



Ministerio
de **Defensa**
Nacional



Comando Conjunto
de las **Fuerzas**
Armadas



Ejército
Ecuatoriano



Instituto
Geográfico
Militar

GEODESIA

Manual de Especificaciones Técnicas
Levantamientos Geodésicos - Control Horizontal



GEODESIA

Manual de Especificaciones Técnicas
Levantamientos Geodésicos - Control Horizontal



Elaborado Por:
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Versión 1.0

Marzo 2016

Crnl. de E.M.C. Ing. William Aragón C.

Director del IGM

Crnl. de E.M. Ing. Ricardo Urbina

Subdirector del IGM

Tcrn. I. GEO. Ing. Rafael Delgado

Jefe de la Gestión Geoinformación

Tcrn. I. GEO. Ing. Carlos Estrella

Jefe de Investigación & Desarrollo

Tcrn. I. GEO. Ing. Xavier Molina

Jefe del Departamento de Captura de Datos

Capt. de E. Juan Gómez

Jefe del Departamento Cartográfico

Capt. de E. Luis Montes

Jefe del Departamento Geodesia

**MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA
LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS - CONTROL HORIZONTAL**

© 2016, Instituto Geográfico Militar

Documento elaborado por:

P. Geodesia Capt. de E. Juan Gómez

 Capt. de E. Luis Montes

 Ing. Guillermo Freire C.

P. Normativa Ing. Rocío Narváez B.

P. Normativa Ing. Alejandra Cando

Diseño y Diagramación por:

Ing. Daniel Padilla

Ing. Danny Lincango

Documento revisado por:

G. Cartográfica Tcrn. Ing. Rafael Delgado

G. Normativa Ing. Fabián Santamaría

Documento aprobado por:

Crnl. De E. M. Ing. Ricardo Urbina

SUBDIRECTOR DEL IGM

IEPI en Trámite

ISBN en Trámite

Primera Edición

Ecuador, 2015

“Ley de la Cartografía Nacional Art. 2.- El Instituto Geográfico Militar realizará toda actividad cartográfica referente a la elaboración de mapas y levantamiento de cartas oficiales del territorio nacional.”

Prohibida la reproducción total o parcial sin citar la fuente.

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	5
2.	OBJETO	5
3.	CAMPO DE APLICACIÓN	5
4.	REFERENCIAS NORMATIVAS	5
5.	DEFINICIONES	5
6.	MARCO TEÓRICO	6
6.1.	Sistema de Posicionamiento Global - GPS	6
6.2.	Triangulación	7
6.3.	Trilateración	8
6.4.	Intersección directa	9
6.5.	Poligonación	10
7.	PRECISIÓN DE LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS HORIZONTALES	11
7.1.	Orden AA	11
7.2.	Orden A	11
7.3.	Orden B	11
7.4.	Orden C Primero	12
7.5.	Orden C Segundo, clase I	12
7.6.	Orden C Segundo, clase II	12
7.7.	Orden C Tercero, clase I y II	12
8.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LEVANTAMIENTOS GPS	12
8.1.	Orden 0	13
8.2.	Orden A	13
8.3.	Orden B	13
8.4.	Orden C	13
8.5.	Trabajo de Campo	15
8.6.	Trabajo de Gabinete	16
8.7.	Instrumentos a utilizar	16
8.8.	Información básica para el cálculo de coordenadas	17
8.9.	Longitud de los lados	17
8.10.	Bases para el procesamiento	17
	BIBLIOGRAFÍA	19

1. ANTECEDENTES

En cumplimiento a los Art. 1 y 2 de la ley de La Cartografía Nacional, el presente documento tiene por objeto homologar los criterios técnicos aplicados a levantamientos geodésicos, dentro de su componente horizontal, a fin de brindar apoyo técnico al profesional que realiza este tipo de trabajos, para garantizar los resultados en la determinación de nuevos puntos de referencia con fines geodésicos y topográficos.

El Art. 44 del Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional, establece que: "los trabajos autorizados de conformidad con el Art. 42 del presente Reglamento, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar"; por lo que es necesario establecer los criterios técnicos de generación de información.

Adicionalmente se debe establecer que todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal en el país, deberá estar referido al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (**SIRGAS**), asociado con el Marco de Referencia Terrestre Internacional 1994 (**ITRF94**) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (**IERS**) de la época 1995.4.

2. OBJETO

Disponer de un conjunto de especificaciones técnicas mínimas para ejecutar levantamientos geodésicos en su componente horizontal.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

El manual es para todo el personal que presta sus servicios en el Proceso de Geodesia del Instituto Geográfico Militar (I.G.M), así como también para las personas o instituciones que realicen trabajos dentro del campo de levantamientos topográficos o geodésicos, sean por ejecución de trabajos, contratación o fiscalización.

4. REFERENCIAS NORMATIVAS

- Ley de La Cartografía Nacional y Reglamento.
- Normas técnicas para levantamientos geodésicos, INEGI – México.
- Estándares cartográficos aplicados al catastro - Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial-Perú.
- Glosario de términos cartográficos. Universidad de Alicante - España.

5. DEFINICIONES

- **Calidad:** Grado con el que un conjunto de características inherentes cumplen los requisitos.
- **Exactitud:** Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado.
- **Exactitud posicional:** Proximidad del valor de la coordenada respecto al valor verdadero o aceptado en un sistema de referencia especificado.
- **Datos de la estación:** Comprenden información meteorológica, temperatura, presión atmosférica y humedad relativa y de la posición de la antena GPS con respecto a la marca que materializa el



punto (altura de la antena, excentricidad). Estos datos deben ser recolectados por el operador y conservados en una hoja de campo o eventualmente introducidos en el receptor.

- **Georeferenciación:** Geo-posicionamiento de un objeto utilizando un modelo de correspondencia derivado de un conjunto de puntos para los cuales las coordenadas tanto del terreno como de la imagen son conocidas.
- **GPS (Global Positioning System):** Sistema Global de Posicionamiento que permite al usuario determinar en cualquier parte del mundo la posición tridimensional de un punto sobre la superficie terrestre respecto al geocentro.
- **Levantamientos geodésicos horizontales:** Conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete orientados a calcular la posición de un punto sobre la superficie terrestre en un sistema de referencia de coordenadas geodésicas, convenientemente elegido y demarcado con respecto al Marco de Referencia para el Ecuador.
- **Ortoimagen:** Imagen en la que, por medio de una proyección ortogonal a una superficie de referencia, se ha removido el desplazamiento de los puntos de la imagen debido a la orientación del sensor y el relieve del terreno. La cantidad de desplazamiento depende de la resolución y el nivel de detalle de la información de elevación y de la implementación del software.
- **Ortofototo u Ortofotomapa:** es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico, se obtiene a partir de las perspectivas de la imagen y se ha rectificado la imagen del terreno según una proyección ortogonal vertical. ¹
- **Posicionamiento estático:** Método de medición caracterizado por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un tiempo suficientemente prolongado de tiempo mientras los receptores se mantienen estacionarios en tanto registran los datos. ²
- **Precisión:** Medida de la repetitividad de un conjunto de mediciones, se expresa generalmente como un valor estadístico basado en un conjunto de mediciones repetidas, tales como la desviación estándar de la media de la muestra.
- **Punto de control en el terreno:** Punto de la tierra que tiene una posición conocida con precisión geográfica.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Sistema de Posicionamiento Global - GPS

La constelación GPS funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el planeta tierra, a 20 200 km de altura, este conjunto satelital cubre toda la superficie de la Tierra, siguiendo trayectorias sincronizadas alrededor de esta.

Para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la constelación satelital, de los que recibe información e indican la identificación y la hora del reloj de cada uno de los satélites observados.

Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante el método de trilateración inversa, la cual se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. (Llerena, 2015)

¹ Obtenido de estándares cartográficos aplicados al catastro. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral, Predial -Perú.

² Glosario de términos cartográficos. Universidad de Alicante.

Con las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o las coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites.

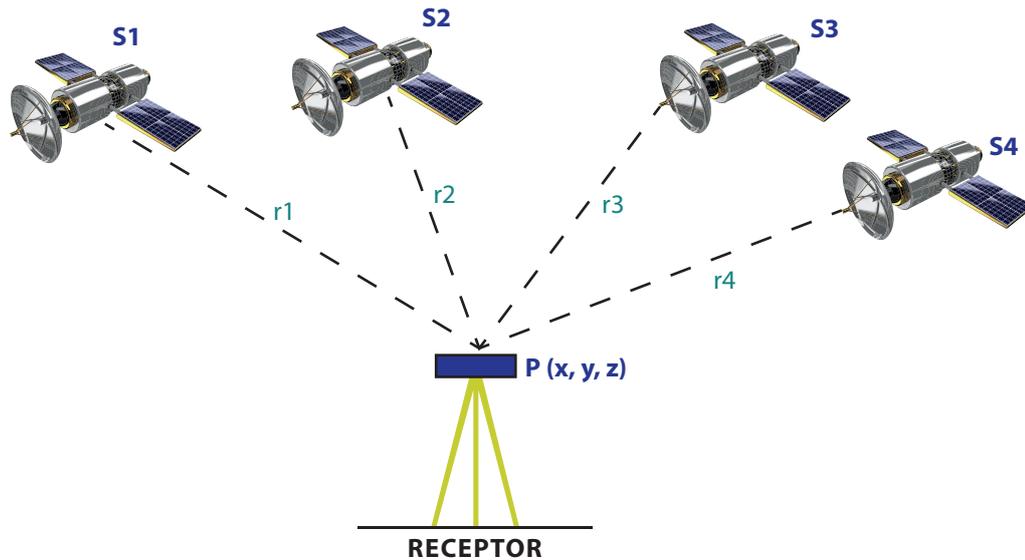


Figura. 1 Principio básico del posicionamiento con el Sistema NAVSTAR/GPS.

6.2. Triangulación

Los puntos que constituyen una red geodésica pueden estar separados desde unos centenares de metros hasta kilómetros; y para su ubicación se utilizan los métodos de intersección.

Los métodos de intersección se basan en mediciones angulares, de aquí la importancia que para definir la posición de los nuevos vértices se requiere al menos conocer al menos un lado de la red, y a esta alineación la conocemos como base de la triangulación. (Farjas, 2004)

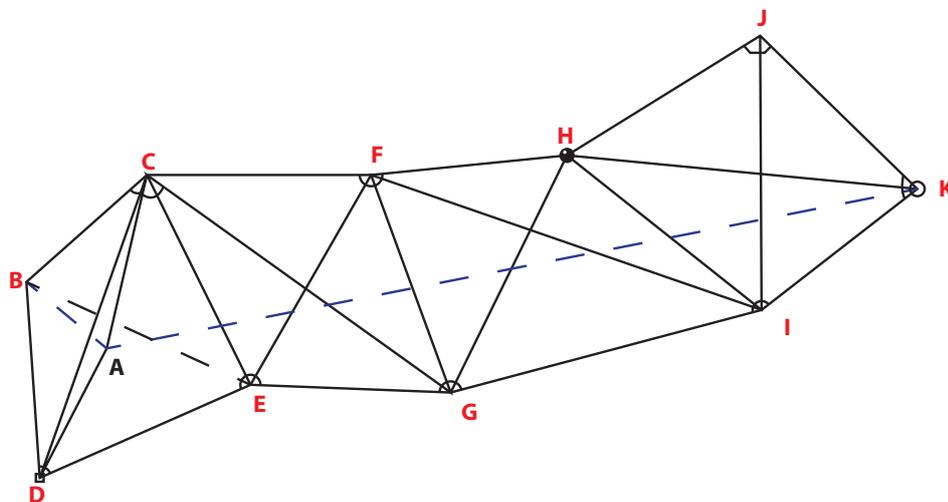


Figura. 2 Red de Triangulación.

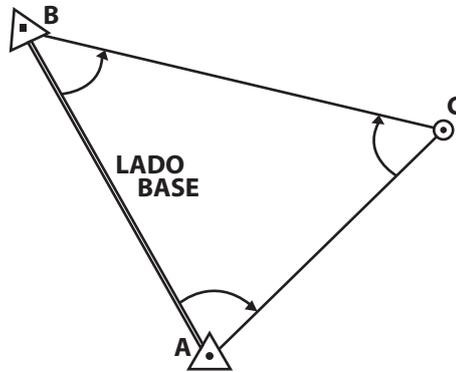


Figura. 3 Método de la Triangulación

La Triangulación utiliza puntos terrestres ínter visibles para formar triángulos, cadenas de triángulos y figuras geométricas compuestas por triángulos, los ángulos de cada triángulo se miden con estación total de alta precisión. Las longitudes de los lados se calculan por la ley de los senos; los cálculos se deben empezar con la longitud conocida de uno de los lados, la cual se obtiene por medición terrestre directa o de cálculos de otra red de triangulación compensada.

El azimut de la línea de partida debe conocerse y un azimut debe llevarse por todo el sistema de figuras; según la precisión del trabajo debe realizarse la determinación del azimut a partir de una serie de observaciones de tal forma que permita tener el valor del azimut lo más preciso posible.

La Ecuación de Laplace permite corregir los errores acumulados causados por pequeñas imperfecciones en la medición de los ángulos y errores sistemáticos que causan un cambio en la orientación de la red. Igualmente, las longitudes calculadas en la red de triangulación deben compensarse a partir de otra línea base o lado previamente establecido de una red compensada.

Determinados los ángulos horizontales y verticales medidos entre cada punto o estación, se procede al cálculo de diferencias de elevación entre todos los vértices. Los vértices en la red se conectan por nivelación diferencial o por distancias cenitales a las marcas de cota fija sobre un plano de referencia conocido y de esta forma finalmente procederá a calcular la corrección a la elevación de cada vértice.

Definida la red los siguientes pasos a seguir será: la generación de la documentación técnica que respalde la red implantada con lo cual pondremos a disposición de la comunidad sus resultados; y su utilidad depende de la precisión de los levantamientos de campo, permanencia de las marcas, autenticidad de los croquis y descripciones monográficas precisas que han de utilizarse en su reocupación.

6.3. Trilateración

La trilateración es un método de levantamiento que en vez de medir ángulos se miden las longitudes de los lados. La disponibilidad de equipos electrónicos para medir distancias ha hecho que este procedimiento resulte práctico y económico. La trilateración aumenta la flexibilidad de los métodos de control básico, manteniendo al mismo tiempo resultados satisfactorios, pese a que no es recomendable esperar que la trilateración sea usada frecuentemente, ya que es ventajosa solamente en circunstancias especiales. La trilateración deberá comenzar y terminar en estaciones de triangulación o poligonal fundamentales ya existentes; debe comprender observaciones de control de azimut, proporcionando los cierres correspondientes. La figura básica de la trilateración debe ser un hexágono regular o un doble cuadrilátero con todos sus lados y diagonales medidos. Se puede usar a veces un pentágono regular pero nunca en serie. (Farjas, 2004)

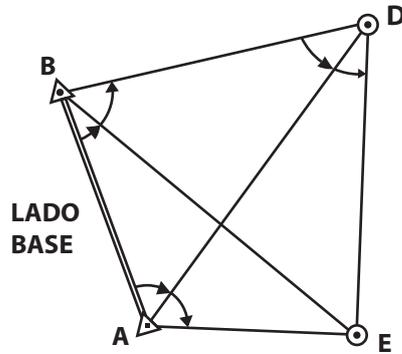


Figura 4. Trilateración

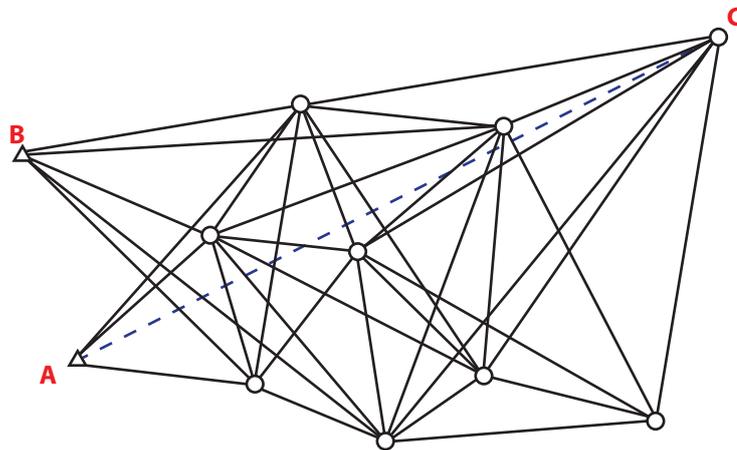


Figura 5. Red de Trilateración.

6.4. Intersección directa

La intersección directa simple consiste en realizar observaciones angulares desde dos puntos de coordenadas conocidas, visándose entre sí y al punto que se quiere determinar. En la intersección simple se designan como D a los puntos de coordenadas conocidas según queden a la derecha o izquierda del punto V que se quiere calcular.

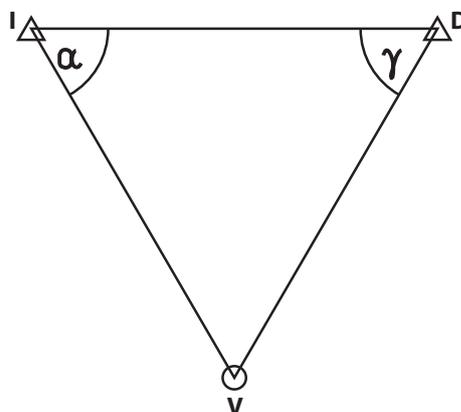


Figura 6. Intersección Directa.



El triángulo DVI queda definido porque se conoce la base (DI) y dos ángulos. En la intersección directa simple no se tiene ninguna comprobación de las medidas. Es más aconsejable el método de intersección directa múltiple: medir los ángulos desde tres o más puntos conocidos. Las intersecciones han sido muy empleadas hasta hace poco tiempo puesto que la medida de ángulos era mucho más precisa que la medida de distancias. Este método se sigue usando cuando no se dispone de instrumentos de gran alcance en la medida de distancias. En general sirven para distribuir una serie de puntos para ser utilizados en trabajos posteriores, como punto de partida de otros métodos.

Las intersecciones directas se utilizan para dar coordenadas a puntos inaccesibles, como torres y en control de deformaciones, por ejemplo en muros de presas. Desde unas bases perfectamente definidas se hacen las medidas angulares a señales de puntería, y se calculan las coordenadas de éstas. Comparándolas con las obtenidas en otro momento se ven los movimientos del muro (Farjas, 2004).

6.5. Poligonación

Las poligonales pueden considerarse semejantes a la navegación, en la que se miden distancias y direcciones; en una poligonación se parte de alguna posición y azimut conocido hacia algún otro punto, después se mide los ángulos y las distancias a lo largo de una línea de puntos de levantamiento.

Una poligonal es una sucesión encadenada de radiaciones, donde se debe obtener como resultado final las coordenadas de los puntos de la estación, las cuales cumplirán ciertas condiciones como por ejemplo; ser visibles entre sí, estar relacionadas a través de acimut y distancias además de cumplir el objetivo de la poligonal para la cual fue diseñada.

Si la poligonal regresa a su punto de partida se le llama poligonal cerrada, cuando esto último no sucede se dice que la poligonal es abierta. Desde que se dispone de equipos electrónicos para la medición de distancias la precisión de los levantamientos por poligonación ha aumentado significativamente; con las medidas angulares puede calcularse la dirección de cada lado de la poligonal y con las medidas de longitud de las líneas se podrá calcular la posición geográfica de cada uno de los puntos de la poligonal.

El control horizontal por medio de poligonales con propósitos geodésicos también necesita de observaciones astronómicas para el control de los azimuts; las poligonales establecidas según estas normas deben comenzar y cerrarse sobre estaciones fundamentales existentes y que han sido determinada por métodos de; GPS, triangulación o poligonación.

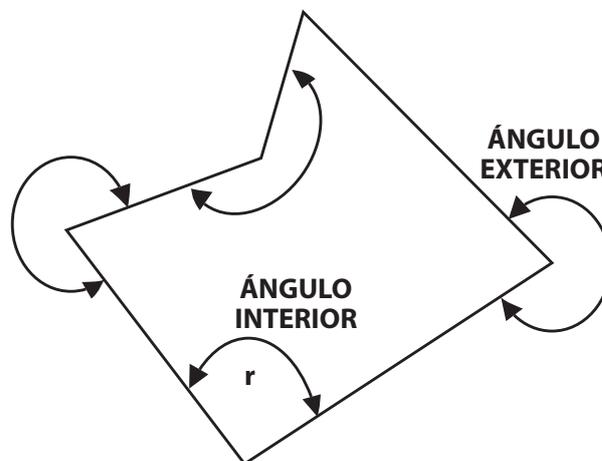


Figura. 7 Poligonal Cerrada.

7. PRECISIÓN DE LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS HORIZONTALES.

Los levantamientos geodésicos de control horizontal se clasifican de acuerdo al orden, clase y exactitud relativa a un nivel de confianza del 95% como se muestra en la tabla 1.

Clasificación de los levantamientos geodésicos		
Orden	Clase	Exactitud Relativa
AA	Única	1: 100 000 000
A	Única	1: 10 000 000
B	Única	1: 1 000 000
C		
Primero	Única	1: 100 000
Segundo	I	1: 50 000
	II	1: 20 000
Tercero	I	1: 10 000
	II	1: 5 000

Tabla 1. Clasificación de levantamientos geodésicos horizontales (Farjas, 2004)

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.

7.1. Orden AA

Los levantamientos geodésicos para posicionamiento horizontal, que se encuentren dentro de este orden, están dirigidos a realizar estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre, refiriéndose a un sistema de referencia cuasi-inercial (Sistema de Referencia que considera una aceleración lineal), que determina efectos geodinámicos que requiere una exactitud de una parte en 100 000 000. Por ejemplo la Red Continental SIRGAS.

7.2. Orden A

Este orden es aplicado para establecer el sistema geodésico básico nacional basado en un sistema de referencia único de la región, así como también estudios de deformación local de la corteza terrestre y cualquier estudio que requiera de una exactitud de una parte en 10 000 000. En el caso del Ecuador es la Red GPS Nacional.

7.3. Orden B

Los levantamientos de orden B se destinarán a la densificación del sistema geodésico de referencia nacional, para trabajos de ingeniería de alta precisión, así como también para la geodinámica. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deberán integrarse a la red geodésica básica partiendo mínimo de dos (2) puntos de primer orden, dando como resultado una exactitud de 1 parte por millón (ppm).



7.4. 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.

7.5. Orden C - Segundo, clase I

Dentro de este orden encontramos los levantamientos horizontales para la densificación de puntos de apoyo para levantamientos aerofotogramétricos, 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 a 1:50 000, como por ejemplo la densificación de puntos estereoscópicos.

7.6. Orden C - Segundo, clase II

Se aplica en áreas que no tienen un alto índice de desarrollo y donde no se prevea planifique ningún adelanto a corto plazo, en levantamientos para apoyo cartográfico y fotogramétrico, en el establecimiento del control geodésico horizontal a lo largo de la costa, ríos navegables, vías de comunicación importantes, parcelamientos, zonas de alta valoración del suelo, en construcciones y en cualquier proyecto que requiera de una exactitud no menor que una parte en 20 000.

7.7. 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 (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, 1988).

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LEVANTAMIENTOS GPS

Para cumplir con los requerimientos y especificaciones del proyecto y obtener las exactitudes determinadas para cada orden es necesario definir, en la etapa de diseño, el intervalo de observación, el intervalo de tiempo de recepción de cada registro de la señal y el método específico de posicionamiento.

La clasificación de los levantamientos geodésicos se establecen en los siguientes órdenes y clases de precisión relativa, asociados con valores de esta última que es posible obtener entre puntos enlazados directamente, con un nivel de confianza del 95 %, tabla 2.

Cabe resaltar que antiguamente para la clasificación de los levantamientos geodésicos se establecieron otro tipo de ordenes que fueron los de 1º, 2º y 3º orden, cuyo grado de precisión están por debajo del orden C de esta nueva clasificación. En las órdenes 0, A, B, se aplican básicamente las técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global y el orden C está vigente para los levantamientos geodésicos convencionales con métodos tradicionales, siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden.

Clasificación de los levantamientos geodésicos

Nominación	Orden	Clase	Exactitud Relativa
Orden	0	Única	1: 100 000 000
Orden Primario	A	Única	1: 10 000 000
Orden Primario	B	Única	1: 1 000 000
Orden Secundario	C	Única	1: 100 000

Tabla 2. Efemérides precisas o transmitidas dependiendo del orden

8.1. Orden 0

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 precisión de una parte en 100 000 000.

8.2. Orden A

Deberá aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental 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.

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

8.4. Orden C

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de control suplementario 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 precisión no menor a 1:100,000, y debiéndose ligar a la red geodésica básica o a su densificación.

El orden requerido de precisión para clasificar un vértice obliga a cumplir con los requisitos indicados en la tabla 3 en la que se especifican características del equipo en función de las frecuencias, número de sesiones, tiempos mínimos de medida por sesión, observaciones meteorológicas en las estaciones de observación, número de veces que se debe de medir la antena por sesión, número de receptores que participan en medida simultánea, y número y orden de las estaciones con que se debe diferenciar.



Lineamientos básicos para levantamientos GPS de acuerdo a su clasificación

Orden	Clase	Tipo de equipo	Número mínimo de sesiones	Tiempo de medida/ sesión (hrs)	Número de mediciones de altura de antena/sesión	Número mínimo de receptores en medición simultánea
0	Única	Doble frecuencia	20	12	5	6
A	Única	Doble frecuencia	6	12	3	4
B	Única	Doble frecuencia	2	12	2	4
C	Única	Opcional	1	2-4	1	2

Tabla 3. Lineamientos básicos para levantamientos GPS de acuerdo a su clasificación*

Debemos considerar algunos aspectos en forma general para disponer de información satelital de buenas características;

- Antes de plantar el equipo en el punto a observar, se debe identificar los obstáculos o problemas que se determinaron en la etapa de reconocimiento.
- Para obtener una adecuada recepción de la señal emitida por los satélites el ángulo de elevación sobre el horizonte no debe ser mayor a 15°.
- El número mínimo de satélites conectados debe ser de 4, es decir, que para cada sesión de observación se planificará previamente para horas en las que el PDOP sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.
- En lo posible hay que evitar la instalación de la antena en lugares donde pueda existir obstrucción o rebote de las señales electromagnéticas de los satélites, tales como construcciones, árboles, calles, vehículos, etc.
- La antena deberá instalarse sobre un monumento que tenga adaptación para la misma, y cuando se requiera elevarle se deberá hacer con un dispositivo que la mantenga perfectamente vertical sobre la marca de estación.
- La altura de la antena deberá medirse desde la marca de la estación, de acuerdo al número de mediciones indicada en la tabla 3.
- Se deberán evitar levantamientos en áreas en donde se produzcan transmisiones radiales, radares de frecuencia media, estaciones de microondas, antenas de transmisión 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.
- Las anotaciones de campo deberán ser conservados cuidadosamente, ya que representan un documento de información primaria.
- Con propósitos de clasificación, los vértices del enlace deben ser de por lo menos un orden mayor o igual de la estación que se está determinando, aún cuando la exactitud relativa del vector o vectores, indique que su clasificación puede ser de mejor calidad. (Farjas, 2004)

8.5. Trabajo de Campo

Swanston, (2006, p.160) define a la planificación como: “las acciones, decisiones y disposiciones anticipadas, que tienen como objeto fijar los modos cómo ejecutar la labor topográfica para garantizar la construcción de un mensaje geoespacial veraz (fiel y confiable)...bajo un régimen de alta eficiencia técnica y económica.” (Pachas, 2009)

Con este enunciado y realizada la planificación para la ejecución del trabajo procede realizar actividades de campo, para lo cual es necesario considerar lo siguiente:

- a.** Colocar el equipo en la estación con tiempo suficiente para realizar la configuración antes de la hora de iniciación de las observaciones. La configuración incluye la identificación de la estación, el intervalo de registro, el ángulo de elevación mínimo y la verificación de memoria disponible para la observación.
- b.** Las observaciones se harán durante el tiempo y en los períodos que se especifiquen para cada caso, evitando las medidas en condiciones ambientales extremas y en todo caso no más allá de los límites de operación especificados por el fabricante de los instrumentos.
- c.** Plantado el equipo en la estación se debe prestar atención a lo siguiente:
 - Correcto centrado de la antena sobre el punto a determinar, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico de la placa empotrada en cada uno de los mojoneros.
 - Correcta orientación de la antena hacia el norte magnético.
 - Medición y registro preciso de la altura de la antena.
- d.** Se registra los datos meteorológicos (temperatura, humedad relativa y presión atmosférica) cada hora de observación. Si hubiere una estación meteorológica próxima, sus datos son importantes para generar un modelo de corrección troposférico.
- e.** En cada estación y en cada sesión se registrará toda la información tales como; serie de equipo, horas de inicio y fin de sesión, altura de antena. Se registra los problemas presentados durante la observación.
- f.** Se debe efectuar diariamente una doble descarga de los datos y su grabación en discos separados, así como un cálculo preliminar, con efemérides rápidas, de cada vector para detectar cualquier falla.
- g.** Después de una jornada de medición o de un conjunto de mediciones que conforman una unidad componente de una red, es conveniente llevar a cabo los siguientes controles:
 - Verificación de la duración efectiva de las sesiones, del PDOP y de la cantidad de satélites disponibles durante la medición.
 - Revisión de los valores estadísticos de la precisión de cada vector.
 - Cálculo del valor partes por millón (ppm) a partir de los sigmas y de la longitud del vector.
 - Análisis de los residuos de cálculo.
 - Cierre de figuras (triángulos y polígonos) mediante la suma de las componentes cartesianas del vector. Hay que tomar en cuenta que los errores de cierre deben ser calculados con datos independientes.



h. Concluida la medición de una red, es conveniente verificar la coherencia con los puntos de orden superior mediante la suma de los componentes ortogonales en varios itinerarios o, si es posible, mediante ajustes preliminares con todos o algunos condicionamientos, comparando los resultados. Si alguna estación de referencia fundamental presentara diferencias anómalas, se investigarán posibles perturbaciones en su marcación, uso o estado, como así también cualquier posibilidad de confusión. Si la incongruencia no se aclara, se tendrá que repetir la medición antes de regresar a gabinete.

8.6. Trabajo de Gabinete

Concluido el trabajo de campo y una vez verificada la obtención de los datos se procederá al siguiente paso que es el procesamiento de datos final y la obtención de la documentación técnica que respalde el trabajo ejecutado.

a. Concluida la etapa anterior deberá iniciarse en forma inmediata, la corrección diferencial, procedimiento informático con el cual se determina la posición de los vértices medidos al interior de las áreas trabajada, a partir de las diferencias de ubicación con respecto a la estación base.

b. Al concluir la corrección diferencial se verificará que el error estándar en la posición de los puntos esté dentro de los parámetros de precisión requeridos, los puntos que no cumplan esta condición, deberán ser observados y corregidos nuevamente hasta lograr la precisión requerida.

c. En general los datos de una marca de receptores no pueden ser leídos por los programas de cálculo de otra. Esto ha llevado al establecimiento de normas comunes para todas las marcas y tipos de observaciones conocidas como formato de intercambio de datos independiente de los receptores RINEX. Esto permitirá que los datos que observa este receptor puedan ser compatibilizados con otros equipos, transferidos a otros usuarios o ser calculados con programas científicos que se basan en el formato RINEX.

d. En general los receptores GPS producen archivos de dimensiones importantes cuya designación, para el buen funcionamiento de los programas de cálculo, debe responder a ciertas normas. Una atención particular debe brindarse a esta codificación para evitar que algún archivo pueda ser destruido y para mantener una clara correspondencia entre el nombre de los puntos que se desea georeferenciar y el nombre del archivo en el que están contenidos los datos.

e. Los receptores GPS poseen en general una memoria interna que les permite conservar temporalmente una cierta cantidad de información. Cualquiera que fuera el tamaño de esta memoria, ella siempre será limitada, por lo tanto es fundamental establecer claramente el parámetro de tiempo o cantidad de mediciones que deben cumplirse para sacar un respaldo de la información y mantener libre el almacenamiento interno del receptor. Los programas de descarga de datos deben formar parte del software que acompaña a los equipos.

8.7. Instrumentos a utilizar

Los equipos que se utilizarán dependerá de la calidad o precisión del levantamiento que se desee obtener; en la tabla 2 se describe el tipo de equipos a utilizar, según sea el caso equipos GPS doble frecuencia o monofrecuencia.

a. Los instrumentos que se empleen deberán cumplir con los requisitos generales indicados según el tipo de levantamiento y el grado de exactitud requerido. La tecnología utilizada para levantamientos geodésicos horizontales, serán los GPS, de una o doble frecuencia, por ejemplo Equipos Trimble R10, R8, R6, R3, 5700 o EMC R9, equipos Ashtec, entre otros.

b. Todo instrumento, al iniciar y al finalizar las mediciones deberá ser verificado y ajustado para garantizar que no se han modificado las relaciones geométricas entre los diversos componentes y las condiciones de operación durante el período de medición. Para esto se deberán observar los lineamientos especificados al respecto en el manual del fabricante. Además se deberá llevar un mantenimiento periódico de los instrumentos de acuerdo con lo especificado por el fabricante, el cual deberá ser estrictamente observado, llevando un registro permanente de dicho mantenimiento.

c. Se recomienda la utilización de receptores GPS, de marca reconocida con una o dos frecuencias, según el caso y código P si fuera necesario. Además de utilizar, para el procesamiento de los datos, el software propio de cada equipo.

8.8. Información básica para el cálculo de coordenadas

a. Observaciones GPS propiamente dichas: Comprenden mediciones de pseudo distancias, fases, doppler, en una o dos frecuencias, con longitud de onda completa o semi longitud de onda, según el tipo de receptor en uso. Estos datos no son almacenados por todos los receptores.

b. Posiciones satelitales: Conocidas como efemérides (mayor precisión) y almanaques, brindan los elementos que permiten el cálculo de la posición del satélite en el instante de la emisión de la señal. Esta información es almacenada por la mayoría de los receptores. También puede ser obtenida de algunos centros científicos internacionales como el IGS (International GPS Geodynamics Service) en la forma de efemérides precisas.

8.9. Longitud de los lados

La información que a continuación se presenta, muestra las longitudes de las distancias de los lados triangulados permisibles en los levantamientos geodésicos tradicionales, que dependerán de la escala del levantamiento.³

Longitud de los lados		
Escala	Longitud Mayor (m)	Longitud Menor (m)
1:500	2 000	500
1:1 000	3 000	1 000
1:2 000	3 000	1 000
1:5 000	5 000	2 000
1:10 000	7 000	3 000
1:25 000; 1:50 000; 1:100 000	20 000	10 000

Tabla 4. Longitud de los lados

8.10. Bases para el procesamiento

Se definirán estaciones base con procedimientos satelitales y equipos GPS de doble frecuencia, realizando correcciones diferenciales entre los puntos determinados.

El tiempo de observación de cada sesión dependerá de la distancia entre el nuevo punto y la base.

³ Información recopilada de "Cartografía y Fotografía Aérea – Manual de contratación" 1981.



Tiempo de posicionamiento GPS

Distancia Km.	Minutos	Horas	Minutos
10	25	0	25
20	40	0	40
30	55	0	55
40	70	1	10
50	85	1	25
60	100	1	40
70	115	1	55
80	130	2	10
90	145	2	25
100	160	2	40
120	190	3	10
140	220	3	40
160	250	4	10
180	280	4	40
200	310	5	10

Tabla 5. Tiempo de posecionamiento GPS

Fórmula para calcular el tiempo de observación **GPS = 10 minutos + (1.5 minutos * Distancia en km)**^o

Cada sesión de observación se planificará previamente para horas en las que el PDOP sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.

BIBLIOGRAFÍA

- Farjas, M. (2004). INGENIERIA CARTOGRÁFICA GEODESICA. Recuperado el 25 de marzo de 2016, de http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/contenidos/Mis_documentos/Tema-9-Triangulacion-y-Trilateracion/Teoria_Triang_Tema_9.pdf
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (1988). Geodesia. Recuperado el 18 de marzo de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/ntg1988.pdf>
- Llerena, E. (Febrero de 2015). Sistema de navegación para personas no videntes, mediante el uso del sistema de posicionamiento híbrido (GPS & GLONAS), para la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE. Tesis . Quito, Pichincha, Ecuador.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. Venezuela: SABER ULA.



Ministerio
de **Defensa**
Nacional



Comando Conjunto
de las **Fuerzas**
Armadas



Ejército
Ecuatoriano



Instituto
Geográfico
Militar