



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**LEVANTAMIENTOS GEODESICOS  
EN EL G.D.F.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO  
TOPOGRAFO Y GEODESTA  
PRESENTA:**

**MENDOZA ARROYO VIOLETA FELICIANA**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. ADOLFO REYES PIZANO**



*Ciudad Universitaria, México D.F. Octubre 2010*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por darme tanta felicidad de compartir estos momentos con mis padres, esposo e hijos y permitirme terminar una gran meta más en mi vida.

A ti Mami gracias por ser mi mejor y mi gran amiga sin tu apoyo infinito e incondicional no lo hubiera logrado y ti Papi por todo tu esfuerzo y paciencia. Gracias a los dos por el apoyo, el esfuerzo y sacrificio que me brindaron en todo momento, gracias por ser el gran ejemplo de mi vida. Los amo.

A ti Eric por que me has dado los momentos mas hermosos de mi vida, gracias por todo el amor y hacer mis sueños realidad y por todos aquellos momentos que aun nos faltan. Te amo.

A mis tesoros mas hermosos de mi vida Ilesha, Miriam, Abraham y Quetzal gracias por hacerme tan feliz y por compartir esta gran experiencia con ustedes y que estén tan orgullosos de mi como yo lo estoy de ustedes. Los amo.

A mis hermanos Juan Marcos y Diego Ulises gracias por apoyarme en toda mi vida gracias por ser mis hermanos y creer en mi. Los amo.

A mi abuelita Margarita Albiter Hernández (†) gracias por estar siempre conmigo te quiero mucho en donde quieras que estés.

A Karina Salome Lerma Sánchez gracias por ser mi amiga y mi hermana te quiero mucho. A mi amigo José Ramón Fontanet Rendón gracias por tu gran apoyo. A la familia Hernández Quintana por estar conmigo en todo momento.

A todos mis profesores por su tiempo y comprensión por haberme enseñado la profesión, gracias.

A mi “Alma Mater” y a la Facultad de Ingeniería. Y a todos aquellos que siempre me decían “y para cuando”.

## **“LEVANTAMIENTOS GEODESICOS EN EL G.D.F.”**

INTRODUCCIÓN .....	1
1. ANTECEDENTES.....	2
2. CATASTRO .....	3
3.EQUIPO GPS TRIMBLE 4700 .....	5
3.1 EL RECEPTOR Y SUS FUNCIONES .....	6
3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GPS .....	7
3.3 SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE .....	19
3.4 POST-PROCESO DE LOS DATOS GPS.....	21
3.5 SOFTWARE PARA LA CONVERSION DE COORDENADAS.....	38
4. PROYECCIONES.....	40
4.1 PROYECCION CONICA DE LAMBERT CON UN PARALELO TIPO .....	41
4.2 PROYECCION NAD-27 .....	42
4.3 PROYECCIÓN U.T. M. ....	43
4.4 ESCALAS CARTOGRÁFICAS COMÚNMENTE UTILIZADAS EN MÉXICO LEVANTAMIENTOS .....	45
4.5 GEOIDE, ELIPSOIDE Y DATUM UTILIZADOS PARA LOS LEVANTAMIENTOS GPS .....	48
5. APOYO HORIZONTAL .....	51
5.1 PROCEDIMIENTO, METODO Y POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL .....	53
5.2 ESTÁTICO RÁPIDO .....	61
5.3 MÉTODOS CINEMÁTICOS. ....	63
6. CATALOGO DE INEGI .....	64
6.1 TABLA DEL SISTEMA ITRF 92 .....	66
6.2 TABLA DEL SISTEMA NAD – 27 .....	67
7. PROCESO Y MANTENIMIENTO DE LA RED GEODESICO DEL G.D.F. ....	68
7.1 MEDICION DE VERTICES .....	69
7.2 PROCEDIMIENTOS PARA LA DENSIFICACION DE LA RED GEODESICA ..	71
8. LINEAS BASES .....	74
8.1 TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LAS LÍNEAS BASE.....	75
8.2 PROCEDIMIENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LINEAS BASE .....	76

9. PUNTOS DE ORDEN (CONTROL) .....	77
9.1 ORDEN AA .....	77
9.2 ORDEN A .....	77
9.3 ORDEN B .....	77
9.4 ORDEN C PRIMERO .....	78
9.5 ORDEN C SEGUNDO, CLASE 1 .....	78
10. GLOSARIO .....	80
11. CONCLUSIÓN.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	85

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis contiene las características para los levantamientos con equipo GPS utilizados en la Secretaria de Finanzas del área de programación de campo para el apoyo y actualización cartográfica del Distrito Federal en el cuál encontrará los procedimientos específicos; la aplicación normatividad, la vinculación de normas y los conceptos básicos de los términos utilizados.

En los siguientes capítulos se describen los aspectos generales a considerarse en todo levantamiento catastral por medio del GPS, los principales atributos que se deben rescatar de cada predio y los métodos factibles de emplear, así como las características que se deben cumplir en cada uno de ellos. La información resultante de todo levantamiento, los requerimientos mínimos de ésta, así como su organización, almacenamiento y representación, se vera reflejado en la actualización catastral urbano y rural.

Como un apoyo y para la mejor comprensión de estas normas, se incluye un apartado de conceptos básicos y un glosario anexo de términos técnicos, para la conformación de este documento.

La geodesia tiene como objetivo fundamental determina la forma, figura y dimensiones de la Tierra, así como el campo de gravedad asociado a ella, por lo cual está estrechamente ligada al conocimiento del medio. Casi toda medida geodésica depende fundamentalmente del campo de gravedad de la Tierra.

El origen del sistema GPS se inicia en el año 1973 pero sus aplicaciones topográficas se puede considerar que comienzan en 1982, donde se midieron repetidamente líneas base para estudiar la nueva técnica de levantamiento, evaluar el propio prototipo, y obtener experiencias en la propia tecnología, los test revelaron precisiones en las medidas, del orden de 1 a 2 ppm. (Aceptables incluso para medidas de una red de primer orden).

La precisión en el posicionamiento con GPS depende de varios factores como son la Disponibilidad Selectiva (SA) que introduce error en el mensaje de navegación y en el reloj del satélite, los errores del reloj del satélite y del receptor, retrasos atmosféricos, geometría de los satélites (**PDOP: dilución de la precisión geométrica, supone una representación numérica de la geometría de los satélites**), con un PDOP bajo cabe esperar una mayor precisión en el posicionamiento

La posición no puede obtenerse con un receptor lo que implica el uso de dos receptores, donde uno se sitúa en posición conocida y sirve para corregir los errores de retraso atmosférico e ionosférico, SA, retraso de los relojes, etc., siempre que estos dos receptores hayan observado un mínimo de 4 satélites comunes.

El ingreso del GPS a las tesorerías es cada vez más dependiente del uso de estos equipos para levantamientos topográficos para el cobro de los impuestos del predial.

Ello plantea a las autoridades la urgencia de contar con información catastral urbana y actualizada, de manera que los usos de suelo y demás servicios, el cobro del impuesto sea objetivo de medición con dichos equipos.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

La utilización del sistema GPS como herramienta topográfica está en pleno auge, pero aun siendo una herramienta, esta necesitada de criterios de utilización.

Los levantamientos topográficos realizados mediante el uso de GPS y la información incorporada a la base de datos de cartografía, se trabaja con equipo de alta precisión que permite la descarga de datos de los puntos de las manzanas, poligonales y con esto poder automatizar en lo posible la actualización de la cartografía del GDF.

## 1. ANTECEDENTES

Debido a la necesidad de actualizar la cartografía del Distrito Federal se da la tarea de densificar la Red Geodésica que se encarga de reconocer, determinar, y medir puntos de orden B para que a partir de estos se lleve a cabo la medición de líneas base y referenciación (predios y manzanas) para fines de identificación de la tenencia de la tierra, inventario de inmuebles, usos y ordenamiento catastral.

Definir los Levantamientos con equipo GPS y especificaciones técnicas que se deben cumplir durante procesos de captación, tratamiento y representación de los datos catastrales, dan información homogénea, estructurada, confiable y de calidad que contribuya en la integración del registro del territorio y éste coadyuve a la conformación del Sistema cartográfico del D.F.

Los levantamientos catastrales corresponden a un conjunto de acciones que tienen por objeto reconocer, determinar y medir el espacio geográfico (superficie de terreno y superficie de construcción) ocupado por uno o más predios e identificar alguna de sus características que los componen para diversos fines: como la identificación de las tenencia de al tierra, inventario de inmuebles, ordenamiento del territorio, conservación de áreas con importantes recursos naturales y particularmente de los catastros.

En este sentido, los levantamientos Geodésicos tienen por objetivo definir los estándares y las actividades mínimas que se debe cumplir en todo levantamiento catastral para obtener información homóloga, confiable y de calidad que permita a las unidades productoras conformar un sistema catastral estructurado, compatible con otros sistemas catastrales y cuyo aprovechamiento de la información sirva para el ordenamiento del territorio, estudios de infraestructura y contabilidad, uso del suelo urbano y rural, modernización, actualización de información geográfica sobre la propiedad en la tenencia de la tierra, la administración de bienes e inmuebles.

Específicamente estos Levantamientos Geodésicos persiguen:

- A) Atender aquellos aspectos técnico-normativos requeridos para la identificación y georreferenciación de predios urbanos y rurales.
- B) Servir de marco de referencia para llevar a cabo los levantamientos catastrales en campo.
- C) Realizar todo levantamiento conforme a las características técnicas enmarcadas en este documento. De acuerdo a lo establecido en las normas técnicas vigentes para Levantamientos Geodésicos.

## 2. CATASTRO

En la ciudad de México estamos hablando de un área de **1,547 km<sup>2</sup>**. Representa el 0.1% de la superficie del país. Es la entidad más pequeña de la República Mexicana.

Las Coordenadas Geográficas son: Al norte 19°36', al sur 19°03' de latitud norte; al este 98°57', al oeste 99°22' de longitud oeste.



Existen diversas opiniones sobre el origen del vocablo de catastro, uno es el que proviene de la palabra latina “capitastrum” como una fusión de las palabras:

**CAPITACIONES REGISTRUM:** Registro del impuesto gravable a cada persona o a cada parcela. Este termino aparece por primera vez en el código *Teodisano godofredos* alrededor del año 1640.

Los antiguos mexicanos tuvieron gran habilidad en el trazo de cartas geográficas, que eran necesarias para los comerciantes aztecas para fijar sus marchas o rutas. Estos mapas se trazaban sobre papel de maguey, pieles preparadas o sobre telas de algodón, el dibujo se hacia en colores de origen vegetal, estos mapas no tenían escala.

La cartografía del pueblo azteca no descuido el sentido practico que todo plano debe tener, la representación simbólica se hacia empleando símbolos sencillos.

El primer catastro mexicano nace mediante una ley que ordena la formación en el Distrito Federal de un catastro geométrico y parcelario fundado sobre las medidas y el avalúo.

Este catastro tiene sus bases en el Decreto Publicado en el DF del 23 de Diciembre de 1896 (Porfirio Díaz) y solo produjo efectos fiscales.

Fue que a partir de este momento, cuando se empezaron a producir los primeros planos catastrales de una gran calidad técnica y estética.

Este primer catastro de D.F. fue el que sirvió de base y modelo general a los estados de toda la República Mexicana.



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

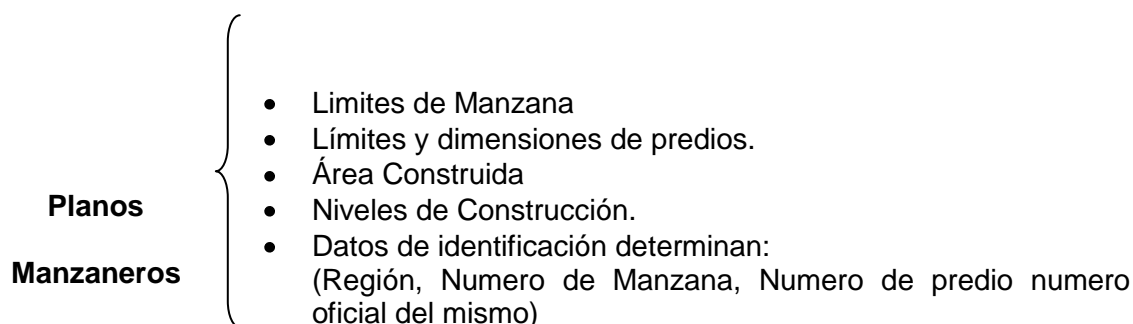
El 14 y 15 de Febrero de 1899 se publica el Reglamento de la ley de catastro. En 1917 siendo presidente Venustiano Carranza, se expide la ley de hacienda del Gobierno del Distrito federal que establece entre otras contribuciones la predial.

En 1953 se modifica la Ley de Hacienda de 1942 y se crea formalmente el nuevo catastro del D.F. con una doble finalidad fiscal y estadística.

En la década de los 50's se generalizó la producción de planos manzaneros a escala 1:500 dibujados en tela y los elaborados en base a levantamientos topográficos directos (D.D.F.).

Los objetivos del catastro son:

- Describir la propiedad del inmueble.
- hacer constar sus cambios.
- Repartir equitativamente el impuesto sobre la propiedad.



A partir de los datos contenidos en estos planos manzaneros se llevan las formas denominadas cuadro de modificaciones, con los cuales se establece un registro permanente de los cambios:

- Superficie: fusión, subdivisión.
- Área construida
- Datos de modificación al registro de la propiedad.

En 1976 un programa de integración de los planos manzaneros, en cartografía catastral 1:500 con un formato de 60 x 100 cm.

En estos levantamientos se puede establecer que se utilizó un sistema plano de coordenadas rectangulares tratando de hacer congruentes los planos manzaneros con los nuevos levantamientos.

A medida que la ciudad fue creciendo, el catastro también aumento en tamaño y en complejidad por lo que fue necesario enmarcar sus funciones a nivel de una Dirección de Catastro e Impuesto Predial, dentro de la propia Tesorería del D.F.

A partir de 1977 esta Dirección inicia un proyecto para modernizar y actualizar el catastro, este hecho marca el nacimiento de una nueva navegación de Catastro en México.

Este proyecto contemplo la implementación de:

1. Recaudación a base de modernizar los procedimientos impositivos y
2. Complementar la información actual sobre el uso del suelo en el D.F.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

En la década de los 80's el Gobierno Del Distrito Federal implementa el SICCA (Sistema Cartográfico Catastral).

Los levantamientos catastrales corresponden a un conjunto de acciones que tienen por objeto reconocer, determinar y medir el superficies por uno o más predios e identificar alguna de sus características que los componen para diversos fines: como la identificación de las tenencia de al tierra, inventario de inmuebles, ordenamiento del territorio, conservación de áreas con importantes recursos naturales o sitios de interés histórico y particularmente de los catastros.

A fin de homogeneizar los trabajos geodésicos y reducir tiempos y costos de los proyectos llevados a cabo con metodologías GPS, se establece que el INEGI opere y controle una red de estaciones de monitoreo continuo de datos GPS, denominada Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), que consiste en una estructura básica de referencia geodésica, integrada por 15 estaciones de rastreo permanente de información satelital, la cual tiene como finalidad servir como referencia para el establecimiento de otras estaciones o subredes mediante la diferenciación de las observaciones del usuario con respecto a una o más estaciones.

Para ligar los trabajos desde vértices ya establecidos con valores ITRF92 época 1988.0, o en su momento al sistema ITRF92, época 2004.0 cuando este sea liberado, los usuarios deberán colocar un receptor GPS en el vértice más conveniente de acuerdo a las necesidades de su proyecto y otro u otros receptores en los vértices a establecer. Después de calcular los vectores, se deberán ajustar las figuras del proyecto con los valores del vértice en donde se ubicó el o los receptores.

La conexión a la RGNA se establecerá cuando se propaguen las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altitud elipsoidal), de los vértices de control a los vértices prediales, del área a medir mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), o a través de procedimientos tradicionales, o bien, con los materiales fotogramétricos por medio de procedimientos digitales o analógicos. Una vez propagadas las coordenadas, las áreas medidas quedarán perfectamente georreferenciadas.

### **3. EQUIPO GPS TRIMBLE 4700**

La topografía GPS requiere usar: el hardware GPS para la captura de datos, los procedimientos apropiados de captura de datos en el campo y el software para procesar los datos de campo y para generar el producto final.

La característica fundamental del GPS reside en la necesidad de realizar observaciones diferenciales desde una estación de referencia y una móvil,. Las dos estaciones deben grabar las señales de los satélites al mismo tiempo. Los datos de estas estaciones se procesan seguidamente en el programa TRIMBLE, a fin de producir un resultado final.

La misión describe la forma en la que está configurada una unidad de control para un trabajo. Cada misión dispone de un archivo de configuración de la misión que contiene un conjunto de parámetros como las coordenadas del punto inicial, los parámetros de observación de satélites, el tipo de operación, los parámetros de grabación de datos y la identificación del punto.

## 3.1 EL RECEPTOR Y FUNCIONES

Receptores geodésicos GPS (por sus siglas en ingles Global Position System) de doble frecuencia marca TRIMBLE modelo 4700 con sus respectivas antenas y accesorios. Cada satélite GPS transmite dos señales radio:

L1 a 1575.42 MHz

L2 a 1227.60 MHz

Es el conjunto de elementos (Software y Hardware) que permiten determinar la posición, velocidad y tiempo de un usuario, además de otros parámetros adicionales.

1. Identificación y seguimiento de los códigos asociados a cada satélite.
2. Determinación de las distancias.
3. Decodificación de las señales de los mensajes de navegación para obtener las efemérides, el almanaque, etc.
4. Aplicar las correcciones (de reloj, ionosféricas, etc.).
5. Determinación de la posición y velocidad.
6. Validación de los resultados obtenidos y almacenamiento en memoria.
7. Presentación de la información

Precisión (PR)

Para Líneas Base de hasta 2 000 Km.:

$PR = \pm ( 0.005 \text{ m} + 0.05 \text{ PPM} )$  ; donde, PPM = PARTES POR MILLON

Los receptores geodésicos que esta utilizando la Tesorería del GDF son de doble frecuencia marca TRIMBLE modelo 4700 con sus respectivas antenas y accesorios, son de alta precisión que alcanzan precisiones milimétricas, utilizando el sistema de rastreo de satélites artificiales GPS, los cuales cumplen con las especificaciones técnicas emitidas por la casa fabricante para la determinación de redes GPS de Primer Orden.

Existen diferentes tipos de receptores, por ejemplo:

**Navegación.** Reciben únicamente observables de código (tiempos). Son los instrumentos menos precisos, aunque su evolución está siendo espectacular. Sus aplicaciones más comunes son la navegación, catastro, SIG y levantamientos de escalas menores de 1: 5, 000 (*Ver Estándares de exactitud posicional INEGI*)

**De una frecuencia (Monofrecuencia).** Reciben las observables de código y fase de la portadora L1. La precisión de estos instrumentos ya es significativa, y son de aplicación topográfica y geodésica en pequeñas distancias (hasta 20 km).

**De doble frecuencia) Bifrecuencia.** Reciben las observables de código y fase de las portadoras L1 y L2. La precisión y el rendimiento son mucho mayores debido a la posibilidad de combinar los datos y formar en post-proceso combinaciones de observables que agilizan el cálculo y eliminan los errores de retardo atmosférico. Están indicados para trabajos de precisión y donde el rendimiento y los buenos resultados requeridos sean máximos.

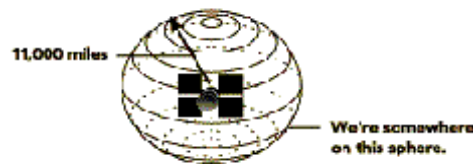
## 3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GPS

Como funciona el sistema GPS, en cinco pasos. (Trimble Navigation Limited)

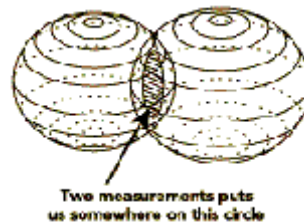
### Paso 1: La Triangulación desde los satélites

Aunque pueda parecer imposible, la idea general detrás del GPS es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicaciones aquí en la tierra, esto se logra mediante una medición de nuestra distancia hacia al menos tres satélites, lo que nos permite "triangular" nuestra posición en cualquier parte de la tierra.

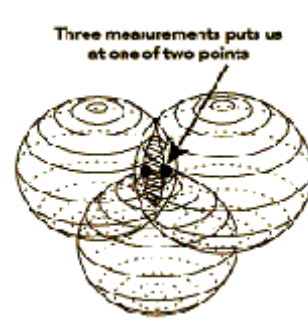
Supongamos que medimos nuestra distancia al primer satélite y resulta que estamos a 20,000 Km. de un satélite determinado, no podemos por lo tanto estar en cualquier punto del universo sino que esto limita nuestra posición a la superficie de una esfera que tiene como centro dicho satélite y cuyo radio es de 20.000 Km.



A continuación medimos nuestra distancia a un segundo satélite y resulta que estamos a 21,800 Km. del mismo, esto nos indica que no estamos solamente en la primera esfera, correspondiente al primer satélite, sino también sobre otra esfera que se encuentra a 21,800 Km. del segundo satélite, en otras palabras, estamos en algún lugar de la circunferencia que resulta de la intersección de las dos esferas.



Si ahora medimos nuestra distancia a un tercer satélite y descubrimos que estamos a 23,600 Km. del mismo, esto limita nuestra posición aún más, a los dos puntos en los cuales la esfera de 23,600 Km. corta la circunferencia que resulta de la intersección de las dos primeras esferas.



o sea, que midiendo nuestra distancia a tres satélites limitamos nuestro posicionamiento a solo dos puntos posibles. Para decidir cual de ellos es nuestra posición verdadera, podríamos efectuar una nueva medición a un cuarto satélite, pero normalmente uno de los dos puntos posibles resulta ser muy improbable por su ubicación

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

demasiado lejana de la superficie terrestre y puede ser descartado sin necesidad de mediciones posteriores. Como conclusión tenemos.

1. Nuestra posición se calcula en base a la medición de las distancias a los satélites.
2. Matemáticamente se necesitan cuatro mediciones de distancia a los satélites para determinar la posición exacta.
3. En la práctica se resuelve nuestra posición con solo tres mediciones.
4. Se requiere de todos modos una cuarta medición por razones técnicas.

### **Pasó 2: Midiendo las distancias a los satélites**

Sabemos ahora que nuestra posición se calcula a partir de la medición de la distancia hasta por lo menos tres satélites, pero, ¿cómo podemos medir la distancia hacia algo que está flotando en algún lugar en el espacio? Esto se determina midiendo el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar hasta el receptor de GPS.

En el caso del GPS estamos midiendo una señal de radio, que sabemos que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000 km por segundo, nos queda el problema de medir el tiempo de viaje de la señal.

El problema de la medición de ese tiempo es complicado, los tiempos son extremadamente cortos. Si el satélite estuviera justo sobre nuestras cabezas, a unos 20.000 km de altura, el tiempo total de viaje de la señal hacia nosotros sería de algo más de 0.06 segundos, por lo que es necesario relojes muy precisos. ¿cómo medimos el tiempo de viaje de la señal?. Supongamos que nuestro GPS, por un lado, y el satélite, por otro, generan una señal auditiva en el mismo instante exacto, supongamos también que nosotros, parados al lado de nuestro receptor de GPS, podamos oír ambas señales (Obviamente es imposible "oír" esas señales porque el sonido no se propaga en el vacío), oíríamos dos versiones de la señal, una de ellas inmediatamente, la generada por nuestro receptor GPS y la otra con cierto atraso, la proveniente del satélite, porque tuvo que recorrer alrededor de 20.000 km para llegar hasta nosotros, podemos decir que ambas señales no están sincronizadas.

Si quisiéramos saber cual es la magnitud de la demora de la señal proveniente del satélite podemos retardar la emisión de la señal de nuestro GPS hasta lograr la perfecta sincronización con la señal que viene del satélite, el tiempo de retardo necesario para sincronizar ambas señales es igual al tiempo de viaje de la señal proveniente del satélite (Supongamos que sea de 0.06 segundos) conociendo este tiempo, lo multiplicamos por la velocidad de la luz y ya obtenemos la distancia hasta el satélite.

Tiempo de retardo (0.06 seg) x Vel. de la luz (300.000 km/seg) = Dist. (18.000 km). Así es, básicamente, como funciona el GPS. La señal emitida por nuestro GPS y por el satélite es algo llamado "Código Pseudo Aleatorio" (Pseudo Random Code). La palabra "Aleatorio" significa algo generado por el azar.

1. La distancia al satélite se determina midiendo el tiempo que tarda una señal de radio, emitida por el mismo, en alcanzar nuestro receptor de GPS.
2. Para efectuar dicha medición asumimos que ambos, nuestro receptor GPS y el satélite, están generando el mismo Código Pseudo Aleatorio en exactamente el mismo momento.
3. Comparando cuanto retardo existe entre la llegada del Código Pseudo Aleatorio proveniente del satélite y la generación del código de nuestro receptor de GPS, podemos determinar cuanto tiempo le llevó a dicha señal llegar hasta nosotros.

4. Multiplicamos dicho tiempo de viaje por la velocidad de la luz y obtenemos la distancia al satélite.

### **Paso 3: Control perfecto del tiempo**

Si la medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el GPS, los relojes que empleamos deben ser exactos, dado que si miden con un desvío de una milésima de segundo, a la velocidad de la luz, ello se traduce en un error de 300 Km. Por el lado de los satélites, la medición del tiempo es casi perfecta porque llevan a bordo relojes atómicos de increíble precisión. ¿Pero que pasa con los receptores GPS, aquí en la tierra? recordemos que ambos, el satélite y el receptor GPS, deben ser capaces de sincronizar sus Códigos Pseudo Aleatorios para que el sistema funcione. Si nuestros receptores GPS tuvieran relojes atómicos (Cuyo costo está por encima de los 50 a 100.000 U.S. \$) la tecnología resultaría demasiado costosa. Por suerte los diseñadores del sistema GPS encontraron una brillante solución que nos permite resolver el problema con relojes mucho menos precisos en nuestros GPS. Esta solución es uno de los elementos clave del sistema GPS y, como beneficio adicional, significa que cada receptor de GPS es en esencia un reloj atómico por su precisión.

El secreto para obtener la medición del tiempo, tan perfecto es efectuar una medición satelital adicional, resulta que si tres mediciones perfectas pueden posicionar un punto en un espacio tridimensional, cuatro mediciones imperfectas pueden lograr lo mismo, esta idea es fundamental para el funcionamiento del sistema GPS, pero su explicación detallada excede los alcances de la presente exposición.

A continuación se describe un resumen somero: Una medición adicional remedia el desfase de la medición del tiempo. Si todo fuera perfecto (es decir que los relojes de nuestros receptores GPS lo fueran), entonces todos los rangos (distancias) a los satélites se interceptarían en un único punto (que indica nuestra posición). Pero con relojes imperfectos, una cuarta medición, efectuada como control cruzado, NO interceptará con los tres primeros, de esa manera la computadora de nuestro GPS detectará la discrepancia y atribuirá la diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal, dado que cualquier discrepancia con la hora universal afectará a las cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que siendo aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos coincidan en un solo punto, dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esa manera tenemos un reloj atómico en la palma de nuestra mano. Una vez que el receptor de GPS aplica dicha corrección al resto de sus mediciones, obtenemos un posicionamiento preciso. Una consecuencia de este principio es que cualquier GPS (económico) debe ser capaz de sintonizar al menos cuatro satélites de manera simultánea, en la práctica, casi todos los GPS actualmente, acceden a mas de 6, y hasta a 20, satélites simultáneamente.

Ahora bien, con el Código Pseudo Aleatorio como un pulso confiable para asegurar la medición correcta del tiempo de la señal y la medición adicional como elemento de sincronización con la hora universal, tenemos todo lo necesario para medir nuestra distancia a un satélite en el espacio.

Como conclusión tenemos una medición del tiempo Perfecto

1. Una medición del tiempo muy preciso es clave para medir la distancia a los Satélites.
2. Los satélites son exactos porque llevan un reloj atómico a bordo.
3. Los relojes de los receptores GPS no necesitan ser tan exactos porque la medición de un rango a un satélite adicional permite corregir los errores de medición.

### **Paso 4: Conocer dónde están los satélites en el espacio**

A lo largo de este trabajo se ha asumido que se conoce dónde están los satélites en sus órbitas y de esa manera podemos utilizarlos como puntos de referencia. ¿Pero, cómo podemos saber donde están exactamente? sí todos ellos están a unos 20.000 km de altura en el espacio.

Un satélite a gran altura se mantiene estable. La altura de 20.000 km es en realidad un gran beneficio para este caso, porque algo que está a esa altura está bien despejado de la atmósfera, eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas. La Fuerza Aérea de los EEUU colocó cada satélite en una órbita muy precisa, de acuerdo al Plan Maestro de GPS. En tierra, todos los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento.

El control constante agrega precisión. Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites de GPS son monitoreados de manera constante por el Departamento de Defensa.

Los cuales utilizan radares muy precisos para controlar constantemente la exacta altura, posición y velocidad de cada satélite. Los errores que ellos controlan son los llamados errores de efemérides, estos se generan por influencias gravitacionales del sol y de la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites.

Una vez que el Departamento de Defensa ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite, de esa manera el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS. Esto significa que la señal que recibe un receptor de GPS no es solamente un Código Pseudo Aleatorio con fines de medición del tiempo, también contiene un mensaje de navegación con información sobre la órbita exacta del satélite.

Con un tiempo perfecto y la posición exacta del satélite podríamos pensar que estamos en condiciones de efectuar cálculos perfectos de posicionamiento.

### Posicionamiento de los Satélites

1. Para utilizar los satélites como puntos de referencia debemos conocer exactamente donde están en cada momento.
2. Los satélites de GPS se ubican a tal altura que sus órbitas son muy predecibles.
3. El Departamento de Defensa controla y mide variaciones menores en sus órbitas.
4. La información sobre errores es enviada a los satélites para que estos a su vez retransmitan su posición corregida junto con sus señales de medición del tiempo.

### **Paso 5: Corrigiendo errores.**

Hasta ahora se han estado tratando los cálculos del sistema GPS de manera muy abstracta, como si todo el proceso ocurriera en el vacío, pero en el mundo real hay muchas cosas que le pueden suceder a una señal de GPS para transformarla en algo menos que matemáticamente perfecta. Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema un buen receptor de GPS debe tener en cuenta una amplia variedad de errores posibles.

En primer lugar, una de las presunciones básicas que se ha estado usando a lo largo de este trabajo no es exactamente cierta. Se ha estado afirmando que podemos calcular la distancia a un satélite multiplicando el tiempo de viaje de su señal por la velocidad de la luz, pero la velocidad de la luz sólo es constante en el vacío.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

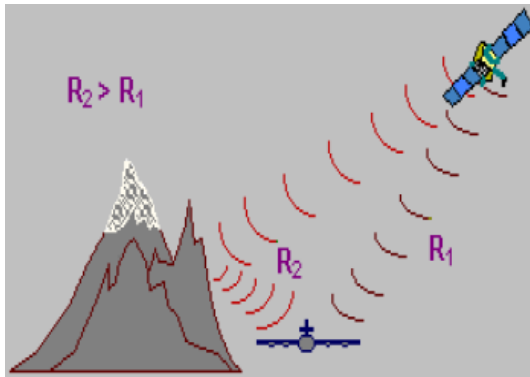
Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionosfera y a través de vapor de agua en la troposfera lo cual pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes.

Hay un par de maneras de minimizar este tipo de error. Por un lado, se puede predecir cual sería el error tipo de un día promedio, a esto se le llama modelación y nos puede ayudar pero, por supuesto, las condiciones atmosféricas raramente se ajustan exactamente el promedio previsto.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes, esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

Los problemas para la señal de GPS no terminan cuando llega a la tierra, la señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por nuestro receptor GPS.

Este error es similar al de las señales fantasma que podemos ver en la recepción de televisión. Los receptores GPS más sofisticados utilizan sistemas de rechazo para minimizar este problema (**multipath**).



### MULTIPATH

Es la señal de los satélites distorsionados por causas de los rebotes, este efecto incluye enormemente debido a que aumenta el tiempo de llegada de la señal desde el satélite a la antena del receptor

Aún siendo los satélites muy sofisticados no tienen en cuenta minúsculos errores en el sistema. Los relojes atómicos que utilizan son muy, precisos, pero no son perfectos, pueden ocurrir minúsculas discrepancias que se transforman en errores de medición del tiempo de viaje de las señales, y, aunque la posición de los satélites es controlada permanentemente, tampoco pueden ser controlados a cada segundo, de esa manera pequeñas variaciones de posición o de efemérides pueden ocurrir entre los tiempos de monitoreo.

La geometría básica por si misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión", o DGDP. Suena complicado pero el principio es simple. En la realidad suele haber más satélites disponibles que los que el receptor GPS necesita para fijar una posición, de manera que el receptor toma algunos e ignora al resto. Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área gris o margen de error acerca de una posición.

Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias interceptan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error.

Los buenos receptores (Geodésicos) son capaces de determinar cuales son los satélites que dan el menor error por Dilución Geométrica de la Precisión.



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

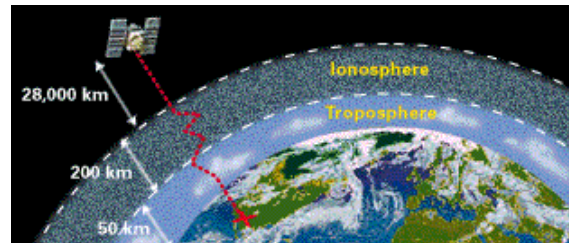
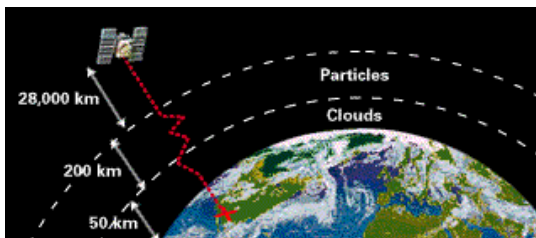
---

Aunque resulte difícil de creer, el mismo Gobierno que invirtió millones de dólares para desarrollar el sistema de navegación más exacto del mundo, está degradando intencionalmente su exactitud, dicha política se denomina "Disponibilidad Selectiva" y pretende asegurar que ninguna fuerza hostil o grupo terrorista pueda utilizar el GPS para fabricar armas certeras.

Básicamente, el Departamento de Defensa introduce cierto "ruido" en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traduce en errores en los cálculos de posición. El Departamento de Defensa también puede enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían a los receptores GPS como parte de la señal que emiten, estos errores en su conjunto son la mayor fuente unitaria de error del sistema GPS. Los receptores de uso militar utilizan una clave para eliminar la Disponibilidad Selectiva y son, por ello, mucho más exactos.

La línea final. Afortunadamente todos esos errores no suman demasiado error total, existe una forma de GPS, denominada GPS Diferencial, que reduce significativamente estos problemas.

1. La Ionosfera y la Troposfera causan demoras en la señal de GPS que se traducen en errores de posicionamiento.



2. Algunos errores se pueden corregir mediante modelación y correcciones matemáticas.
3. La configuración de los satélites en el cielo puede magnificar otros errores
4. El GPS Diferencial puede eliminar casi todos los errores

Este receptor estacionario es la clave de la precisión del GPS, puesto que reúne todas las mediciones de los satélites sobre el horizonte en una sólida referencia local.

El receptor de referencia situado en una posición fija determinada con gran exactitud (estación de referencia), recibe las mismas señales GPS que el receptor itinerante, pero en vez de trabajar como un receptor GPS normal aborda los cálculos en sentido inverso. En vez de usar las señales de tiempo para calcular su posición, emplea su posición para calcular el tiempo.

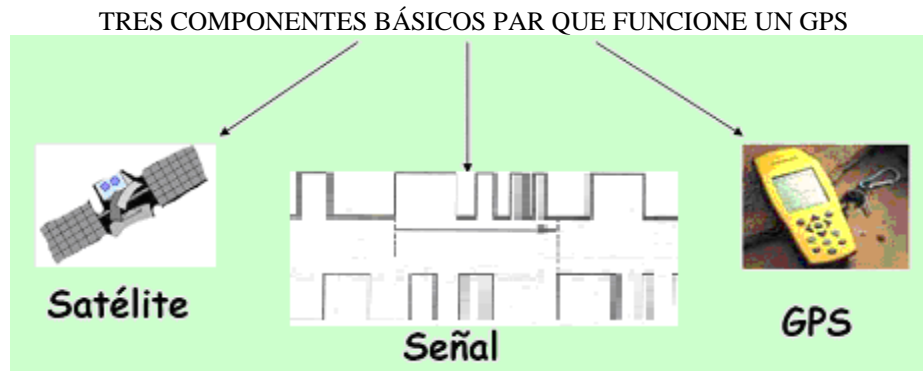
Puesto que el receptor de referencia conoce de antemano los parámetros orbitales, donde se supone que los satélites se han de localizar en el espacio y conoce exactamente las coordenadas de la estación de referencia, puede calcular la distancia teórica entre la estación de referencia y cada uno de los satélites sobre el horizonte. Entonces, dividiendo esa distancia teórica por la velocidad de la luz en el vacío averigua el tiempo, es decir, cuanto debería haber tardado la señal en llegar hasta él. Después compara ese tiempo teórico con el tiempo que realmente ha tardado. Cualquier diferencia existente corresponde al error o retraso de la señal del satélite.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

Una vez calculado el error en la señal de cada satélite sobre el horizonte, los receptores de referencia tienen que facilitar esta información a todos los receptores itinerantes de su zona de influencia, con el fin de que la utilicen para corregir sus mediciones. Puesto que el receptor de referencia no tiene forma de saber cuáles de los satélites disponibles sobre el horizonte, están siendo utilizados en cada momento por el receptor itinerante para calcular su posición, debe analizar las señales de todos los satélites visibles y calcular sus errores instantáneos. Después codificará esta información en un formato estándar y la transmitirá simultáneamente a todos los receptores itinerantes.

Los receptores itinerantes reciben la lista completa de factores de corrección y aplican las correcciones pertinentes a las señales de los satélites que, en particular, están utilizando.



El sistema GPS funciona midiendo el tiempo que tarda una señal de radio en llegar hasta el receptor desde un satélite y calculando luego la distancia a partir de ese tiempo.

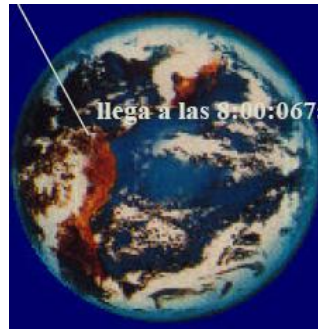
$$DISTANCIA (KM) = VELOCIDAD DE LA LUZ (KM/SEG) \times TIEMPO (SEG)$$

Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz: 300.000 km/sg en el vacío. Así, si podemos averiguar exactamente cuando recibimos esa señal de radio, podremos calcular cuánto tiempo ha empleado la señal en llegar hasta nosotros. Por lo tanto, solo nos falta multiplicar ese tiempo en segundos por la velocidad de la luz (300.000 km/sg) y el resultado será la distancia al satélite.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

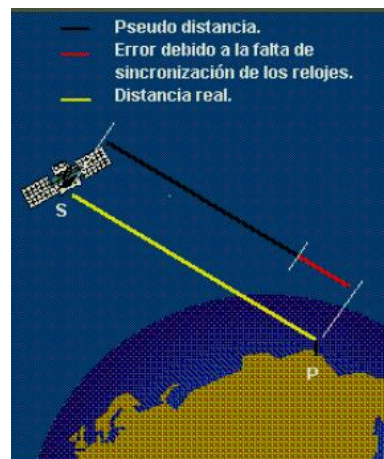
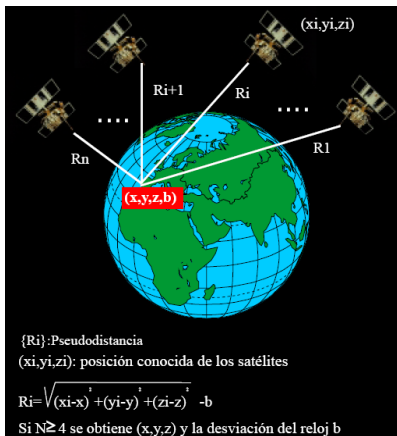


SALE EL  
MENSAJE  
A LAS 8 HRS



$$d = v * t$$
$$d = 300,000 \text{ Km/seg} * 0.0675 \text{ seg}$$
$$d = 20,250 \text{ Km}$$

La clave de la medición del tiempo de transmisión de la señal de radio, consiste en averiguar exactamente cuando partió la señal del satélite. Para lograrlo se sincronizan los relojes de los satélites y de los receptores de manera que generen la misma señal exactamente a la misma hora. Por tanto, todo lo que hay que hacer es recibir la señal desde un satélite determinado y compararla con la señal generada en el receptor para calcular el desfase. La diferencia de fase será igual al tiempo que ha empleado la señal en llegar hasta el receptor.



## PSEUDODISTANCIA

El reloj del satélite y receptor no están sincronizados perfectamente. Los sv cuentan con relojes atómicos de alta precisión y estabilidad  $10^{-14}$  s, mientras que los receptores trabajan con  $10^{-9}$ s. De lo anterior se deduce que existe un error en el cálculo de tiempo, por lo tanto en la determinación de la distancia. Por ello le llamamos PSEUDODISTANCIA.

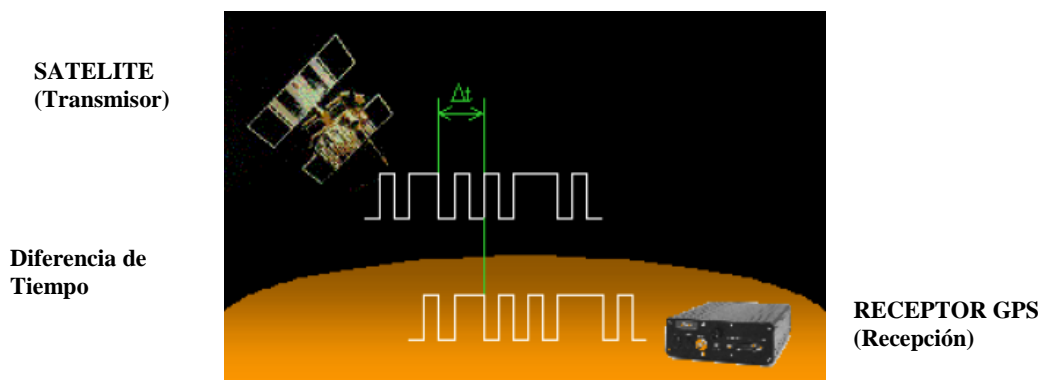
Una vez decidido el lugar, el día y la hora de la observación, debemos elegir el método de posicionamiento adecuado en función del tipo de trabajo a realizar y de la precisión

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

requerida e introducir en la unidad de control del receptor los parámetros de la observación.

La señal generada tanto en los satélites como en los receptores consiste en conjuntos de códigos digitales complejos. Estos códigos se han hecho complicados a propósito, de forma que se les pueda comparar fácilmente sin ambigüedad. De todas formas, los códigos son tan complicados que su aspecto es el de una larga serie de impulsos aleatorios.



### DESFASES DE CODIGOS DE TIEMPO TRANSCURRIDO

Estos impulsos no son realmente aleatorios, sino que se trata de secuencias "pseudoaleatorias" cuidadosamente elegidas que en verdad se repiten cada milisegundo. Por lo que se conocen con el nombre de código "pseudoaleatorio" (**PRN**, *Pseudo Random Noise*).

### OBTENCIÓN DE UN PERFECTO SINCRONISMO

Puesto que sabemos que las señales de radio transmitida por los satélites GPS viajan a la velocidad de la luz, aproximadamente 300.000 km/sg. Un error de sincronismo entre el reloj de un satélite y el reloj de nuestro receptor de tan solo 1/100 de segundo, provocaría una desviación en la medición de la distancia de 3.000 Km.

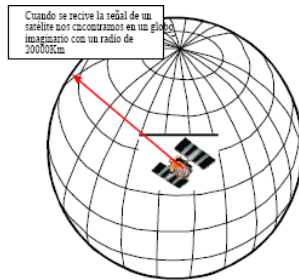
La trigonometría nos dice que si tres mediciones perfectas sitúan un punto en el espacio tridimensional, entonces cuatro mediciones imperfectas pueden eliminar cualquier desviación de tiempo (siempre que la desviación sea consistente).

En el caso general de posicionamiento en tres dimensiones, necesitamos hacer como mínimo cuatro mediciones de distancia, para eliminar cualquier error producido por falta de sincronismo entre relojes. Por lo tanto, será imposible conseguir un posicionamiento verdaderamente preciso, si no se dispone de por lo menos cuatro satélites sobre el horizonte circundante.

Matemáticamente se necesita **3** satélites para establecer la posición (sus coordenadas) Las coordenadas, tanto de los satélites como de los usuarios que se posicionan con el sistema GPS, están referidas al sistema de referencia WGS-84 (*World Geodetic System*

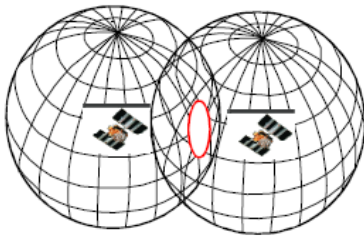
# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

1984 o Sistema Geodésico Mundial de 1984). Estas coordenadas pueden ser cartesianas en el espacio respecto al centro de masas de la Tierra (X, Y, Z) o geodésicas ( $\varphi$ ,  $h$ ),  $\lambda$ . Pero mas satélites, mas exactitud.



## 1. Un satélite

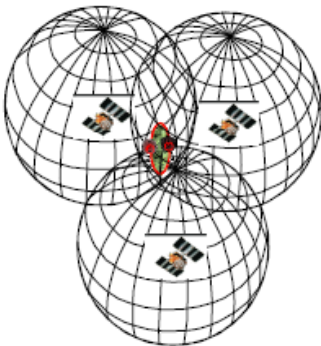
Cuando se recibe la señal de un satélite sabemos que nos encontramos dentro de una esfera imaginaria cuyo radio es de 26.560Km. Esto nos ubica en algún sector del Sistema Solar; sin embargo no es lo suficientemente exacto como para resolver nuestra necesidad de saber donde nos encontramos en la Tierra.



Dos mediciones de distancia nos permiten ubicarnos en un círculo.

## 2. Dos satélites

A partir de la lectura de distancia de dos satélites es posible definir dos esferas cuya área común define a su vez un tercer círculo. Este círculo define el lugar en donde nos encontramos en el Universo. Aún cuando hemos reducido la incertidumbre con respecto a nuestra posible ubicación, todavía no es lo suficientemente exacta como para resolver nuestra necesidad de saber donde nos encontramos. Cuando se recibe la señal de un satélite nos concentramos en un globo imaginario con un radio de



Tres mediciones de distancia nos permiten ubicarnos en dos puntos.

## 3. Tres satélites

La adición de un tercer satélite creará una tercer esfera que a su vez interceptará a las dos primeras en dos puntos. De esta manera el receptor ha reducido su posible ubicación a dos puntos en la Tierra. Para definir cuál de los dos puntos es el apropiado se requiere de un cuarto satélite, el cual formará otra esfera cuya circunferencia tocará sólo uno de los dos puntos ya definidos. En la práctica, el cuarto satélite se utiliza para sincronizar el tiempo del receptor con el tiempo del reloj atómico. De esta manera es posible utilizar relojes de bajo costo y menor precisión en los receptores manuales.

Es conveniente, para evitar pérdidas de tiempo en repeticiones de puesta en estación y variaciones de planes, realizar una buena planificación de las observaciones y determinar cuál es la hora del día en la que hay un mayor número de satélites a la vista, así como cuándo la geometría de la observación es más idónea, además de determinar el estado de salud de los satélites

Exactitud

- Los resultados (coordenadas) del GPS no son perfectas
- Depende del modelo de GPS y cuantos satélites tenías cuando sacaste el punto.

El arreglo espacial de los satélites afecta mucho la exactitud. Pero el usuario no puede controlar esto factor. El GPS habla con satélites en las mejores posiciones.

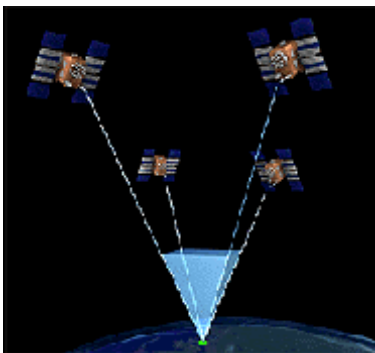
## RTK (Real Time Kinematic)

En el argot actual de la Topografía Aplicada mediante posicionamiento por satélite, se denomina equipo de trabajo con módulo **RTK** (*Real Time Kinematic*) a aquel que incorpora un software completo en la unidad de control y un sistema de transmisión de información que permite la obtención de resultados en tiempo real. Los módulos RTK pueden procesar observables de código y de diferencia de fase, y son aplicables a cualquier tipo de trabajo donde el posicionamiento por satélite sea necesario.

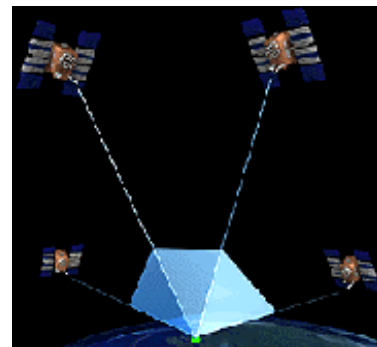
Las fases del trabajo en tiempo real con módulo RTK son las siguientes:

- El equipo de trabajo mínimo son dos equipos de observación (receptor y antena), dos radiomodems (transmisor y receptor) y un controlador en la unidad móvil con un software de procesado de datos.
- En primer lugar, se estaciona el equipo de referencia (receptor, antena y radiodem transmisor), que va a permanecer fijo durante todo el proceso. El radiodem transmisor va a transmitir sus datos de observación por ondas de radio al receptor incorporado en el equipo móvil, que a su vez almacenará en la unidad de control.
- En segundo lugar, si el método escogido es el posicionamiento estático, el controlador calculará la posición del móvil en tiempo real. Si el método elegido es del tipo cinemático (stop & go o cinemático continuo), se debe proceder a la inicialización, necesaria para poder efectuar estos modos de posicionamiento. Tras efectuarse con éxito, se pueden determinar coordenadas de puntos en pocos segundos. En ocasiones la inicialización es muy rápida y con una fiabilidad muy alta, pero conviene comprobar las coordenadas obtenidas sobre un punto conocido para verificar que la inicialización a sido correcta.

Es evidente que la obtención de resultados en tiempo real supone una gran ventaja en todos los trabajos de índole topo-geodésicos, así como en todos los campos donde esté presente el posicionamiento mediante satélites.



**GEOMETRIA MALA**



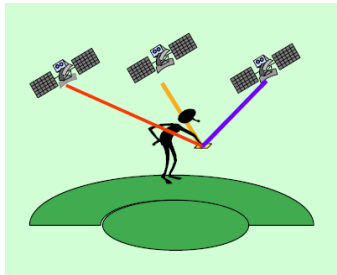
**GEOMETRIA BUENA**

## Elevación

Más de coordenadas, el GPS puede medir elevación....pero de muy baja exactitud (aproximadamente 1.5 - 3 veces peor que la exactitud de las coordenadas)

La razón es que el GPS no puede recibir señales de satélites abajo.

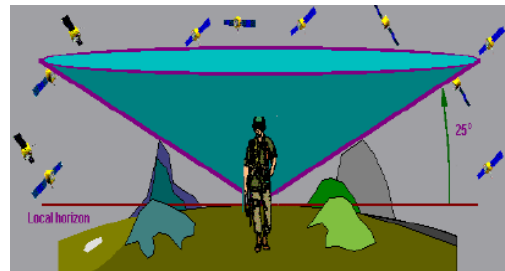
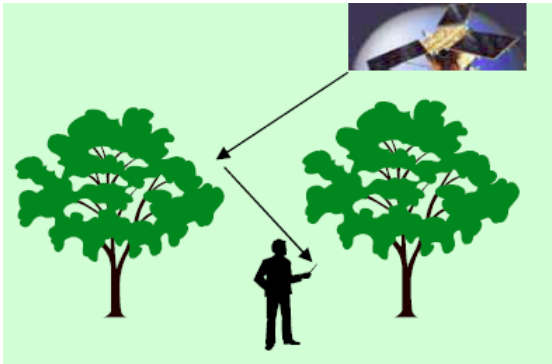
# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.



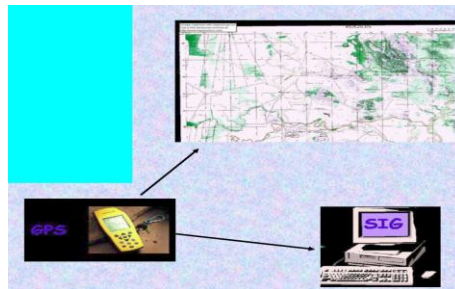
Fuentes de Error o Baja Exactitud  
Hay varias....

- Obstrucción
- Retraso Atmosférico
- Señal botando antes de llegar al GPS
- Departamento de Defensa EEUU

(disponibilidad selectiva). Afortunadamente hay maneras para corregir algunos errores.



Para entender uso de GPS para navegación en el campo y analizando sus datos en SIG, necesitamos introducción a cartografía.



En primer lugar se debe proceder a introducir los datos de las observaciones en el software. En el caso de trabajar en tiempo real, este proceso lo realiza la propia unidad de control. Así mismo, se deben comprobar todos los datos y atributos referentes a cada punto, tales como nombres, alturas de antena, etc.

A continuación, se procede a calcular un punto singular (*single point*) de todos los puntos que hayan constituido una estación en el trabajo.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

El siguiente paso es determinar los parámetros correctos y apropiados para el cálculo de líneas base, es decir:

1. Máscara de elevación.
2. Corrección ionosférica y troposférica.
3. Tipo de efemérides usadas.
4. Combinación de observables a utilizar.
5. Parámetros estadísticos de errores máximos tolerables (ratio, pérdidas de ciclo, señal / ruido, satélite de referencia, etc.).

Seguidamente, se procede al cálculo de líneas base de una manera ordenada, es decir, siguiendo algún criterio, como puede ser calcular todas las líneas base que lleguen a un mismo punto antes de tomar éste como referencia para calcular otras líneas base, o algún otro criterio que se estime adecuado.

### 3.3 SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE



Las características principales del software Trimble Geomatics Office (versión 1.0) son:

- Las vistas del levantamiento y del plano, que visualizan los datos del proyecto en la ventana gráfica.
- La barra de proyectos, que organiza tareas frecuentemente utilizadas con métodos de acceso directo en la ventana gráfica.
- Filtros de vista que le permiten visualizar u ocultar los tipos de observación.
- Funciones para el 'arrastre y colocación' que le permiten arrastrar y colocar cualquier archivo de trabajo del escritorio en la zona del proyecto.
- Importación de datos capturados de receptores GPS y/o estaciones totales convencionales.
- Formatos para importar y exportar comunes.
- El diálogo Comprobar DAT, que le permite comprobar y editar datos brutos GPS antes de importarlos.



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- La ventana Propiedades, que le permite ver y editar toda la información de puntos relacionada así como todos los tipos de observación.
- El diálogo Edición múltiple, que facilita la edición rápida de entidades múltiples.
- Soporte de captura de datos GIS.
- Soporte de capas para la administración de datos CAD.
- Informes HTML presentados profesionalmente.
- Formatos de informe estándar y personalizado.
- Los módulos RoadLink y DTMLink, que permiten la visualización y edición de otros archivos de diseño vial así como la creación de modelos digitales del terreno.

El software Trimble Geomatics Office integra en un módulo las funciones suministradas con los software Trimble Survey Office y GPSurvey. Esta integración realza la interoperabilidad y facilita el uso de los software en gran variedad de trabajos topográficos. Las herramientas para el control de calidad extensivo le permiten completar tareas de transferencia de datos imperceptible entre el campo y la oficina de forma más rápida y eficaz.

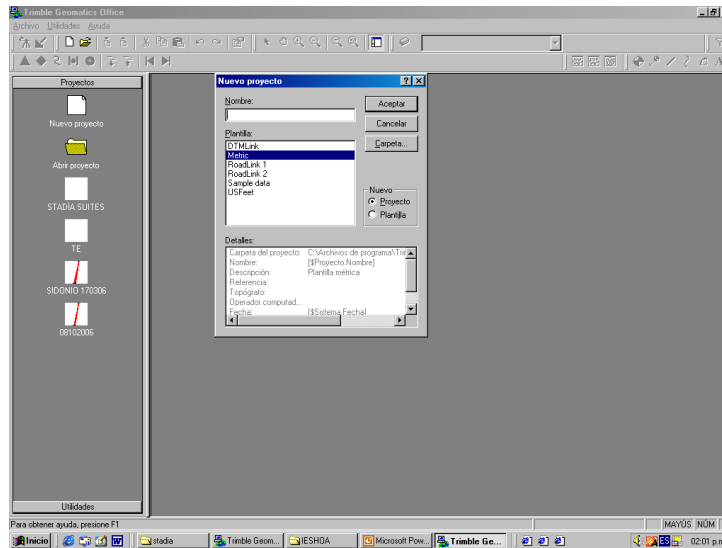
Se utilizó el software Trimble Geomatics Office para:

- Procesamiento de líneas base GPS.
- Ajuste de redes topográficas.
- Procesamiento de datos topográficos convencionales y GPS.
- Seguro y control de calidad de datos.
- Importación y exportación de datos de diseño vial.
- Importación y exportación de datos topográficos.
- Modelado digital y diseño de curvas de nivel del terreno.
- Transformaciones de datum y proyecciones.
- Captura de datos GIS y exportación de datos.
- Codificación de características, Informes sobre proyectos.
- Administración de proyectos topográficos.

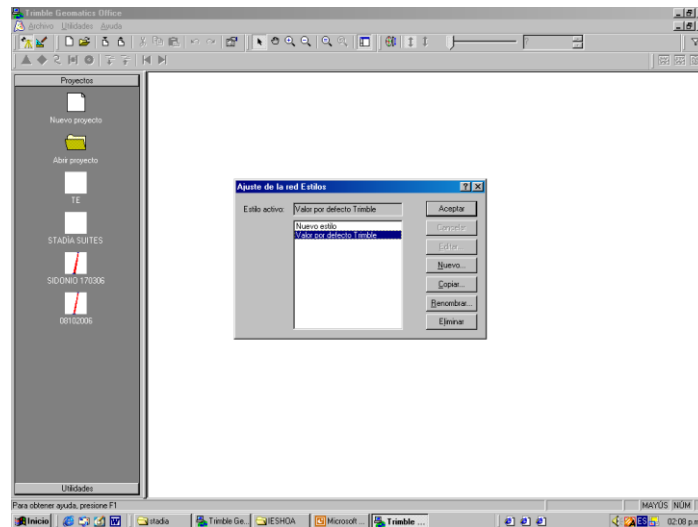
Las características principales del software Trimble Geomatics Office (versión 1.0) son:

- Las vistas del levantamiento y del plano, que visualizan los datos del proyecto en la ventana gráfica.
- La barra de proyectos, que organiza tareas frecuentemente utilizadas con métodos de acceso directo en la ventana gráfica.
- Filtros de vista que le permiten visualizar u ocultar los tipos de observación.
- Funciones para el 'arrastré y colocación' que le permiten arrastrar y colocar cualquier archivo de trabajo del escritorio en la zona del proyecto.
- Importación de datos capturados de receptores GPS y/o estaciones totales convencionales.
- Formatos para importar y exportar comunes.
- El diálogo Comprobar DAT, que le permite comprobar y editar datos brutos GPS antes de importarlos.
- La ventana Propiedades, que le permite ver y editar toda la información de puntos relacionada así como todos los tipos de observación.
- El diálogo Edición múltiple, que facilita la edición rápida de entidades múltiples.
- Soporte de captura de datos GIS.
- Soporte de capas para la administración de datos CAD.

## 3.4 POST- PROCESO DE LOS DATOS GPS

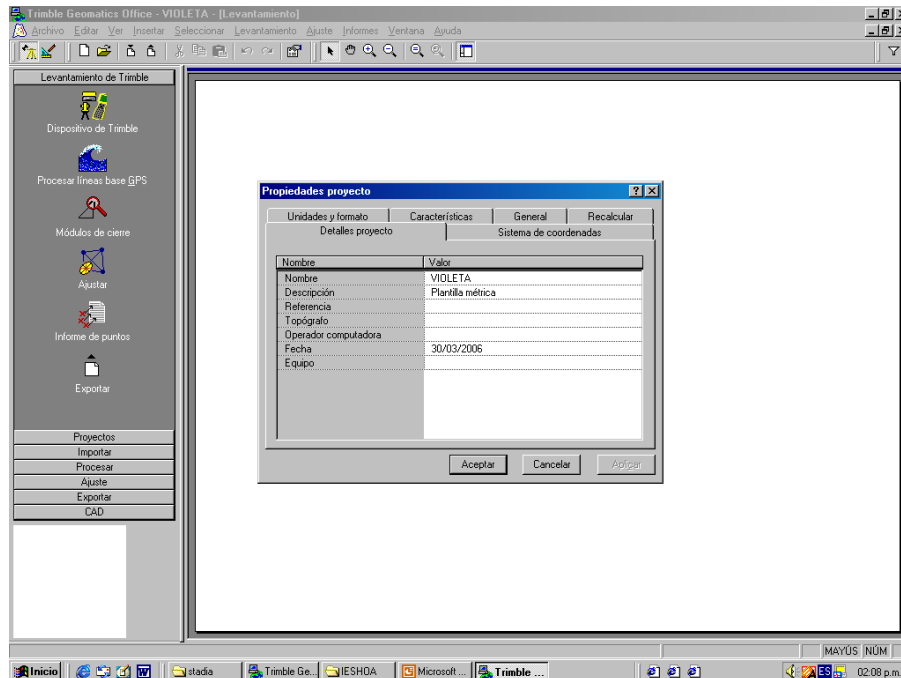


Al iniciar el post-proceso se abre el software con el cual se genera una carpeta para darle nombre al nuevo proyecto. Esta parte se configura para trabajar en metros.

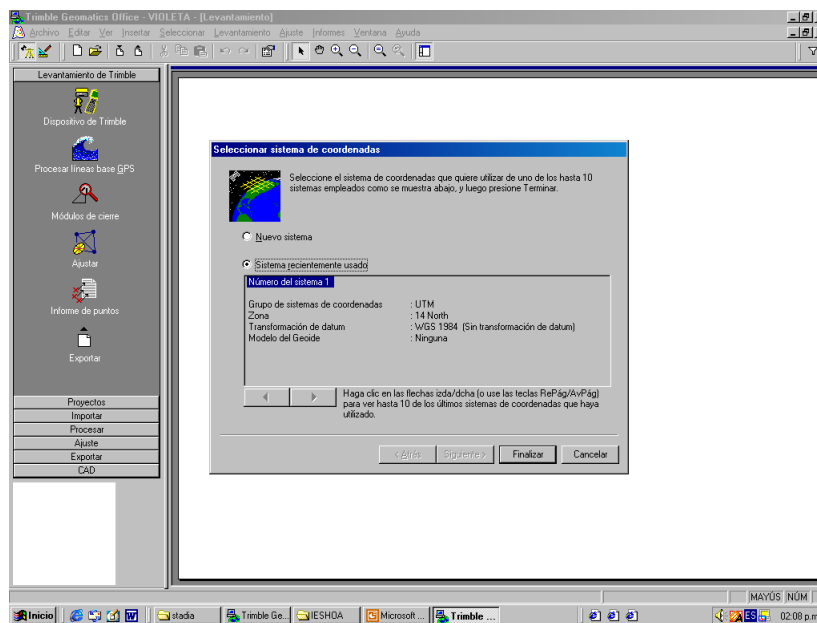


Una vez con el nombre del proyecto se abre una ventana con el cual se tiene que configurar el ajuste de la red de estilos dando un valor por defecto de trimble ya configurado al momento de instalación de acuerdo con la proyección determinada dependiendo del levantamiento que se hizo; una línea base o un levantamiento dinámico.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

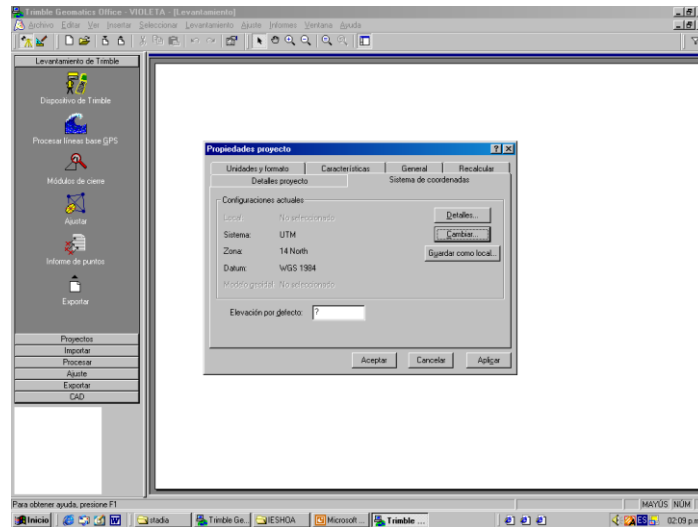


En las propiedades de proyecto se determina en que proyección se va a trabajar, en este caso es UTM.

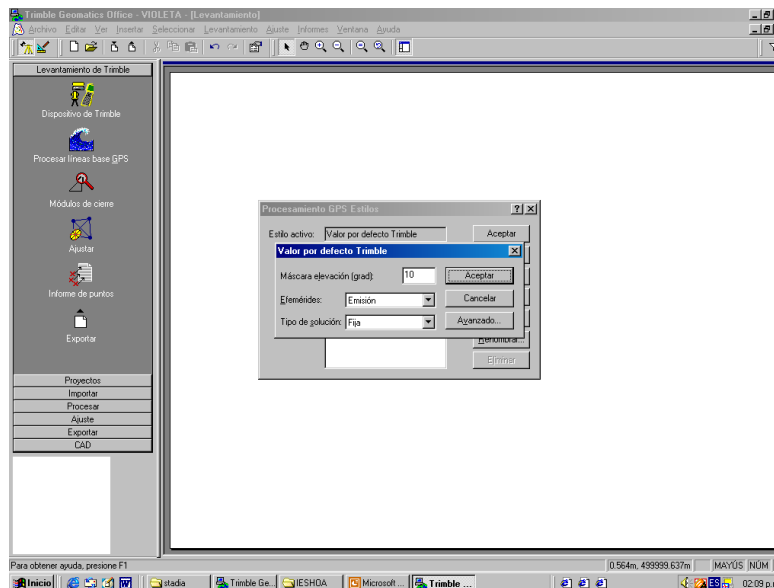


ya teniendo la configuración se le da finalizar.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

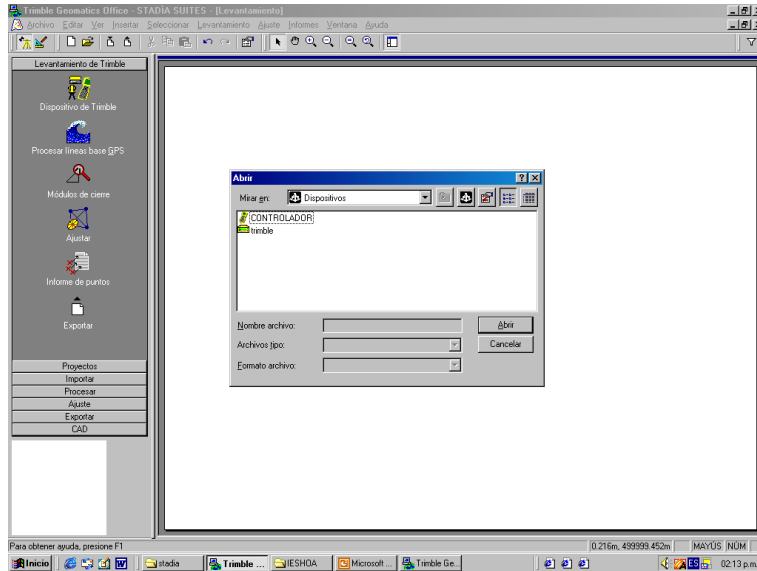


Se define el sistema de coordenadas en UTM al momento de bajar la información.

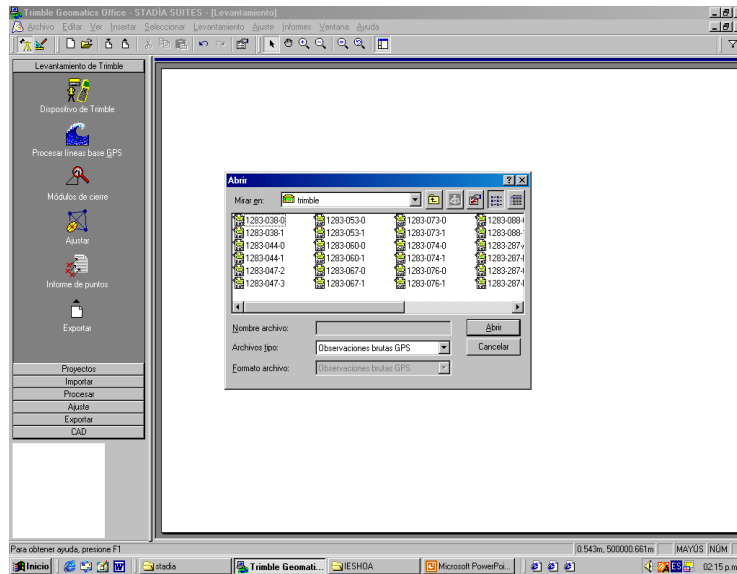


En la máscara de elevación sobre el horizonte para la mejor recepción de la señal de los satélites debe ser mayor de 15 cuando es un levantamiento dinámico da en valor de 10. La antena deberá instalarse de tal manera de minimizar los efectos de rebote de las señales electromagnéticas. En lo general, se deberán evitar instalaciones cercanas a estructuras u otros cuerpos que puedan causar interferencia en la señal

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

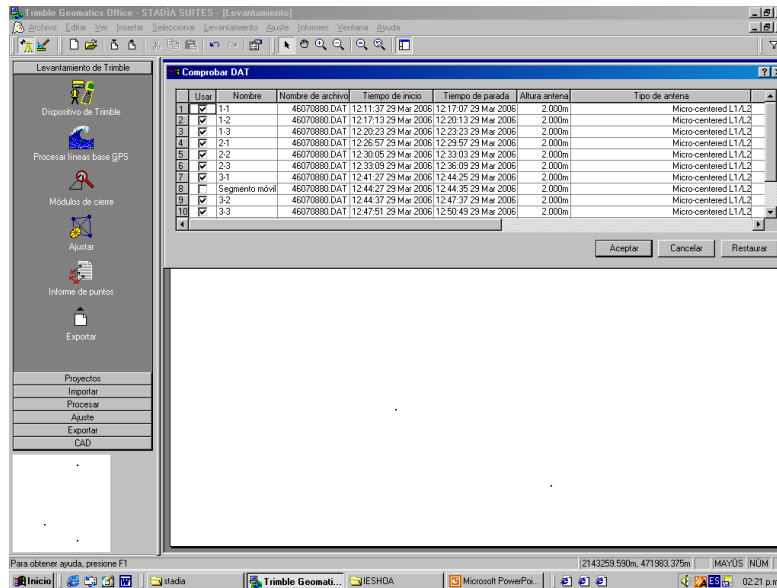


Para bajar la información se puede hacer por dos partes ya sea por la libreta TCS o el receptor. En nuestro caso se selecciona el receptor, ya que en este trabajamos porque tiene mayor capacidad de almacenar información en mas tiempo que la libreta.

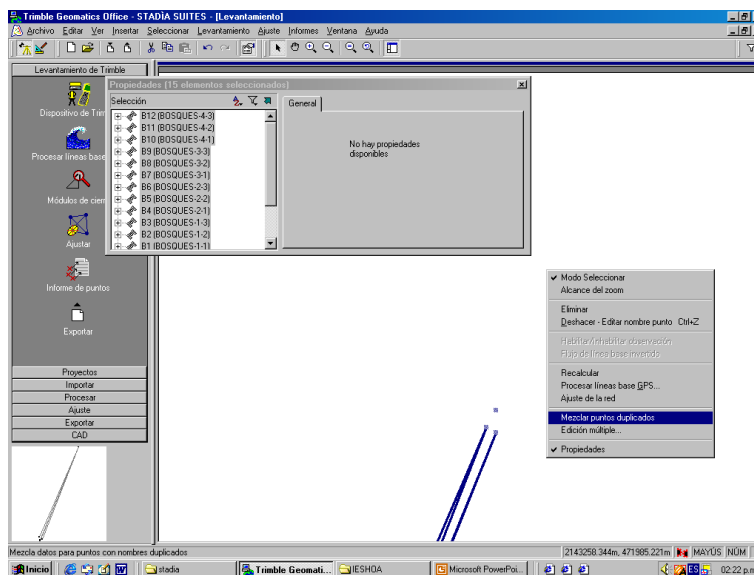


Si se hace por medio de el receptor se va a encontrar configurada el trabajo por medio del año juliano y si se guardo el la libreta TSC se encuentra con el nombre del archivo que se le dio al levantamiento.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

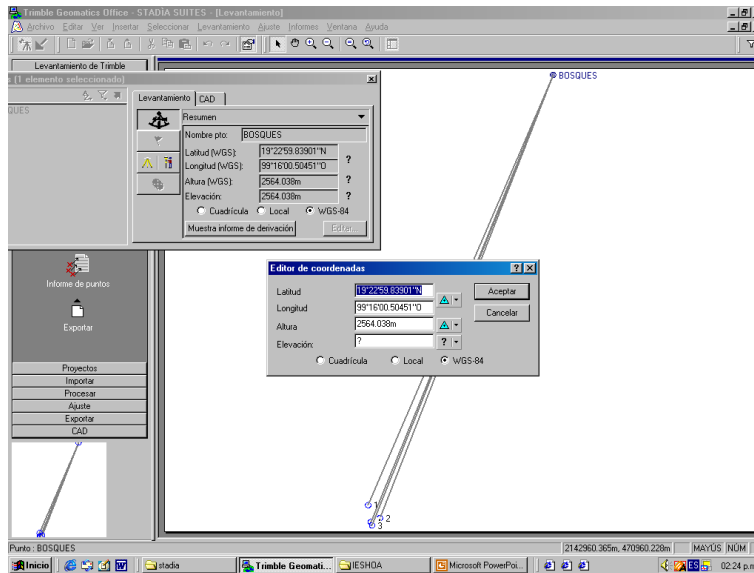


Una vez que abrí cualquiera de los archivos nos proporciona todos los puntos almacenados.

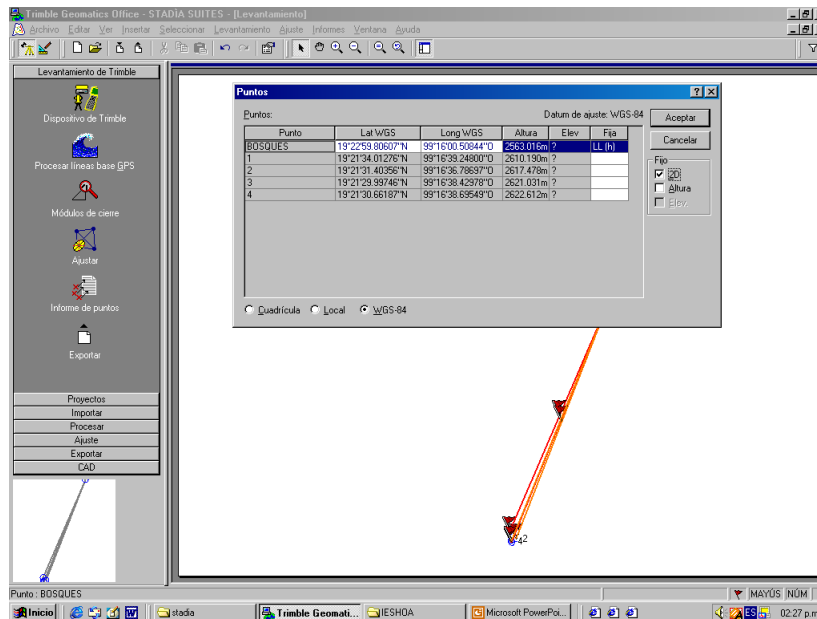


Cuando se bajan los trabajos, se cambian y se mezclan los puntos que se midieron en las sesiones, ya que a cada punto se le da un nombre diferente durante el levantamiento y al procesar se pone un mismo nombre para después ingresar las coordenadas.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.



En esta ventana se le ingresan las coordenadas ITRF92 en el sistema WGS84 ,para que finalmente se puedan fijar el punto de control.



Después de que se ajusta la línea se ve un reporte de esta y de cada uno de los puntos como se muestra a continuación.

## Representación de la Exactitud

Se define como exactitud: el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura elipsoidal, con respecto a su valor verdadero. Debido a que el valor verdadero no es conocido, sólo se tiene una estimación de él a través del

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

proceso de medición. Se define como *precisión* el grado de cercanía de mediciones repetidas de la misma cantidad. En trabajos de posicionamiento se emplean comúnmente varias medidas de precisión, incluyendo el error medio cuadrático, la desviación estándar, elipses de error, etcétera. Cada una de ellas proporciona una indicación de la dispersión de los datos que conforman el conjunto de valores que se está analizando, con respecto a su medida o valor más probable, y refleja los errores aleatorios que se presentan en la repetición de una medición.

Las medidas de precisión son relativamente sencillas de calcular y frecuentemente se usan como una medida para estimar la exactitud. Cabe mencionar que puede obtenerse una estimación útil de la exactitud, a través de la precisión sólo si los datos no están afectados por sesgos debidos a equivocaciones o efectos sistemáticos no considerados en el proceso de reducción de la información.

Analizar el número de satélites visibles: En cada observación, recordando que deben ser más de cuatro pero a mayor número de satélites mejor redundancia y la información extra nos permite mejorar la verificación interna. Verificar la máscara de elevación, ya que trimble por defecto la tiene programada a 13°.

Intervalo de Carga: En nuestro manual hemos establecido que es de cada 15 segundos. Esto es considerado como el intervalo de carga óptimo para la captura de datos en modo estático.

*Comprobación de las propiedades del proyecto:* En el ajuste que produce las coordenadas finales del proyecto, debe verificarse que el sistema de coordenadas, el sistema de unidades y el datum estén configuradas correctamente. También se debe verificar la configuración de las escalares sigma. Los valores sigma para nivel de confianza del 95% son:

- 1.960 para escalar univariado que se utiliza para acimut, distancia y diferencia en errores de altura.
- 2.447 para escalar bivariado que se utiliza para las elipses de error.

### REVISIÓN DEL INFORME DEL AJUSTE

En la etapa de validación de resultados de un trabajo para apoyo fotogramétrico GPS, se debe revisar a detalle el informe de ajuste de la red que contiene:

#### *Resumen estadístico.*

- Número de iteraciones
- Estadística global
- Estadística para tipos de observación
- Estrategias de ponderación
- Errores de instalación
- Estadísticas individuales de observación GPS

#### *Coordenadas ajustadas.*

- Coordenadas cuadrícula
- Coordenadas Geodésicas
- Incrementos de coordenadas

#### *Observaciones ajustadas.*

- Histogramas de residuales normalizadas
- Elipses de error de un punto
- Términos de covarianza



# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

Lo primero que se debe revisar es la cabecera del ajuste.

Nombre del Proyecto	-	Debe corresponder al nombre del proyecto
Unidades Coordinadas	-	Debe estar en metros
Unidades de Distancia	-	Debe estar en metros
Unidades de Altura	-	Debe estar en metros
Fecha de Impresión	-	Fecha y Hora de la impresión del informe
Sistema de Coordenadas	-	Datum ITRF92, UTM y zona de uso. Modelo Geoidal Mex97

## Informe de ajuste de redes

**Proyecto: 23 ABRIL 2010**

<b>Nombre del usuario</b>	pp	<b>Fecha y hora</b>	11:47:44 a.m. 26/04/2010
<b>Sistema de coordenadas</b>	UTM	<b>Zona</b>	14 North
<b>Datum del proyecto</b>	WGS 1984		
<b>Datum vertical</b>		<b>Modelo geoidal</b>	MEXICO97 (Mexico)
<b>Unidades coordenadas</b>	Metros		
<b>Unidades de distancia</b>	Metros		
<b>Unidades de altura</b>	Metros		

## Configs estilo ajuste - Límites del 95% de confianza

### **Representación de la Exactitud**

Se define como **exactitud** el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura elipsoidal, con respecto a su valor verdadero. Debido a que el valor verdadero no es conocido, sólo se tiene una estimación de él a través del proceso de medición. Se define como *precisión* el grado de cercanía de mediciones repetidas de la misma cantidad. En trabajos de posicionamiento se emplean comúnmente varias medidas de precisión, incluyendo el error medio cuadrático, la desviación estándar, elipses de error, etcétera. Cada una de ellas proporciona una indicación de la dispersión de los datos que conforman el conjunto de valores que se está analizando, con respecto a su medida o valor más probable, y refleja los errores aleatorios que se presentan en la repetición de una medición. Las medidas de precisión son relativamente sencillas de calcular y frecuentemente se usan como una medida para estimar la exactitud. Cabe mencionar que puede obtenerse una estimación útil de la exactitud, a través de la precisión sólo si los datos no están afectados por sesgos debidos a equivocaciones o efectos sistemáticos no considerados en el proceso de reducción de la información.

**Exactitud General** es la exactitud absoluta de las coordenadas de un punto en el nivel de confianza del 95%, con respecto al sistema de referencia establecido, la cual se puede calcular para cualquier punto que se encuentre conectado a la RGNA. Desde un punto de vista generalizado las estaciones que conforman la RGNA se pueden considerar como libres de error en el sistema.

**Exactitud Local:** es el promedio de las exactitudes generales de las coordenadas de los puntos que intervienen en un proyecto, en el nivel de confianza del 95%. Para propósitos de estos estándares la exactitud general o local se considera en sus componentes

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

horizontal y vertical, y se expresa a través de la región establecida por el CEP95 para las coordenadas que definen la posición horizontal de un punto, o por medio del intervalo de confianza al 95% para la altura geodésica.

*Exactitud del Posicionamiento Horizontal*

**Círculo de Error Probable (CEP)**, es el radio de un círculo que define la región de confianza dentro de la cual existe un 50% de probabilidad de que se encuentre el valor verdadero.

**Exactitud del Posicionamiento Vertical (E<sub>pv</sub>)**: El estadístico empleado para representar la exactitud posicional vertical de una altura geodésica en el intervalo de confianza del 95%, se obtiene multiplicando la desviación estándar de la altura geodésica por un factor de expansión del 1.96.

### Tolerancia residual

A iteraciones finales : 0.000010m  
Límite de convergencia final : 0.005000m

### Presentación de covarianzas

#### Horizontal

Error lineal propagado [E] : U.S.  
Término constante [C] : 0.00000000m  
Escala en error lineal [S] : 1.96

#### Tridimensional

Error lineal propagado [E] : U.S.  
Término constante [C] : 0.00000000m  
Escala en error lineal [S] : 1.96

**Se han usado errores de elevación en los cálculos.**

#### Controles ajuste

Calcular correlaciones para el geoide : Falso

#### Ajuste horizontal y vertical realizado

#### Errores de instalación

#### GPS

Error en altura de antena : 0.000m  
Error de centrado : 0.000m

**El error en la altura** de la antena definida en el estilo de ajuste.  
**El error en el centrado** (plomada) definido en el estilo de ajuste.

## Resumen estadístico

**Resumen Estadístico:** Es una herramienta importante para analizar el ajuste, por lo general se analizan primero los resultados del ajuste mínimamente limitado (ajuste de puntos de control fijos mínimo). La prueba del chi al cuadrado es un indicador clave para saber como se adaptan las observaciones y el factor de referencia es otro indicador clave de cómo se estiman los errores de observación.

### Ajuste logrado en 1 iteración(es)

**Factor de referencia de la red** : 1.00  
**Prueba Chi cuadrado ( $\alpha=95\%$ )** : PASO  
**Grados de libertad** : 9.00

**Ajuste logrado en 1 iteración(es)** : El número de iteraciones del ajuste requerido para lograr la convergencia del ajuste.

**Factor de referencia de la red:** Cómo se comparan los residuales de todas las observaciones en el ajuste de la red, con los errores estimados de las observaciones del preajuste. Un valor de 1.00 indica que los errores estimados coinciden con los residuales. Un valor mayor de 1.00 indica que los errores estimados se han subestimado. El Factor de Referencia es otro indicador para probar la calidad de las mediciones y para aislar las mediciones sospechosas.

El TGO la define como una medida de la magnitud de las residuales provenientes de las observaciones en una red ajustada, comparada con los errores de observaciones preajustados. TGO también lo denomina error típico de ponderación unitaria.

Un ajuste de red hace pequeñas correcciones (residuales) a las observaciones para que se adapten bien entre sí y la persona que valida la información debe determinar si dichas correcciones son razonables y aceptables.

El TGO calcula un factor de referencia para cada observación y para toda la red y este factor es de alrededor de 1.00 cuando la cantidad de ajuste (a las observaciones) equivale a los errores estimados de dichas observaciones.

Con esta información se puede determinar lo siguiente:

- Si el factor de referencia es de menos de 1.00 indica que los errores se han sobrestimado y la red excede a la precisión estimada para la misma.
- Si el factor de referencia es mayor de 1.00 indica que por varias razones se han subestimado los errores.
- Si es muy grande, el factor de referencia, los errores se rebasaron y entonces se debe reprocesar el ajuste, iniciado por quitar todos los periféricos ó justificarlos estadísticamente, aplicando un escalar a los residuales de las observaciones.

**Prueba Chi cuadrado ( $\alpha=95\%$ ):** La comprobación más rápida del ajuste de la red. Cuando se logra un ajuste por mínimos cuadrados, el cierre matemático de la red es un factor importante. Considere la Prueba del chi al cuadrado

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

como el mejor indicador de cierre matemático. Los resultados de la prueba son una evaluación del Factor de referencia de la red (FRR), Grados de libertad globales (GDLG) y el nivel de significación. Si el FRR se aproxima a 1.0, el GDLG es aceptable y las observaciones de la red se adaptan bien (matemáticamente), se pasará la Prueba de chi al cuadrado. El hecho de no pasar la prueba es el resultado de una ponderación a priori incorrecta o una metedura de pata o ambos. Prueba la integridad de la red ajustada, es un test total de las estadísticas del ajuste. Esta prueba se basa en sumar los cuadrados ponderados de los residuales, en los grados de libertad y la probabilidad crítica del 95%. El propósito de la prueba consiste en aceptar o rechazar la hipótesis de que los errores predichos se han estimado con exactitud. Para la red ajustada, si esto es mayor ó igual al 95% el factor de referencia pasa la prueba del chi al cuadrado.

Si no pasa la prueba quiere decir que se deberán revisar algunos ó todos los errores predichos en las observaciones, así como rechazar y tal vez volver a observar algunas o todas las observaciones o bien usar una combinación de las dos opciones anteriores.

**Grados de libertad:** La cantidad de redundancia en la red. Indica el número de observaciones independientes e incluidas en el ajuste que se han utilizado para sobredeterminar las soluciones. Los números más grandes de observaciones independientes permitirán un mejor análisis y más confianza (fiabilidad) en los resultados. Los números más pequeños de observaciones independientes son menos confiables. En la topografía GPS, una sesión de observación diferencial, esta definida como una captura estadística de datos simultáneos con dos o más receptores. El número de observaciones independientes en una sesión GPS equivale a  $n - 1$ ;  $n$  representa el número de receptores en captura simultánea. En el software de TGO, los Grados de Libertad se definen como el número de observaciones independientes más allá del mínimo requerido para definir de forma única las cantidades desconocidas. La fuerza y la confianza en la solución aumentarán a medida que aumentan los Grados de Libertad.

**Estadística de observaciones GPS Factor de referencia :** 1.00

**Número de redundancia (r) :** 9.00

**Factor de referencia:** Cómo se comparan los residuales de un tipo de observación (GPS o del geode) en el ajuste de la red con los errores estimados del preajuste de las mismas observaciones. Un valor de 1.00 indica que los errores estimados coinciden con los residuales. Un valor mayor de 1.00 indica que los errores estimados se han subestimado.

**Número de redundancia (r):** Los Grados de libertad de un tipo de observación (GPS o del geode) y cuánto contribuye la observación a la redundancia de la red en general. Al examinar las Estadísticas individuales de observación, se podrán identificar aquellas observaciones que no tienen redundancia.

### Estadísticas individuales de observación GPS

ID observación	Factor de referencia	Número de redundancia
LB8	1.00	3.00
LB9	0.70	0.01
LB10	1.00	2.99
LB18	0.25	0.00
LB21	1.00	3.00

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

**Factor de referencia:** Cómo se comparan los residuales de las observaciones en un grupo de varianza del ajuste de la red con los errores estimados del preajuste de aquellas mismas observaciones. Un valor de 1.00 indica que los errores estimados coinciden con los residuales. Un valor mayor de 1.00 indica que los errores estimados se han subestimado.

**Número de redundancia:** La cantidad de redundancia de un grupo de varianza y cuánto contribuye el grupo a la redundancia de la red en general.

### Estrategias de ponderación

#### Observaciones GPS

##### Escarlar alternativo aplicado a cada observación GPS

**LB8** : 18.61

**LB9** : 0.09

**LB10** : 3.36

**LB18** : 0.00

**LB21** : 3.61

**Tipo de observación:** El título para un tipo de observación (GPS o del geoides). El informe se actualiza para reflejar los tipos de observaciones y los Grupos de varianza actualmente cargados en el ajuste.

**Tipo de escalar y métodos de aplicación del escalar de la ponderación:** Se actualiza para reflejar las configuraciones actuales del diálogo Estrategias de ponderación para un tipo de observación. Los valores posibles para el método Aplicar escalares que son Todas las observaciones, Cada observación o Grupos de observaciones de varianza. Los valores posibles para el Tipo de escalar son Por defecto, Alternativa (Alternativo) o Definido por el usuario.

**Escarlar de la ponderación:** El valor escalar utilizado en el ajuste actual. Si se usa el tipo de escalar Por defecto, el valor siempre será 1.00. Si se utiliza el tipo escalar Alternativa (Alternativo), el valor será el Factor de referencia del ajuste anterior multiplicado por el Escalar del ajuste anterior. Si se usa el tipo de escalar Definido por el usuario, el valor reflejará el escalar introducido en el campo (Valor de escalar del diálogo Estrategias de ponderación). Si se selecciona Grupos de varianza como el método Aplicar escalares a; el campo Escalar se actualizará para reflejar las estrategias de ponderación para un grupo de varianza.

### Coordenadas ajustadas

#### Ajuste realizado en WGS-84

**Número de puntos** : 3

**Número de puntos de control fijos** : 1

**Sólo horizontal** : 1

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

**El número de puntos:** Este debe coincidir con el número de estaciones medidas (bancos de nivel incluido) más las estaciones fijas utilizadas.

**Número de puntos de control fijo:** Nos informa del número de estaciones que fijo la persona que realizó el cálculo y en la tabla de coordenadas ajustadas podremos verificar, si fijo las tres coordenadas X y Z ó solo parcialmente alguna(s) de ellas. Las que están fijas el software las marca con un "1". Las que están libres el software las marca con un "0"

### Coordenadas de cuadrícula ajustadas

**Cuadro de coordenadas ajustadas de cuadrícula UTM y geodésicas:** El cuadro de coordenadas ajustadas muestra las coordenadas de cada punto, en la última iteración del ajuste, las coordenadas incluyen los errores a posterior multiplicados por el escalar sigma univariado asociado con cada componente de las coordenadas. De cualquiera de los cuadros (coordenadas UTM ó geográficos) debemos analizar los errores medios cuadráticos, de cada uno de los puntos en sus tres componentes; norte, este, elevación ó latitud, longitud y altura.

Estos errores nos indicarán el error de cada componente en metros y debemos señalar o abanderar todos aquellos puntos que rebasen las tolerancias, citadas en el Manual de Procedimientos para Apoyo Fotogramétrico capítulo de Medición. La persona que realiza la validación debe tener el criterio para aceptar o rechazar, aquellos errores que excedan las tolerancias en función de la posición que tengan según la distribución en el bloque del proyecto para triangulación aérea, ya que si son esquinas afectan más en el ajuste fotogramétrico que los puntos centrales. También se debe cruzar la información de estos puntos con la calidad del croquis de detalle foto identificada, ya que si el detalle es malo o incierto nos dará más holgura en la calidad de la exactitud de la medida.

### Se informa sobre errores utilizando 1.96 $\alpha$ .

Nombre punto	Norte	Error N	Este	Error E	Elevación	Error e	Fijo
V	2120287.110m	0.000m	483891.320m	0.000m	N/D	N/D	
K	2120011.138m	0.001m	484069.620m	0.002m	N/D	N/D	
sf1	2147662.168m	0.000m	484190.255m	0.000m	N/D	N/D	N E

### Coordenadas geodésicas ajustadas

#### Se informa sobre errores utilizando 1.96 $\alpha$

Nombre punto	Latitud	Error N	Longitud	Error E	Altura	error a	Fijo
V	19°10'32.89682" N	0.000 m	99°09'11.56760" O	0.000 m	2805.670 m	0.002 m	
K	19°10'23.92313" N	0.001 m	99°09'05.45438" O	0.002 m	2818.553 m	0.005 m	
sf1	19°25'23.53900" N	0.000 m	99°09'02.14624" O	0.000 m	2243.126 m	0.002 m	Lat Lon g

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

## Incrementos de coordenadas

Nombre punto	□ Norte	□ Este	□ Elevación	□ Altura	□ Separación geoidal
V	0.000m	0.000m	N/D	0.000m	N/D
K	0.000m	0.000m	N/D	0.000m	N/D
sf1	0.000m	0.000m	N/D	0.000m	N/D

## Comparaciones de coordenadas de control

Los valores que se muestran son coordenadas de control menos coordenadas ajustadas.

Nombre punto	□ Norte	□ Este	□ Elevación	□ Altura
sf1	N/D	N/D	N/D	0.077m

## Observaciones ajustadas

### Ajuste realizado en WGS-84

Observaciones GPS : 5  
 Número de observaciones : 5  
 Número de periféricos : 0

Ajuste de observación (Tau crítico = 2.41). Los periféricos están en rojo.

Obs. ID	Desde pto	Al pto.		Observación	Error a posteriori (1.96σ)	Residual	Típ. Residual
LB21	sf1	K	Ac.	180°12'00.7160"	0°00'00.0127"	0°00'00.3667"	0.27
			□ H.	575.427m	0.007m	0.142m	1.11
			Dist.	27662.272m	0.001m	0.134m	1.44
LB8	V	K	Ac.	147°05'02.9828"	0°00'00.8331"	0°01'21.6724"	1.21
			□ H.	12.884m	0.007m	-0.081m	-0.19
			Dist.	328.690m	0.001m	-0.114m	-1.38
LB10	V	K	Ac.	147°05'02.9828"	0°00'00.8331"	-0°00'12.1938"	-0.92
			□ H.	12.884m	0.007m	0.009m	0.12
			Dist.	328.690m	0.001m	0.022m	1.14
LB18	sf1	V	Ac.	180°34'33.1401"	0°00'00.0001"	0°00'00.0000"	0.00
			□ H.	562.543m	0.000m	0.000m	-0.11
			Dist.	27387.559m	0.000m	0.000m	-0.41
LB9	V	K	Ac.	147°05'02.9828"	0°00'00.8331"	0°00'00.0039"	0.23
			□ H.	12.884m	0.007m	0.000m	0.39
			Dist.	328.690m	0.001m	0.000m	-0.23

### **Tau Crítico**

Este criterio es útil para determinar el límite de lo que es aceptable y lo que no es y también para saber cuando la distribución normal no es estadísticamente válida. Para su interpretación considere lo siguiente:

- El criterio tau usa un modelo de distribución para conjunto de datos pequeños llamado de student que se torna idéntica a la distribución normal a medida que aumentan los grados de libertad.
- En el ajuste se calcula utilizando un algoritmo, basándose en el número de observaciones (tamaño), grados de libertad y nivel de confianza deseado para el conjunto de datos dado. En la gráfica se muestran como dos líneas verticales; una a la izquierda y una a la derecha de la línea central cero a 3.900
- Compare el residual normalizado con el tau crítico para determinar si se adapta con el resto de datos, si excede el tau crítico entonces posiblemente sea un periférico.
- El tau crítico indica las observaciones que no se adaptan estadísticamente bien con el resto del conjunto de datos y son candidatos a que mediante un reproceso se les quite de la red, hay una base estadística para quitarse, si la observación esta abanderada como periférico, si opta por no quitar la observación del ajuste deberá hacerlo saber al que realizó el ajuste para que justifique por qué la observación se debe retener.

### **Histogramas de residuales normalizadas**

**Histogramas:** El personal que revisa los datos para validación de resultados debe analizar los histogramas, los cuales muestran la distribución de la frecuencia de los residuales normalizados de las observaciones del ajuste más reciente. *El software* trimble geomatics office genera tres histogramas:

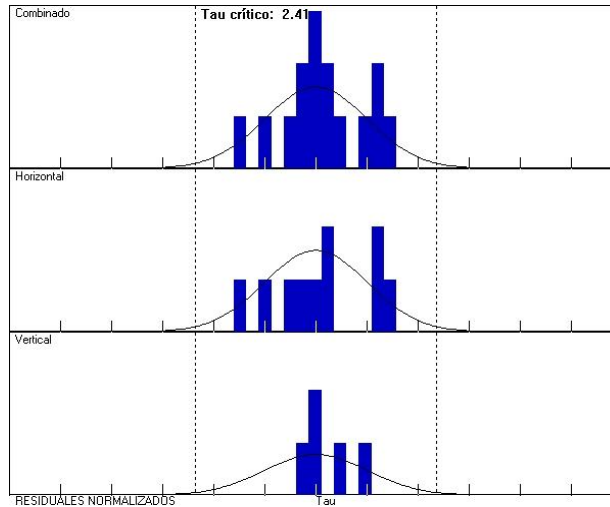
- Combinado.- dibujo residual para las observaciones horizontales y verticales.
- Horizontal.- dibujo residual solo para la componente horizontal de las observaciones.
- Vertical.- dibujo residual solo para la componente vertical de las observaciones.

Para el análisis considere lo siguiente al ver los Histogramas.

- La línea vertical central es el residual cero y en función que los residuales están distribuidos normalmente, Los residuales más pequeños se agrupan alrededor del centro y muestran la frecuencia más alta de los residuales dibujados. Los residuales más grandes están ubicados lejos de la línea cero y la frecuencia disminuye.
- Si los residuales del ajuste están distribuidos aleatoriamente, el dibujo de la distribución de la frecuencia se aproxima a la curva de la distribución normal (la curva se sobrepone en el dibujo de residuales).
- Las líneas verticales a la izquierda y derecha de la línea cero, indican el valor tau crítico, los residuales fuera de dichas líneas se consideran periféricos.
- La barra de escala representa el valor sigma, los valores sigma coinciden con los valores residuales normalizados en la sección de observaciones.



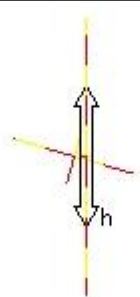
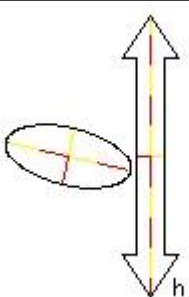
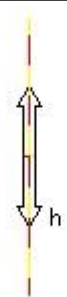
# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.



## Elipses de error de un punto

*Elipses de error de un punto.*

- Provee información para el análisis gráfico de la magnitud y dirección de los puntos tanto horizontal como verticales, considerando que la parte superior del dibujo esta orientado al norte, las flechas representan los errores y la barra de escala de magnitud del error en unidades del proyecto (en nuestro caso metros). La orientación del semieje mayor (el que indica la dirección del error más grande se muestra en la parte inferior izquierda de la elipse. Dicho ángulo se mide en el sentido contrario a las agujas del reloj desde el eje x positivo y además se debe de considerar que los errores típicos para las coordenadas verticales y horizontales se multiplican por los escalares sigma bivariado y univariado respectivamente.

V	K	sf1
		
Tamaño de marca: 0.0010m	Escalar bivariado horizontal: 2.45□ vertical: 1.96□	Escalar univariado

## Términos de covarianza

Las medidas GPS pueden diferir de varias formas, dependiendo de:

- El método de captura: estático, estático rápido, cinemático, con posprocesamiento o RTK (cinemático en tiempo real)
- Del tipo de mediciones: líneas de base cortas ó largas, soluciones de frecuencia simple (L1) ó doble (L1 –L2).

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- Del uso de efemérides precisas en el proceso para líneas base largas y a la no utilización de las mismas con líneas de base cortas.
- Los efectos de la atmósfera en líneas largas (libres de ionosfera en contraposición a L1 fijas).
- Otro factor son los diferentes tipos de soluciones de líneas base, cuando se considera separar las soluciones libres de ionosfera de las soluciones de línea base fijas L1.

En todos los casos anteriores los grupos de varianza son distintos, por lo que hay que tomar en cuenta que el TGO los separa en grupos de varianza. La estimación del componente de la varianza, es una técnica de mínimos cuadrados para estimar el error relativo de las diversas partes de la red. El TGO recopila los valores utilizados para aumentar las matrices de varianza covarianza y las muestra como “estrategias de ponderación”. Recordar que varianza es el cuadrado del **error típico** en TGO.

**Error Típico:** En la guía de los ajustes por mínimos cuadrados del TGO. Los describe como una estimación de la incertidumbre de la media de un conjunto de mediciones. En otras palabras es una medida que ilustra cuanto error en más ó en menos hay en la distancia media calculada. En el capítulo anterior de este escrito denominado “Conceptos estadísticos” que se aplican en los Ajustes GPS. Los denominados como “Error estándar de la media” y en libros estadísticos los denominarían algunos autores como error medio cuadrático. El error típico es un parámetro de estadística, muy útil puesto que define el grado de confianza de los resultados.

Se basa en la clásica fórmula

$$T_m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}$$

Donde

$T_m$	=	error típico de la media ó error estándar de la media
$\sum v^2$	=	suma de los cuadrados de los residuales (ó variaciones)
$n$	=	número de mediciones
$(n - 1)$	=	grados de libertad

El símbolo común del error típico es sigma ( $\sigma$ ). El error de 1 sigma es el grado de confianza calculado y corresponde al 68% de confianza y equivale a decir que 68 % de todas las medidas realizadas en las mismas condiciones estarán dentro del error típico indicado en la media.

En GPS los resultados se presentan con un 95 % de confianza es decir de 1.96 sigma. El TGO determina los resultados al nivel de confianza del 95% al multiplicar 0.0071m por 1.960 lo que coloca la indicación del error en 0.0139.

El software TGO maneja todos los valores y cálculos a 0.014m, es decir para una distancia media de 100.00 : 0.014 significa que si se ha medido la distancia 100 veces, el 95 de dichas mediciones estarán dentro de los 14 m.m. de la media.

El personal que realiza la validación de datos GPS, debe recordar que las estimaciones de errores de observación provienen del procesador de las líneas de base como una matriz de covarianza. La razón de la matriz es que las mediciones GPS son tridimensionales y la matriz consiste en errores de los tres componentes de la línea base.

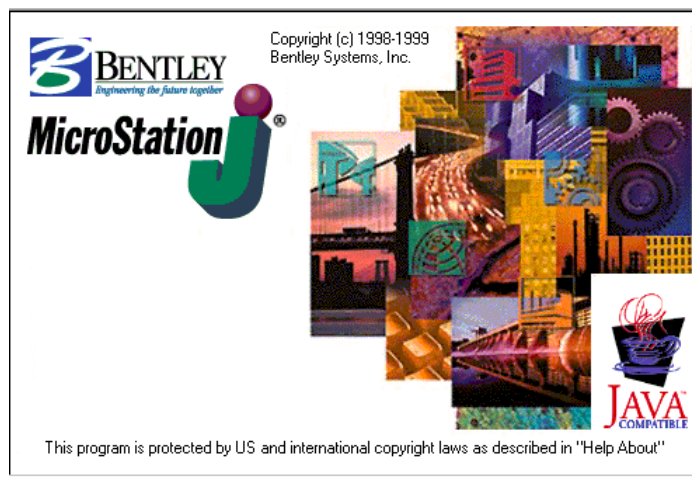
# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

Ajuste realizado en **WGS-84**

Desde punto	Al punto		Componentes	Error a posteriori (1.96σ)	Precisión horiz. (Razón)	Precisión 3D (Razón)
V	K	Ac.	147°05'02.9828"	0°00'00.8331"	1:239346	1:239346
		<input type="checkbox"/> H.	12.884m	0.007m		
		<input type="checkbox"/> Elev.	?	?		
		Dist.	328.690m	0.001m		
V	sf1	Ac.	0°34'30.0263"	0°00'00.0001"	1:- 1767465514	1:- 1767465514
		<input type="checkbox"/> H.	-562.543m	0.000m		
		<input type="checkbox"/> Elev.	?	?		
		Dist.	27387.559m	0.000m		
K	sf1	Ac.	0°11'59.6227"	0°00'00.0127"	1:31940542	1:31940542
		<input type="checkbox"/> H.	-575.427m	0.007m		
		<input type="checkbox"/> Elev.	?	?		
		Dist.	27662.272m	0.001m		

### 3.5 SOFTWARE PARA LA CONVERSION DE COORDENADAS

Para la conversión de coordenadas se utiliza el software de MicroStation. Al abrir el software se elige en la carpeta de transformaciones el sistema WGS84\_seed.dgn ya que al procesar la información del GPS bajan con este datum por tratarse de coordenadas UTM,

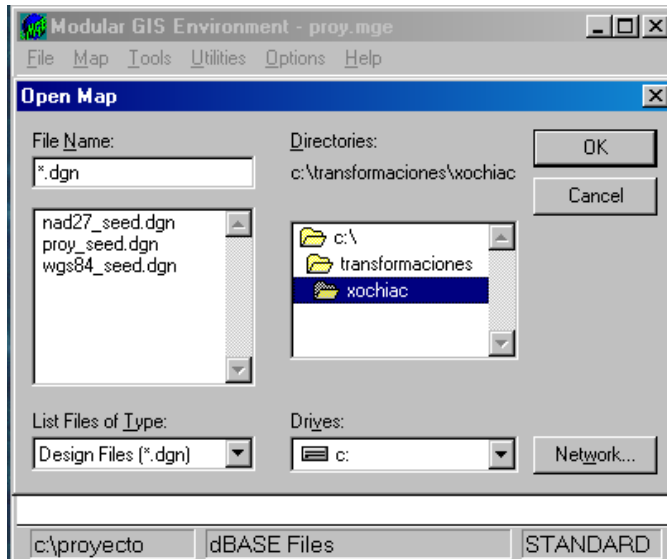


Estas son las tres conversiones que se le hacen a las coordenadas UTM obtenidos por medio del GPS primero se ingresan en el sistema datum WGS84\_seed.dgn, después se

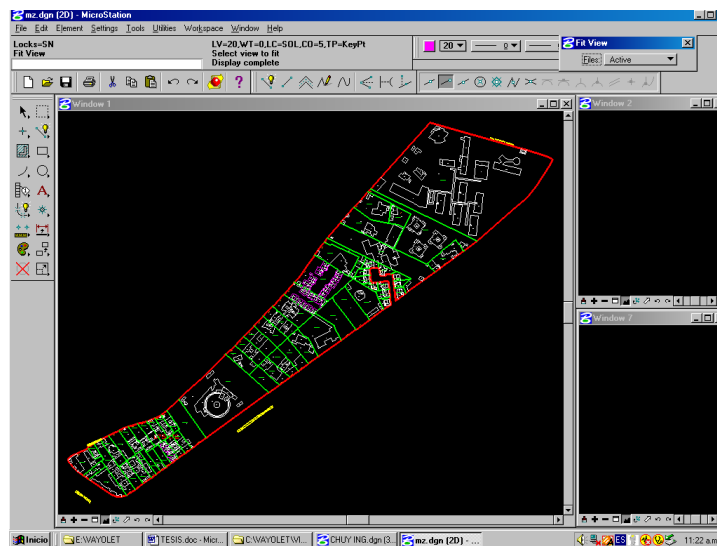
## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

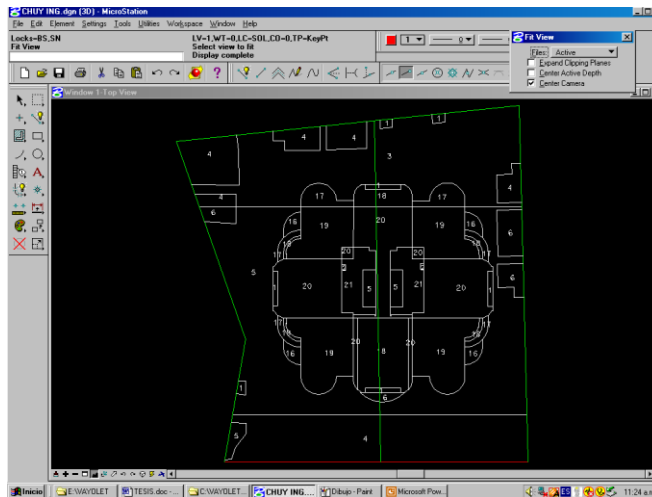
transforma a NAD27\_seed.dgn para hacer la ultima transformación a Proy\_seed.dgn que es para obtener las coordenadas Lambert y así ingresarlas al sistema SIGESCA.



Los puntos GPS que se ingresan se utilizan para referenciar los levantamientos dinámicos o con cinta o para después mostrarlos en las manzanas adquiridas en el sigesca.



Finalmente cuando se termina el proyecto queda referenciado para la actualización de la cartografía del Distrito Federal.



## 4. PROYECCIONES

Para empezar haber que es una proyección necesitamos saber primero que es la escala. La escala es la relación de distancia medidas sobre un mapa o carta topográfica, a las distancias reales que representan sobre el terreno.

El caneavá es una red de líneas que se muestran en el cuerpo del mapa y a veces por subdivisiones de las líneas del marco o límite del mapa. Una familia de estas líneas representa los **paralelos de latitud**; la otra familia representa los **meridianos de longitud**. Cada caneavá tiene su base en una proyección cartográfica particular, y de acuerdo con la proyección elegida:

- Las líneas pueden ser rectas o curvas.
- Las líneas pueden ser paralelas o convergentes.
- La separación entre líneas pueden ser constantes o variar de lugar a lugar.
- El ángulo formado por la intersección de un paralelo y un meridiano puede ser de cualquier magnitud.

Una proyección cartográfica es cualquier arreglo sistemático de meridianos y paralelos que muestra la superficie curva de la esfera o del esferoide sobre un plano. La razón por la cual es posible teóricamente la existencia de un numero infinitamente grande de proyecciones, se debe a que no existe la "Proyección Cartográfica Perfecta".

Una proyección conforme, se caracteriza principalmente porque conserva se forma verdadera por lo menos en pequeñas extensiones. A esta característica se le conoce con el nombre de ortomorfismo (orto-correcto, mórfo- forma). Para que haya ortomorfismo, es necesario que la escala sea la misma en todas direcciones alrededor de un punto cualquiera y que los meridianos con los paralelos corten en un ángulo recto.

Las proyecciones que se consideran como las más adecuadas para ser utilizadas en los trabajos geodésicos, son las proyecciones conformes, esto se debe a que cumplen con ciertos requisitos mínimos para su utilización.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

Estos requisitos mínimos son:

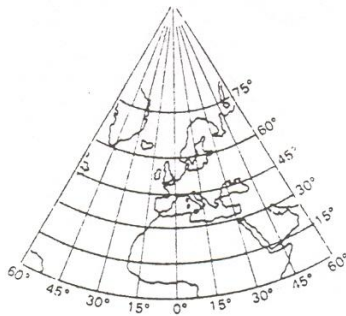
1. que exista una correspondencia biunívoca entre las superficies del plano y el elipsoide, que puede expresarse en términos de formulas matemáticas que permitan cálculos numéricos con una precisión determinada.
2. la distorsión de ángulos y distancias causadas por la proyección, debe ser razonablemente pequeña y fácil de calcular.
3. debe tomarse como superficie de referencia la de un elipsoide de revolución.

## 4.1 PROYECCION CONICA DE LAMBERT, CON UN PARALELO TIPO

Esta proyección se obtiene al colocar un cono tangente a la Tierra y a la línea de tangencia con la Tierra se le conoce como paralelo tipo, ya que la escala no varía a lo largo de este paralelo.

Todas las cónicas satisfacen la condición de ortomorfismo debido a que en esta condición se establece que exista igualdad entre pequeñas extensiones de la Tierra y sus representaciones en la Tierra y sus representaciones en el mapa.

Esta semejanza se logra haciendo que los meridianos y paralelos se corten en ángulos rectos y que los factores de escala en dos direcciones cualesquiera trazadas desde un punto sean iguales. La condición del ortomorfismo además de lograr, haciendo que el factor de escala en el meridiano sea el mismo que en paralelo.



### PROYECCION CÓNICA DE LAMBERT

En esta proyección las áreas sufren más alteración que en las otras cónicas, ya que el factor de escala en los meridianos actúa en el mismo sentido que en los paralelos.

La proyección conforme cónica de Lambert es desarrollada a partir de un cono cuya forma está determinada por los dos paralelos estándares. Los paralelos estándares son escogidos de tal forma que dos terceras partes del ámbito norte-sur de la proyección se encuentran entre ellos, un sexto se encuentra al norte del paralelo estándar superior y un sexto al sur del paralelo estándar inferior. Sólo una zona de la proyección puede incluirse en un cono particular. En esta proyección los meridianos son líneas rectas y los paralelos de latitud son arcos concéntricos. La proyección puede extenderse en el sentido este-oeste pero no en la dirección norte-sur sin incurrir en fuertes errores. La distorsión de escala depende solamente de la latitud. Esto hace que la proyección cónica de LAMBERT sea apropiada para áreas que se extienden en dirección este-oeste. Las coordenadas x,y son medidas en metros. El falso norte y el falso este representan coordenadas

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

X y Y, respectivamente, en un sistema de coordenadas planas. Para minimizar las distorsiones de la proyección, las cuales aumentan conforme nos alejamos del paralelo estándar.

Los valores elegidos para el falso este y norte en ambas proyecciones (norte y sur) aseguran que no existan valores negativos en el eje X. Las propiedades de la proyección Lambert son (ESRI, 1994)

**Forma:** Es conformal y por lo tanto representa con exactitud áreas pequeñas.

**Área:** La distorsión es mínima cerca de los paralelos estándar. La escala se reduce entre los paralelos estándares e incrementa al alejarnos de ellos.

**Dirección:** Ángulos locales son verdaderos.

**Distancia:** La escala es correcta a lo largo de los paralelos estándares. La escala se reduce entre los paralelos estándares e incrementa al alejarnos de ellos.

### 4.2 PROYECCION NAD-27

Originalmente el sistema NAD27 (Datum Norteamericano de 1927, por sus siglas en Ingles) se diseñó pensando en ser el marco para Norte América, esto es continental, y considero el Dr. William Bowie todos los recursos técnicos disponibles en la época, buscando que las distorsiones que se pudieran introducir resultaran mínimas. Así pues, el NAD27 es el punto de inicio del SGR (sistema Geodésico Referencial) horizontal para nuestro país, según lo especifican las normas técnicas para levantamientos Geodesicos publicados en el diario Oficial del 1<sup>a</sup> de Abril de 1985.

El NAD27 tiene la definición clásica de un SGR local; un punto origen, que en este caso es MEADES RANCH en Kansas, del cual se da su posición geodésica  $(\varphi, \lambda)$ , la altura geoidal (N), la diferencia entre la inclinación de la vertical referida al geoide y al elipsoide asociado  $(\varepsilon, \eta)$ , el azimut con respecto a la estación WALDO (az), así como el tamaño y la forma del elipsoide sobre el que se trabaja a través, de los semiejes del mismo (a,b) tomándose el de Clark de 1866. Al estar definido localmente, el centro de masa de la Tierra no es coincidente con el centro geométrico del elipsoide, y de la orientación del sistema está de acuerdo al acimut MEADES RANCH a WALDO.

A principios de siglo, al diseñarse el NAD27 se pretendió tener una precisión promedio de 1/25 000, sin embargo, debido a inconsistencias en los métodos de observación, cálculos no rigurosos, no haber realizado un ajuste integral de los datos, distribución heterogénea de las observaciones, movimientos de la corteza terrestre, entre otras causas, este objetivo no fue alcanzado. La combinación de todos estos efectos, produjeron inconsistencias en el sistema que arrojan una precisión de tan solo 1 parte en 15 000.

Con el advenimiento de nuevos equipos de medición, tales como los distanciometros electromagnéticos y el posicionamiento vía satélite, ya sea Doppler o GPS, las precisiones que se pueden alcanzar con ellos son muy superiores a la precisión real de la red NAD27, en por lo menos un orden de la magnitud, por lo que el este sistema no resulta adecuado para referir los trabajos hechos con estos equipos.

En virtud de que el NAD27 no es compatible con los modernos equipos de medición, y dados los requerimientos de contar con posiciones altamente precisas, en 1974 Canadá, Estados Unidos, México, Centro América, Groelandia y algunas islas del Caribe unieron esfuerzos para definir el SGR para Norte América.

En el NAD27 se escogieron las herramientas y recursos técnicos disponibles en ese momento, por lo que se decidió tomar el Sistema Global de Referencia de 1980 (GRS80)

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

recomendado por la asociación Internacional de Geodesia. El GRS a diferencia del NAD27, esta definido en forma dinámica; esto es el centro geométrico del elipsoide coincide con el centro de masa de la Tierra.

El NAD27 está definido en forma “clásica”, por medio de siete parámetros, principalmente geométricos, según el artículo 1.6 de las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos, publicados en el Diario Oficial de la Federación del 1ro. de abril de 1985. Para los efectos del punto anterior, los parámetros del *Datúm* Norteamericano de 1927, son los siguientes:

Elipsoide Clarke de 1866:

Semieje mayor: 6378206.4 m.

Semieje menor: 6356538.8 m.

Vértice de origen Meade´s Ranch; Kansas, USA

Latitud origen: 39 13´ 26.686” N

Longitud origen: 98 32´ 30.506” W

Desviación de la vertical en el meridiano: -1.06”

En el primer vertical: -1.79”

Altura Geoidal en el origen: 0.00 m

Azimut del origen de la estación Waldo (desde el sur): 75 28´ 09.64”

El ITRF esta definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS). Basado en el Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS80), el ITRF está definido en forma dinámica por cuatro parámetros, los cuales se determinaron a partir de la observación redundante de coordenadas cartesianas tridimensionales, con técnicas extraterrestres, en diferentes puntos de la Tierra, Los valores que caracterizan este sistema de referencia son:

Semieje mayor: 6378137 m

Velocidad angular:  $7292115 \times 10^{\text{exp}-11}$  rad/seg

Constante gravitacional:  $3986005 \times 10^{\text{exp} 8}$  m<sup>3</sup>/seg<sup>2</sup>

Factor dinámico de forma no normalizado:  $108263 \times 10^{\text{exp}-8}$

Desde el punto de vista cartográfico, no existe diferencia significativa entre el ITRF y el WGS84, la máxima diferencia es de 0.000003 segundos de arco ó 0.0001 metros.

### 4.3 PROYECCIÓN U.T.M.

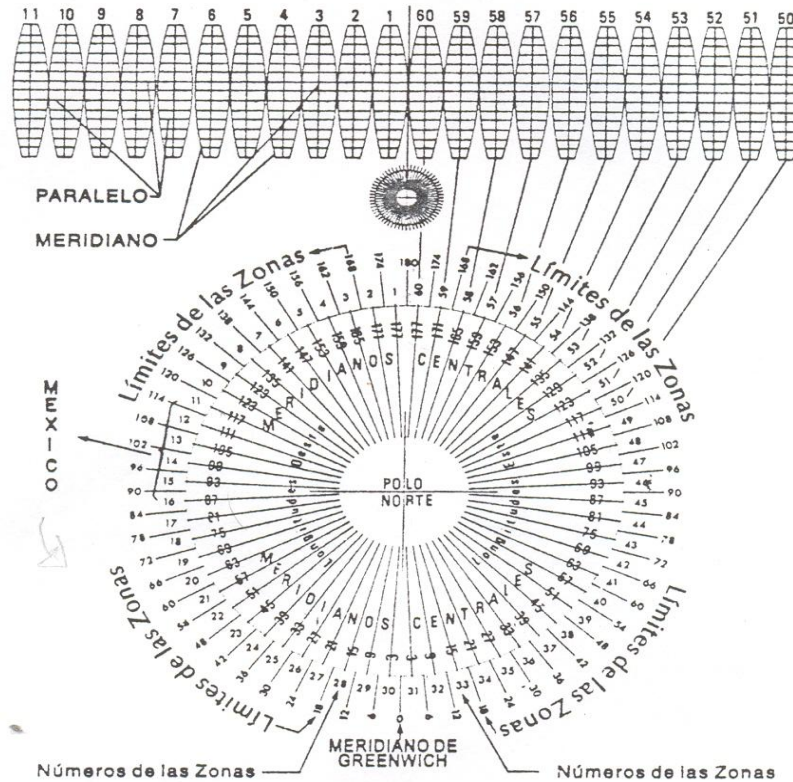
Para elegir la proyección Transversa de Mercator las coordenadas de punto de control locales, son requeridos frecuentemente en algún sistema regional para objetivos en Cartografía, Geodesia, Vías de comunicación y en general en donde sea necesario.

Las coordenadas X (oeste) y Y (norte) para puntos y líneas están expresadas de acuerdo con la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) , en las escalas 1:50,000 y 1:250,000, y con la proyección Cónica Conforme de Lambert con paralelos base 17°30' y 20°30' para las escalas 1:1'000,000 y 1:4'000,000.



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

Para esta proyección, el punto de coordenadas  $12^{\circ}$  de latitud norte y  $102^{\circ}$  de longitud oeste y con coordenadas de 2,500,000 m en X y 0 m en Y, es considerado como el falso origen.



### TODAS LAS ZONAS DE 1 HASTA 60 EN EL SISTEMA UTM SON IGUALES

La proyección se elabora preferentemente para el Elipsoide de Clarke de 1866 en América del Norte, cuyas características son las siguientes:

Semieje ecuatorial	$a = 6\,378\,206.4\text{m}$
Semieje Polar	$b = 6\,356\,583.8\text{ m}$
Achatamiento	$f = 1/294.978698$
Radio de Curvatura	$c = 6\,399\,902.55159$
Cuadro de la Excentricidad	$e^2 = 0.006768658$
Cuadrado de la segunda excentricidad	$e'^2 = 0.006814784946$

La UTM es una proyección cilíndrica que en su desarrollo, genera 60 zonas sucesivas para cubrir la totalidad del globo terrestre. Cada zona es de 6 grados de longitud por 80 grados de latitud al norte y al sur. La numeración de las zonas ocurre del 1 al 60 a partir del meridiano 180 grados hacia el Este, en particular a México le corresponden las zonas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, incluida la zona económica exclusiva.

Por convención, cada una de las zonas se divide en fajas transversales de 4 grados de latitud, (en la zona en donde se encuentra México, un grado equivale aproximadamente a

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

110 km) las cuales son identificadas para la primer faja a partir del ecuador, a México le corresponden las fajas D, E, F, G, H e I, como se muestra en la figura.



**ZONAS Y FAJAS DE LA PROYECCIÓN UTM PARA MEXICO**

## 4.4 Escalas cartográficas comúnmente utilizadas en México

Se puede considerar que cualquier mapa es una representación, en la mayoría de los casos muy reducida del área que representa y por ello, los rasgos, áreas y lugares deben aparecer reducidos en la misma proporción.

La escala es la relación que existe entre la representación gráfica del mapa con respecto a la superficie terrestre Real.

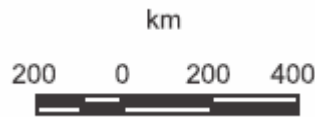
En los diferentes tipos de representación geográfica aparecen cifras que señalan el valor de la escala utilizada en su composición, por ejemplo: si al pie de un mapa se lee escala 1:100,000, quiere decir que tiene una reducción a la cienmilésima parte de la superficie reproducida, es decir, que un metro de longitud en el mapa representa 100,000 metros de longitud verdadera. La escala determina el nivel de detalle, el tamaño y en cierta medida el costo, caracterizando el mapa. Su correcta elección es determinante para representar con éxito la información deseada.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

La escala de los mapas puede ser representada de dos maneras:

*Mediante una representación gráfica:* Como una línea de cierto grosor donde gráficamente cada centímetro en el mapa representa kilómetros en el terreno. En la figura 2.12 se presenta un ejemplo de la representación gráfica de la escala.



***Ejemplo de la representación gráfica de una escala***

*Mediante una fracción representativa:* Fracción representada =  $1/1,000,000$  o también fracción representada = F.R. =  $1,000,000$  lo cual estaría significando que las distancias en el mapa multiplicadas por el denominador de la escala, constituyen las distancias reales sobre el terreno, expresadas en la misma unidad de medida empleada en el mapa. El numerador de la fracción representativa es siempre la unidad. Mientras mayor es el denominador, menor será la escala del mapa. En el caso de que el mapa represente una reducción de 1,000,000 veces, cada centímetro que aparezca en el mapa debe corresponder a diez kilómetros en la realidad. En este caso la escala sería:

$$1 \text{ centímetro} = 10 \text{ kilómetro}$$

En un mapa construido a gran escala es posible incluir numerosos detalles, pero según disminuye la escala, menor es el número de datos que puede contener. Al entender el uso de la escala, se facilita conocer la distancia que separa un punto del otro representado en el mapa lo que permite, por ejemplo calcular el tiempo de su recorrido.

En la tabla 2.1 se presenta un resumen de las escalas de la cartografía mas usadas comunmente.

## ESCALAS CARTOGRAFICAS MÁS FRECUENTES Y SUS EQUIVALENTES

Escala del mapa	Un centímetro equivale a:	Un kilómetro es representado por:
1:1.000	10 m	100 cm (1 m.)
1:2.000	20 m	50 cm
1:5.000	50 m	20 cm
1:10.000	100 m	10 cm
1:25.000	250 m	4 cm
1:50.000	500 m	2 cm
1:100.000	1000 m (1 Km)	1 cm
1:250.000	2500 m (2,5 Km)	4 mm
1:500.000	5000 m (5,0 Km)	2 mm
1:1.000.000	10000 m (10,0 Km)	1 mm

Se propone para la elaboración de los atlas de riesgos dos escalas principales; para zonas urbanas (ciudades y áreas metropolitanas) 1:5,000, y una escala menor (1:20,000 ó 1:50,000) para la representación estatal con base a la extensión territorial de la entidad federativa. Es importante aclarar que la cartografía base que se utilizará tendrá una escala de origen, y que esta escala puede ser diferente a la de su impresión, por lo que debe cuidarse este aspecto ya que puede alterarse la interpretación de un mapa cuando éste solo tenga especificada la escala gráfica y carezca de la escala de origen o de elaboración. En la actualidad con el manejo de los SIGS se puede incrementar o disminuir la escala de visualización fácilmente, siempre y cuando se tenga presente la escala de elaboración que es la que determina la precisión de los rasgos geográficos.

Esta no es una proyección en sí misma sino más bien un sistema de coordenadas planas basado en la proyección Transversal de Mercator (ESRI, 1994). Meridianos centrales son establecidos cada 60 de longitud en el ámbito 840 norte y -800 sur. Esto define 60 zonas que se extienden 30 de longitud a ambos lados del meridiano central.

**Forma:** Es conforme y por lo tanto representa con exactitud áreas pequeñas. La distorsión de áreas grandes es mínima en cada zona.

**Área:** La distorsión es mínima en cada zona.

**Dirección:** Ángulos locales son verdaderos.

**Distancia:** La escala es constante a lo largo del meridiano central. Se aplica un factor de escala de 0.9996 para reducir la distorsión lateral dentro de cada zona. Este factor

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

de escala permite que las líneas ubicadas a 180 Km hacia el este o el oeste y paralelas al meridiano central tengan un factor de escala de 1.

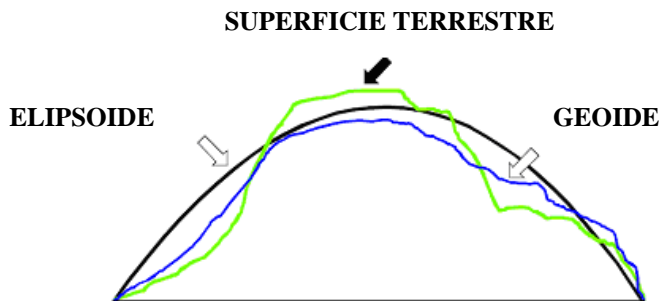
En cada zona se sobrepone un cuadrículado rectangular y las coordenadas se expresan en metros con respecto al Ecuador y al este de un eje de referencia. Para reducir la distorsión en la escala se aplica un factor de corrección de 0,9996 a lo largo del meridiano central de cada zona. Para determinar posiciones en el Hemisferio Norte se le asigna al meridiano central un falso este de 500.000 metros (para mantener valores positivos en la zona) y un falso norte de 0. Para mediciones en el Hemisferio Sur se asigna un falso este de 500.000 metros y un falso norte de 10.000.000 de metros. Las coordenadas este, norte y el número de zona definen la posición de cualquier punto en la superficie terrestre en el sistema UTM. Las zonas polares no son consideradas por el sistema UTM.

### 4.5 GEOIDE, ELIPSOIDE Y DATUM UTILIZADOS PARA LOS LEVANTAMIENTOS GPS

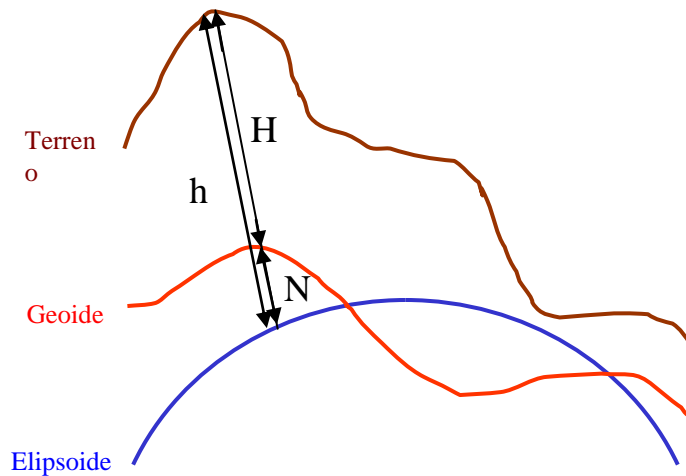
Para solucionar el problema de la irregularidad de la superficie terrestre se utilizó inicialmente el **geoide** como superficie de referencia. Para fines prácticos podemos definir el geoide como una figura geométrica que representa el nivel medio del mar en la superficie terrestre si el agua pudiera fluir bajo los continentes (Ver figura). Técnicamente se define como una superficie donde la dirección de la gravedad (**g**) es perpendicular en todos los lugares y que corresponde a aquella gravedad experimentada al nivel medio del mar. El movimiento de rotación de la Tierra

produce dos fuerzas opuestas: la centrífuga y la centrípeta. Estas fuerzas a su vez modifican la forma del geoide, el cual es ligeramente abultado en el ecuador y ligeramente achatado en los polos (diámetro de la Tierra en el ecuador es 12757Km en tanto que el diámetro polar es 12714 Km). La figura geométrica resultante es un objeto similar a una esfera y que recibe el nombre de **elipsoide**.

La ventaja del geoide como superficie de referencia es que puede interpretarse en función de leyes físicas y que puede observarse en las costas (nivel del mar). Una desventaja del geoide es que es ligeramente irregular como resultado de los diferentes materiales de que está formada la Tierra (Ej. montañas, desbalances isostáticos, materiales de mayor densidad en el fondo de los océanos, etc). Esto introduce ambigüedades en la medición de distancias y por lo tanto en la localización de objetos en la superficie terrestre.



El geoide y el elipsoide: modelos de la forma de la Tierra.



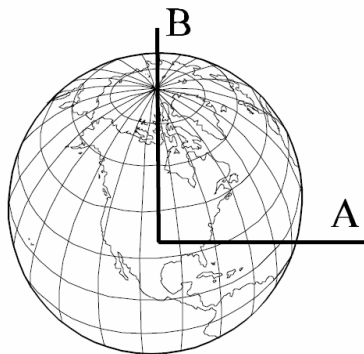
## Elipsoide de referencia

Debido a las irregularidades propias del geoide se ha decidido utilizar una superficie de referencia abstracta que aproxime la forma del geoide pero sin sus irregularidades; esta figura se denomina **elipsoide**. La ventaja del elipsoide es que su forma es independiente del material que forma la tierra y por lo tanto es una superficie sin irregularidades que puede definirse utilizando ecuaciones matemáticas.

Al eliminarse las irregularidades también eliminamos los problemas de ambigüedad en la medición de distancias. Actualmente existen una gran cantidad de elipsoides en uso y cada uno de ellos responde a condiciones específicas de la zona para la cual fue diseñado.

La existencia de múltiples elipsoides es un indicativo de que sólo son una aproximación al geoide y que por lo tanto no representan con igual exactitud a todos los puntos sobre la superficie terrestre.

Cada elipsoide está definido por (Ver Figura)

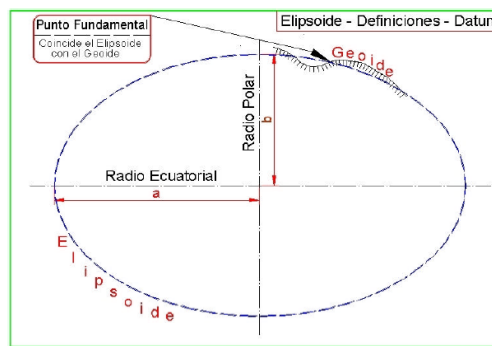
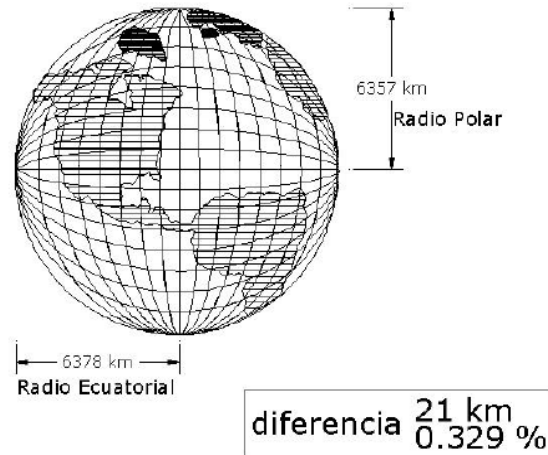


El elipsoide y sus semi-ejes mayor (a)

1. Longitud de sus semi-ejes mayor (a) y menor (b) ó,

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

2. Longitud de su semi-eje mayor y su factor de achatamiento  $f = (a-b)/a$ .  
En donde **a** es el semieje mayor o ecuatorial y **b** el semi-eje menor o polar.  
El factor de achatamiento se expresa normalmente como  $1/f$ .



Se define el Datum como el punto tangente al elipsoide y al Geoide.

## Datum geodésico

El datum es un conjunto de mediciones que definen la orientación de un elipsoide determinado en la superficie terrestre. El datum nos define los siguientes aspectos (Inter-American Geodetic Survey, 1950):

- Elipsoide en uso
- La ubicación (posición inicial) y orientación del norte (acimut inicial) y,
- La distancia entre el geoide y el elipsoide en la ubicación inicial.

Por lo tanto el datum establece una superficie de referencia permanente para la cartografía de un país o un continente.

Al utilizar material cartográfico debemos reconocer que cada datum define un sistema de coordenadas planas y por lo tanto la posición de un determinado lugar en la superficie terrestre dependerá del datum que utilicemos. La diferencia en localización entre dos datum puede ser de 40 metros y en algunos casos superior a los 200 metros. La selección

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

correcta del datum es especialmente crítica cuando utilizemos sistemas de posicionamiento global (GPS), los cuales brindan sus resultados en latitud y longitud y utilizan el WGS84 como sistema de referencia.

Algunos otros datum de uso común son NAD83 (North American Datum de 1983), el cual es utilizado en los Estados Unidos y América del Norte y el WGS84 (World Geodetic Datum de 1984), el cual es válido para cualquier posición en el planeta Tierra. El WGS84 es el datum utilizado por la mayoría de los sistemas de posicionamiento global (SPG) para registrar posiciones (coordenadas) en la Tierra.

### DATUM CARTOGRAFICO

Un datum cartográfico es una superficie de referencia definida matemáticamente la cual aproxima la forma de la Tierra en sitios específicos. El Datum se usa para calcular las coordenadas en cualquier mapa, carta de navegación, o sistema de agrimensura. En otras palabras, un Datum cartográfico es una fórmula matemática que transfiere las coordenadas en un mapa plano a la forma actual de la Tierra y viceversa. En Norteamérica los datums más comunes son los NAD27, NAD83, y WGS83. El WGS83 se está convirtiendo rápidamente en la norma mundial, y en Norteamérica es prácticamente idéntico al NAD83 para casi todas las aplicaciones normales. El NAD27 ha sido reemplazado por el más moderno y preciso NAD83, pero aún existen muchos mapas viejos basados en el Datum NAD27

Si usted trabaja con un mapa impreso, asegúrese de que su posicionador GPS esté fijado al mismo Datum que el mapa (el cual tendrá esa información impresa en algún sitio). También, si usted está siguiendo puntos en una ruta, o se encuentra navegando hacia unas coordenadas predeterminadas, asegúrese que su posicionador está usando el mismo Datum. Muchos posicionadores modernos automáticamente transforman las coordenadas de sitios guardados en memoria o añadidos por el usuario al Datum correcto cuando el Datum es cambiado en el posicionador.

## 5. APOYO HORIZONTAL

Como alternativa a los métodos citados, se podrá dotar de coordenadas a los puntos de la red local, vértices de la poligonal de apoyo y prediales, mediante observaciones diferenciales GPS, garantizando con esto, la precisión exigida, cuidando la simultaneidad de observaciones con un número apropiado de satélites, y el horario de las observaciones.

Exactitud de los levantamientos geodésico-topográficos horizontales

Todos los trabajos de referenciación geográfica realizados a nivel nacional, deben adoptar los estándares de exactitud posicional para posicionamiento tridimensional, dentro del contexto de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).

Se entiende por exactitud al grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura geodésica, con respecto al valor verdadero de una determinada posición en la superficie terrestre. Debido a que el valor verdadero no es conocido, sólo se tiene una estimación de él, a través del proceso de medición.

Los levantamientos geodésico-topográficos deberán efectuarse con una metodología tal, que una vez procesada y ajustada la información levantada en campo, se garanticen



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

exactitudes con base en el Círculo de Error Probable al 95% ( $CEP_{95}$ ). Esta medida de precisión se define como el radio de un círculo en el cual se encontrará el 50% de los valores registrados por el receptor (Fig. 12). Por ejemplo, un valor de CEP de 25 metros indica que de 100 lecturas realizadas con el receptor para el mismo punto solo 50 se encontrarían en un radio igual o inferior a 25m. Dado que este nivel de certeza en la posición de un punto es poco útil para la mayoría de los usuarios(as) del Sistema de Posicionamiento Global, dicha medida se ha transformado en R95 o CEP95; la cual indica que al menos un 95% de las lecturas realizadas con el receptor estarán dentro del radio especificado. Para obtener el valor asociado con R95 obtenga una muestra de entre 100 y 200 lecturas para el mismo punto y luego obtenga el promedio para dichas lecturas, luego trace un círculo centrado en el promedio de tal forma que contenga el 95% de las observaciones. Un método alternativo de trabajo es realizar el mismo ejercicio pero para un punto de *posición conocida*; en este caso se evaluaría el **error** en posición. La desventaja de este método es que a menos que se conozca la función de densidad de la distribución de errores para el receptor no se puede hacer ninguna afirmación sobre el 5% restante de los puntos. Sin embargo, dado la tecnología utilizada en los receptores actuales es probable que las lecturas sean bastante consistentes y por lo tanto no se esperaría obtener valores extremos.

Para el caso de las Normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido (publicadas por el Registro Agrario Nacional en septiembre de 1992 reformada en febrero del 95), garantizaran una precisión relativa de 1:50 000 para líneas de control, de 1:20000 para la propagación de coordenadas Y 1:10 000 para vértices prediales.

Con la utilización del Mision Panning (Programa Incluido en el software del GPS que permite la calendarización, trayectoria y calidad de la recepción de los satélites para poder determinar las ventanas y horarios apropiados para la medición), se planea la fecha y horario óptimos para efectuar el levantamiento geodésico.

En los levantamientos Geodésicos Horizontales; comprenden una serie de medidas efectuadas en el campo, cuyo propósito final consiste en determinar las coordenadas geográficas (geodésicas) horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre. Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referido al marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 1992 con datos de la época 1988 y que se denomina ITRF92 Época 1988 que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia oficial para México.

Para los efectos del punto anterior, las Coordenadas Cartesianas ITRF92 Época 1988 se deben transformar a coordenadas geodésicas curvilíneas (latitud, longitud y altura elipsoidal) en el elipsoide del Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS80) que es definido por los siguientes parámetros:

Semieje Mayor	a	6 378 137 m
Velocidad Angular	$\omega$	$7\ 292\ 115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante Gravitacional Geocéntrica	GM	$3\ 986\ 005 \times 10^{-8}$ m <sup>3</sup> /seg <sup>2</sup>
Factor dinámico de la Tierra	J <sup>2</sup>	$108\ 263 \times 10^{-8}$

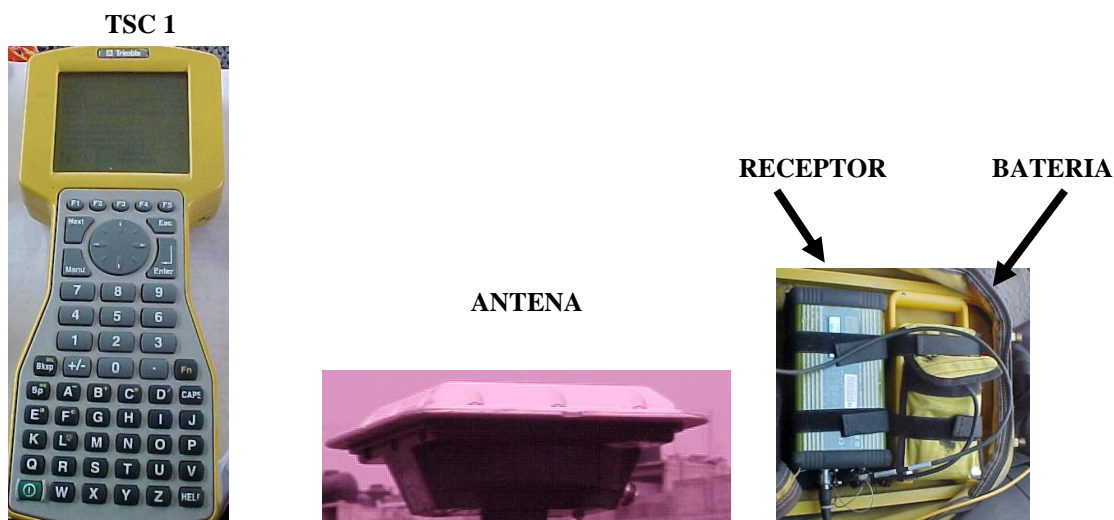
Constantes geométricas derivadas

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

Semieje menor	b	6 356 752.314 1 m
Excentricidad Lineal	E	521 854 .009 7 m
Radio Polar	c	6 399 593.625 m
Primera Excentricidad al cuadrado	$e^2$	0.006 694 380 022 90
Segunda Excentricidad al cuadrado	$e'^2$	0.006 739 496 775 48
Achatamiento	f	0.003 352 810 681 18
Reciproco del achatamiento	f-1	298.257 222 101
Cuadrante Meridiano	Q	10 001 965 729 .3 m
Radio Medio	R1	6 371 008. 771 4 m
Radio de la Esfera de la misma superficie	R2	6 371 007.1810 m
Radio de la Esfera del mismo volumen	R3	6 371 000 .790 0 m

En los trabajos de apoyo terrestre se utilizarán las coordenadas en la proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) de los vértices de control o de apoyo establecidos con equipos receptores GPS con un  $CEP_{95}$  menor a 0.20 metros.

### 5.1 PROCEDIMIENTO, METODO Y POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL



Como podemos ver aquí tenemos TSC , el receptor , la batería y antena que componen el equipo TRIMBLE GPS 4700

**La antena de recepción.** Es donde se reciben las radiaciones electromagnéticas que emiten los satélites y son transformadas en impulsos eléctricos, los cuales conservan la información modulada en las portadoras. Se denomina centro radioeléctrico de la antena al punto que se posiciona en nuestra observación.

**El receptor** recibe los impulsos de la antena receptora, y reconstruye e interpreta los componentes de la señal, es decir, las portadoras, los códigos y el mensaje de navegación. En definitiva, lo que hace es demodular la señal original. El proceso es el siguiente, el receptor correlaciona los códigos, es decir, lo compara con una réplica que él

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

mismo genera, y de este modo halla el tiempo que ha tardado en llegar la señal al receptor, para obtener la distancia al satélite multiplica esa diferencia de tiempos por el valor de la velocidad de propagación de las ondas en el vacío (aproximadamente unos 300.000 Km/s). Como estas distancias están afectadas de errores, se les denomina pseudodistancias.

El receptor tiene unos canales de recepción, de doble señal si es un receptor bifrecuencia (doble banda L1, L2) y de señal única si es monofrecuencia (una banda L1). Cada canal recibe las señales de un satélite diferente, y dependiendo del número de canales obtendremos mayor o menor información en un momento dado. Los receptores disponen de un reloj u oscilador que sincroniza los tiempos de recepción.

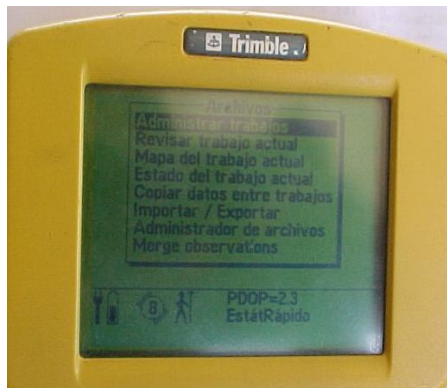
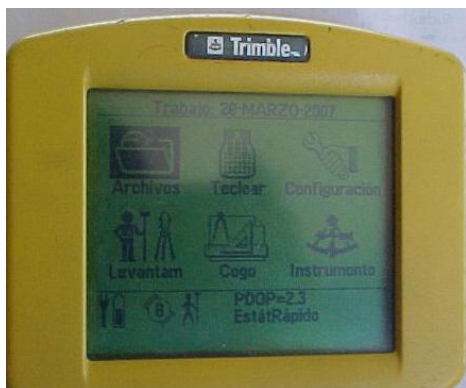
**El controlador** realiza las siguientes tareas:

- o Controlar el receptor.
- o Gestionar la observación.
- o Almacenar los datos.

En el se controlan los modos de trabajo que se consideren oportunos para cada Proyecto. Destacándose los siguientes:

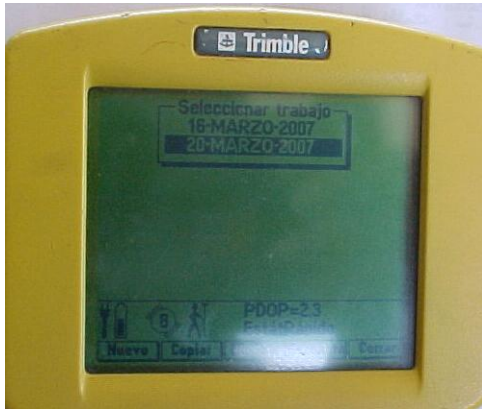
- o Tipo de observación (estática, stop & go, cinemática, etc.);
- o Parámetros de la observación (máscara de elevación, modo de grabación, Determinación de las épocas, datos meteorológicos, etc.);
- o Estado y salud de los satélites;
- o Seguimiento de los mismos y calidad de la señal que transmiten;
- o Filtrado de observaciones y datos;
- o Definición y atributos de los puntos de observación;
- o Estados de aviso en conceptos de geometría y pérdidas de ciclo;
- o Definición del sistema de referencia;
- o Tiempos de observación y actualización de tiempos;
- o Control del nivel energético;
- o Posición inicial y secuencial;
- o Etc.

En los procesos de observación, es fundamental el buen manejo del controlador, así como el conocimiento y aplicación de los parámetros adecuados para cada proyecto o necesidad.

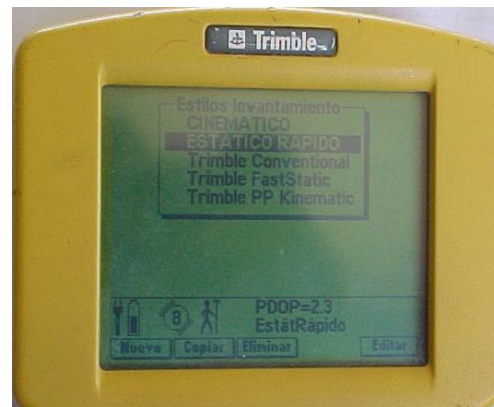
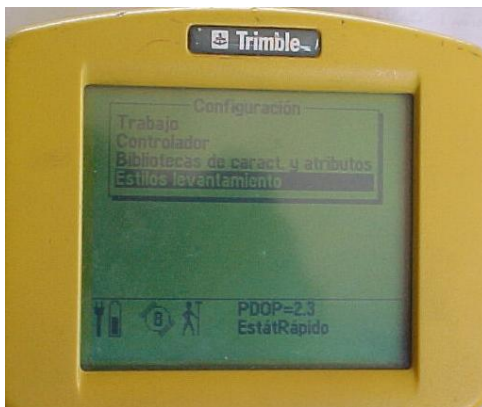


## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

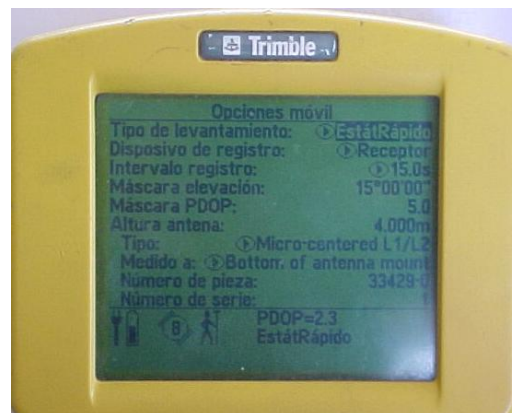
Aquí en estas dos pantallas nos muestra el inicio de un nuevo trabajo o proyecto, como podemos ver se inicia en el icono de ARCHIVO para generar un nuevo nombre en la venta de ADMINISTRAR TRABAJO.



Una vez dentro de ADMINISTRAR TRABAJO se da el nombre del trabajo nuevo en la opción NUEVO. Para después ir a la configuración del levantamiento.



Aquí en CONFIGURACION se elige el tipo de levantamiento, el cual igual tanto para Línea Base como para un levantamiento ESTÁTICO-RÁPIDO.

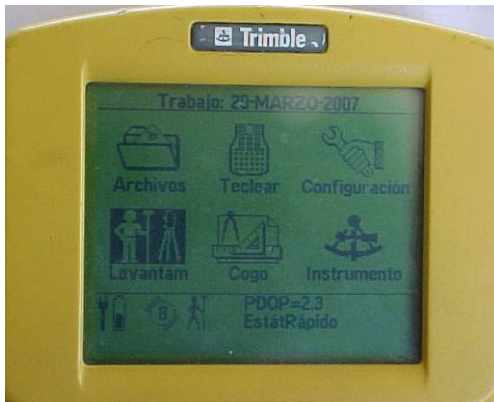


## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

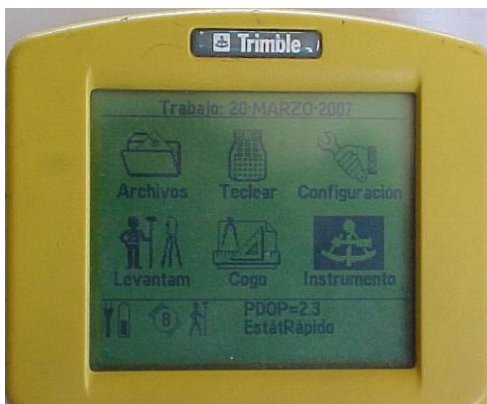
Una vez elegido el levantamiento ESTATICO-RAPIDO se va a la opción móvil para poder configurar el levantamiento, como se muestra en la siguiente tabla:

CONFIGURACION	LINEA BASE	ESTATICO-RAPIDO
INTERVALO DE REGISTRO	2 s	15 s
MASCARA DE ELEVACION	10 s	15
MASCARA PDOP *	5	5

\* El PDOP dependera del tiempo, de los satelites y del terreno

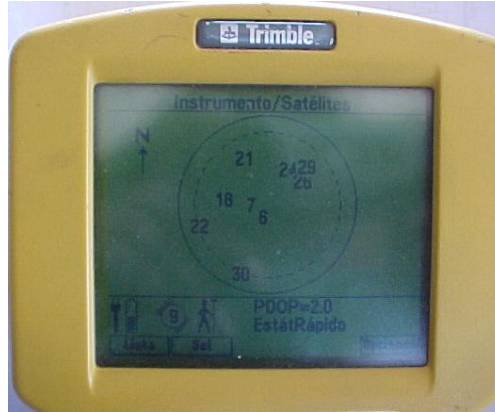
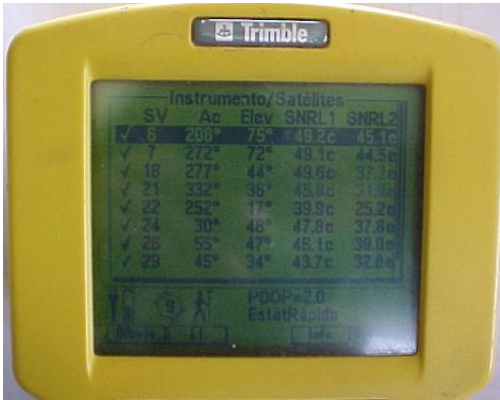


Ya una vez configurado se va a la opción LEVANTAMIENTO para elegir medir puntos y en ese momento empieza la medición.

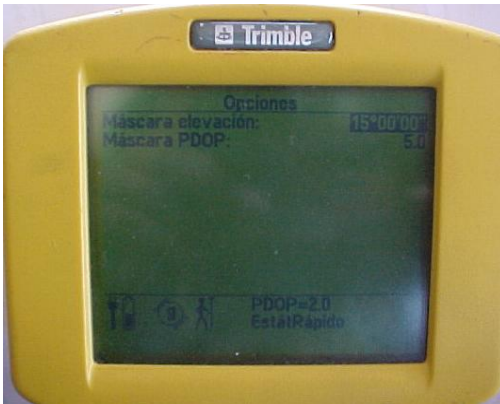


Durante el levantamiento podemos ver en la opción INSTRUMENTO y en el los SATELITES como se comportan en la medición.

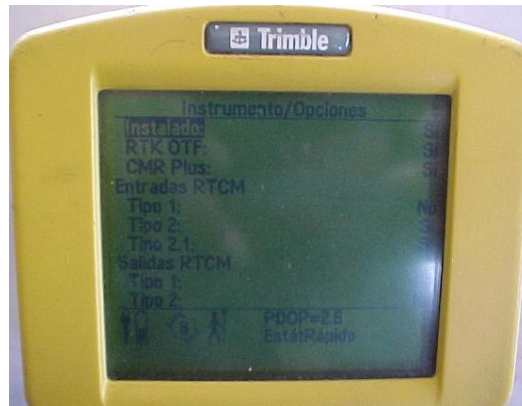
## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.



Aquí podemos ver en esta lista como se esta recibiendo la señal es decir si estan trabajando las dos bandas, el número de satélites y el PDOP. O en su defecto podemos ver los satélites en dibujo.



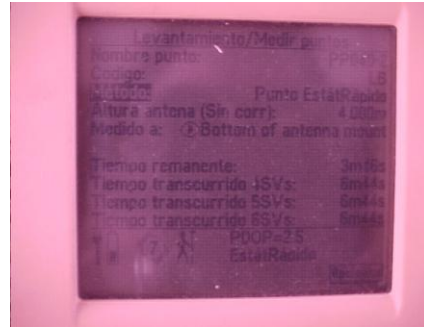
Cuando el PDOP es muy alto o rebasa el numero configurado se puede modificar para que el equipo nos pueda guardar la información ya que si el PDOP se eleva el punto que se está midiendo no se guardara, y se bota el punto, es decir, se inicializa otra vez la medición.



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

En estas pantallas podemos ver las características principales del receptor.



Para poder iniciar cualquier levantamiento escogemos la opción “ medir puntos” ya una vez abierto esta ventana se empieza a configurar iniciando con el nombre del punto, la especificación (línea base, control) y el tiempo que se le va a dar a cada sesión, y para que se de inicio tenemos que ver como característica principal el numero de satélites y el PDOP.



Para finalizar un levantamiento la misma libreta nos pide que confirmemos finalizar el levantamiento, apagar el receptor y finalmente nos avisa para desconectar el cable TSC 1

Es el que se realiza cuando las precisiones requeridas son mayores. Será mejor o peor en función del instrumental utilizado y de la técnica de posicionamiento diferencial a la que se recurra.

El posicionamiento diferencial consiste en hallar la posición absoluta de un punto (móvil, objetivo, etc.) mediante las observaciones realizadas desde ese punto a unos determinados satélites, sumadas a las realizadas en ese mismo instante desde otro punto (referencia) a esos mismos satélites. Por lo tanto, aquí aparece el concepto de "línea base", que es la línea recta que une el punto de referencia y el punto objetivo.

Dependiendo de las observables, instrumental de observación y software de cálculo utilizados, podemos citar las siguientes técnicas o métodos de posicionamiento diferencial:

**Estático.** Este modo de posicionamiento consiste en el estacionamiento del receptor que no varían su posición durante la etapa de observación. La referencia puede establecerse en cualquiera de ellos y la precisión será en función del tiempo de observación, de la geometría y del equipo GPS utilizado.

Una variante del método estático es el denominado **estático rápido**, el cual se puso en funcionamiento gracias a la inclusión de algoritmos de tratamiento de las señales y espacios de búsqueda de ambigüedades más sólidos y rápidos, de este modo, el tiempo de observación y de cálculo se reducen considerablemente. Cuando la distancia entre

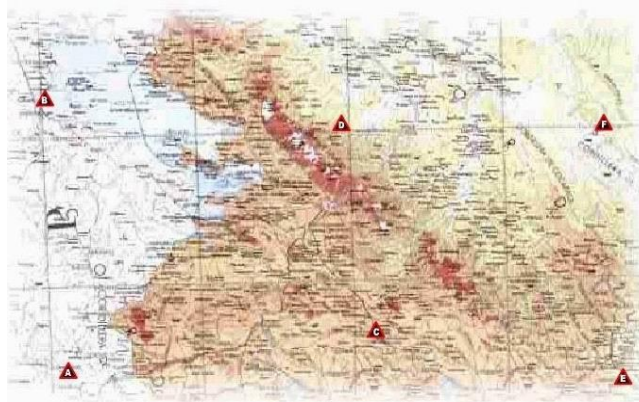
## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

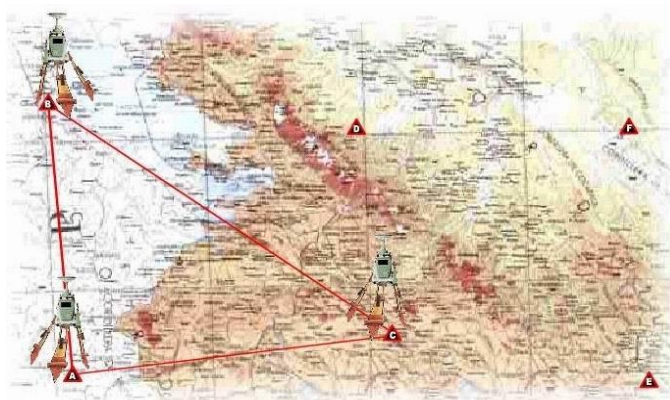
puntos supera los cien kilómetros o la diferencia de altitud entre ellos supera los 500m, se deben prolongar los tiempos de observación para contrarrestar los errores producidos por la Ionosfera y la Troposfera.

El método estático es el que mayor precisión proporciona, pero también es el que más tiempo de observación requiere.

Este método utilizado para líneas largas, redes geodésicas, estudios de tectónicas de placas, etc. Ofrece precisión alta en distancias largas, pero es comparativamente lento. El método de levantamiento estático fue el primer método en ser desarrollado y es utilizado para la medición de líneas base largas, generalmente de 20 km ó más , por lo que su período de sesión de registro dura entre las 2 á 5 horas dependiendo la distancia. En este ejemplo la red A, B, C, D, E y F debe ser medida para lo cual se conocen las coordenadas de los puntos A y B.



El equipo de medición empieza ocupando los puntos A -B -C en forma simultánea.

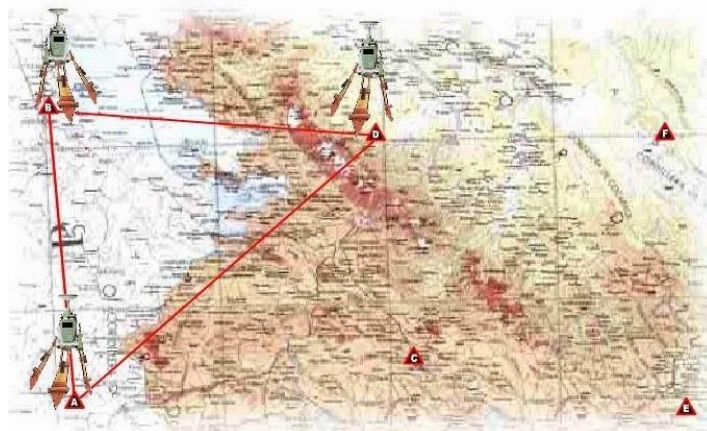


Del mismo modo se procede a ocupar los puntos A -B -D

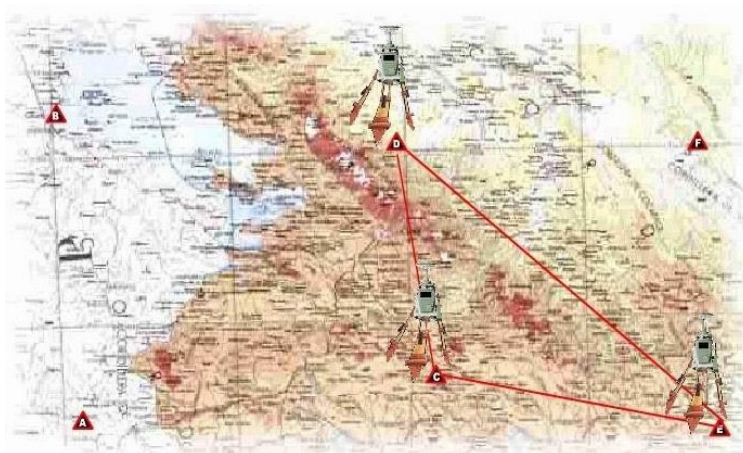


# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

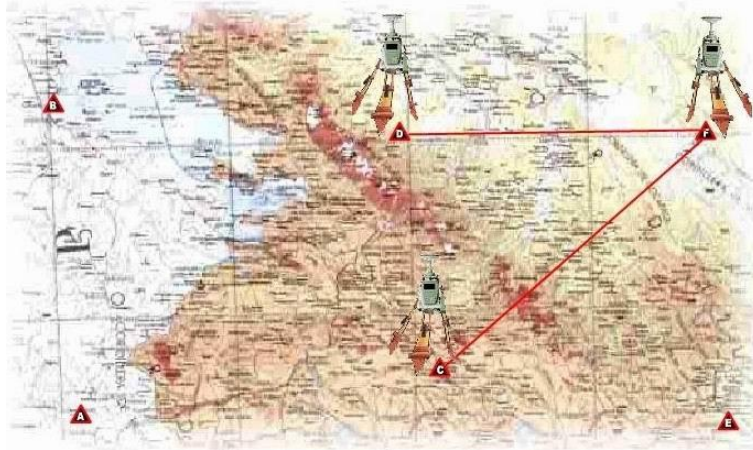
---



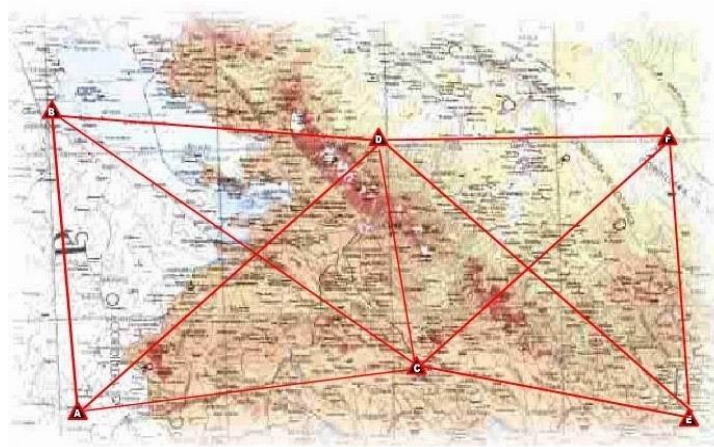
Luego los puntos C -D -E



Finalmente los puntos C -D -F



De esta manera se obtiene una red geodésica de alta precisión sobre un área grande y con la redundancia requerida.



## 5.2 ESTÁTICO - RÁPIDO

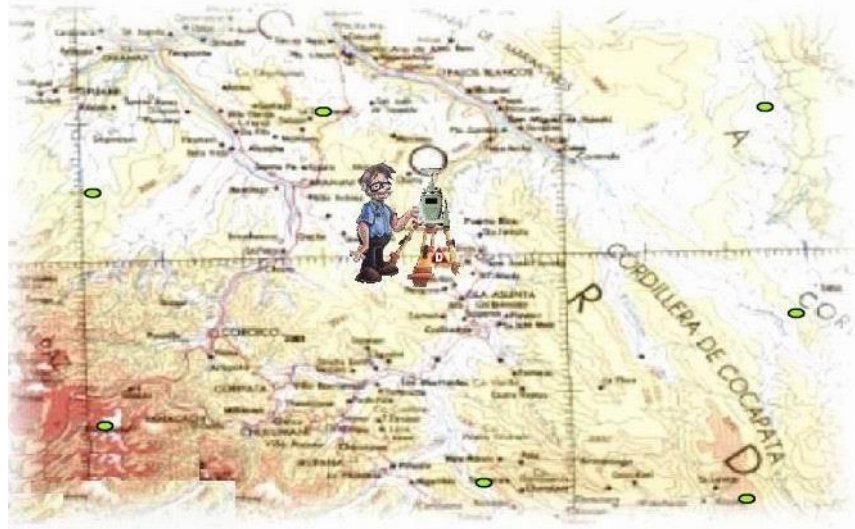
Empleado para levantamiento de detalles y para la medición de muchos puntos de sucesión corta. Es una técnica manera muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno del otro.

El método de medición de Estático Rápido es de menor precisión que el Estático convencional, se utiliza generalmente para aumentar la densidad de redes existentes, medición de parcelas, para establecer puntos de control, etc.

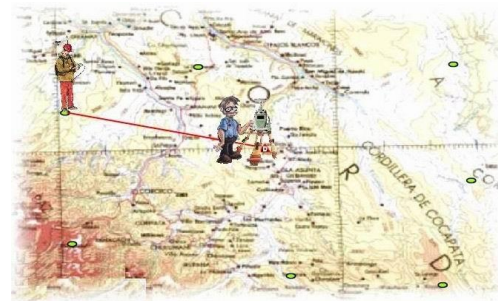
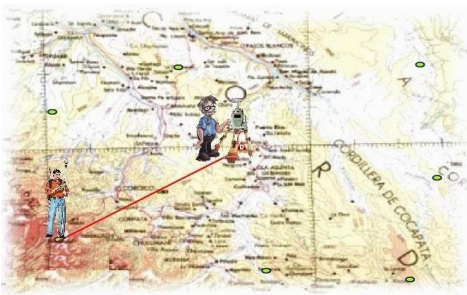
El Receptor de referencia se ubica por lo general sobre un punto de coordenadas conocidas.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

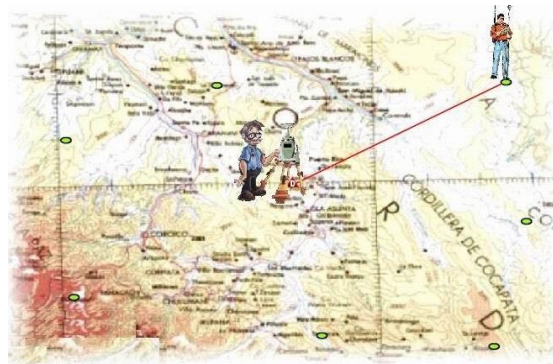
---



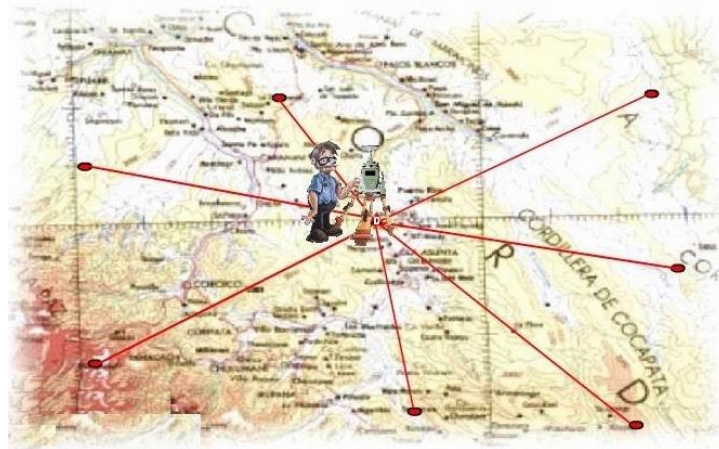
El receptor móvil será estacionado en cada punto de interés para el Topógrafo.



El período de tiempo que el móvil deberá observar en cada punto, depende de la longitud de la línea base desde la Referencia y del GDOP (dilución de precisión geométrica).



El resultado final será la radiación aquí mostrada.



Reocupación o pseudoestático.

## 5.3 MÉTODOS CINEMÁTICOS.

Cinemático.

- Con registro de puntos de detalle
- Con registro de puntos a intervalos predefinidos
- Cinemático con inicialización al vuelo (OTF)

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

Stop & Go.

Cinemático continuo

En primer lugar, debe quedar claro que el trabajo en tiempo real no es un método de posicionamiento por satélite, sino que es una forma de obtener los resultados una vez procesadas las observaciones.

El procesamiento de estas observaciones se puede realizar con un software post-proceso, previa inserción de los datos de observación necesarios, ya sea en campo o en gabinete. Ahora bien, este cálculo se puede realizar de forma inmediata a la recepción de las observaciones por la unidad de control, obteniendo las coordenadas al instante, es decir, en tiempo real. Para ello, se incorporan los algoritmos de cálculo del software post-proceso, o parte de ellos, a los controladores para este tipo de aplicaciones.

Esto, supone una gran ventaja, ya que todo el tiempo que se invierte en insertar, tratar, chequear y procesar los datos se suprime al obtener los resultados al instante. Pero también tiene una serie de inconvenientes, que lo serán mayores o menores en función

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

del tipo de trabajo y de las condiciones de la observación. Entre ellos destacan los siguientes:

- A. Limitación de los radiomodems de emisión y transmisión de datos.
  - B. Imposibilidad de chequear los ficheros de observación.
  - C. Limitación en las correcciones de tipo atmosférico.
  - D. Limitación en los procesos de transformación de coordenadas.
  - E. Pobre tratamiento e información estadística.
- Escasa manipulación de los parámetros de cálculo.

### 6. CATALOGO DE INEGI

La red Geodesia Nacional de control horizontal tienen una precisión de 1: 100 000 lo cual quiere decir que por cada 100 000 m existe 1 metro de error. Por ejemplo el SIRGAS es un trabajo realizado por la totalidad los países Sud América. En la actualidad representa la red geodésica mas precisa del mundo. Su error esta estimado en 2 cm en forma absoluta. Red clase "AA" 2mm+0.01 ppm.

La Red Geodésica Nacional en su vertiente geodésica horizontal, está conformada físicamente por dos componentes fundamentales: la Red Geodésica Nacional Activa y la Red Geodésica Nacional Pasiva.

La RGNA, está conformada originalmente por 15 estaciones, que pueden considerarse como estaciones fiduciales y de monitoreo para los efectos de la definición posicional del territorio nacional, detección y registro de los cambios asociados al ITRF, como apoyo a los usuarios en sus levantamientos geodésicos y como base para el desarrollo de la Red Geodésica Nacional Pasiva; las estaciones de la RGNA, se encuentran ubicadas, de modo que cualquier punto del territorio nacional se encuentra a no más de 500 Kilómetros de dos estaciones. Las estaciones se encuentran dentro del estándar de exactitud posicional de 5 centímetros, y registran a intervalos de 15 segundos, durante las 24 horas del día, la información de las dos frecuencias transmitidas por los satélites de la constelación NAVSTAR, que forman el sector espacial del GPS. El nombre y ubicación en el país de dichas estaciones, se presenta en la Tabla:

#### CIUDAD

<b>Campeche</b>
<b>Chetumal</b>
<b>Chihuahua</b>
<b>Colima</b>
<b>Culiacán</b>
<b>Hermosillo</b>
<b>Aguascalientes</b>
<b>La Paz</b>
<b>Mérida</b>
<b>Mexicali</b>
<b>Monterrey</b>
<b>Oaxaca</b>
<b>Tampico</b>
<b>Toluca</b>
<b>Villahermosa</b>

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

La RGNA, proporciona el estándar de exactitud posicional más alto disponible actualmente en México, para referenciar todos los trabajos de posicionamiento geodésico, que realizan las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, en el Marco ITRF00 época 2004.0; constituye la base posicional única y consistente para el levantamiento de nuevos vértices geodésicos en el territorio nacional.

La RGNA, se caracteriza por tener una exactitud compatible con las tecnologías modernas de posicionamiento y facilita el uso de éstas, al compartir los datos para georreferenciación espacial, entre usuarios de diversos sectores de la actividad geográfica y reducir significativamente los costos para la elaboración de trabajos que requieran conocer la ubicación de puntos y las relaciones geométricas que existan entre ellos. Se prevé un crecimiento en el número de estaciones conforme otras instituciones y organismos gubernamentales instalen estaciones permanentes del Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS por sus siglas en inglés) y convengan en integrarse a la Red. La Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP), está constituida por puntos geodésicos distribuidos a lo largo de la República Mexicana, con la denominación común de “estaciones GPS”. Los puntos se encuentran materializados sobre el terreno, mediante mojones, monumentos o partes de estructuras sólidas, con una placa metálica empotrada, que identifica la ubicación precisa del punto. Así deberán continuar materializándose en el futuro, mediante las operaciones de densificación de la Red.

Las coordenadas que definen la posición de cada vértice, se han generado a partir de levantamientos geodésicos, que emplean el GPS y se encuentran ligados a la RGNA, lo cual, los dota de valores de posición referidos al Marco ITRF00 época 2004.0

Los levantamientos que se hagan en lo sucesivo, para la densificación de la RGNP, deberán estar igualmente ligados a la RGNA en el Marco ITRF00 época 2004.0

Las coordenadas e información general sobre los vértices de la RGNP, podrán ser consultadas en la dirección de Internet [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx), en el rubro de información geográfica.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

## 6.1 TABLA DEL SISTEMA ITRF 92

### COORDENADAS DE LA RED GEODESICA DEL DISTRITO FEDERAL SISTEMA DE REFERENCIA ITRF92, EPOCA 1988 Y ELIPSOIDE GRS-80 RED GEODESICA DEL D.F.

DELEGACIÓN	ESTACIÓN	LATITUD	$\sigma$ (m)	LONGITUD	$\sigma$ ( $\mu$ )	ALTURA ELIPSOIDAL	$\sigma$ (m)	CEP 95 (m)	ALTURA GEODAL	ALTURA ORTOMETRICA
<b>ALVARO OBREGON</b>										
AZCAPOTZALCO	A 002 002	N 19° 30' 25.282"	0.008	W 99° 11' 29.26633"	0.0080	2243.734 m	0.022	0.0080	-4.396	2248.1300
<b>BENITO JUAREZ</b>										
COYOACAN	B 003 002	N 19° 18' 11.750"	0.11	W 99° 11' 01.38130"	0.0110	2291.003	0.031	0.0110	-4.028	2295.0310
CUAJIMALPA	B 016 002	N 19° 22' 59.071"	0.018	W 99° 16' 03.38097"	0.0130	2562.354	0.045	0.0160	-4.124	2566.4780
<b>CUAUHTEMOC</b>										
GUSTAV A. MADERO	A 005 003	N 19° 29' 43.797"	0.007	W 99° 06' 06.35786"	0.0070	2326.385	0.019	0.0070	-4.315	2330.7000
	B 005 003	N 19° 27' 24.568"	0.013	W 99° 04' 34.74296"	0.0130	2224.361	0.036	0.0130	-4.284	2228.6450
<b>IZTACALCO</b>										
IZTAPALAPA	B 007 002	N 19° 20' 13.121"	0.013	W 99° 05' 28.42226"	0.0130	2326.536	0.036	0.0130	-4.159	2330.6950
	XICO	N 19° 15' 52.537"	0.008	W 99° 56' 31.34393"	0.0080	2346.217	0.021	0.0080	-3.858	2350.0750
<b>M. CONTRERAS</b>										
	B 012 003	N 19° 12' 59.473"	0.01	W 99° 16' 39.73379"	0.0090	3419.752	0.028	0.0100	-3.622	3423.3740
	B 008 002	N 19° 18' 21.14432"	0.011	W 99° 15' 35.11039"	0.0110	2639.332	0.032	0.0110	-3.868	2643.2000
<b>MIGUEL HIDALGO</b>										
MILPA ALTA	A 009 004	N 19° 09' 23.35481"	0.007	W 99° 01' 06.07729"	0.0070	2946.787	0.019	0.0070	-3.69	2950.4770
	B 009 002	N 19° 11' 25.15201"	0.009	W 99° 00' 27.84069"	0.0090	2381.500	0.027	0.0090	-3.748	2385.2480
	B 009 003	N 19° 09' 47.00715"	0.01	W 99° 05' 15.29819"	0.0100	3112.367	0.029	0.0100	-3.76	3116.1270
<b>TLALPAN</b>										
	A 012 002	N 19° 07' 55.43539"	0.007	W 99° 16' 14.72604"	0.0070	3008.602	0.02	0.0070	-3.663	3012.2650
	B 012 004	N 19° 13' 00.17024"	0.014	W 99° 12' 04.85092"	0.0140	2881.310	0.039	0.0140	-3.722	2885.0320
	B 012 005	N 19° 08' 06.16537"	0.010	W 99° 10' 28.75742"	0.0100	2984.707	0.029	0.0100	-3.739	2988.4460
<b>V. CARRANZA</b>										
XOCHIMILCO	B 013 002	N 19° 13' 19.10434"	0.010	W 99° 06' 13.04388"	0.0090	2426.621	0.027	0.0100	-3.855	2430.4760

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

## 6.2 TABLA DEL SISTEMA NAD - 27

### COORDENADAS DE LA RED GEODESICA DEL DISTRITO FEDERAL SISTEMA DE REFERENCIA NAD-27

DELEGACIÓN	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ORTOMETRICA
<b>ALVARO OBREGON</b>				
<b>AZCAPOTZALCO</b>	A002002	N 19ª 30' 22.88345"	W 99ª 12' 28.37143"	2272.4000
<b>BENITO JUAREZ</b>				
<b>COYOACAN</b>	B003002	N 19ª 18' 09.3159``	W 99ª 11' 00.48964``	2319.9340
<b>CUAJIMALPA</b>	B016002	N 19ª 22' 56.6514``	W 99ª 16' 02.48181``	2591.1550
<b>CUAUHTEMOC</b>				
<b>GUSTAVO A. MADERO</b>	A005003	N 19ª 29' 41.3950``	W 99ª 06' 05.47211``	2355.1030
	B005003	N 19ª 27' 22.1598``	W 99ª 04' 33.85957``	2253.1430
<b>IZTACALCO</b>				
<b>IZTAPALAPA</b>	B 007 002	N 19ª 20' 10.6929``	W 99ª 05' 27.53830``	2355.4650
	XICO	N 19ª 15' 50.0960``	W 98ª 56' 30.47300``	2375.3000
<b>M. CONTRERAS</b>	B 012 003	N 19ª 12' 57.0249``	W 99ª 16' 38.83480``	3448.7640
	B 008 002	N 19ª 18' 1871110``	W 99ª 15' 34.21231``	2668.2260
<b>MIGUEL HIDALGO</b>	B 016 003	N 19ª 25' 34.02731"	W 99ª 10' 56.79478"	2268.6500
<b>MILPA ALTA</b>	A 009 004	N 19ª 09' 20.89510"	W 99ª 01' 05.20059"	2975.9880
	B 009 002	N 19ª 11' 22.69780"	W 99ª 00' 26.96461"	2410.6570
	B 009 003	N 19ª 09' 44.54896"	W 99ª 05' 14.41560"	3141.5290
<b>TLAHUAC</b>				
<b>TLALPAN</b>	B 012 004	N 19ª 12' 57.72166"	W 99ª 12' 03.95831"	2910.3470
	B 012 005	N 19ª 08' 03.7027"	W 99ª 10' 2786755"	3013.8710
<b>V. CARRANZA</b>				
<b>XOCHIMILCO</b>	B 013 002	N 19ª 13' 16.6559"	W 99ª 06' 12.15951"	2455.6970



# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

Las Estaciones de Control forman parte de un sistema de rastreo localizadas alrededor del mundo:

- Colorado Springs (U.S.A.). Central de cálculo y operaciones.
- Ascensión (Atlántico Sur).
- Hawai (Pacífico Oriental).
- Kwajalein (Pacífico Occidental).
- Diego García (Indico).



## 7. PROCESO, MANTENIMIENTO Y DENSIFICACION DE LA RED GEODESICA DEL G.D.F.

Para el mejor funcionamiento de la Red Geodésica del Distrito Federal será necesario dar mantenimiento al conjunto de vértices que la conforman, así como los ajustes de puntos que ya no reúnen las condiciones específicas para propagar sus coordenadas y la incrementación de mas líneas base para tener mejor cobertura y evitar un deterioro de la cartografía.

La Red Geodésica se define como el conjunto de puntos establecidos mediante monumentos físicos permanentes sobre los cuales se hacen mediciones de precisión para adquirir coordenadas UTM.

El establecimiento y la operación de densificar la Red Geodésica da una muestra de la incorporación de la tecnología de punta al trabajo catastral que constituye uno de los primeros pasos en el camino hacia la MODERNIZACION en la actividad cartográfica en el DF y porque no a nivel nacional

Con estos procedimientos se realizan los siguientes trabajos:

- ✓ Mantenimiento de la red geodésica del GDF.
- ✓ Ubicación y medición de líneas base para la densificación de la red geodésica del D.F.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- ✓ Ubicación y medición de puntos geodésicos de orden B para la densificación de la red geodesia para apoyo de la cartografía.
- ✓ Apoyo con equipo GPS para la referenciación de predios en específico para su integración al sistema (SIGESCA).
- ✓ Levantamientos geodésicos topográficos de manzanas para su integración, ubicación o desplazamiento de las mismas.
- ✓ Realización de levantamientos topográficos de inmuebles por usos, de importancia fiscal.
- ✓ Recorridos de reconocimiento en zonas sin cartografía para su posible integración al sistema.
- ✓ Investigaciones de campo en lo referente a la conformación de la cartografía.
- ✓ Monumentación de los puntos geodésicos de orden B y líneas base para garantizar su permanencia en campo, de acuerdo a las especificaciones y lineamientos técnicos emitidos por el INEGI.
- ✓ Realización de postprocesos y ajuste de redes de la información obtenida en campo, por medio de un software para obtener las coordenadas precisas de acuerdo a normas técnicas de precisiones de INEGI.
- ✓ Transformación de coordenadas UTM a coordenadas Lambert, para poder ingresar los trabajos técnicos operativos al sistema (SIGESCA).
- ✓ Elaboración de las cédulas de identificación.

Toma de fotografías de los trabajos en campo para la formación de un Archivo grafico.

### 7.1 MEDICION DE VERTICES

#### Vértices de control

Independientemente del método de levantamiento, se deberá contar con al menos dos vértices de control por cada 156 km<sup>2</sup>, área aproximada a una sexta parte de la carta topográfica escala 1: 50,000 del INEGI.

Las coordenadas de los vértices de control se deberán establecer en forma diferencial con al menos un punto de la Red Geodésica Nacional Activa, garantizando después del proceso de ajuste por mínimos cuadrados un CEP<sub>95</sub> menor de 0.10 metros.

Si en el área de trabajo se encuentran vértices geodésicos pertenecientes a la Red Geodésica Nacional Pasiva y que cumplan con la exactitud indicada para los vértices de control, podrán utilizarse como puntos de partida para la realización de los levantamientos catastrales.

Invariablemente los vértices de control deberán estar monumentados de acuerdo con lo especificado en el Anexo 1, por cada vértice de control monumentado deberá levantarse una cédula de información de vértices geodésicos (puntos GPS), en la cual se registrará información complementaria para ubicar geográficamente el punto en el terreno; incluyendo croquis y referencias para localizar el vértice en cuestión.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---



## Vértices de apoyo

La propagación de las coordenadas de los vértices de control hacia los vértices de apoyo se hará mediante los procedimientos tradicionales (poligonación, triangulación, trilateración o la combinación de éstos), o mediante procedimientos satelitales, y se deberá garantizar en los levantamientos un  $CEP_{95}$  menor o igual de 0.20 metros, una vez realizado el ajuste por mínimos cuadrados.

Para el caso de establecer puntos de apoyo para la medición por el método fotogramétrico, se deberá cumplir con la exactitud mencionada en el párrafo anterior. Por cada modelo y/o imagen deberá establecerse 4 puntos de apoyo.



## Vértices prediales

Cuando se levanten los vértices de predios (es decir, los puntos que delimitan el perímetro de cada predio) mediante el método geodésico-topográfico, y éstos no sean utilizados para propagar coordenadas, se garantizará en el trabajo un  $CEP_{95}$  menor o igual de 0.50 metros para áreas urbanas y 1.0 metro en zonas rurales, una vez realizado el ajuste por mínimos cuadrados.

Tipo de vértice	Exactitud $CEP_{95}$ [m]	Método
De control	0.1	Satelital
De apoyo	0.2	Satelital y tradicional
Predial	0.5	Satelital y tradicional (urbano)
	1.0	Satelital y tradicional (rural)
Predial	.0002	Fotogramétrico a la escala del producto (urbano y rural)

## 7.2 PROCEDIMIENTOS DE LA DENSIFICACION DE LA RED GEODESICA

Para realizar el reconocimiento se debe:

- a) Seleccionar en el terreno los puntos de línea base o el punto del orden dependiendo de la precisión.
- b) Comprobar las condiciones de observación en cada sitio y especificar, en su caso, las plataformas elevadas de observación.
- c) Establecer los monumentos o marcas permanentes (excepto cuando se pueda contar con una brigada específica de monumentación).
- d) Elaborar los croquis, descripciones e itinerarios preliminares de los puntos. El jefe de la brigada de reconocimiento deberá elaborar un croquis general orientado de cada punto y redactar una descripción preliminar que contenga como mínimo la designación del punto, e información sobre las características geográficas locales del sitio y del paisaje circundante, haciendo énfasis sobre los aspectos de ubicación regional y direcciones para llegar al sitio. Deberá asimismo contener las condiciones previstas para las observaciones, especificaciones (en su caso) para la monumentación y/o plataformas de observación, o descripción de las marcas establecidas.

El reconocimiento deberá tender a asegurar las condiciones óptimas para las observaciones de campo, mediante la selección de sitios apropiados para la visibilidad, estabilidad y buenas condiciones de operación del instrumental requerido, de acuerdo con el tipo de levantamiento.

Cuando se requiera, y particularmente en el caso de levantamientos geodésicos horizontales, la brigada de reconocimiento deberá especificar la altura y características de las plataformas de observación necesarias.

El reconocimiento y la monumentación consistirán en operaciones de campo, destinadas a verificar sobre el terreno las características definidas por el diseño y a establecer las condiciones y modalidades no previstas por el mismo. Las operaciones que en este punto se indican deben desembocar necesariamente en la elaboración del proyecto definitivo.

Todo punto de la red geodésica deberá estar permanentemente marcado en el terreno mediante el establecimiento de monumentos construidos, de tal modo que se asegure razonablemente su permanencia y estabilidad.



En relación con la permanencia de los monumentos, se deberá ejercer el criterio de construirlos con la solidez que las circunstancias locales aconsejen en función de las posibilidades de pérdida o destrucción, para lo cual se deberá prever el recurso de

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

ocultarlos y de construir sub-monumentos y marcas de referencia, con características similares, que permitan la recuperación inequívoca del monumento principal.

Todo monumento deberá llevar en su parte superior una inscripción que lo identifique, preferiblemente mediante una placa metálica grabada empotrada en el material. La inscripción deberá contener al menos indicación del organismo que estableció el monumento, fecha, tipo de levantamiento, designación y un punto en el centro que señale el sitio preciso en que se hacen las medidas.



PUNTO DE IDENTIFICACIÓN  
DE LINEA BASE



PUNTO DE  
IDENTIFICACIÓN DE INEGI

### C) OBSERVACIONES Y CÁLCULOS DE CAMPO

Las operaciones de campo estarán constituidas por el conjunto de observaciones que se realizan directamente sobre el terreno para la medida de las cantidades físicas y geométricas requeridas por el proyecto, de acuerdo con las normas aplicables. Los cálculos y comprobaciones de campo se considerarán como parte integral de las observaciones, deberán hacerse inmediatamente al final de las mismas y tendrán como propósito verificar la adherencia de los trabajos a las normas establecidas.

### D) CÁLCULOS DE GABINETE (Y AJUSTE EN SU CASO)

Los cálculos de gabinete procederán inmediatamente a la etapa anterior y estarán constituidos por todas aquellas operaciones que en forma ordenada y sistemática, calculan las correcciones y reducciones a las cantidades observadas y determinan los parámetros de interés mediante el empleo de criterios y fórmulas apropiadas que garanticen la exactitud requerida. El ajuste o compensación deberá seguir, cuando sea aplicable, al cálculo de gabinete.

### F) MEMORIA DE LOS TRABAJOS

Al final de cada trabajo se deberá obtener los datos relevantes del levantamiento, incluyendo información gráfica que muestre su ubicación, descripciones definitivas de los puntos, resultados de los cálculos y ajustes en forma de listados de parámetros finales y comentarios según los resultados de la evaluación.

### G) DESCRIPCION DE PUNTOS

Todo punto que pertenezca a la red geodésica deberá contar con una descripción escrita, la cual será elaborada por la brigada de observación que ocupe el punto por la primera

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

vez y que sustituirá a la descripción preliminar elaborada durante la etapa de reconocimiento. La descripción definitiva deberá contener toda la información que permita localizar inequívocamente el punto y llegar a él con toda seguridad y sin mayores dificultades, siguiendo las direcciones indicadas.

La descripción deberá contener una cedula F4 en lugar preponderante la designación del punto, fecha de establecimiento, delegación, organismo responsable, nombre y firma de quien hizo el levantamiento del punto.

La descripción del punto deberá estructurarse de modo que se vaya de lo general a lo particular para efectos de ubicación, principiando por el nivel de entidad federativa, hasta llegar al de lugar identificado por la designación regional que le corresponda, sin dejar de hacer mención de las características geográficas regionales y locales y de los accidentes geográficos y culturales de importancia que se encuentren en la vecindad.

Se deberán describir las marcas, tanto la principal como las de referencia, cuando existan, indicando el carácter de los monumentos, las inscripciones que contengan y las medidas locales que se hayan hecho entre las marcas de referencia y el punto principal.

CUADRO DE EQUIVALENCIAS ENTRE LOS ESTÁNDARES DE EXACTITUD POSICIONAL HORIZONTAL Y LAS PRECISIONES RELATIVAS ANTERIORES.

<b>Ordenes de exactitud (2003)</b>	<b>Ordenes de precisión (1985 y 1998)</b>	<b>Exactitud relativa</b>	<b>Usos</b>
<b>1 centímetro</b>	<b>Sin equivalencia</b>		<b>Estaciones fiduciales Técnicas VLBI</b>
<b>2 centímetros</b>	<b>AA</b>	<b>1: 100 000 000</b>	<b>Geodinámica, Estudios de la Corteza Terrestre</b>
<b>5 centímetros</b>	<b>A</b>	<b>1: 10 000 000</b>	Sistema Geodésico de Referencia Nacional Básico.

# LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

Para fines catastrales:

Ordenes de exactitud (2003)	Ordenes de precisión (1985 y 1998)	Exactitud Relativa	Usos
1 decímetro	B	1: 1 000 000	Densificación del Sistema Geodésico; Ingeniería alta precisión. Vértices de control para levantamientos catastrales. Fotogrametría escala de vuelo 1: 5000
2 decímetros	1° orden	1: 100 000	Vértices de apoyo para la fase de delimitación en levantamientos catastrales. Ingeniería, fotogrametría escalas 1: 10 000 y 1: 15 000.
5 decímetros	2° orden Clase uno	1: 50 000	Establecimiento de vértices parcelarios en áreas urbanas, trabajos de ingeniería y fotogrametría cuya escala de vuelo sea de 1: 20 000.
1 metro	2° orden Clase dos	1: 20 000	Establecimiento de vértices en áreas rurales, desarrollo de fraccionamientos, límites administrativos. Fotogrametría escalas 1: 40 000 y 1: 50 000.
2 metros	3° orden Clase uno	1: 10 000	Control geodésico horizontal áreas de valor medio a bajo, proyectos locales de desarrollo, levantamientos topográficos e hidrográficos, densificación de los levantamientos de segundo orden. Fotogrametría vuelos Escala. 1: 75 000.
5 metros	3° orden Clase dos	1: 5 000	Apoyo cartográfico y fotogramétrico, proyectos largo plazo. Control geodésico.

## 8. LINEAS BASES

Posicionamiento diferencial es el que se realiza cuando las precisiones requeridas son mayores, será mejor o peor en función del equipo utilizado y la técnica de posicionamiento diferencial a la que se recurra.

El posicionamiento diferencial consiste en hallar la posición absoluta de un punto (Base, objetivo, etc.) mediante las observaciones realizadas desde ese punto a unos determinados satélites, sumadas a las realizadas en ese mismo instante desde otro punto (Móvil, referencia) a esos mismos satélites, por lo tanto, aquí aparece el concepto de **línea base**, que es la línea recta que une el punto de (Base –referencia) y el punto (Móvil – objetivo).

Esta línea base, no es medida de forma directa, ya que nuestras observaciones son sobre los satélites y no entre los puntos, por lo tanto, la obtención de la línea base se produce de forma indirecta. Es por esto que las incógnitas no son los incrementos de coordenadas entre los dos puntos, sino que son los diferenciales ( $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ ) que hay que añadir a las coordenadas aproximadas absolutas ( $X_o$ ,  $Y_o$ ,  $Z_o$ ) de cada punto. Si conocemos de partida las coordenadas del punto de referencia, las incógnitas se reducen a las del punto objetivo, que una vez halladas, unidas a las del punto de referencia, nos darán las componentes y valores de la línea base que los une.

## 8.1 TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LAS LÍNEAS BASE

<b>Técnicas de observación de las líneas base utilizando receptores GPS de doble frecuencia</b>	<b>Idóneos para líneas Bases</b>
Estática	Líneas bases largas y trabajos de control de alta nivel.
estática- rápida	Trabajos fotográficos locales en los que se requiere una alta productividad por donde existen muchas obstrucciones entre estaciones.
Cinemática con parada	Alta productividad en asentamientos locales con pocas obstrucciones a los satélites.
Cinemática Continua	Trabajos topográficos en amplias zonas abiertas y plataformas dinámicas(en movimiento).
Cinemática en tiempo real RTK	Estacamiento, detalle e inspecciones topográficas en sitios locales con pocas obstrucciones..

Todos los procedimientos de observación de las líneas base requieren de dos receptores por lo menos. Esto se debe a que en la determinación de una línea base GPS la posición de un receptor se deduce en relación a la de otro.

Antes de salir a campo a recolectar datos hay que planificar lo que se desea medir. La primera consideración es la precisión que se desea obtener.

Lineamientos para el planteo de líneas bases

1. Toda línea base establecida por el personal de catastro dentro del DF deberá ligarse a la Red Geodesia del Distrito Federal.
2. Todo el levantamiento deberá iniciarse y terminar en puntos de parámetros conocidos, previamente determinados en otros levantamientos del mismo tipo, cuyo orden de exactitud sea igual o mayor al que se propone para el levantamiento en ejecución.
3. Toda liga deberá realizarse en ambos puntos del vector generado,
4. Se pondrá especial atención en verificar que la posición especial de los monumentos utilizados para la liga no hallan sufrido movimientos o alteraciones.

Condiciones para en establecimiento de líneas base, Cuando se cuente con equipos de una sola frecuencia, sólo se podrán realizar ligas a alguna estación fija, si el área de trabajo se encuentra a menos de 40 km.

Los datos de observación que se soliciten de la estación fija, deben coincidir en hora, día, semana y año con los del receptor utilizado por el usuario y procesar combinadamente. Se deberán evitar levantamientos en áreas en donde se produzcan transmisiones radiales, radares de frecuencia media, estaciones de microondas, antenas de transmisión



## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

de alta potencia, transformadores de alta tensión, sitios en que se produzca una alta interferencia causada por los sistemas de ignición vehicular y líneas de conducción eléctrica de alto voltaje.

### 8.2 PROCEDIMIENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE UNA LINEA BASE

1. Establecer un mínimo de dos puntos GPS de control o de línea base.
2. Preferentemente establecer los puntos en calles o avenidas.
3. La distancia entre cada punto no deberá ser menor a los 100 metros
4. Deberá de haber una buena visibilidad entre los puntos de la línea base.
5. La visibilidad en el horizonte será de  $13^{\circ}$  como mínimo.
6. El lugar considerado como ideal para los puntos de la línea base deberá ser de fácil ubicación y acceso.
7. El punto físicamente se representara por una placa metálica homologada, una varilla de media pulgada ahogada en concreto con una marca en la parte superior.
8. El terreno deberá ser firme y permitirá la colocación del punto así como la instalación del punto GPS.
9. Se consideran las condiciones de visibilidad hacia los vértices perimetrales y/o poligonal de apoyo (vértices que servirán de apoyo para propagar las coordenadas con estación total).
10. Obtener una precisión mínima de 1:100 000
11. Ligarse directamente a los puntos de control (puntos GPS INEGI).
12. Medir en una misma sesión el vector generado entre los puntos (tiempo común).
13. La medición se realizará por el método estático o estático rápido.
14. El punto GPS deberá quedar bien referenciado para facilitar su localización, por cada punto GPS de la línea base generada se llenara un formato de localización de vértices GPS. Se deberán establecer de tres a cuatro marcas de referencia ubicadas estratégicamente. deberán estar en un radio menor de veinte metros al punto GPS y considerando por lo menos tres de los cuatro cuadrantes garantizando su permanencia y estabilidad (pueden ser construcciones, postes, bardas, árboles, etc).
15. Una vez establecidas las referencias, estas quedaran enumeradas del 1 al n iniciando con la de menor azimut y siguiendo el orden de las manecillas del reloj. el azimut se determinara a partir de la ubicación de la referencia con respecto al punto GPS.



## 9. PUNTOS DE ORDEN (CONTROL)

Este método consiste en recibir la señal electromagnética emitida por los satélites de la constelación NAVSTAR que conforman el Sistema de Posicionamiento Global para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre. Dada la complejidad, el tamaño y dinámica de cambio de las normas para este tipo de levantamientos se tratarán a detalle en un documento por separado, dándose en éste los lineamientos mínimos.

Con propósitos de clasificación de los levantamientos geodésicos se establecen los siguientes órdenes y clases de exactitud relativa, asociados con valores de esta última que es posible obtener entre puntos ligados directamente, con un nivel de confianza del 95% y en tanto se observen las normas del caso:

### ORDEN CLASE EXACTITUD RELATIVA

ORDEN	CLASE	EXACTITUD RELATIVA
AA	UNICA	1:100 000 000
A	UNICA	1:10 000 000
B	UNICA	1:1 000 000
C		
PRIMERO	UNICA	1:100 000
SEGUNDO	I	1:50 000
	II	1:20 000
TERCERO	I	1:10 000
	II	1:5 000

En los órdenes AA, A, B, se aplican básicamente las técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global y el orden C sigue vigente para los levantamientos geodésicos clásicos por los métodos tradicionales, siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden.

#### 9.1 ORDEN AA

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden estarán destinados a estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre y de efectos geodinámicos y en general cualquier trabajo que requiera una exactitud de una parte en 100'000,000

#### 9.2 ORDEN A

Deberá aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia nacional básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre, así como cualquier levantamiento que requiera una precisión de 1:10'000,000.

#### 9.3 ORDEN B

Se destinarán a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

precisión, así como de geodinámica. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deberán integrarse a la red geodésica básica y ajustarse junto con ella, dando como resultado una exactitud no menor a 1:1,000,000.

### 9.4 ORDEN C PRIMERO

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de control primario en áreas metropolitanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, con fines de investigación científica, y en general a cualquier trabajo que requiera una exactitud no menor a 1:100,000, y debiéndose ligar a la red geodésica básica o a su densificación.

### 9.5 ORDEN C SEGUNDO, CLASE 1

Se deberán aplicar en la densificación en las áreas metropolitanas, en el desarrollo de fraccionamientos y levantamientos detallados en zonas de alto desarrollo y valor del suelo, en el levantamiento y trazo de límites administrativos y en general para todo proyecto que requiera de una exactitud no menor que una parte en 50,000.

### ORDEN C SEGUNDO, CLASE II

Deberá aplicarse al caso de levantamientos geodésicos horizontales en áreas que no tienen un alto índice de desarrollo y donde no se prevea que éste se produzca a corto plazo; en levantamientos para apoyo cartográfico y de procesos fotogramétricos, en el establecimiento de control geodésico a lo largo de costas, ríos navegables, entre vías de comunicación importantes, en fraccionamientos y parcelamientos, en áreas de alto valor del suelo, en construcción y en todo trabajo que requiera una exactitud no menor que una parte en 20,000.

### ORDEN C TERCERO, CLASE I Y II

Se deberá destinar al control geodésico horizontal de áreas de valor medio a bajo del suelo, a proyectos locales de desarrollo, levantamientos topográficos e hidrográficos, densificación de los levantamientos de segundo orden, a proyectos de ingeniería en levantamientos de áreas rurales y, en general, para todo tipo de trabajo que requiera exactitudes de una o dos partes en 10,000, según las necesidades.

### ESPECIFICACIÓN DE PRECISIÓN PARA MEDIDA DE BASES GEODÉSICAS

	PRIMER ORDEN	SEGUNDO ORDEN		TERCER ORDEN	
		CLASE I	CLASE II	CLASE I	CLASE II
ERROR MEDIO CUADRÁTICO DEL PROMEDIO	1:1,000,000	1:900,000	1:800,000	1:500,000	1:250,000

### Orden y clases de exactitud absolutas

Como una referencia a los estándares de exactitud posicional, se presentan los órdenes de exactitud en función de los límites máximos para la catalogación de los trabajos que se

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

referencien a la Red Geodésica Nacional Activa. Los órdenes de precisión deben ser considerados durante la etapa de diseño (preanálisis) del trabajo, así como en la fase de evaluación del proyecto de posicionamiento.

ÓRDENES DE EXACTITUD CEP <sub>95</sub>	LÍMITE MÁXIMO
1 CENTÍMETROS	0.010 METROS
2 CENTÍMETROS	0.020 METROS
5 CENTÍMETROS	0.050 METROS
1 DECÍMETRO	0.100 METROS
2 DECÍMETROS	0.200 METROS
5 DECÍMETROS	0.500 METROS
1 METRO	1.000 METROS
2 METROS	2.000 METROS
5 METROS	5.000 METROS
10 METROS	10.000 METROS
20 METROS	20.000 METROS
50 METROS	50.000 METROS
100 METROS	100.000 METROS
200 METROS	200.000 METROS
500 METROS	500.000 METROS

Los órdenes de exactitud de 1, 2 y 5 centímetros se aplican básicamente a las técnicas de geodesia satelital y el resto de órdenes sigue vigente para los levantamientos geodésicos clásicos por los métodos tradicionales, siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden.

Orden de 1 decímetro se destinará a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y en los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo sea 1:5 000.

Orden de 2 decímetros se destinará para el establecimiento de control primario en áreas metropolitanas con valor del suelo alto, al apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, con fines de investigación científica, en los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo sea 1:10 000

Orden de 5 decímetros se deberá aplicar para los levantamientos geodésicos que se destinen al establecimiento de control primario en áreas metropolitanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos de ingeniería, en los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo sea de 1:15 000 ó 1:20 000.

Orden de 1 metro se aplicará en la densificación de las áreas metropolitanas, en el desarrollo de fraccionamientos y levantamientos detallados en zonas de alto desarrollo y valor del suelo, en el levantamiento y trazo de límites administrativos, en los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo sea de 1:40 000 ó 1:50 000

## 10. GLOSARIO

El manejo de un lenguaje común entre las unidades productoras de información catastral es importante para entender y cumplir con los presentes lineamientos técnicos. Para tal fin se definen los siguientes conceptos a consideración:

- **Catastro**

Inventario público, sistemáticamente organizado, gráfico y alfanumérico descriptivo de los bienes inmuebles urbanos, rurales y de características especiales de un país<sup>1</sup>. Es el termino empleado para designar una serie de registros que muestran la extensión, el valor y la propiedad (u otro fundamento del uso o de la ocupación) de la tierra.

- **Catastro rural**

Es el que orienta a la captación y sistematización de información sobre los predios rurales de los municipios con dos propósitos: detectar los usos productivos del suelo rural y ubicar a sus propietarios.

- **Catastro urbano**

Es el que tiene como propósito principal la ubicación y registro de bienes inmuebles de uso múltiple.

- **Colonia.**

Grupo de viviendas semejantes o construidas en las áreas de asentamiento humano con una idea urbanística de conjunto. Presenta otras denominaciones como barrio, fraccionamiento, sector, unidad habitacional, ampliación, sección, etcétera.

**Exactitud.** Es el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura elipsoidal, con respecto a su valor verdadero.

**Exactitud general.** Es la exactitud absoluta de las coordenadas de un punto en el nivel de confianza del 95%, con respecto al sistema de referencia establecido.

**Exactitud local.** Es el promedio de las exactitudes generales de las coordenadas de los puntos que intervienen en un proyecto en el nivel de confianza del 95%

- **Precisión**

Calidad asociada con el refinamiento de los instrumentos de medición, indicada por el grado de uniformidad en mediciones repetitivas. Generalmente se mide considerando los errores medio cuadráticos o error probable.

- **Levantamiento catastral**

Conjunto de acciones que tienen por objeto reconocer, determinar y medir el espacio geográfico ocupado por un predio y sus características. Es un proceso consistente en medir y delinear las características naturales y artificiales de la tierra, (Las observaciones, las mediciones y los cálculos, así como los mapas son el testimonio del conocimiento adquirido mediante los levantamientos).

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- **Levantamiento geodésico**

Conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno convenientemente elegidos y demarcados con respecto al actual Sistema ITRF92 Época 1988.0, y próximamente, una vez liberado al sistema ITRF00 época 2004.0.

- **Lineamientos**

Es el conjunto de acciones específicas que determinan la forma, lugar y modo para llevar a cabo una política en materia de obra y servicios relacionada con la misma.

- **Localidad.**

Todo lugar ocupado por una o más viviendas habitadas. Este lugar es reconocido por un nombre dado por la ley o la costumbre<sup>2</sup>.

Las localidades habitadas pueden ser de dos tipos: las urbanas con una población de 2500 o más habitantes, incluidas todas las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes que tengan; y las localidades rurales con menos de 2500 habitantes.

- **Manzana.**

Grupo de viviendas y/o edificios, predios, lotes o terrenos destinados al uso habitacional, comercial, industrial, entre otros. Están delimitadas por calles, andadores o vías peatonales y en la periferia por brechas, veredas, cercas, arroyos, límites de parcelas o predios y otros rasgos que definen su superficie. Superficie de terreno debidamente delimitada constituida por uno o más predios, colindante con vías o áreas públicas.

- **Norma Técnica**

Conjunto de reglas científicas o tecnológicas de obligado cumplimiento, emitidas por una autoridad en las que se establecen los requisitos, especificaciones, parámetros y límites admisibles que deben observarse en el desarrollo de las actividades.

- **Plano de localidad.**

Documento gráfico de una determinada localidad a diversa escala: 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000 y 1:10 000, referido a un sistema de coordenadas que contiene ameznamiento, vialidades, nomenclatura, rasgos físicos y culturales, además de la presentación de algunos servicios.

- **Precisión relativa**

Se define como la relación de la desviación estándar permitida respecto a la distancia medida; es una cantidad que puede expresarse con un porcentaje o una proporción fraccionaria como 1/500 ó 1/ 10 000, o como partes por millón (ppm). Esta última es la que utilizan los equipos EDM de gran precisión en la medición de las distancias.

- **Predio**

Área con o sin construcción, sujeta a un régimen de propiedad, cuya extensión y límites están reconocidos, en posesión y administrados por una sola entidad, ya sea de manera particular, colectiva, social o pública y es reconocida por la autoridad competente.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- **Predio rural**

Aquél ubicado en una zona cuyos usos del suelo predominantes son: agrícola, ganadero, forestal, acuícola o contiene paisajes naturales.

- **Predio urbano**

Aquél ubicado en una zona que cumple con todas las condiciones siguientes:

1. Concentración de población (Ciudades, metrópolis, localidades con grandes asentamientos humanos)
2. Continuidad en las construcciones.
3. Trazo de calles y estructura urbana.
4. Cuenta al menos con uno de los servicios básicos (electricidad, agua o drenaje).
5. Los usos de suelo predominantes son: habitacional, industrial, comercial o servicios.

- **Redes Geodésicas**

Se define al conjunto de puntos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos o marcas físicas mas o menos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas y de apoyo de parámetros físicos, que permiten su interconexión y la determinación de su posición y altura, o del Canopo gravimétrico asociado, con relación al sistema de referencia considerado.

Para los propósitos de estos lineamientos se entenderá por:

- **Red Geodésica Nacional Activa.** Está conformada inicialmente por 15 estaciones establecidas en el estándar de exactitud posicional de 5 centímetros, Las cuales registran a intervalos de 15 segundos, durante las 24 horas del día la información de las dos frecuencias transmitidas por los satélites de la constelación NAVSTAR.
- **Red Geodésica Nacional Pasiva.** Está constituida por más de 80,000 vértices geodésicos distribuidos en la República Mexicana, dichos vértices reciben el nombre de "estaciones GPS" y están materializados sobre el terreno, con una placa empotrada que identifica al punto. Las coordenadas que definen su posición han sido generadas a partir de levantamientos utilizando el Sistema de Posicionamiento Global, lo cual las dota de valores de posición referidas al elipsoide GRS80.
- **Red Geodésica Local:** Es un sistema geodésico local que queda definido por la elección de un elipsoide de referencia y por un punto origen (dato) donde se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra (geoide). Su ámbito de aplicación es reducido, no universal.
- **Registro Nacional de Información Geográfica (RNIG)**

Componente del Sistema Nacional de Información Geográfica, definido como el instrumento técnico rector e integrador de la información geográfica relativa a nombres geográficos y topónimos, la división territorial e información catastral del país, e imágenes.

- **Sistema Geodésico de Referencia**

Se considera como Sistema Geodésico de Referencia el ITRF 92<sup>3</sup> época 1988.0, adoptado por el INEGI, en el acuerdo que reforma y adiciona las normas técnicas para levantamientos geodésicos del 27 de Abril de 1998, conforme a las atribuciones que le confiere la Ley de Información Estadística y Geográfica y su Reglamento, y recientemente se presentó la propuesta para migrar al Sistema Geodésico de Referencia ITRF00 época 2004, donde en caso de actualizarse, se informará de su nueva adopción.

## LEVANTAMIENTOS GEODESICOS DEL G.D.F.

---

- **Sistema Geodésico Horizontal.**

Conjunto de vértices pertenecientes a un levantamiento geodésico horizontal, el cual esta referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 1992, con datos de la época 1988.0 denominado ITRF92 época 1988.0 asociado al GRS80, el cual es el Marco de Referencia oficial para México, en tanto se libere el sistema de referencia ITRF00, época 2004.0.

- **Sistema Geodésico Vertical.**

Conjunto de puntos pertenecientes a un levantamiento geodésico vertical, el cual esta referido al nivel de referencia vertical definido por el Datum Vertical Norteamericano de 1988 (NAVD88), debiéndose expresar sus valores en metros en el sistema de alturas ortométricas (H).

- **Tipo de propiedad**

Corresponde a la modalidad bajo la cual se tiene posesión de un área para su usufructo o cualquier otro tipo de disfrute e incluye una serie de derechos y obligaciones específicos para quien es el propietario.

- **Uso del suelo**

Se refiere a toda forma de ocupación territorial para actividades humanas.

**G.P.S.** (Global Positioning System) Sistema de Posicionamiento Global.

**GRS80** (Geodetic Reference System 1980) Sistema Geodésico de Referencia 1980.

**IERS** (International Earth Rotation Service) Servicio Internacional de Rotación de la Tierra.

**ITRF** (IERS Terrestrial Reference Frame) Marco de Referencia Terrestre del IERS

**NAD27** (North American Datum) Datum Norteamericano de 1927

**NAVSTAR** (Navigation Satellite Timing And Ranging) Satélites de Navegación Tiempo y Distancia.

**RINEX** (Receiver Independent Exchange Format) Formato de intercambio independiente delreceptor.

**SLR** (Satellite Laser Ranging) Medición láser a satélites.

**VLBI** (Very Long Baseline Interferometry) Interferometría de bases muy largas.



## 11. CONCLUSIÓN

Como conclusión final de todo lo expuesto con anterioridad, podemos afirmar de manera evidente las ventajas del sistema GPS frente a los métodos tradicionales, entre otras: rapidez, fiabilidad, reducción de costes, precisión, etc.

En la actualidad debemos de acabar con el rechazo que se produce ante toda nueva tecnología o equipo, puesto que el sistema GPS es toda una realidad.

En los foros topográficos se compara la aparición del sistema GPS con los cambios producidos ante la aparición de las estaciones totales en la década de los setenta, pero no es comparable, pues aunque las estaciones totales agilizaron y facilitaron el trabajo, los métodos, procedimientos, cálculos, etc. siguieron siendo los mismos que en siglos pasados. Con el sistema GPS no ha ocurrido esto, todo es distinto, los procedimientos, cálculos, métodos, etc. Facilitan todo levantamiento.

Este trabajo presenta información general sobre las características cartográficas que se deberán tomar en cuenta para la elaboración de levantamientos con GPS, además de presentar aquellas fuentes de información. En México existen diversas normas sobre la producción y manejo de información geográfica y estadística, todas ellas elaboradas por el INEGI y consensuadas con instituciones y organismos de la administración pública federal y entidades federativas, resulta pues indispensable contemplar éstas para contar con información homogénea, compatible y de calidad, que permitirá tener una base sólida y que el resultado de los mismos pueda integrarse de manera transparente a un sistema que contenga toda la información necesaria para actualizar el catastro. Como forma de consolidar un diagnóstico de peligro, vulnerabilidad y riesgo que pueda ser actualizado de manera constante se sugiere contar con un departamento específico que se haga cargo de su desarrollo, mantenimiento y actualización, para esto es necesario contar con especialistas en sistemas de información con una capacitación constante, ya que la tecnología en esta materia evoluciona de manera constante.

## BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAFÍA

F. Manzano-Agugliaro, J. E. Mero-o, M. Pérez, M. López, V. Ortiz, "Ayudas de superficie y política agraria con una aplicación GPS",

*Geoconvergencia: Aplicaciones de Tecnologías Geográficas Integradas*, 1998

J.A. Fernández Rubio, G.Seco Granados, "Sistemas de posicionamiento: de GPS a GNSS", *Mundo Electrónico*, 1997,

<http://waas.stanford.edu/~wwu/rfuller/iongps98/sld001.htm>

<http://www.sciencenet.org.uk/srup/CuttingEdge/Mar00/navigation.html>

<http://www.avweb.com/articles/satnav.html>

<http://www.faa.gov/apa/pr/pr.cfm?id=605>

<http://www.gpsinformation.net/exe/waas-comp.html>

<http://www.garmin.com>

<http://www.gpsinformation.net/exe/waas.html>

<http://www.gpsinformation.net/exe/waas-comp.html>

<http://www.raytheon.com/waas/>

FAA Completes Successful WAAS Flight Trials in the Republic of Chile IEEE Proceedings, January, 1999, Vol 87, #1

<http://raytheon.com/waas/>

FAA web site ([www.gps.faa.gov/programs/waas](http://www.gps.faa.gov/programs/waas))

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

<http://nautigalia.com/gps>.

<http://www.vuelolibre.org.co/GPScolombia.htm>

Yale, M. M., Sandwell, D. T., and Herring, A. T., 1998, What are the limitations of satellite altimetry?: The Leading Edge,

High Resolution Regional Geoid Computation in The World Geodetic Datum 2000

Alireza Azmoudeh-Ardalan