



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Libro Educativo

Geodesia Satelital para Niños



Autores

Ing. Lizeth Lorena Florez Canaria
Ing. Andrés Alexander Andrade Sánchez
Ing. Fredy Alejandro Pulido Rubio

Revisado por

Ing. Andrés Cárdenas Contreras

2018-3

CAPÍTULO 1 Una breve introducción a la Geodesia

¿Alguna vez te has preguntado cómo nos ubicamos y movemos sobre la tierra?



Cómo crees que es la tierra



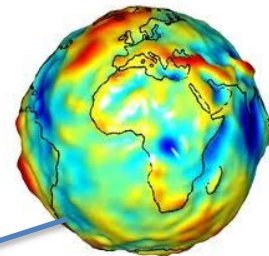
Redonda



Cómo realmente es



Geoide



GEODESIA

Es la ciencia que estudia la forma y el tamaño de la Tierra

UN POCO DE HISTORIA.....

La astronomía es la ciencia que se ocupa del estudio de los cuerpos celestes del universo, incluidos los planetas y sus satélites, los cometas y meteoroides, las estrellas y la materia interestelar, los sistemas de materia oscura, gas y polvo llamados galaxias y los cúmulos de galaxias; por lo que estudia sus movimientos y los fenómenos ligados a ellos.

Astronomía Muisca



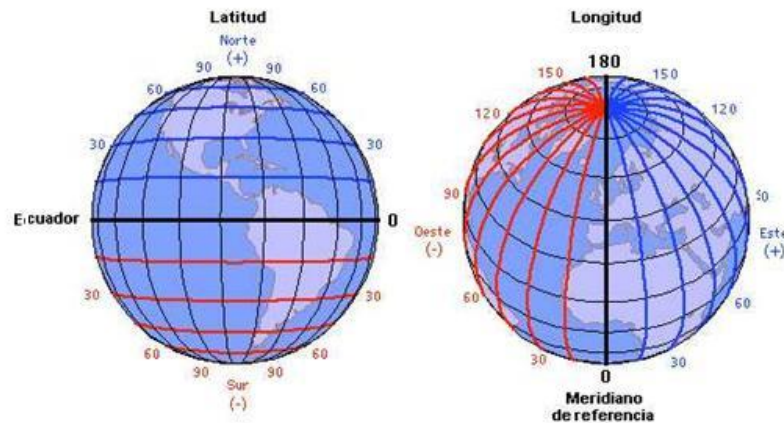
De las culturas precolombinas de Colombia, la cultura Muisca desarrollo un calendario que se conoce por el trabajo de Alexandre von Humboldt "Calendario de los Muisca" el científico alemán se basó en trabajos del fraile colombiano José Domingo Duquesne.

Contaban los días por soles, los meses por lunas. Los años eran de doce lunaciones, que comenzaban en Enero (tiempo de empezar a labrar) y finalizaban en Diciembre

(fin de las tareas agrícolas).
Dividían en tres partes de diez días el mes. Pasaban los diez primeros separados de sus mujeres, mascando hayo (mezcla de hojas de coca y sale), los siguientes laboraban, y en los últimos se dedicaban a la holganza acompañados de sus mujeres.

Astronomía de posición:

La astronomía de posición consiste en la determinación de coordenadas astronómicas como lo son latitud y longitud que son ángulos medidos en la superficie de la tierra para comprenderlo mejor se tiene el siguiente gráfico:



Estas coordenadas se determinaban por medio de observaciones a diferentes cuerpos celestes principalmente a las estrellas que se encuentran en constelaciones.

Para el cálculo de la latitud y la longitud se consideraba la tierra redonda, aunque debido a esto se tenían algunos problemas, ya que como se mostrará más adelante la tierra tiene otra forma.

Para que este procedimiento tuviera éxito se debía realizar repetidas noches y con el cielo despejado por lo que para determinar la posición de un solo punto podía pasar varias semanas mientras el cielo permitía las observaciones y se realizaban los cálculos. Debido a este problema tan grande se decidió poner nuestras propias constelaciones en el cielo que nos brindan la información cuando está nublado incluso a la luz del día. Además, con los computadores los cálculos se hacen de forma más rápida, aunque todavía se deban realizar correcciones los tiempos han disminuido mucho, por lo que a continuación te mostraremos cómo funcionan estas constelaciones artificiales.



Primer Video: <https://www.youtube.com/watch?v=Jxwt6JCZR-k&rel=0>

CAPÍTULO 2: Geodesia Arcaica

¿Cómo se realizaba la Geodesia anteriormente?

En Mesopotamia



pensaban



Tierra era un disco **plano**



En Egipto, Las pirámides



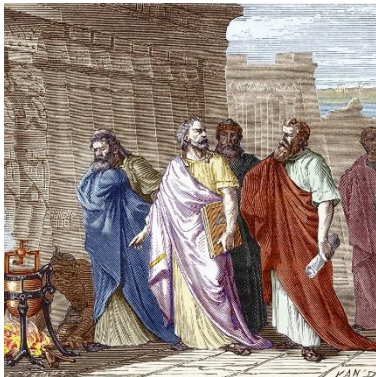
Orientadas



Norte



Los griegos



Establecieron

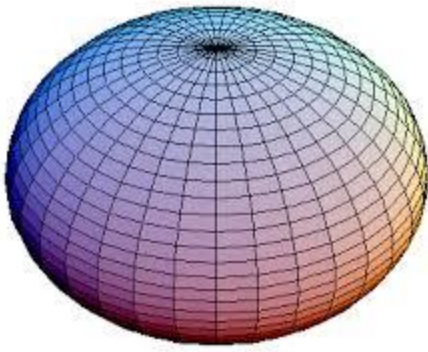


Tierra era **Redonda**



Después de muchos estudios.....

Aseguraban que la Tierra no era del todo una esfera si no un **Elipsoide**.



Basados sobre el elipsoide, las personas salían a campo para realizar grandes mediciones y así saber dónde estaban las cosas con algo mágico llamado **Coordenadas**, las cuales son un sistema que nos dice dónde estamos ubicados en la tierra mediante números.

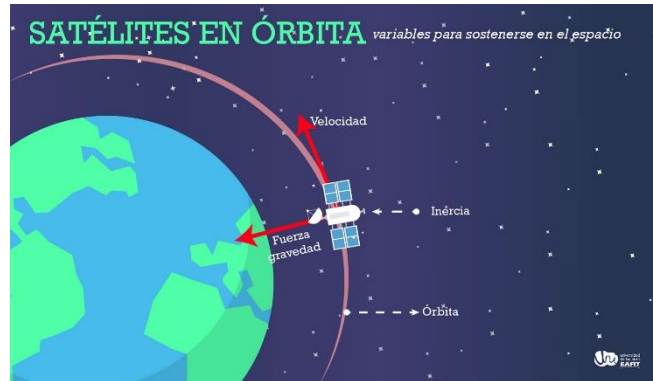


Segundo Video:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=48&v=P14n2zf2fHw

CAPÍTULO 3: Geodesia Satelital

¿Haz escuchado alguna vez de **Satélites**?

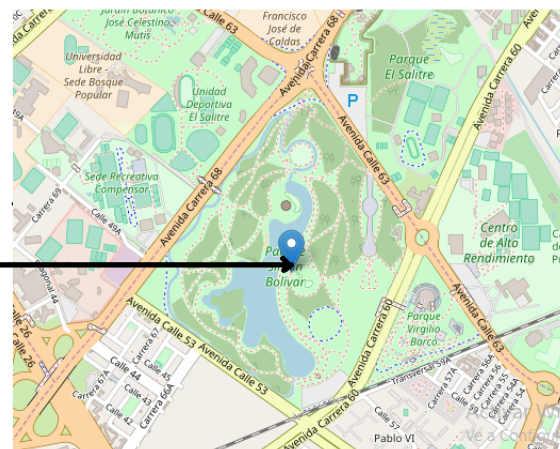
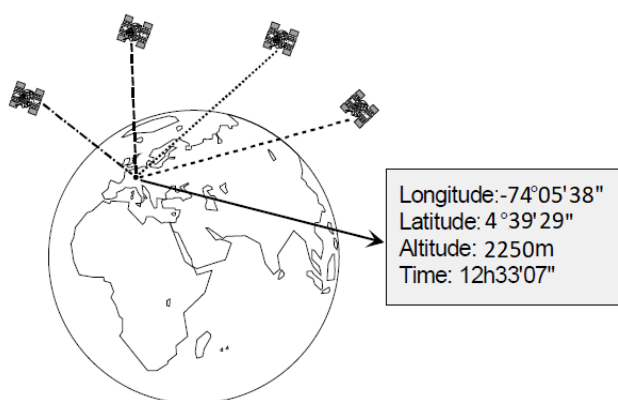


¿Sabías que un **satélite** es un cuerpo celeste que orbita alrededor del planeta El **primer satélite** fue lanzado el 4 de Octubre de 1957!

Por medio de esta tecnología nace la Geodesia Satelital, la cual permite saber dónde estamos ubicados, nace debido a la necesidad de mejorar la precisión, de las tomadas con la geodesia convencional.

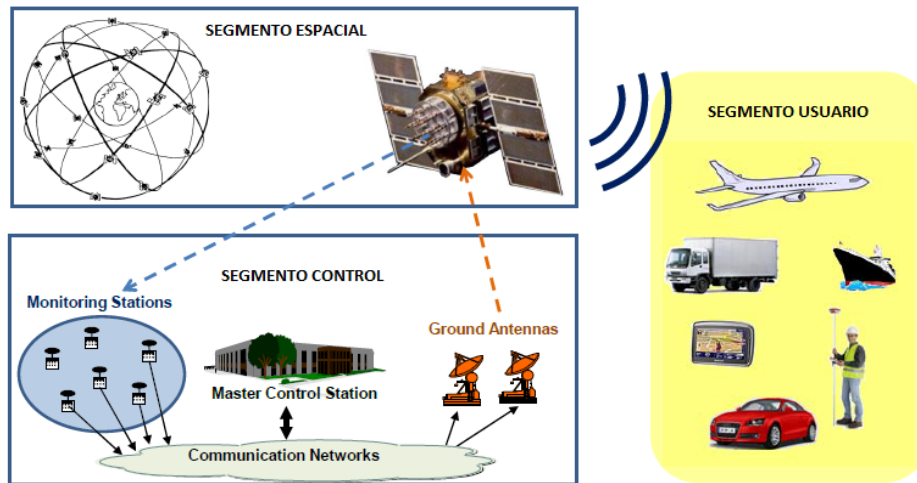
¿Cómo es que los satélites pueden hacer esto?

Tenemos que definir **GNSS** (Sistema Mundial de navegación por satélite). Es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre.



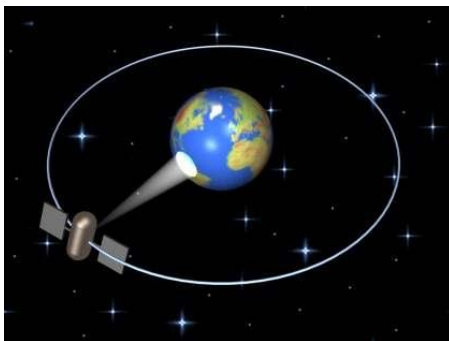
Existen varios sistemas como: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou que son de propiedad de algunos países. Estos sistemas proporcionan un posicionamiento continuo en todo el mundo.

Un GNSS básicamente consta de tres segmentos principales: el segmento **espacial**, el segmento de **control** y el segmento del **usuario**.



Segmento Espacial:

¡Sabías que un **satélite** es un cuerpo celeste que orbita alrededor del planeta El **primer satélite** fue lanzado el 4 de Octubre de 1957!

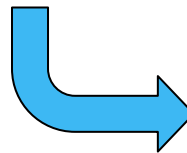


satélites?

llamado Sputnik I, por Rusia, en Kazajistán y que en la actualidad hay cerca de **3.500 satélites artificiales** en pleno funcionamiento.

¡¡¡ Mira a Sputnik orbitando!!!

Te imaginas todos esos



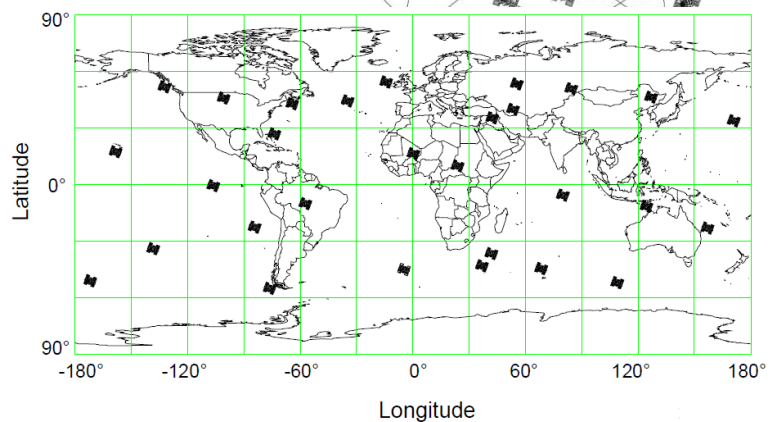
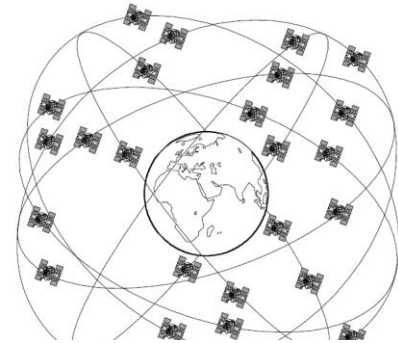
El segmento espacial consiste en un conjunto de satélites operacionales.



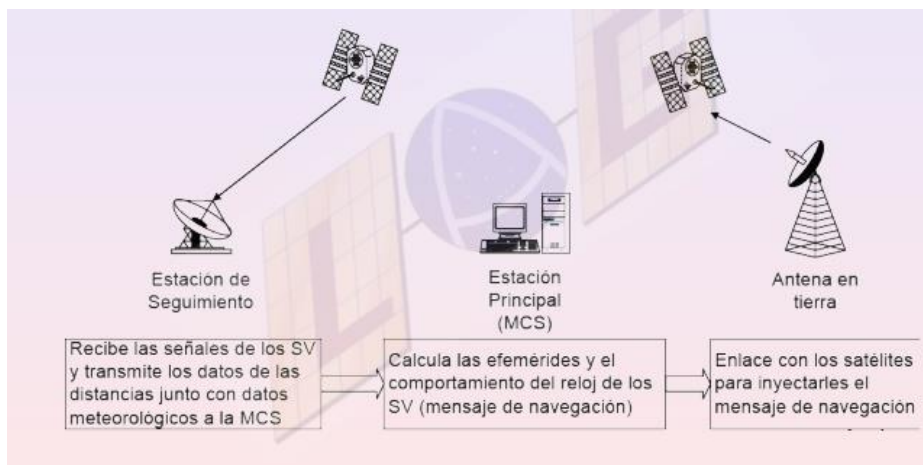
El **segmento espacial del sistema GPS** consiste en hasta 32 satélites operacionales que orbitan la Tierra en 6 diferentes planos orbitales (de cuatro a cinco satélites). Esta disposición de 24 asegura que hay al menos cuatro satélites a la vista desde prácticamente cualquier punto del planeta.

Ellos orbitan a una altura de 20.180 km sobre la superficie de la Tierra y

están inclinados a 55° con respecto al ecuador. Cualquier satélite completa su órbita en alrededor de 12 horas. Debido a la rotación de la Tierra, un satélite estará en su posición inicial sobre la superficie de la Tierra después de aprox. 24 horas (23 horas y 56 minutos para ser precisos).



Segmento Control:



El segmento de control (también conocido como el segmento de tierra) es responsable del correcto funcionamiento del GNSS.

Sus funciones básicas son:

- Observar el movimiento de los satélites y computando datos orbitales (efemérides)
- Vigilancia de los relojes satelitales y predicción de su comportamiento.
- Sincronización del tiempo satelital a bordo.
- Transmisión de datos orbitales precisos recibidos de satélites
- Retransmitir los datos orbitales aproximados de todos los satélites (almanaque)
- Retransmitir información adicional, incluida la salud del satélite, errores de reloj, etc.
- Supervisa la distorsión artificial de las señales.

Cada sistema GNSS (Galileo, GLONASS, Beidou y GPS) tiene definidas sus estaciones de control, monitoreo y antenas. Por Ejemplo:

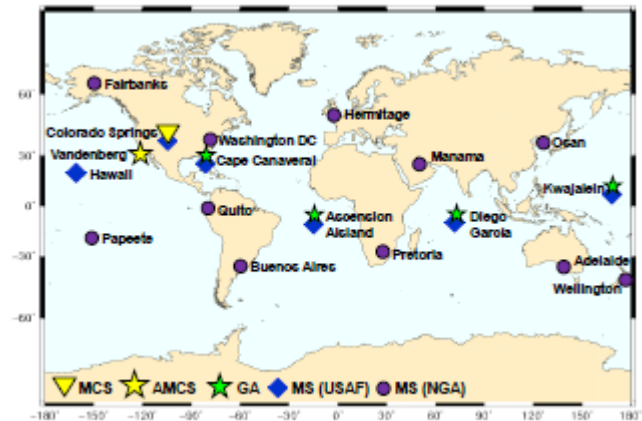
En el **segmento de control GPS** está compuesto por una red de Estaciones de Monitoreo (MS) una Master Control Station (MCS) y las antenas de tierra (GA).

La Master Control Station, ubicada en Colorado Springs, EE. UU., Es responsable de operar el sistema y prestar servicios de comando, control y mantenimiento al segmento espacial.

Las estaciones de monitoreo están distribuidas alrededor del mundo, Están equipados con estándares de reloj atómico y receptores GPS para recolectar datos de GPS continuamente para todos los satélites a la vista desde sus ubicaciones.

Los datos recopilados se envían a la estación de control maestra donde se encuentran procesados para estimar órbitas de satélites (efemérides) y errores de reloj entre otros parámetros y para generar el mensaje de navegación.

Las antenas de tierra conectan los datos a los satélites a través de señales. Estos datos incluyen efemérides e información de corrección de reloj, , generalmente se actualiza solo una vez al día. Los GA están ubicados en cuatro de los Estados miembros (Isla de la Ascensión, Cabo Cañaveral, Diego García y Kwajalein).



Segmento Usuario:

El segmento de usuario está compuesto por **receptores** GNSS. Su función principal es:

- Recibir señales GNSS, determinar pseudodistancias (y otros observables)
- Resolver las ecuaciones de navegación para obtener las coordenadas.
- Proporcionar un tiempo muy preciso.



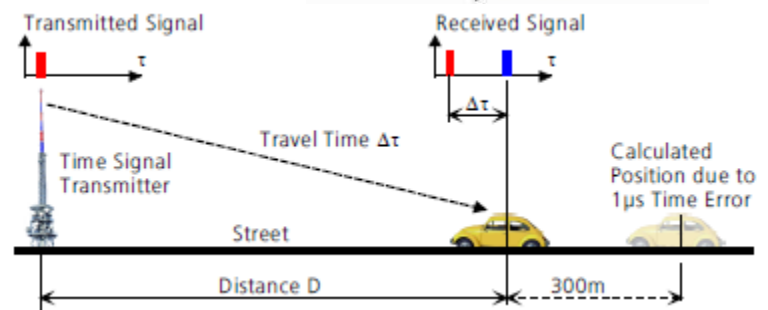
Para que entiendas uno calcula la posición estableciendo la distancia relativa a los satélites de referencia con una posición conocida. En este caso, se calcula a partir del tiempo de viaje de las ondas de radio transmitidas desde los satélites.

Todos los sistemas de navegación por satélite utilizan los mismos principios básicos para determinar las coordenadas:

- Los satélites con una posición conocida transmiten una señal de tiempo regular.
- Las señales viajan a través del espacio a la velocidad de la luz $c = 300'000 \text{ km / s}$
- Se calcula la posición del receptor.



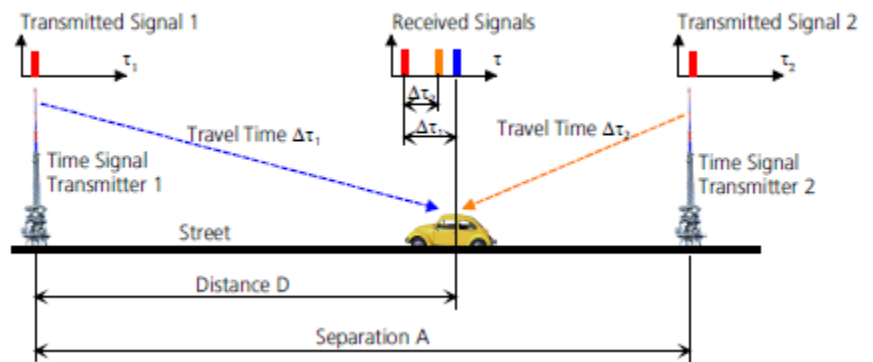
Podemos ver el principio más claramente usando un modelo simple. Imagine que estamos en un automóvil y necesitamos determinar nuestra posición en una calle larga y recta. Al final de la calle hay un transmisor de radio que envía un pulso de señal de tiempo cada segundo. A bordo del automóvil llevamos un reloj que está sincronizado con el reloj en el transmisor. Al medir el tiempo de viaje transcurrido desde el transmisor al automóvil, podemos calcular nuestra posición en la calle.

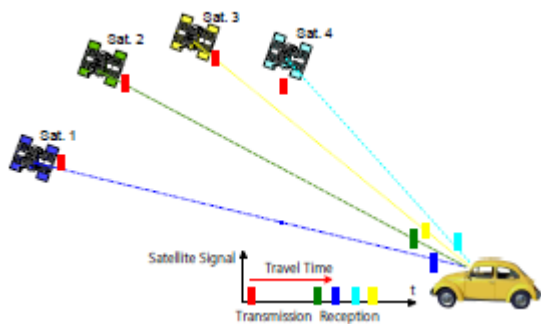


La distancia D se calcula multiplicando el tiempo de viaje por la velocidad de la luz c .

$$D = t \cdot c$$

Debido a que la hora del reloj a bordo de nuestro automóvil puede no estar exactamente sincronizada con el reloj en el transmisor, puede haber una discrepancia entre la distancia calculada y la real recorrida. En la navegación, esta distancia observada referenciada al reloj local se denomina pseudodistancia. En nuestro ejemplo, un tiempo de viaje de un microsegundo ($1\mu\text{s}$) genera un pseudo-rango de 300m. Podríamos resolver el problema de la sincronización del reloj local equipando nuestro auto con un reloj atómico exacto, pero esto probablemente excedería nuestro presupuesto. Otra solución implica el uso de un segundo transmisor de señal de tiempo sincronizado, para el cual se conoce la separación (A) del primer transmisor. Midiendo ambos tiempos de viaje es posible establecer exactamente la distancia (D) a pesar de tener un reloj a bordo impreciso.





Los sistemas de navegación por satélite utilizan satélites como transmisores de señal de tiempo. El contacto con al menos cuatro satélites, es necesario para determinar las tres coordenadas deseadas (Longitud, Latitud, Altitud), así como la hora exacta. Es necesario que el número de transmisores de señal de tiempo exceda el número de dimensiones desconocidas.

Ahora si !

Las señales transmitidas por los satélites GPS toman aprox. 67 milisegundos para llegar a un receptor en la Tierra. A medida que las señales viajan a una velocidad constante (la velocidad de la luz c), su tiempo de viaje determina la distancia exacta entre los satélites y el usuario.

Se generan cuatro señales diferentes en el receptor, cada una con la misma estructura que las señales recibidas de los 4 satélites. Al sincronizar las señales generadas en el receptor con las de los satélites, los cambios de tiempo de la señal t de los cuatro satélites se miden como una marca de tiempo. Los cambios de tiempo medidos t de las 4 señales de satélite se utilizan para determinar el tiempo exacto de viaje de la señal. Estos cambios de tiempo multiplicados por la velocidad de la luz se denominan pseudodistancias.

Señales GNSS:

Si no entendiste las señales te lo explicamos ahora!!!:

La señal generada tanto en los satélites como en los receptores consiste en conjuntos de códigos digitales intencionadamente complicados para poder compararse sin ambigüedad.

La señal GPS consiste en **ondas electromagnéticas** pertenecientes a la banda L (1000 – 2000 MHz) del espectro. La señal GPS tiene un ancho de banda superior al necesario para poder asegurar las comunicaciones, y poder combatir las interferencias entre el transmisor (satélite) y el receptor (usuario). La fuente de frecuencia la genera el oscilador o reloj, y a partir de la frecuencia nominal de 10.23 MHz instalada en GPS se generan el conjunto de portadoras y códigos que conforman la señal GPS.

Las ondas portadoras L por sí solas no sirven para resolver el problema de posicionamiento y deben someterse a unas operaciones de procesamiento de señal GPS. La más importante es la modulación orientada al acoplamiento de la señal a transmitir, para llevar los códigos C/A y P.

Estas señales **contienen** códigos de rango y datos de navegación para permitir a los usuarios calcular tanto el tiempo de viaje desde el satélite al receptor y las coordenadas del satélite en cualquier época.

Los **componentes** principales de la señal son:

- **Portadora:** señal sinusoidal de radiofrecuencia a una frecuencia determinada.

- **Código de rango:** secuencias de ceros y unos que permiten al receptor determinar el tiempo de viaje de la señal de radio desde el satélite al receptor. Se llaman secuencias PRN o códigos PRN.
- **Datos de navegación:** un mensaje codificado en binario que proporciona información sobre el efemérides satelitales (elementos pseudo-keplerianos o posición satelital) y velocidad), parámetros de sesgo de reloj, almanaque (con una precisión reducida conjunto de datos de efemérides), estado de salud del satélite y otros complementarios información.

Las **señales GPS** se transmiten en dos frecuencias de radio en la banda L, referido como Link 1 (L1) y Link 2 (L2), 20 o L1 y L2 bandas.

$L1 = 154 \cdot 10.23\text{MHz} = 1\,575.420\text{MHz}$

$L2 = 120 \cdot 10.23\text{MHz} = 1\,227.600\text{MHz}$

Dos servicios están disponibles en el sistema GPS actual:

SPS: El Servicio de Posicionamiento Estándar es un servicio abierto, gratuito para usuarios de todo el mundo. Es un servicio de una sola frecuencia en la frecuencia banda L1.

PPS: El servicio de posicionamiento preciso está restringido por técnicas criptográficas para militares y usuarios autorizados. Dos señales de navegación son provisto en dos bandas de frecuencia 21 diferentes, L1 y L2.

Los siguientes tipos de códigos y mensajes PRN se modulan a través de dos bandas portadores:

- **Código grueso / de adquisición (C / A),** también conocido como código civil C (t): Este código está modulado solo en L1. El código C / A define el SPS.
- **Código de precisión, P (t):** está reservado para uso militar y está autorizado Usuarios civiles, una porción semanal de este código se asigna a cada satélite, llamado La secuencia PRN. Se modula sobre ambas portadoras L1 y L2. Este código define el PPS.
- **Mensaje de navegación, D (t):** esto se modula en ambas portadoras en 50 bps, reportando sobre efemérides y derivas de reloj satelital, ionosférica modelo de coeficientes y estado de la constelación, entre otra información.

La Señal GPS – Los Observables



C/A tiene una Long. de onda de aprox. 300 m.

La precisión: 3 a 0.5 m



P tiene una Long. de onda de aprox. 30 m.

La precisión: 0.3 m



L1: tiene una Longitud de onda de aprox. 20 cm

L2: tiene una Longitud de onda de aprox. 24 cm

La precisión: **2 mm**

Tercer Video: <https://www.youtube.com/watch?v=GuOK9HociXc>

CAPÍTULO 4: Procesamiento GNSS

Conjunto de actividades necesarias para obtener coordenadas geodésicas en el marco de referencia oficial, que consiste en el tratamiento de los datos GNSS que permitan la obtención de vectores y sus precisiones, así como una etapa de obtención de coordenadas únicas y su exactitud que puede incluir el ajuste de mínimos cuadrados.

