar la deriva y error de los relojes

Determinar los parámetros del retardo ionosférico

Mantener confiabilidad en funcionamiento de los satélites

Inyectar información a los satélites

Segmento del Usuario

Esta formado por los instrumentos que los usuarios necesitan para utilizar el sistema GPS para navegación, posicionamiento, control preciso de tiempos, etc.

Básicamente, un equipo GPS está compuesto por un receptor o sensor con antena que recibe la información de los satélites, y por una unidad de control que permite la interoperabilidad con el usuario.



Estructura básica de las señales

Frecuencia Fundamental $f_0 = 10.23 \text{ MHz}$

Portadoras

L1 = 154 $f_0 = 1575.42 \text{ MHz}$ Long. de Onda = 0.19 m

L2 = 120 $f_0 = 1227.60 \text{ MHz}$ Long. de Onda = 0.24 m

Códigos

Código C/A = $f_0/10 = 1.023 \text{ MHz}$ Long. = 300 m

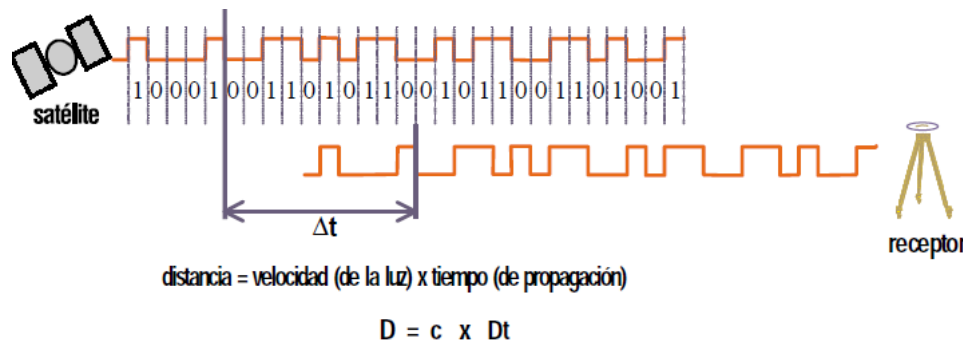
Código P = $f_0 = 10.23 \text{ MHz}$ Long. = 30 m

La portadora L1 modula ambos códigos C/A y P.

La portadora L2 modula solamente el código P.

Medición de Código C/A (Pseudodistancia)

Los receptores GPS son capaces de generar una réplica de los códigos generados en cada uno de los satélites.

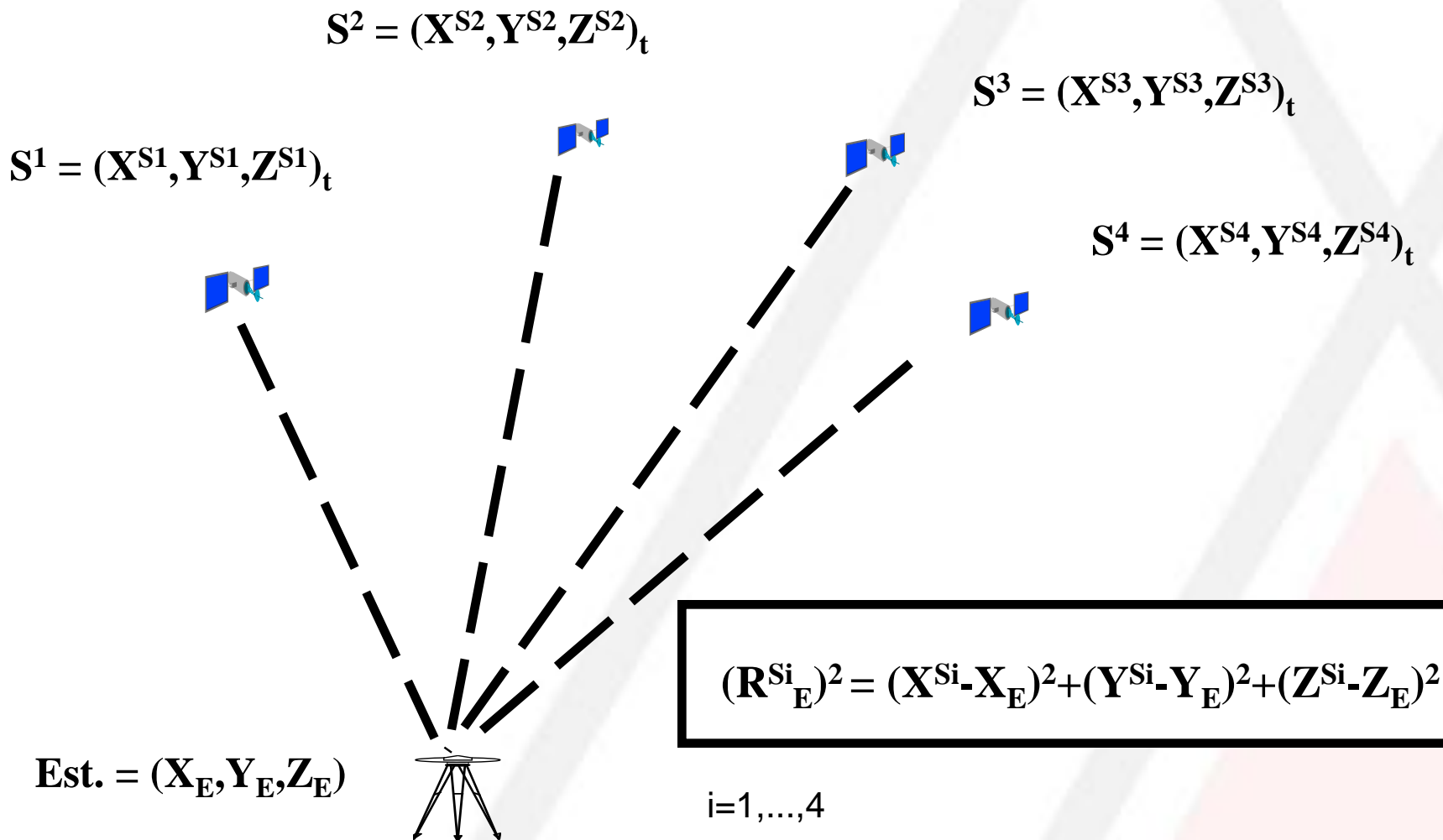


El Código C/A se repite a cada 0,001 segundo

Comparando ambos códigos, es posible calcular el tiempo de viaje de la señal desde cada satélite a la estación. La distancia entre satélite y estación se calcula

$$\text{Distancia} = dT \times C \text{ (C: velocidad de la luz)}$$

Cálculo de la posición del receptor GPS

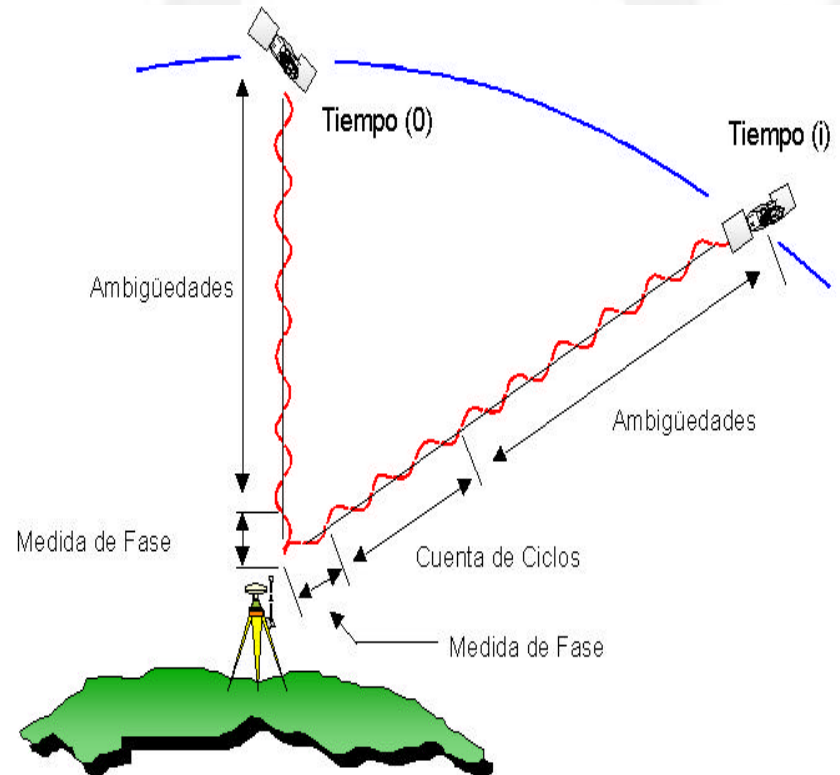


Observaciones de Onda Portadora L1/L2

Las mediciones de ondas portadoras son similares a las observaciones de código en cuanto que también se mide el tiempo de viaje de la onda desde el satélite al receptor.

Estas mediciones se realizan comparando la diferencia de fase entre las señales de los satélites y el receptor.

La diferencia fundamental entre esta medición y la de código es que las ondas son iguales entre ellas y por lo tanto lo único que se mide es la diferencia de fase. El número entero de ondas entre los satélites y el receptor (**ambigüedad**) se determina mediante modelado en el software.



Métodos de Medición

METODO ABSOLUTO

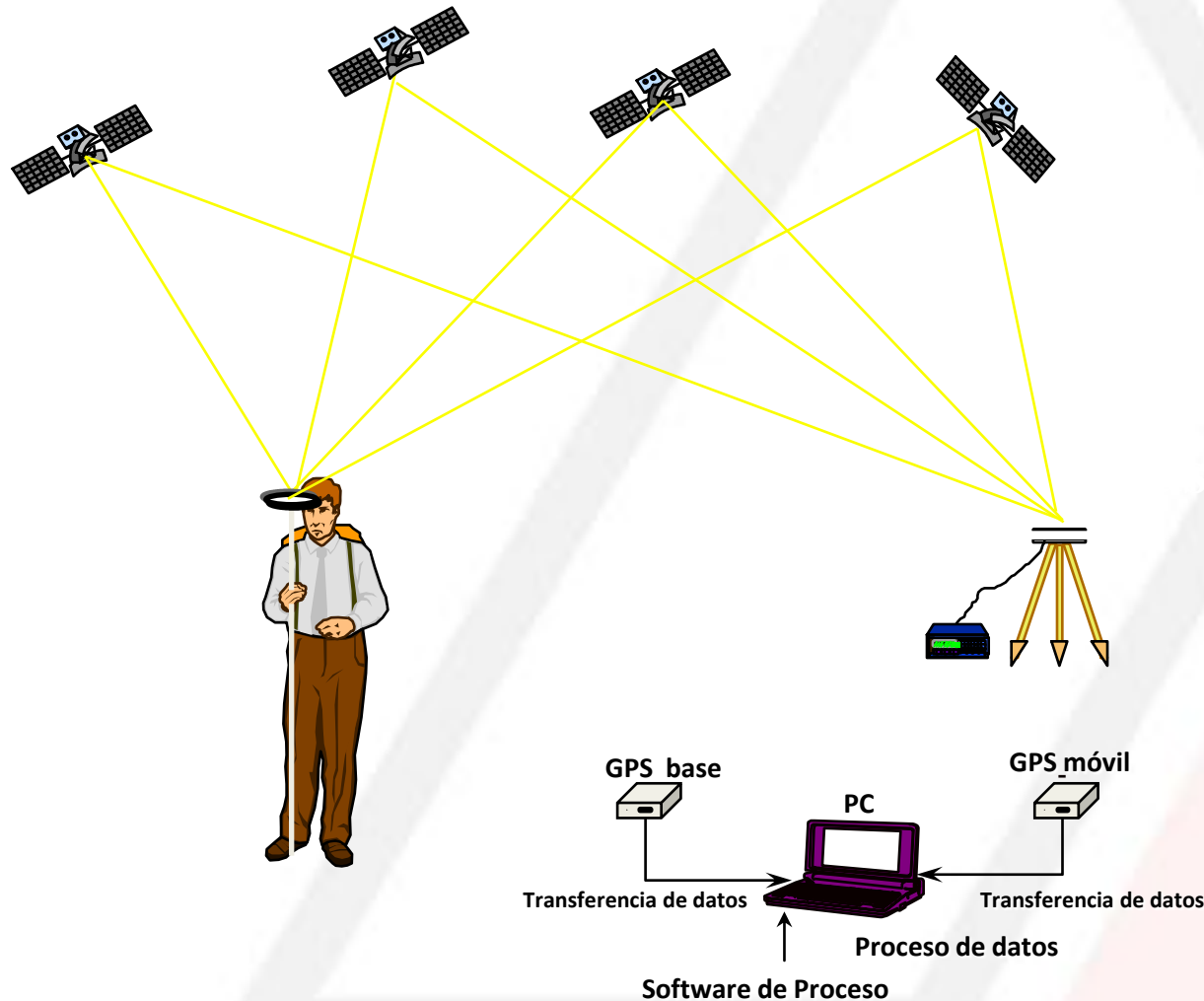
- Es el método básico a partir del código C/A
- Entrega de manera instantánea la posición de un punto, utilizando los principios de pseudodistancia.
- Ventaja: simpleza y rapidez.
- Desventaja: Esta sometido a las distintas fuentes de error que afectan las mediciones.
- Tipo de receptores que utiliza este método: Navegadores.

Método Diferencial



- Dos o más receptores observan el mismo conjunto de satélites en forma simultánea, están afectados a los mismos errores, y por tanto se cancelan
- Se utilizan al menos dos receptores, uno de ellos ubicado en un punto con coordenadas conocidas, (estación referencia) mientras el otro se desplaza a los puntos desconocidos.
- En posicionamientos relativos, las mediciones son realizadas en L1/ Código C/A o L1/L2/Código C/A. (se puede solucionar las ambigüedades y obtener precisiones centimétricas o milimétricas)
- Los parámetros desconocidos son dx , dy , dz , comúnmente referidos como elementos del vector GPS.

Método Diferencial en Post- Proceso



MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO

- Método en que el receptor remoto se mantiene estacionario por un corto tiempo de ocupación.
- Tiempo de ocupación de 10 a 20 minutos con receptores de doble frecuencia, dependiendo de la distancia a la estación base. Se debe al menos duplicar el tiempo de ocupación con receptores de frecuencia simple.
- Base máxima recomendada de 10km para receptores de frecuencia simple y 50km para receptores de doble frecuencia.
- Con este método se puede realizar redes, análisis de cierres y ajuste.
- Precisión:
Horizontal : 5mm + 0.5 PPM
Vertical : 5mm + 1 PPM

- Tiempos de medición

	L1	L1/L2
Dist < 10 km	30 min	20 min
10 km < dist < 30 km	1 h	40 min
30 km < dist < 60 km	-	1 h
60 km < dist < 100 km	-	1,5 h
100 km < dist < 200 km	-	2 h
Dist > 200 km	-	> 3 h

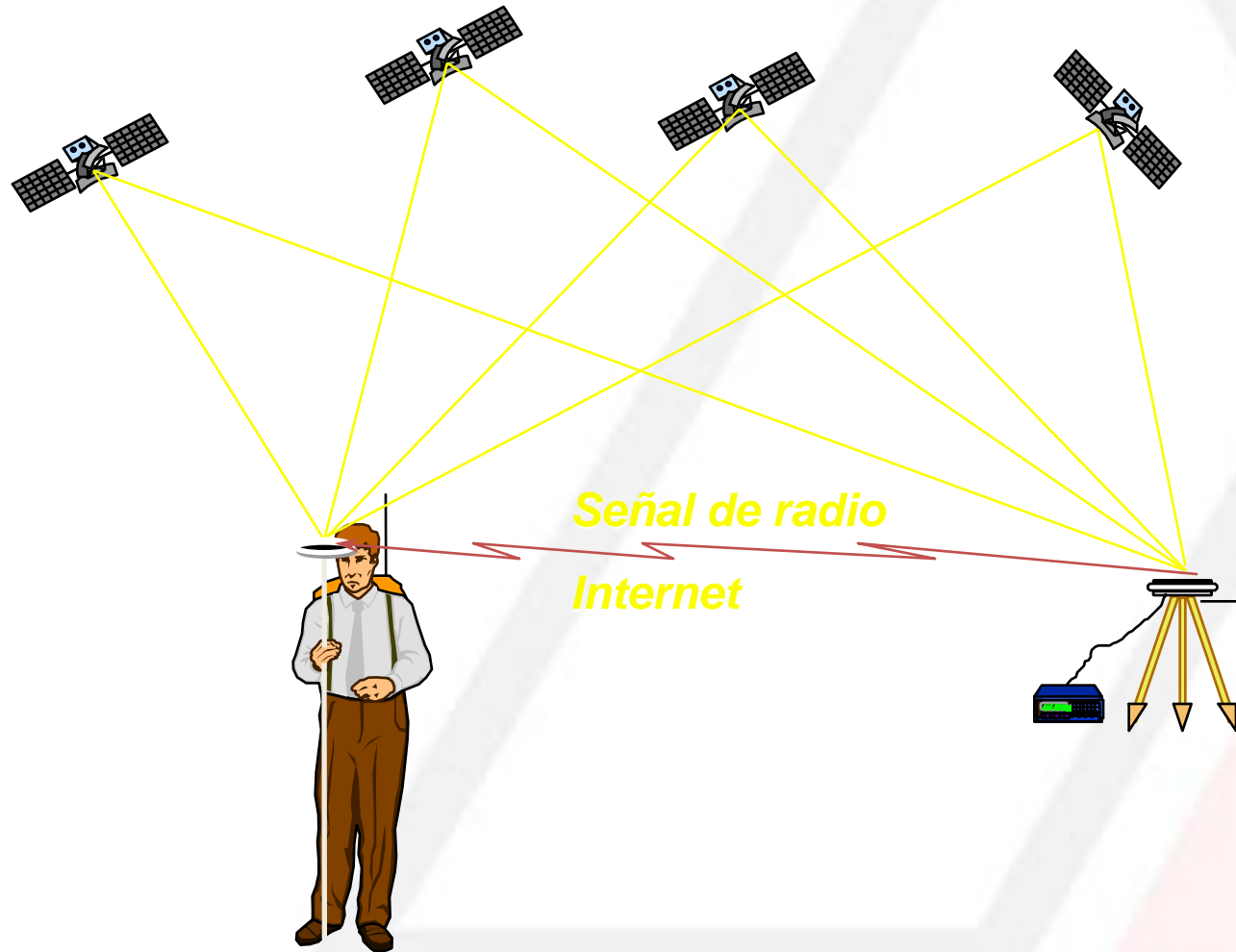
Tiempo para medición Líneas Bases utilizando método Estático.

Fuente; MC Vol II

MÉTODO CINEMÁTICO

- Trabajo con un receptor fijo y otro en movimiento, que se detiene en los puntos de interés.
- Se obtienen coordenadas de precisión topográfica sólo con permanecer un corto lapso en cada punto.
- Precisión centimétrica. Largo de la base depende de la aplicación.
- Necesita de INICIALIZACIÓN, o sea el tiempo necesario para solucionar las ambigüedades (el número entero de ondas entre los satélites y el receptor)
- Base máxima recomendada de 10km para receptores L1, 30km para receptores L1/L2

Método Diferencial En Tiempo Real RTK





MÉTODO CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL RTK

- Estación Base instala en punto con Coordenadas Fijas.
- Vía radio envía las observaciones al equipo móvil. Donde éste realiza el procesamiento de la solución.
- Obtención de precisiones en menos de 30seg, (inicialización OTF)
- Precisiones,
 - Horizontal : 10mm + 1 ppm
 - Vertical : 20mm + 1 ppm
- Distancia entre móvil y Base dependerá del alcance de la radio Base.

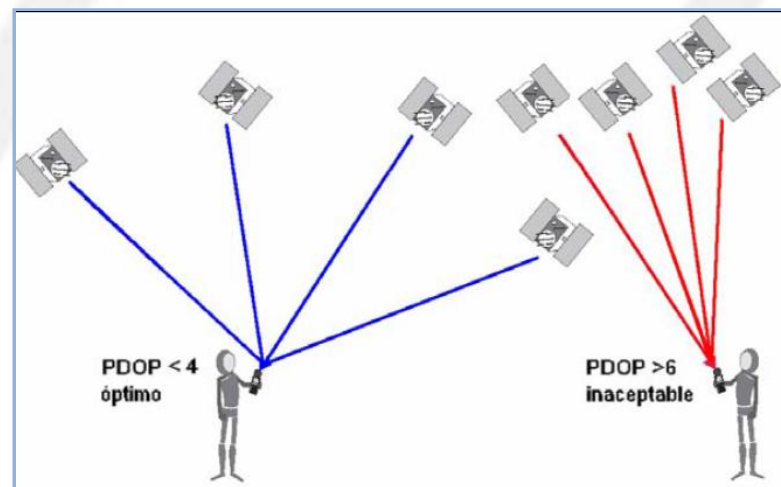
Fuentes De Error

- Dilución de la Precisión en Posición (PDOP)

Describe la sensibilidad del receptor a cambios en el posicionamiento geométrico de los Satélites

- Si el valor de DOP(Dilución de precisión) es más alto, la medición es más pobre

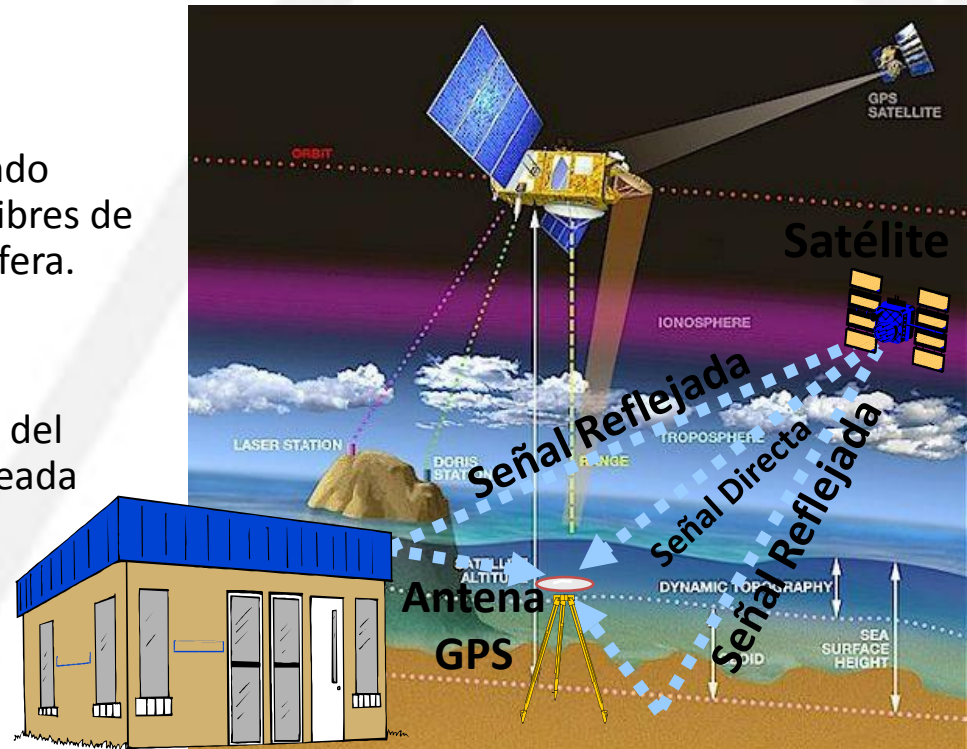
CALIDAD	PDOP
<i>Muy Buena</i>	<i>1-3</i>
<i>Buena</i>	<i>4-5</i>
<i>Moderada</i>	<i>6</i>
<i>Sospechosa</i>	<i>>6</i>



Fuentes de Error



- Error del Reloj
 - Diferencias entre el reloj del satélite y el reloj del receptor
- Retrasos de la Ionósfera
 - Retraso en las señales del GPS cuando pasan a través de la capa de iones libres de electrones conocida como la ionósfera.
- Error Compuesto
 - Causado por reflexiones de la señal del GPS que se mezcla con la señal deseada



Sistemas de referencia

- La tierra se representa en forma de un elipsoide en revolución, y sobre esta superficie matemática se proyectan las coordenadas.

- **Dátum Locales**

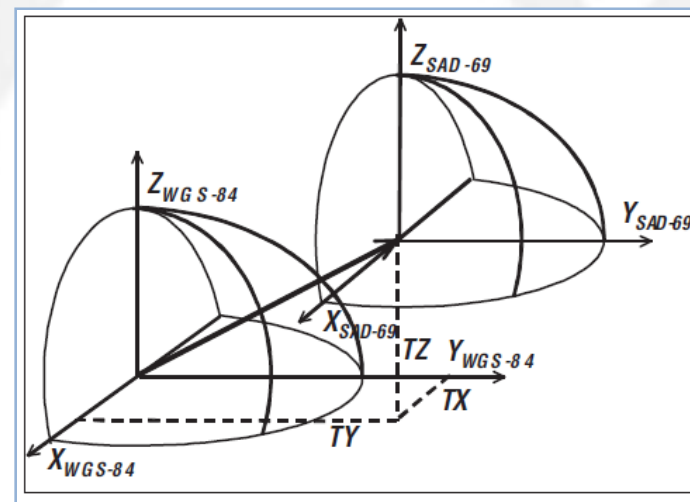
Dátum Provisorio Sudamericano 1956

Dátum Sudamericano 1969

Hito XVIII

- **Dátum Globales**

WGS 84, SIRGAS (Sistema de Referencia para las Américas)

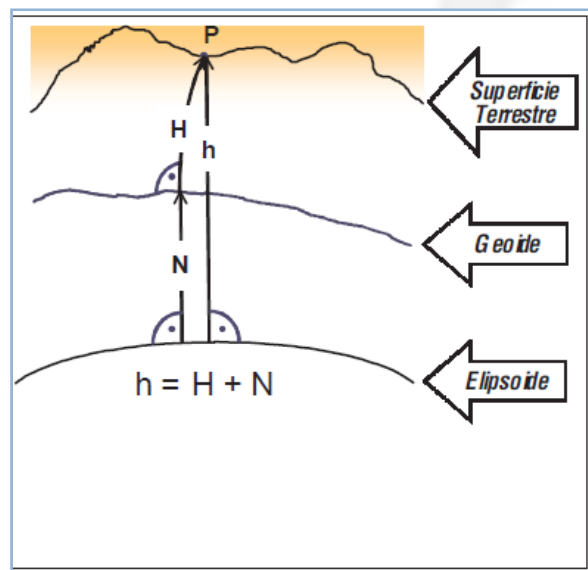


*Compatibles con software Trimble

- Modelo Geoidal

El sistema GPS, mide alturas respecto al Elipsoide (h), un modelo de Geoide transforma estas alturas a ortométricas (H) a través del cálculo de una ondulación geoidal (N)

Modelo Geoide EGM 96, EGM 08.



*Compatibles con software Trimble

Sistemas de Proyección

- Universal Transversal Mercator UTM
 - Proyección conforme.
 - Utiliza cilindro transverso y secante, con un meridiano central para la proyección.
 - Se generan 60 Husos, de 6 grados cada uno

PARÁMETROS DE UTM	
Latitud de origen	0°
Ancho del Huso o Zona	6°
Factor de escala (K_0)	0,9996
Este Falso (EF)	500.000m
Norte falso (NF) Hemisferio Sur	1.000.000m
Norte falso (NF) Hemisferio Norte	0 m

- Para Chile corresponden los Husos 18 y 19 con mediano central, 75 W. y 69W. respectivamente

2.302.3 sistemas Topocéntricos (Sistema Local de coordenadas)



- Proyección LTM (TM Local)
 - Representa una extensión reducida de terreno,
 - Reducir las diferencias entre datos proyectados y datos de terreno.
 - Meridiano Central cercano al área de trabajo, plano de referencia a la altura del proyecto.
 - Extensión del Plano 30' a cada lado del meridiano central.

PARÁMETROS DE LTM	
Factor de escala en el MCL	0.999995
Norte falso en el ecuador	7.000.000
Este falso en el MCL	200.000
Ancho del Huso	1°

*Compatibles con software Trimble.

- Planos Topográficos Locales

- El área a representar es una pequeña porción de la superficie, de forma de evitar la curvatura de la tierra.
- Estará ligado geoméricamente a un sistema elipsoidal, mediante
 - Posición
 - Orientación
 - Altura del plano de referencia (desniveles 300m hacia y hacia abajo del plano de referencia) 2.301.502 MC
- Definición de factor de escala,

$$\frac{R + H_{PTL}}{R} = K_H$$

- Parámetros proyección

PARÁMETROS DE PTL	
Factor de escala en el MCL	KH
Norte falso en el ecuador	7.000.000
Este falso en el MCL	200.000

- Utilización de un solo PTL
- Es necesario calcular un factor de corrección para las distancias Horizontales debido a la altura del plano y los desniveles.

$$SP = SH - \Delta S$$

Donde:

SP = proyección de la distancia horizontal de terreno al plano del PTL.

SH = distancia horizontal de terreno.

ΔS = factor de reducción de las distancias horizontales.

$$\Delta S = \frac{Cm \cdot SH}{R + H_{PTL} + Cm}$$

Donde:

Cm = altura media del PTL.

H_{PTL} = altura del PTL respecto del Nivel Medio del Mar.

R = radio recomendado 6.378.000 m



- Utilización de mas de un PTL
- No es necesario utilizar estas reducciones a las distancias,
- Es necesario definir tantos PTL, como el desnivel del terreno requiera.

Calibración Local

- Establece una relación entre puntos GPS (WGS-84), y posiciones de cuadrícula local, que están con cota NMM, en cambio las posiciones GPS tienen altura Elipsoidal.
- Software calcula parámetros de transformación para compatibilizar ambos sistemas. Se recomienda a lo menos 4 puntos con coordenadas en ambos sistemas.
- Es posible realizar estos cálculos en terreno Utilizando software de Trimble
- Pasos para calcular una Calibración Local
 - Seleccionar los pares de puntos de calibración a utilizar para calcular los parámetros de calibración
 - Calcular los parámetros de calibración
 - Analizar los residuales de la calibración
 - Crear un informe de la calibración local GPS
 - Aplicar la calibración local GPS al proyecto
 - Utilizar la calibración en proyectos futuros