



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"METODOS DE MEDICION TOPOGRAFICA-
GEODESICA MEDIANTE LOS SISTEMAS DE
ESTACION TOTAL Y GPS UTILIZADAS EN EL
PROCEDE (PROGRAMA DE CERTIFICACION DE
DERECHOS EJIDALES)".**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A N :
GERARDO MUÑOZ SANCHEZ
NOE TINOCO HERNANDEZ

ASESOR: MC RICARDO TORRES COSSIO

265559

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX.

1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Métodos de Medición Topográfica-Geodésica Mediante los Sistemas de Estación Total y GPS utilizadas en el PROCEDE (Programa de Certificación de Derechos Ejidales)".

que presenta el pasante: Gerardo Muñoz Sánchez
con número de cuenta: 8857936-0 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 4 de Junio de 1997

PRESIDENTE	<u>M.C. Ricardo Torres Cossio</u>	
VOCAL	<u>Ing. Raul Espinoza Sanchez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Raymundo Gómez Orta</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Felipe Solís Torres</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Métodos de Medición Topográfica-Geodésica Mediante los Sistemas de Estación Total y GPS utilizadas en el PROCEDE (Programa de Certificación de Derechos Ejidales)".

que presenta al pasante: Noé Tinoco Hernández
con número de cuenta: 8502007-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 4 de junio de 1998

PRESIDENTE	<u>M.C. Ricardo Torres Cossio</u>	
VOCAL	<u>Ing. Raúl Espinoza Sánchez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Raymundo Gómez Orta</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Felipe Solís Torres</u>	

Hoy que vemos concluida una etapa de nuestra vida agradecemos :

A mis padres y hermanos por su apoyo y comprensión .

A mi esposa por alentarme en concluir la meta fijada.

A los profesores por su orientación y enseñanza en nuestra formación profesional

Y a todas las demás personas que directa o indirectamente nos apoyaron en la realización de la presente

Sinceramente Gerardo Muñoz Sánchez
Noe Tinoco Hernández

INDICE

	PÁGINA
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVO GENERAL	10
1.3 OBJETIVO PARTICULAR	10
2.REVISION BIBLIOGRAFICA	11
2.1. LEVANTAMIENTOS E INSTRUMENTOS	11
2.2. TOPOGRAFIA	21
2.3 GEODESIA	42
2.4CARTOGRAFÍA	46
2.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL. (GPS).	53
2.6 RED GEODÉSICA NACIONAL	78
3.DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	86
4.MATERIALES, EQUIPO Y METODOLOGIA	88
4.1 MATERIALES Y EQUIPO	88
4.2 METODOS DE LEVANTAMIENTO	89
4.2.1. DIRECTO	90
4.2.1.1.VINCULACIÓN CON LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA	104
4.2.2. INDIRECTO: AEROFOTOGRAMETRICO	121
4.3 NORMAS TECNICAS	128
4.3.1LINEAMIENTOS GENERALES	128

4.3.2 LINEAMIENTOS ESPECIFICOS	129
4.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	131
4.5 PRECISIÓN DE LEVANTAMIENTOS	135
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	137
5.1 RESULTADOS	137
5.2 DISCUSIÓN	138
5.3 CONCLUSIONES	141
6. LITERATURA CITADA	143

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Groma	12
2	semicircunfactor	13
3	Transito	14
4	Teodolito	15
5	Espacio tridimensional	17
6	Emisor y reflejante	29
7	Estación Total modelo SET2B	30
8	Características de un ángulo	33
9	Control vertical y horizontal	33
10	Ángulos interiores y exteriores	34
11	Ángulos por deflexión	35
12	Meridiano verdadero	36
13	Cuadrantes N,S,E y W	37
14	Ángulos inversos	37
15	Rumbos y acimutes	39
16	Elipsoide	44
17	Desviación de la vertical	45
18	Formato	48
19	Proyecciones cilíndricas	50
20	Zonas o husos meridianos	51
21	Proyecciones cónicas	52
22	Los segmentos del sistema GPS	53
23	Segmento satelitario	55
24	Segmento de control	56
25	Segmento del usuario	58
26	Orientación de coordenadas por 3 satélites	60

27	Efémerides y elementos keplerianos	62
28	Efectos ionosféricos y troposféricos	64
29	Longitud de onda L_1 y L_2	66
30	Dilución en la precisión geométrica	69
31	Técnica interferométrica	72
32	Antena GPS omnidireccional	74
33	Receptor GPS	74
34	Componentes del GPS	75
35	Datum horizontal y vertical	79
36	Estaciones fijas	82
37	Estaciones fijas	83
38	Poligonal cerrada	92
39	Doble radiación	93
40	Radiación sencilla	94
41	Intersecciones	95
42	Ángulos de desplazamiento	96
43	Ángulos de desplazamiento de una distancia	97
44	Ángulos de desplazamiento de dos distancias	98
45	Replanteo	99
46	Trisección inversa	100
47	Posicionamiento absoluto	102
48	Posicionamiento relativo	103
49	Línea de control	105
50	Monumentación	107
51	Placa de identificación geodésica	108
52	Referencias de ubicación	108
53	Medición al interior del ejido	109
54	Propagación del control geodésico	110
55	Poligonales de apoyo	111
56	Radiaciones de vértices	111

57	Posicionamiento estático para líneas de control	113
58	Posicionamiento estático para el interior del ejido	114
59	Estático rápido (Diseño de redes)	115
60	Posicionamiento cinemático	117
61	Posicionamiento pseudocinemático	119
62	Posicionamiento pseudocinemático	120
63	Fotografía aérea	122
64	Fotoidentificación	124
65	Línea de vuelo	126
66	Sobreposición longitudinal y lateral	127

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Número de ejidos por entidad federativa	27
2	Características técnicas de las estaciones totales	32
3	Tipos de relojes	59
4	Coordenadas geodésicas de la red de estaciones fijas	84,85
5	Tiempos de posicionamiento	115
6	Tiempos de posicionamiento en cinemático	117

INTRODUCCIÓN

Como resultado de sus luchas por el derecho a la tierra, los campesinos mexicanos ven plasmada su conquista en la constitución de 1917, y como resultado de la intervención de las organizaciones campesinas ante el gobierno de la República se logra que se lleve a cabo el reparto agrario. Este mandato fue estipulado en el artículo 27 de la constitución antes señalada.

Con la tierra como conquista irreversible, al empezar la década de los noventa, campesinos y sus organizaciones demandan cambios, los cuales garanticen la seguridad de la tenencia de la tierra, así como ser ellos los dueños de la producción de sus terrenos. Agotadas las superficies productivas que se podían repartir, las normas originales se convirtieron en un obstáculo para el desarrollo del agromexicano, a lo anterior se agregó el gran número de solicitudes que ya no podían satisfacerse y esto se convirtió en una fuente de frustración y de conflictos.

Para dar respuesta a las demandas campesinas de certeza en la tenencia de la tierra, de la libertad de decidir en el uso y destino de estas, el entonces presidente de la república promovió ante el congreso de la unión las reformas al artículo 27 de la constitución, bajo el principio de llevar al campo más libertad y justicia.

Para lograr este objetivo, se puso en marcha un programa para medir de todos los ejidos y comunidades del país, tanto su perímetro como las áreas que los componen: tierras comunes, zonas urbanas y áreas parceladas. Así, sobre esta base, se busca dar a cada núcleo y a cada campesino y avecindado, un certificado definitivo de sus derechos agrarios y un título de propiedad del solar

en que vive. Para el efecto se pone en marcha el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (P R O C E D E), cuyo objetivo es la entrega de los certificados de derechos sobre tierras de uso común, o ambos según sea el caso, así como los títulos de los solares, en favor de todos y cada uno de los individuos que integran los ejidos del país que así lo soliciten.

1.ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

1.1. ANTECEDENTES.

Es así que para llevar a cabo el desarrollo del programa, es de suma importancia la conjunción de esfuerzos de varias dependencias e instituciones públicas, en unos casos por mandato de ley, y en otros por los requerimientos técnicos del propio. Participan por lo tanto: La Procuraduría Agraria (PA), El Registro Agrario Nacional (RAN) y El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Coadyuvan además en la coordinación, normatividad y operación del programa: La Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

A través del tiempo, el hombre se ha preocupado por conocer cada vez más el entorno que lo rodea, de esta manera, se ha dado cuenta que la tierra es y seguirá siendo el patrimonio básico de los pueblos. La descripción de sus características, dimensiones y límites es fundamental para garantizar su posesión y determinar su valor, como fundamental es el documentar y actualizar esas descripciones. Es así que la información geográfica ha ido evolucionando a través de los años para brindar a la sociedad información más precisa; y así llevar a cabo, la mejor toma de decisiones en un momento dado.

En términos generales, la participación directa de las instituciones en el programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos se establece de la siguiente manera:

Procuraduría Agraria promueve la ejecución del PROCEDE en los ejidos garantizando la observancia de los derechos de los núcleos de población ejidal y de los ejidatarios, posesionarios y vecindados. Esto comprende la realización de

una serie de actividades al interior de cada ejido, las que permitirán que los ejidatarios se organicen y tomen sus decisiones apegadas a la ley, sin lesionar derechos de terceros y para el mejor provecho del núcleo de población.

Estas acciones, que van desde la información y sensibilización del ejido, hasta la verificación de la legalidad de las asambleas son responsabilidad directa de la Procuraduría Agraria.

Para ello, la procuraduría cuenta con un grupo de visitantes agrarios que, debidamente capacitados, participa permanentemente en este proceso de regularización de la tenencia de la tierra ejidal, conforme a las costumbres y usos que prevalezcan en el mismo, realizando sus funciones con base en los criterios de justicia establecidos por la constitución.

Como primer paso, la Procuraduría Agraria, a través de un visitador agrario, asista a reuniones de información y sensibilización con los órganos de representación del ejido y con grupos de ejidatarios, con el objeto de explicarles el procedimiento, las etapas y los beneficios del PROCEDURE.

Así mismo, coadyuva en la organización interna del ejido y asesora para que la decisión que en su caso tomen los ejidatarios para delimitar y destinar sus tierras, signifique un provecho real para el núcleo de población, y cuida que la asignación de derechos ejidales o el reconocimiento de posesionarios se realice en un marco de equidad y con apego a derecho.

Un aspecto importante en el que el representante de la Procuraduría Agraria participa con su apoyo, es el relativo al cumplimiento de las formalidades que deban observarse en la celebración de la asamblea, afin de que ésta se instale y se desarrolle en términos de ley, con absoluto respeto a la voluntad democrática de los ejidatarios.

Deberá celebrarse una primera asamblea, llamada de información y anuencia, en la que los ejidatarios deben aprobar su incorporación al PROCEDE y nombrar una Comisión Auxiliar, en la que participan los ejidatarios designados por la asamblea, y que será clave para el desarrollo del PROCEDE. Esta Comisión trabaja en forma coordinada con el visitador agrario y con las brigadas del INEGI, a efecto de cuidar que en los trabajos de medición se armonicen los intereses del núcleo de población ejidal y de los ejidatarios.

El Registro Agrario Nacional es un organismo administrativo desconcentrado de la Secretaría de la Reforma Agraria, con autonomía técnica, administrativa y presupuestal. Formaliza la regularización de la tenencia de la tierra ejidal mediante el registro, control y expedición de los certificados y títulos correspondientes, garantizando seguridad documental.

De esta forma, el RAN es el órgano responsable en primer término, de certificar e inscribir el plano interno del ejido, que deba contener la delimitación de las tierras de uso común, del asentamiento humano y de las tierras del parcelamiento.

Así mismo, se inscriba el acta de asamblea de delimitación y asignación de las tierras ejidales en la que consten las instrucciones de la misma, para la expedición de los certificados y títulos correspondientes.

Posteriormente, con base en el plano interno del ejido y en las instrucciones contenidas en el acta, el RAN expide:

- Los certificados parcelarios.
- Los certificados de derechos sobre tierras de uso común.

- Los títulos de solar urbano.

Adicionalmente, el Registro Agrario Nacional, como órgano responsable de la emisión de las normas técnicas para la medición tanto del perímetro ejidal como al interior de este, vigila su cumplimiento.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática dentro del contexto del programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos, se establecieron las acciones básicas a desarrollarse al interior del ejido.

La participación directa del Instituto en el PROCEDE, se fundamenta en un conjunto de atributos, tales como:

- Probada eficacia para implementar operativos de campo de gran magnitud en todo el territorio nacional.
- Experiencia en la generación de trabajos cartográficos.
- Estructura descentralizada.
- Capacidad técnica para procesar grandes volúmenes de información en períodos cortos.
- Capacidad de monitoreo tecnológico, particularmente en el ámbito de la informática, digitalización y telecomunicaciones.

Así, el Instituto asumió la responsabilidad de realizar los trabajos técnico-operativos conducentes a la identificación, ubicación geográfica y medición de los linderos y superficies de las tierras ejidales, de donde se obtiene información

necesaria que, procesada por métodos automatizados, da origen a la nueva cartografía ejidal del país.

Los trabajos de medición se realizan con estricto apego a las normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido, emitidas por el Registro Agrario Nacional y publicadas en el diario oficial de la federación el día 25 de Septiembre de 1992.

Para esto se formaron dependencias, direcciones e instituciones que se encargan de brindar la información geográfica . A continuación describiremos a grandes rasgos la evolución que han tenido estas entidades para llegar a formar lo que ahora es el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

La Generación de la Información Geográfica.

La creación en 1915, de la Dirección de Estudios Geográficos y Climáticos, señalo un momento importante en la historia de la cartografía mexicana. Posteriormente, en 1925, se fundó el Consejo Directivo de Exploración Topográfica de la República, cuyo objetivo era homogeneizar la metodología utilizada en la producción de cartas y mapas del país.

La década de los años treinta fue de gran importancia para la geografía en México, ya que en ese entonces se fundaron la Comisión Cartográfica Militar, La Dirección General de Oceanografía y Meteorología. En sus inicios, las actividades de estas dependencias tuvieron un gran ímpetu, aunque después declinaron de manera muy significativa, hasta que en 1968 se creó la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).

Su función obedeció a la necesidad de contar con un organismo encargado de elaborar, editar y actualizar la cartografía oficial del país, así como la fotografía aérea, y los estudios geográficos del territorio nacional. Posteriormente, se transformó en la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), la cual fue adscrita a la Coordinación General, de los Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática.

La Informática en Apoyo de la Oferta de la Información Estadística y Geografía.

En 1976, con el propósito de diseñar un procedimiento que permitiera el manejo ágil de grandes volúmenes de información, se creó la Dirección de Sistemas y Procesos Electrónicos, dependiente de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Las dos áreas en cuestión se integraron en 1980, en la Dirección General de política Informática, dependiente de la Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

En 1976 se formó la Coordinación de Integración y Análisis de la Información, dependiente de la Secretaría de Programación y Presupuesto, con el objetivo de normar la edición y difusión de publicaciones, así como promover aquellas que sirvieran de base para el sistema de planeación sectorial y agrario. En 1980 se otorgó el nivel de Dirección General, en la nueva Coordinación General de los servicios nacionales de estadística, geografía e informática.

Durante los primeros años de la década de los ochenta, estas áreas fueron las encargadas de producir y ofrecer la información que se generaba.

Con lo antes expuesto , nos damos cuenta que la demanda de información ha sido creciente , así mismo , la generación de información geográfica ha tenido una gran importancia a lo largo de la historia del país , desde la época precolombina hasta nuestros días , para satisfacer aquellos requerimientos que surgen conforme la sociedad y el país evolucionan.

Así pues , tanto el gobierno como los usuarios precisan de la información necesaria , para conocer cuál es la distribución del territorio nacional ; planear , de su acuerdo al interés común , la distribución del espacio, su uso y el conocimiento público del estado jurídico de todas las parcelas que conforman un ejido.

Entre las actividades relacionadas con el ámbito geográfico, el Instituto, a través de la Dirección General de Cartografía Catastral (DGCC), desde abril de 1992, participa en el PROCEDE, realizando los trabajos técnicos-operativos conducentes a la identificación, ubicación geográfica , medición de los linderos y superficies ejidales, así como la generación de los planos correspondientes.

Para realizar dichos trabajos del PROCEDE, el Instituto ha adquirido tecnología de vanguardia con la cual se pretende medir el 50 % del territorio nacional, enorme reto pues debe considerarse que en el país existen más de 29 mil ejidos y comunidades agrarias, que a su vez agrupan a 3.5 millones de ejidatarios y comuneros, los cuales cuentan con aproximadamente 4.6 millones de parcelas y 4.3 millones de solares urbanos. De esta forma la superficie ejidal representa la mitad del territorio nacional, y la población que la habita constituye poco más del 25 % del total de habitantes del país.

1.2. OBJETIVO GENERAL.

Llevar a cabo una recopilación de los elementos informativos básicos que permitan dar a conocer de una forma veraz y congruente las acciones técnico-operativas que se están llevando para hacer la medición topográfica-geodésica de la superficie de los ejidos de la república mexicana dentro del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos, (PROCEDE).

1.3. OBJETIVO PARTICULAR.

Llevar a cabo una comparación de la superficie de algunos ejidos del Municipio Jerécuaro, Guanajuato; de acuerdo con las resoluciones presidenciales, con las obtenidas mediante los métodos de medición con estación total y GPS; estos últimos, como parte de los trabajos del PROCEDE; con la finalidad de observar las diferencias existentes entre éstas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 LEVANTAMIENTOS E INSTRUMENTOS

Los levantamientos topográficos también ha evolucionado a través del tiempo; Schmidt-Bayner nos menciona que los orígenes de la topografía se confunden con los de la astronomía, la astrología y las matemáticas: pues las primeras teorías matemáticas se desarrollaron a partir del uso práctico de los números que se requería en la vida de las antiguas comunidades. Los egipcios, griegos y romanos emplearon la topografía y los principios matemáticos para el establecimiento de linderos de terrenos, para el trazo de edificios públicos y para la medición y el cálculo de superficies. La relación íntima entre las matemáticas y la topografía la indica el nombre dado a una de las más antiguas ramas de las matemáticas, la geometría que se deriva de palabras griegas que significan "mediciones de las tierras". Mencionan que se ha sugerido emplear un término asociado, geometrónica, como una designación apropiada para todo el campo de la topografía y cartografía.

A continuación mencionaremos algunos puntos relevantes en el desarrollo de la instrumentación topográfica.

Instrumentos Romanos. Los topógrafos romanos eran conocidos como gromatici por su uso del groma (figura 1); el cual consistía particularmente en dos brazos que se cruzaban en ángulos rectos y que pivotaban excéntricamente sobre un vástago vertical, de los extremos de los brazos se suspendían plomadas. Todo el propósito del instrumento y su principal uso eran establecer sobre el terreno dos líneas en ángulos rectos.

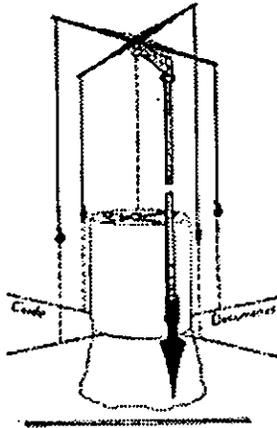


Figura 1. Groma

El Chorobates era un instrumento para nivelar. Estaba formado por una barra de madera de unos 6 metros de largo, en cuya mitad se practicaba una ranura de aproximadamente 2.5 centímetros de profundidad y 1.5 metros de longitud. Cuando la barra era nivelada de manera que el agua se conservara uniforme en la ranura, se establecía una línea horizontal.

El Telescopio. El descubrimiento del telescopio se acredita a Lippershey, hacia 1607. Cuando se aplicó esta invención a los instrumentos topográficos, resultó de gran importancia para incrementar la precisión y velocidad de las mediciones topográficas.

El Vernier. En 1631, Pierre Vernier, francés, publicó en Bruselas la descripción de su dispositivo, el cual, llevando el nombre del inventor, se halla en uso generalizado actualmente como un medio para determinar con precisión las subdivisiones de una escala graduada.

El Semicircunferector. Antes de que el telescopio fuera aplicado a los instrumentos de medición de ángulos, la mirilla servía para fijar la visual en la mayoría de los instrumentos en la topografía de minas y de predios. (fig. 3). Los

instrumentos de este tipo permitieron a los primeros topógrafos norteamericanos realizar el trazo de linderos y a los ingenieros civiles localizar los primeros canales y ferrocarriles.

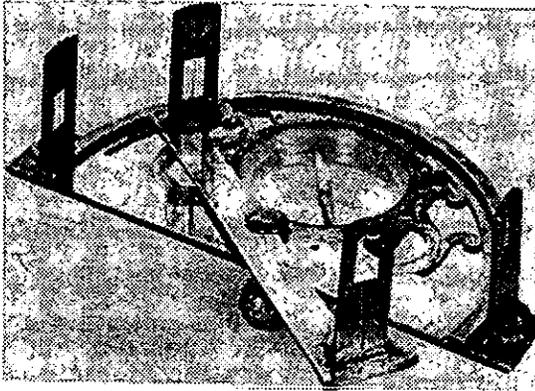


Figura 2. Semicircunferector

El tránsito. Dos norteamericanos, Draper y Young, trabajando independientemente en los primeros años del siglo XIX (hacia 1830), reunieron en un instrumento (fig. 4) las características esenciales de los antiguos artefactos medidores de ángulos, incluyendo la capacidad del telescopio de ser invertido sobre sus soportes sin levantarlo de ellos. Ese instrumento por largo tiempo conocido como tránsito, fue después perfeccionado y adquirió gran importancia en los trabajos topográficos. Una versión refinada del tránsito, es el teodolito. (fig. 5).

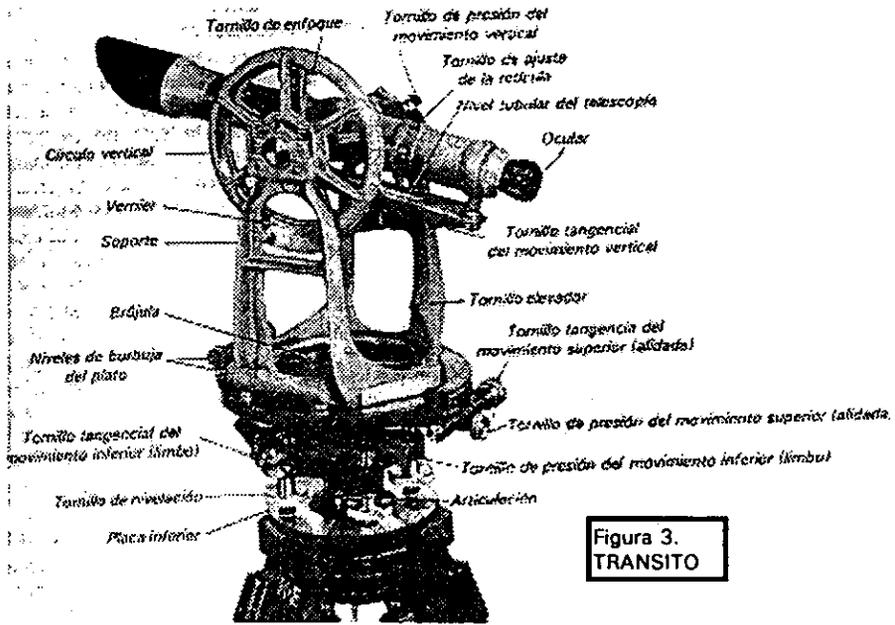


Figura 3.
TRANSITO

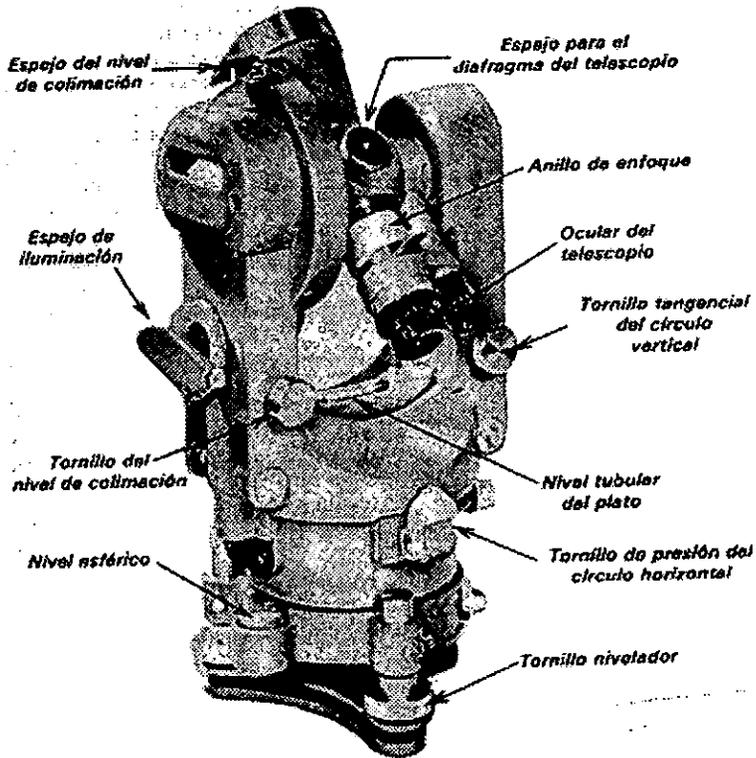


Figura 4
Teodolito

Los requerimientos militares de las dos guerras mundiales y de otros conflictos subsecuentes, han proporcionado mucha de la motivación necesaria para realizar considerables mejoras en el diseño de equipo topográfico y en la ejecución de toda clase de trabajos topográficos. Además, la ciencia y la tecnología modernas han estimulado el desarrollo, en tiempos de paz, de varios tipos de estudio topográficos, con el fin de obtener los datos indispensables en forma más eficiente y económica. Por lo que es de vital importancia la necesidad de desarrollar y mantener un inventario actualizado y confiable de los recursos físicos del país.

Así hasta mediados del siglo XX, uno de los problemas fundamentales y difíciles de la topografía era la determinación precisa de las longitudes de líneas muy

largas, empleadas en algunos trabajos de poligonación o como bases para el control de escala en sistemas de triangulación, ya que no había alternativa para el laborioso y costoso procedimiento de transferir metódicamente al terreno, longitudes sucesivas de una cinta calibrada. Cuando se realizaban con habilidad, dichas mediciones eran lo bastante precisas para satisfacer las normas más estrictas de los trabajos geodésicos. Así, buscando un método menos costoso y más rápido para la medición precisa de líneas de gran longitud, se estimuló la investigación en el área de la electrónica aplicada a la metrología de distancias.

El desarrollo de un dispositivo electro-óptico para la medición de distancias por parte del geodesta sueco Erik Bergstrand, en 1947, fue consecuencia de un experimento para calcular la velocidad de la luz. Al terminar con éxito el proyecto, con la determinación de un valor confiable para dicha velocidad, el proceso de investigación se invirtió y su nuevo objetivo fue la medición de distancias. La invención del geodímetro por Bergstrand inició la era de la medición electrónica de distancias, comúnmente abreviada como EDM por sus siglas en inglés. El nombre de este instrumento, que mide distancias por medio de un rayo de luz altamente colimado, proyectado hasta un reflector distante, se formó con las palabras GEOdetic Distance Meter (Medidor geodésico de distancias). Fue el predecesor de una amplia variedad de instrumentos electrónicos que han revolucionado la determinación de distancias, tanto para trabajos ordinarios como para aquéllos de precisión excepcional.

El principio fundamental de operación de todos los equipos electromagnéticos de medición de longitudes, se basa en que la distancia es igual al producto de la velocidad por el tiempo. Por lo tanto, si se conoce la velocidad de una onda de radio o de luz, y se conoce también el tiempo requerido para que esa onda viaje de un punto a otro y así podrá calcularse la distancia correspondiente.

La Operación Tormenta del Desierto puso a prueba algunas tecnologías norteamericanas relacionadas con la guerra, como fueron algunos misiles, centros

de radar y el sistema de posicionamiento global (GPS). Este último a diferencia de las demás armas bélicas, tiene ahora una función no militar. Su exacta información de posición está siendo utilizada por la navegación y por los ingenieros topógrafos .

A continuación se mencionan diversos elementos y temas que inciden en el método Fotogramétrico. Asimismo, debido a la importancia de observar el camino recorrido desde la concepción de la fotografía hasta sus últimos alcances, se inicia con algunos antecedentes.

Respecto al origen de la fotografía, según la historia, ésta se remonta a la edad media, cuando los ingleses Francis Bacon y Alhazen construyeron un cuarto oscuro con un pequeño orificio en una de las paredes, con el objeto de proyectar imágenes con la luz que por allí pasaba.

Posteriormente, en el siglo XVI, el físico italiano Giacomo Della Porta mejoró el descubrimiento haciendo una cámara oscura, la cual era de tamaño mas pequeña, la cual después fue utilizada por los dibujantes y arquitectos de aquel tiempo para el trazado de diseños y perspectivas.

Tiempo después, tras los estudios de Wilhelm Scheele en cuanto a la acción de la luz sobre ciertos productos, el francés Jacques Charles obtuvo la primera silueta en un papel emulsionado, impregnando sales de nitrato de plata sensibles a los rayos luminosos. Sin embargo, la fórmula química que permitía fijar una imagen de modo permanente fue patentada por Nicéphore Niepce, en 1823. Más tarde, éste se asocia con Louis Jacques Mandé Daguerre, pintor de la escenografía del teatro parisino, y explotan comercialmente ese proceso revolucionario conocido como daguerrotipo, basado en dos ciencias: la física y la química, puesto que las imágenes nítidas se conseguían a través de una lente convergente en lugar del

orificio, y porque la luz actúa sobre las sales de plata, formando una imagen permanente.

Después de innumerables intentos, Henry Fox Talbot inventó un sistema con el cual se obtuvieron fotografías, así como el negativo para imprimir las copias deseadas. Los negativos de Talbot, a diferencia de los actuales hechos en celuloide, eran de papel y se llamaban calitipos; para tener los duplicados, los negativos se sometían a un baño de nitrato de plata y luego se revelaban y se fijaban, la copia se generaba por contacto a la luz del sol. Con esto se inició un proceso que permitiría un mejor conocimiento mutuo de los pueblos, pues comenzaron a circular publicaciones en las que aparecían tal cual eran.

En 1863, los experimentos del alemán Herman Vogel dieron como resultado la fotografía a color, que, igualmente, vino a revolucionar este campo, haciendo que la imagen se asemejara aún más a la realidad.

El desarrollo de la fotogrametría ha estado ligado al de las cámaras, materiales y procesos fotográficos, y al de la aviación.

El surgimiento de la fotografía aérea data de 1858; en ese año un francés llamado Nadar tomaba fotos de París desde un globo aerostático, para ese entonces ya se contaba con aparatos que tuvieron características estereoscópicas útiles para observar los relieves en grabados y fotografías.

Sin embargo, fue a partir de 1850 cuando la fotogrametría adquiere el carácter de disciplina científica y comienza a desarrollarse substantivamente.

Se distinguen cuatro períodos en su evolución histórica. El primero comprende de 1850 a 1900, y se identifica como el de elaboración de sus fundamentos académicos; el principal fundador de la entonces denominada metrofotografía fue

el coronel francés Aimé Laussedat, que llevó a cabo en 1848 los primeros experimentos que involucraban principios fotogramétricos con fines cartográficos; trató de obtener, aunque con limitado éxito, fotografías desde globos.

Los siguientes quince años corresponden a la segunda fase, al final de la cual se observan dos hechos cruciales: la aplicación de la fotogrametría terrestre a planos de escalas grandes y la invención del avión, que dio lugar a la fotografía aérea, con cámaras de eje vertical, aplicables a planos de escala chicas.

La tercera etapa abarca de 1915 a 1930; por aquel entonces, la Primera Guerra Mundial aceleró los adelantos en campo del diseño de otros instrumentos que permitieron la restitución del terreno y la proyección de imágenes. Las fotografías se empleaban, sobre todo, para adquirir información de reconocimiento. De 1930 en adelante comienza el cuarto período, marcado por el amplio uso que se le dio a la fotogrametría aérea durante la Segunda Guerra Mundial (la organización de las operaciones militares se basó en las aportaciones de cobertura de inmensos territorios con las imágenes registradas desde un avión). Desde entonces, las mejoras en las capacidades de medición de los instrumentos fotogramétricos y en las técnicas operativas han ido al parejo con los avances en la fotografía. Asimismo, esta fase se caracteriza por la aplicación de distintos métodos para la navegación aérea, y por el progreso que se registró acorde con los avances de la óptica, la electrónica y la cibernética.

En nuestro país, la fotogrametría tiene sus antecedentes en las décadas de 1920 y 1930, fecha en que se trabajó con fotografías aéreas, siendo uno de sus pioneros el Ingeniero Luis Struk, quien más tarde instaló una compañía particular para efectuar dichos trabajos. Alrededor de 1945, La Secretaría de la Defensa Nacional y la Dirección de Geografía y Meteorología aplican esta disciplina en sus tareas. Posteriormente, en 1968 se creó la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), organismo que desarrolló labores de fotogrametría

aplicados a la cartografía, la cual después se constituyó en Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) y, por último, en 1983 se convirtió en la Dirección General de Geografía (DGG), misma que forma parte del INEGI desde ese año.

2.2.- TOPOGRAFÍA.

Definición . La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar la posición de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas, según la distancia, elevación y dirección para ello, estos tres elementos, pueden conjugarse como sigue:

- dos distancias y una elevación, o
- una distancia, una dirección y una elevación

Para distancias y elevaciones, se emplean unidades de longitud en sistema métrico decimal y para direcciones, se utilizan unidades en grados sexagesimales

El conjunto de actividades necesarias para determinar la posición de puntos y su representación en un plano, es lo que se llama levantamiento, que generalmente tienen por objeto el cálculo de superficies y la representación, en planos, de las medidas tomadas en campo.

Los procedimientos topográficos implican mediciones lineales y angulares, las unidades sexagesimales para medición angular son el grado el minuto y el segundo. Así, tenemos que en una superficie plana, el ángulo que se forma al rededor de un punto es de 360° .

La unidad de medida lineal es el metro, el cual se subdivide en las siguientes unidades:

1 decímetro (dm) = 0.1 metro

1centímetro(cm) = 0.01 metro

1 milímetro (mm) = 0.001 metro

Existen varios tipos de levantamientos, los cuales pueden ser topográficos geodésicos. Los primeros son aquellos que se realizan sin considerar la curvatura de la tierra y los segundos sí consideran este aspecto.

Los levantamientos topográficos son los de interés en este capítulo y dentro de los de mayor aplicación se encuentran los siguientes:

- * Levantamiento de terrenos en general. Tiene por objeto conocer la planimetría y la altimetría, marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligándolos con otros levantamientos para proyectar obras y construcciones.
- * Levantamientos de vías de comunicación. Se utiliza para estudiar y construir caminos, vías férreas, líneas de transmisión, etc.
- * Levantamientos de minas. Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras hechas sobre la superficie de la tierra.
- * Levantamientos catastrales. Tienen por objeto el trazo y la medición de la longitud y dirección de cada una de las líneas que constituyen los límites de propiedades y así mismo conocer las superficies de las áreas.
- * Levantamientos topográficos para apoyo terrestre de los levantamientos aerofotogramétricos. Son las poligonales de las cuales se obtienen determinados puntos identificados en las aérofotos, las coordenadas x, y, z, utilizadas para la restitución o elaboración de los planos o mapas.

De los cinco levantamientos mencionados el de terrenos en general y los catastrales son los que se llevan a cabo en la medición de los ejidos, pues se ubican dentro de dos ramas de la topografía útil a los objetivos: Plana, que supone que la base de referencia para el trabajo de campo y los cálculos se realizan sobre una superficie plana horizontal y, agrimensura, que es la rama de la topografía que permite establecer la delimitación de las propiedades, sus vértices, linderos, colindancias y áreas de los predios.

Para llevar a cabo un levantamiento topográfico, es necesario conocer las claves o tipos de mediciones existentes, los conceptos de ángulo, rumbo y acimut, el tipo de registros que se deben de llevar, así como los métodos de medición a emplear y la planeación del trabajo de campo.

Tipo de mediciones y errores. En un levantamiento topográfico se requieren efectuar diferentes actividades, entre las cuales las mediciones juegan un papel muy importante. Se deben definir la cantidad, tipo y técnicas de medición, así como verificar las mediciones para llegar a un resultado satisfactorio.

Para medir es necesario realizar varias operaciones elementales, como la preparación del instrumento (montaje y ajuste) el centrado (que consiste en ubicar el instrumento justamente en el punto a partir del cual se va a medir), la determinación de los puntos a medir, el visado, la fijación de comparación y la lectura. El resultado de estas operaciones es el que genera un valor numérico que se conoce como medición u observación .

De lo anterior se desprende que la medición es algo indirecto, aunque se pueda pensar que debido a su sencillez es algo directo. Para reafirmar esto, se puede considerar la sencilla tarea de medir con una regla la longitud de una línea; esta operación incluye varios pasos: colocar la regla, alinearla, respecto al punto donde finaliza la línea a medir y observar el valor que aparece sobre la parte derecha de la regla, respecto al punto donde finaliza la línea a medir. Aquí el valor que se tiene restando cero a la segunda lectura es lo que se llama medición, aunque en realidad se hicieron dos alineamientos. Aún cuando el valor inicial no sea cero, restando este valor al segundo se obtiene la medición como se muestra en el siguiente ejemplo:

Línea a medir

valor inicial = 6 cm.

valor final = 11.3 cm

valor de la medición = $11.3 \text{ cm} - 6 \text{ cm} = 5.3 \text{ cm}$.

Otra situación bastante frecuente es la que se refiere a las observaciones para determinar un ángulo; éste se puede obtener a partir de dos mediciones. En los casos en los que se requiere la medición tanto de las direcciones como de los ángulos debe considerarse siempre que un ángulo es la diferencia entre dos direcciones.

De manera similar al ejemplo de la medición de una línea, el ángulo se puede obtener directamente si el primer punto (o dirección) se toma de manera específica como cero, así, la lectura de la segunda dirección será el valor del ángulo y puede considerarse como la observación (o medición del ángulo).

Existen cinco tipos de mediciones en la topografía plana basados en ángulos y distancias: a) ángulos horizontales, b) distancias horizontales; c) ángulos verticales; d) distancias verticales y e) distancias inclinadas.

Para entender en que consisten cada uno de estas cinco clases o tipos de medición, supongamos que quieren conocer los ángulos y distancias de un espacio tridimensional. La situación se presenta como sigue:

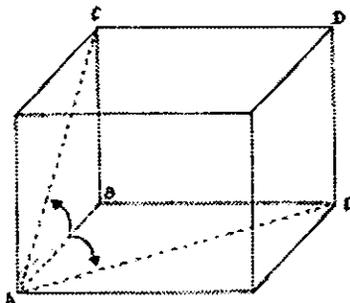


Figura 5 espacio tridimensional

Para este caso, las distancias horizontales se refieren a las mediciones hechas de los puntos AB y AE y el ángulo horizontal sería el resultado de la medición ABE. Cabe señalar entonces que esas dos direcciones requeridas para obtener el ángulo estarían representadas por los puntos B y E, ya que se considera que el punto base para la medición es el A.

Las distancias verticales estarían dadas por la medición de los puntos BC y DE, y el ángulo vertical se formaría por la medición ABC.

La distancia inclinada estaría representada por los puntos AC, ya que siempre se determinan según planos inclinados respecto a la horizontal.

Las mediciones siempre están sujetas a diversas variaciones, que se presentan aún cuando las condiciones para medir permanezcan sin cambio.

La causa de estas variaciones se deben a que ninguna observación puede repetirse de manera idéntica, por lo que se producen variaciones en los resultados. Por ello, se puede afirmar que ninguna medición ofrece un valor verdadero, lo que realmente se obtiene es una estimación del valor verdadero y la diferencia entre la medición y el valor verdadero se conoce como error.

Los errores que se presentan en las mediciones son de tres clases: naturales, instrumentales y personales. Los primeros son ocasionados por variaciones del viento, la temperatura, la humedad, la refracción de la luz, la gravedad y la declinación magnética. Los errores instrumentales resultan de cualquier imperfección en la construcción o ajuste de los aparatos y del movimiento de sus partes. Los terceros se deben a las limitaciones de los sentidos humanos o de conocimiento del personal que realiza los levantamientos.

Estas tres clases de errores se conocen como errores sistemáticos y pueden minimizarse a través de dobles mediciones y la distribución del error entre todas las mediciones de un mismo polígono, lo que se conoce como método de compensación.

La medición de distancias es la base de toda la topografía, aún cuando los ángulos puedan obtenerse con precisión, tiene que medirse por lo menos la longitud de una línea para complementar la medida de ángulos. Aunque en los levantamientos topográficos es muy frecuente que se observen distancias en pendientes, estas distancias se transforman después en una proyección horizontal para utilizarlas más convenientemente en los cálculos subsecuentes y en el trazo en campo.

Existen varios métodos para determinar la distancia entre dos puntos, que en orden de precisión ascendente son: La estimación de la distancia, la medición a escala sobre un plano, la medición a pasos, el odómetro, la taquimetría que se realiza visando a través de un tránsito y estadal, la medición con cinta la fotogrametría y la medición electrónica de distancia.

Cuadro 1. Métodos para estimación de distancias

MÉTODO	PRECISIÓN RELATIVA a*	USO
A pasos odómetro o registrador de millas	1/100	Reconocimiento, planimetría a escala pequeña, revisión de medición de distancias, levantamientos por cuantificación.
Medición ordinaria	1/3 000 1/5 000	Poligonales para levantamientos de terrenos con cinta y para levantamientos topográficos de control de ruta y construcción.
Medición precisa	1/10 000 1/330 000	Poligonales de levantamientos en ciudades, líneas con cinta base para Triangulación de baja precisión y levantamientos de construcción que requieren altas precisiones
Fotogrametría	1/10 000 1/100 000	Localización de detalles para planimetría topográfica, poligonales de control terrestre de segundo y de tercer orden.
EDM**	0.02 o 6 mm 1 ppm	Poligonación, triangulación y trilateración levantamientos de control de todos los tipos y para levantamientos de la construcción.

a* La precisión relativa puede definirse como la relación de la desviación estándar permitida respecto a la distancia.

** EDM (Electronic Distance Medición) Medición electrónica de distancias

Fuente: INEGI, Manual de conceptos básicos, 1994

Como se mencionó anteriormente, recientemente se ha desarrollado la medición electrónica de distancias (EDM por sus siglas en inglés) mediante instrumentos especiales que pueden ser electro-ópticos (ondas de luz) y electromagnéticos (microondas). El principio básico de estos tipos de aparatos, consiste en la determinación indirecta del tiempo que requiere un rayo de luz para viajar entre dos puntos. Un ejemplo de estos aparatos es la Estación Total (ET), equipo de alta precisión, la cual se integra por un teodolito y un distanciómetro electrónico; el teodolito tiene como función la medición de ángulos horizontales y verticales, y el distanciómetro para la medición de las distancias, determinando las coordenadas (x, y, z) que son capturadas en una tarjeta electrónica integrada al instrumento o en una memoria externa Libreta Electrónica (LE). El equipo se complementa con un prisma que se coloca en balizas o tripies.

El instrumento se coloca en un punto y emite un rayo infrarrojo al reflector el cual estará colocado en el otro extremo de la línea por medirse(prisma)actuando como un espejo regresa el rayo de luz al instrumento, en donde se lleva a cabo la comparación de fase entre el rayo proyectado y el reflejado. La velocidad de la luz sirve como base para el cálculo de la distancia. Para que se puedan llevar a cabo las mediciones deberá existir visibilidad entre el instrumento emisor y el reflector del rayo (figura 6).



Figura 6. Emisor y reflejante

Los aparatos electromagnéticos utilizan una transmisión de microondas de alta frecuencia. Para llevar a cabo una medición se usan dos instrumentos intercambiables, que se instalan uno a cada extremo de la línea por medirse. El instrumento que envía la señal transmite una serie de microondas que corren a través de los circuitos de la unidad receptora y se retransmiten a la unidad original, desde la que se enviaron, la cual mide el tiempo que se requirió en el procedimiento. Las distancias se calculan con base en la velocidad de las ondas de radio. Se necesita que la trayectoria de la medición entre los dos instrumentos, no tenga obstáculos; sin embargo, no se necesita que los instrumentos sean visibles entre sí y, en consecuencia, pueden realizarse observaciones bajo niebla y en presencia de otras condiciones climatológicas desfavorables.

Las características generales de la Estación Total (ET) son : tiene alcance que va de 800 m. hasta 14 km., dependiendo del número de prismas e intervisibilidad. El tamaño y el número de los prismas definen tanto la precisión como las distancias máximas, de acuerdo con la potencia de la fuente de radiación utilizada. Las características de precisión están dadas por los lados del cristal del prisma, cuyas caras deben ser perfectamente paralelas, así como por la perpendicularidad precisa de las caras. (figura 7).



Figura 7. Estación total. (modelo SET2B)

Dependiendo del modelo de equipo, estos tienen una precisión de 0.5" a 3"; cuenta también con un sistema de fórmulas matemáticas que sirven para resolver en campo problemas de medición, además de contar con un módulo de registro. Algunos equipos incluyen Libreta Electrónica (LE), compuesta por teclas con claves alfanuméricas. Los equipos se clasifican en integrales y modulares. Los primeros contienen el distanciómetro fijo, mientras que a los segundos se les puede adaptar.

Las ventajas de utilizar estos aparatos son:

- Agiliza los trabajos de campo requiriendo menos tiempo en ellos.
- Abate los tiempos de operaciones de cálculo en gabinete

- Requiere poco personal en la brigadas

- Reduce al máximo los errores humanos y da las distancias corregidas de errores por factores meteorológicos y reducidas al horizonte

- Los registros de campo se pueden hacer en las libretas tradicionales o en libretas de campo electrónica o tarjeta magnética. En el caso de los registros electrónicos pueden pasarse todos los datos a una computadora para ser procesados y tener también todos los cálculos de gabinete que son precisos y rápidos

- Se puede salvaguardar toda la información en una memoria interna

- Las mediciones grabadas en un medio magnético no pueden ser modificadas o accidentalmente borradas con lo que se preserva su información.

Las desventajas son:

- La radiación que produce el suelo en longitudes de onda, tanto de luz visible como el infrarrojo, causan lecturas diferentes de una misma medición.

- La distancia máxima ideal puede no ser determinada, debido a los factores atmosféricos, temperatura, refracción, absorción y dispersión de partículas del polvo, humos, vapor de agua, lluvia, etc.

- Su manejo tanto en campo como en gabinete, debe ser realizado por personal altamente calificado. Esto es por la sensibilidad del instrumento. cuadro 2

Cuadro 2. Características técnicas de las Estaciones Totales

Marca	Modelo	Precisión angular	1 prisma	3 prismas	Medición de distancias	
					tiempo	precisión
Geotronics	S20	2"	1600m	2300m	3.5"	= (3mm + 3ppm)
Wild	TC 1610	1.5"	2500m	3500m	3.0"	= (3mm + 3ppm)*
Nikon	Top Gun A5	2"	2000m	2700m	3.0"	= (2mm + 2ppm)
Pentax	PTS- 11105	3"	1800m	2600m	4.0"	= (5mm + 3ppm)
Sokkia	SET 20	2"	2400m	3100m	4.9"	= (3mm + 2 ppm)
TopCon	GTS- 301	2"	2400m	3100m	2.5"	= (3mm + 2ppm)
Zeiss	REC ELTA3	2"	2300m	2900m	4.5"	= (3mm + 3ppm)

*Con distanciómetro Distomat D/1600

Fuente: INEGI. Manual de la brigada de medición

Ángulos, Declinación Magnética, Rumbos y Acimutes.

La localización de puntos y la orientación de líneas generalmente dependen de la medida de ángulos y direcciones. En topografía, las direcciones se expresan por rumbos y acimutes.

Ángulos

Los ángulos que se miden en topografía se clasifican en horizontales y verticales, dependiendo del plano en el que se midan. Los ángulos horizontales son las medidas básicas que se necesitan para determinar rumbos y acimutes.

Los ángulos se miden directamente en campo con una brújula, teodolito o a través de los aparatos de medición electrónica de distancias (EDM por sus siglas en ingles). Un ángulo puede medirse en relación de valores conocidos de un triángulo u otra figura geométrica simple.

Existen tres elementos básicos que determinan un ángulo, estos son:

- 1.- La línea de referencia
- 2.- El sentido de giro
- 3.-La amplitud o valor de ángulo

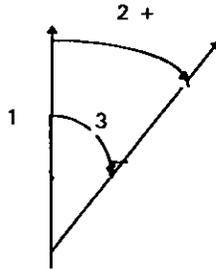


figura 8 Características de un ángulo

Los ángulos verticales se aplican constantemente en levantamientos taquimétricos. Conforme se va levantando una poligonal o un trazo determinado se lleva el control vertical y horizontal, si dichos trabajos así lo requieren, según se observa en la figura 9

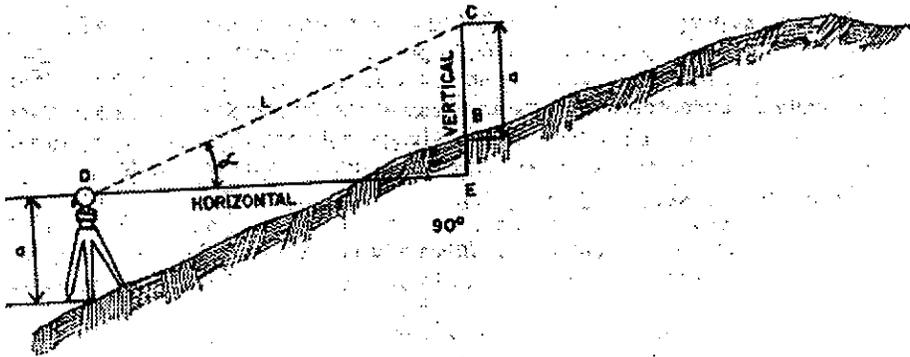


FIGURA 9 Control vertical y horizontal

En donde:

E = Distancia horizontal

L = Distancia inclinada

α = Ángulo de inclinación.

Para calcular la distancia horizontal se realiza la siguiente ecuación:

$$E = L \cos \alpha$$

Para calcular la distancia vertical:

$$V = L \sin \alpha \quad (\text{diferencia de nivel entre A y B})$$

Los ángulos horizontales que se miden con mayor frecuencia son:

- 1.- Ángulos interiores.
- 2.- Ángulos exteriores.
- 3.- Ángulos por deflexión.

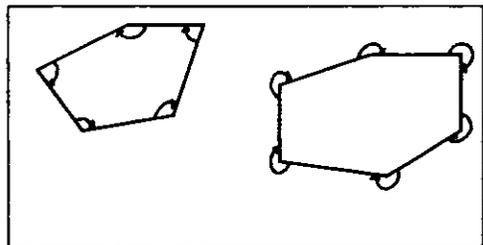


Figura 10. Ángulos interiores y exteriores

Los ángulos interiores son los ángulos que quedan dentro de un polígono y los ángulos exteriores los que quedan fuera del polígono. La suma de los ángulos interiores es igual a $(180)(n - 2)$ y los ángulos exteriores es igual a $(180)(n + 2)$ en donde n es igual al número de vértices.

Los ángulos por deflexión o deflexiones se miden ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda a partir de la prolongación de la línea de atrás y hacia el punto de adelante. Estos ángulos son siempre menores a 180° . Por las características del programa de catastro, en el que se trabajará siempre con polígonos cerrados, las deflexiones no serán utilizadas. figura 11.

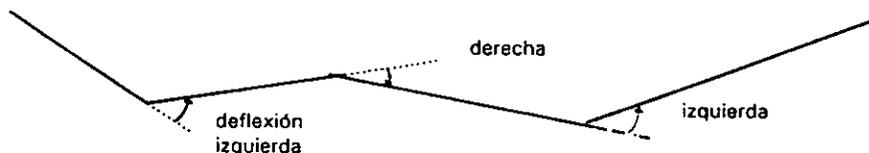


Figura 11. Ángulos por deflexión.

La dirección de una línea es su ángulo horizontal medido desde una línea de referencia establecida, a la que se llama meridiano de referencia. La línea que se adopta generalmente es el meridiano verdadero (o geográfico) o bien el meridiano magnético. Cuando no se dispone de estas líneas de referencia puede seleccionarse un meridiano supuesto y posteriormente establecer su relación con el meridiano verdadero o con el magnético.

El meridiano verdadero para cualquier punto de la superficie de la tierra, es propiamente el círculo máximo que pasa por ese punto y por los polos geográficos norte y sur .figura12 .

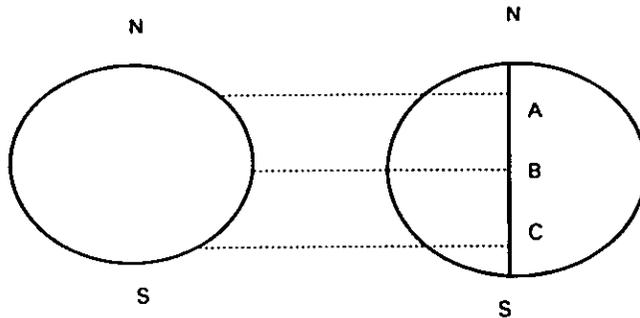


Figura 12. Meridiano verdadero

Declinación Magnética.

Se llama declinación magnética, al ángulo que forma el meridiano astronómico o norte verdadero y el norte señalado por el aguja magnética, pudiendo ser oriental (E) u occidental (W), considerándose el primero como positivo (+) y el segundo como negativo (-). Este ángulo no es constante en todos los lugares de la tierra ya que varía con la longitud y latitud. En nuestro país varía desde + 6° E al oriente de la Península de Yucatán, hasta + 15° E en Baja California Norte.

Rumbo

Es el ángulo que forma una línea con el eje norte-sur de 0° a 90°; a partir del norte o del sur y hacia el este (E) o el oeste (W).

Los rumbos son un medio para establecer direcciones de líneas con respecto a un meridiano dado. El ángulo se mide ya sea desde el norte o desde el sur y hacia el este o el oeste, y su valor no es mayor de 90°. El cuadrante en el que se encuentra se indica comúnmente por medio de la letra N o S precediendo al valor numérico del ángulo y la letra E o W enseguida de dicho valor. figura 13

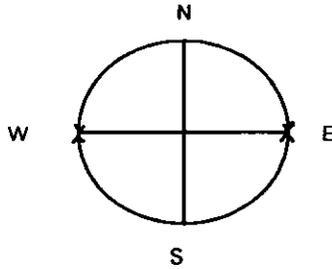


Figura 13. Cuadrantes

Los rumbos pueden ser directos o inversos. Suponiendo que en líneas sucesivas formadas por los puntos A, B, C y D, se miden los rumbos, resultaría que las líneas AB, BC y CD serían los rumbos directos (o hacia delante); los inversos serían BA, CB, y DC. Ambos rumbos tienen igual valor pero se localizan en el cuadrante opuesto; es decir que si el rumbo de AB es $N50^\circ E$, el inverso sería $S50^\circ W$. figura 14.

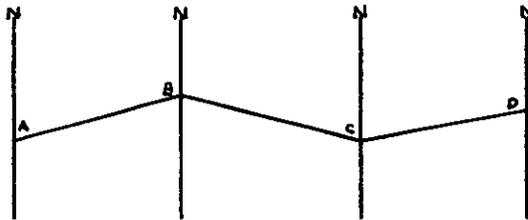


Figura 14. Ángulos inversos

Acimut

Los acimutes son ángulos horizontales medidos desde cualquier meridiano de referencia y en el sentido en que giran las manecillas del reloj. En topografía plana, el acimut se mide a partir del norte. Al igual que el rumbo, el acimut puede ser verdadero, magnético o supuesto, en función del meridiano de apoyo que tenga cualquier de esas tres características. Los acimutes pueden tener valores entre $0^{\circ}-00'-01.1''$ y $359^{\circ}-59'-59.9''$, y también pueden ser directos o inversos. Es decir, cuando el acimut directo de una línea es mayor de 180 , el acimut inverso estaría dado por el valor del directo menos 180 .

Acimut directo de una línea AB = 220

Acimut inverso de esa línea AB = $220 - 180 = 40$

Si el valor del acimut es menor a 180 , el inverso sería igual a la suma del acimut directo mas 180.

Un termino muy común en las mediciones de los levantamientos topográficos, es el de precisión relativa, el cual se refiere a la relación o proporción que existe entre la precisión de una medición dada y el valor de la medición en si. Entonces si D es la distancia medida y O es la desviación de la medición, la precisión relativa será O / D .

La precisión relativa es una cantidad que puede expresarse como un porcentaje o una proporción fraccionaria como $1/500$ o $1/ 10\ 000$, o como partes por millón (ppm). Esta ultima, es la que utilizan los equipos de medición electrónica de distancias (EDM por sus siglas en ingles) de gran precisión en la medición de las distancias.

Los acimutes y los rumbos presentan las siguientes características:

RUMBO

- Varía de 0° a 90°
- Se indica con dos letras y un valor numérico.
- Pueden ser verdaderos magnéticos, de cuadrícula, arbitrarios, directos o inversos
- Se miden en el sentido de giro del reloj y en sentido contrario.
- Se miden desde el norte o desde el sur (según el cuadrante).

ACIMUTES

- Varía de 0° a 360°
- Se indica con un valor numérico
- Pueden ser verdaderos magnéticos, de cuadrícula, arbitrarios, directos o inversos.
- Se miden en el sentido de giro de las manecillas del reloj.
- Se miden solo desde el norte.

CUADRANTE	ORIENTACIÓN	ACIMUT	RUMBO
PRIMERO	NE	0° A 90°	VALOR = ACIMUT
SEGUNDO	SE	90° A 180°	$180^\circ - \text{ACIMUT}$
TERCERO	SW	180° A 270°	$\text{ACIMUT} - 180^\circ$
CUARTO	NW	270° A 360°	$360^\circ - \text{ACIMUT}$

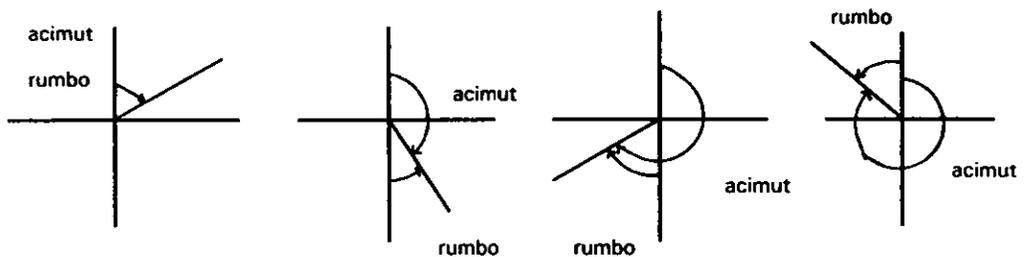
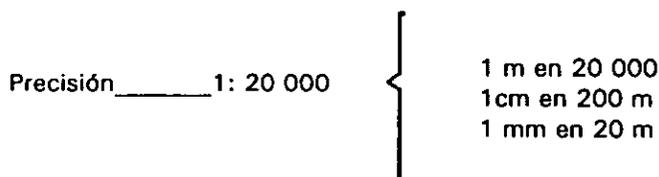


Figura 15. Rumbos y acimutes

El error en distancias se expresa normalmente como una precisión relativa, de tal manera que una precisión 1/1000 o una parte de mil, significa que obtendríamos un error de un metro en una distancia medida de 1000 m o 0.5m en 500 m. En el caso de la precisión en la medición de ángulos, no es posible igualarlas respecto a las distancias; sin embargo, los levantamientos deben realizarse de tal manera que la diferencia entre las precisiones angular y de distancias no sea tan grande. Para esto, es importante conocer que un error angular de 01' corresponde a un error lineal de alrededor de 2 cm. en 100m

Conociendo el numero de vértices de un polígono a levantar (6), así como la precisión con la que debemos de realizar el levantamiento, en este caso 1:20 000, para el perímetro del polígono, se deben conocer las tolerancias lineal y angular antes de salir a campo a realizar el levantamiento.



Se desea levantar una poligonal cerrada con un aparato de 2" de aproximación, se requiere también una precisión lineal mínima de 1:20 000.

Se realizo el levantamiento y se obtuvieron los siguientes resultados:

Vértice	Ángulo horizontal	Longitud
1	135° 10' 03"	266.82
2	145° 05' 07"	300.00
3	100° 09' 22"	250.00
4	110° 03' 12"	120.00
5	115° 17' 08"	360.00
6	114° 15' 04"	64.12
	719 ° 59' 56"	1360.94 m

a) cálculo de cierre angular (error angular)

Ángulos interiores = $180 (N-2)$

Ángulos exteriores = $180 (N+2)$

Para este caso $180^\circ (6-2) = 180^\circ (4) = 720^\circ 00' 00''$

Comprobación de cierre angular: $720^\circ 00' 00''$
Comprobación de ángulos int. = $719^\circ 59' 56''$
Error angular = $00^\circ 00' 04''$

b) Cálculo de tolerancia angular

El error angular permisible se obtiene de la formula:

$$A \sqrt{N}$$

A = Precisión del aparato

N = Numero de lados.

Para este caso = $2'' \sqrt{6} = 4.9''$

Error angular $04'' <$ la tolerancia $4.9''$

c) Cálculo de precisión lineal

La longitud medida (suma de lados del polígono) = 1 360.94m

Las coordenadas de salida $x = 1000$

$y = 1000$

Las coordenadas de llegada $x = 999.94$

$y = 999.94$

$$1000 - 999.94 = 0.06 \text{ m}$$

Entonces el error = 0.06 m + 1360.94 m (longitud) = 1 361.00 m (longitud real)

El requerimiento de precisión es de 1:20 000

1 m en 20 000 m

1 cm en 200 m

1 mm en 20 m

La tolerancia lineal se obtiene aplicando una regla de tres:

$$\begin{array}{r} \text{si: } 1 \text{ cm.} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 200.0 \text{ m.} \\ \quad \quad \quad \times \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1,360.9 \text{ m.} \\ \hline = 6.8 \text{ cm.} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.068 \text{ m.} \end{array}$$

La tolerancia lineal permisible (calculada) es de 0.068 m y el error obtenido en la medición es de 0.060 m.

Según se observa en los resultados que la poligonal fue medida dentro de la tolerancia permitida.

2.3. GEODESIA

La geodesia puede definirse como la ciencia que se ocupa de las investigaciones para determinar la forma y las dimensiones exactas de la tierra, así como la localización precisa de puntos sobre la superficie de la tierra.

La figura de la tierra puede tener varias interpretaciones; para nosotros, la imagen aparente es la que nos proporciona la superficie topográfica real, con sus montañas, valles y otras formaciones tanto continentales como oceánicas. Es en esta superficie donde se realizan las mediciones, pero por la irregularidad de su forma, esta no es propicia para obtener cálculos matemáticos.

Por ello, la superficie terrestre interesa a la geodesia, debido a la influencia que los accidentes del terreno tienen sobre la fuerza de gravedad. Se busca entonces una figura compensada o nivelada de la tierra la cual teóricamente se podría obtener si removemos toda la topografía de la tierra sobre el nivel medio del mar, por ser esta una superficie un poco más uniforme.

Cuando la distancia es corta, la visual es paralela con la superficie nivelada y perpendicular a la dirección del campo gravitacional en el punto de observación

(vertical total) tal y como se definiría en un nivel de burbuja. Cuando la distancia observada es larga, la visual ya no es paralela con la superficie nivelada y tampoco existe perpendicularidad con la dirección del campo de gravedad en todos los puntos de la visual. Por tanto si se hacen observaciones en un número infinito de puntos se formaría una superficie nivelada continua.

De lo anterior, se desprende el concepto superficie nivelada de la Tierra que esta intrínsecamente ligado al de gravedad. Esta superficie nivelada se llama geoide y puede decirse que corresponde al nivel del mar. Sin embargo el geoide no coincide exactamente con la superficie real del mar, aun cuando es mas llano que la superficie topográfica, sigue teniendo elevaciones y depresiones debido a las diferentes fuerzas que actúan sobre los océanos como la atracción centrifuga y otras.

Hay dos características importantes del geoide; la primera es que el potencial gravimétrico es el mismo en todos sus puntos y la segunda es que la dirección de la gravedad siempre es perpendicular al geoide. Esta última es muy importante pues define la dirección de la plomada del equipo topográfico, de tal forma que cuando se usa un instrumento con nivel de burbuja, ésta quedará tangente a la superficie geoidal en el punto en que está instalado en el instrumento.

Con el objeto de simplificar los cálculos de las posiciones sobre la superficie terrestre, se ha establecido un marco de referencia matemático o superficie matemática simple que se parece mucho a la real de la tierra.

La figura de la tierra, aún cuando es aproximadamente esférica, no es exactamente una esfera porque está ligeramente achatada en sus polos y se abulta cerca del ecuador. La forma de la tierra se representa matemáticamente con más precisión por un elipsoide de revolución que se genera al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor.

El tamaño de un elipsoide se designa generalmente por un radio del ecuador, este radio se llama semi-eje mayor y se designa con la letra a ; la forma del elipsoide está dada por el achatamiento f . El achatamiento indica en que medida el elipsoide se acerca a la esfera, siendo la diferencia real con respecto a la esfera muy pequeña. (figura 16).

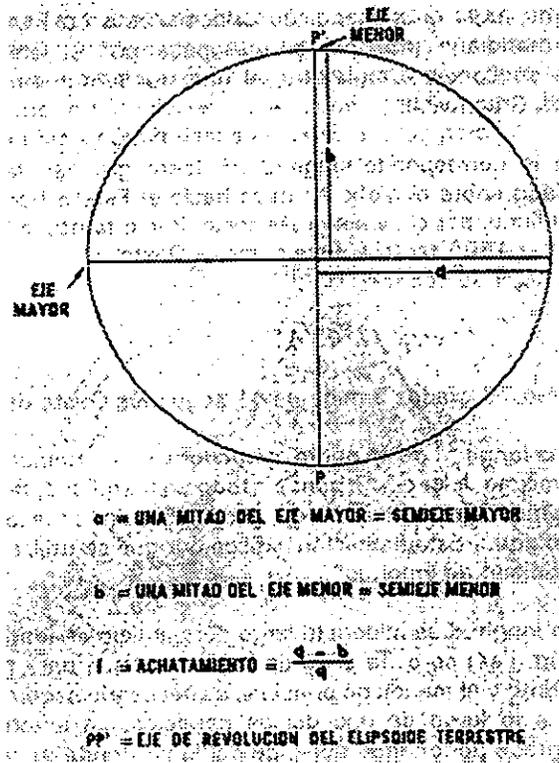


Figura 16. Elipsoide

Todos los puntos sobre el elipsoide quedan definidos en términos de la longitud y latitud y se denominarán latitud geodésica y longitud geodésica. Para un punto sobre el elipsoide existe sólo una latitud y longitud geodésica que lo determina.

Como el elipsoide es una superficie regular y el geode una superficie irregular, es claro que las dos superficies no coincidirán. El geode se aparta de la forma del elipsoide medio hasta por alrededor de más menos 100 metros. Esta desviación se denomina ondulación o altura geoidal. Existen lugares donde el geode y el elipsoide pueden intersectarse, formando así un ángulo entre ellos. Este ángulo entre las dos superficies también se forman entre las perpendiculares al elipsoide y la línea de plomada, que es la misma que la perpendicular al geode. Este ángulo es la desviación de la vertical. (figura 17).

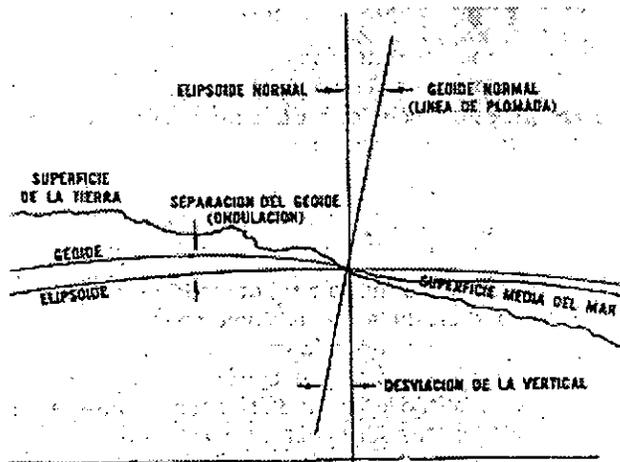


Fig. 17 Desviación de la vertical

Resumiendo, todo lo anterior se ha enfocado a tres tipos de superficie de referencia:

- Topográfica. Que es la superficie verdadera de la tierra, con las montañas, valles y fondos de los océanos.

- Elipsoidal. Es la superficie matemática de un elipsoide de revolución, seleccionado para representar el verdadero tamaño y forma de la tierra y que es la que se ha adoptado como la mas conveniente para los cálculos matemáticos.

- Geoidal. Es la superficie potencial, que está definida por el nivel medio del mar y a la cual están referidas las mediciones hechas sobre la superficie terrestre.

2.4. CARTOGRAFÍA.

La definición más común dice que la cartografía es el conjunto de procedimientos que permiten reunir, analizar, generalizar y sintetizar datos de la superficie terrestre para representarlos a una escala reducida.

El objetivo principal es entonces la concepción, preparación y elaboración de mapas.

Estos son los verdaderos bancos de datos que muestran en una forma organizada y fácil de consultar la representación fiel del terreno.

El uso de los mapas es necesario para apoyar infinidad de actividades como localización de puntos, distribución local o regional, planeación, estrategias de crecimiento urbano, entre muchos otros.

Mapa. Es una representación geométrica plana simplificada y convencional de toda o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcional denominada escala.

Carta. Es un mapa hecho por lo general a escalas medias y pequeñas, utilizando proyecciones cartográficas. Comúnmente se usa como sinónimo de mapa.

Plano. En cartografía es una representación geométrica de una parte de la superficie terrestre a escala grande en la que no se considera la curvatura de la tierra.

Croquis. Esquema, dibujo o diseño de una superficie ubicando sus rasgos naturales y culturales, así como sus delimitaciones, de una forma aproximada, por referencias y sin una escala precisa.

Los mapas se pueden clasificar por su escala y por su contenido.

A) Por su escala se dividen en tres grupos:

Escalas grandes	1:25 000 y mayores
Escalas medianas	1:50 000 hasta 1:25 000
Escalas pequeñas	1:500 000 y menores.

Una clasificación más amplia es la siguiente:

Escalas muy grandes	1:2 500 y mayores
Escalas grandes	1:5 000 hasta 1:25 000
Escalas pequeñas	1: 500 000 hasta 1:2 500 000
Escalas muy pequeñas	1:5 000 000 y menores

FUENTE: INEGI MANUAL DE CONCEPTOS BÁSICOS, 1994

B) Atendiendo a su contenido, los mapas se dividen en dos grandes grupos mapas topográficos y mapas temáticos.

Los mapas topográficos también llamados básicos, sirven para determinar las medidas y configuraciones de una área geográfica. El objetivo de estos mapas es describir con precisión y riguroso detalle de los accidentes topográficos.

Los mapas temáticos están enfocados a temas específicos los cuales contienen la información topográfica necesaria para sustentar el contenido temático y complementario.

El formato de un mapa establece la relación entre las diversas medidas del documento, también se refiere a la disposición de los datos contenidos.

En el formato están incluidos:

- a) El cuerpo del mapa
- b) La tira marginal
- c) Márgenes interiores y exteriores

figuras 18.



Figura 18. Formato

PROYECCIONES.

Siempre que se intenta representar a la tierra, la cual tiene una forma aproximadamente esférica, sobre un plano, resulta obvio que es imposible hacerlo sin distorsión debido a la curvatura de la tierra. Para resolver el problema, se utiliza un sistema que relaciona los puntos sobre la superficie de la tierra y los puntos dibujados sobre el mapa. A este sistema se le conoce con el nombre de proyección, porque originalmente se utilizaron cuerpos geométricos (cono, cilindro, etc.) para proyectar los puntos de la superficie terrestre.

Una proyección es una red, de paralelos y meridianos sobre la cual puede ser dibujado un mapa.

Las proyecciones por su uso se clasifican en:

- Equidistantes (distancias iguales).
- Conformes (ángulos iguales)
- Equivalentes (áreas iguales)

También se clasifican, por su construcción en :

- Cilíndricas
- Cónicas
- Acimutales
- Convencionales

A) Proyección UTM.

En las proyecciones cilíndricas, la esfera terrestre se proyecta sobre la superficie lateral de un cilindro y puede ser tangente o secante.

Una de las proyecciones de este sistema es la Proyección Transversa de Mercator, conocida como UTM.

A esta proyección se le denomina transversa debido a que la posición del eje de cilindro es perpendicular al eje terrestre. Fue modificada en su condición tangente para convertirla en secante. figura 19

Para los fines de esta proyección, la tierra se divide en 60 zonas, con 6° de longitud (zona o huso meridiano). Para cada huso se establece un Meridiano Central; así la zona del Meridiano de Greenwich es de 0° hasta 6° de longitud, la controla el meridiano central de 3° . Para la República Mexicana se utilizan los meridianos Centrales al Oeste de Greenwich: 87° , 93° , 99° , 105° , 111° y 117° . figura 20.

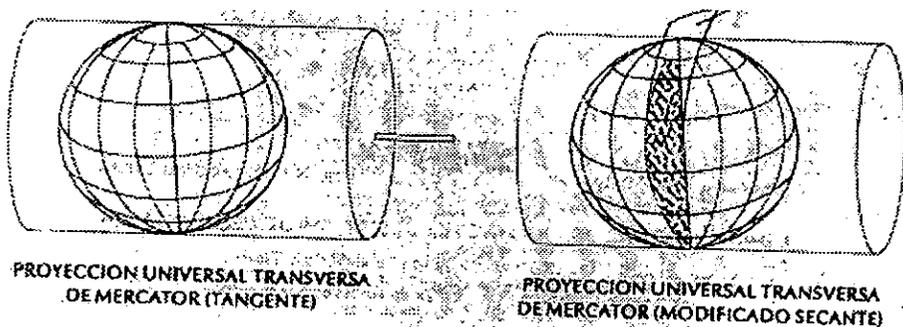
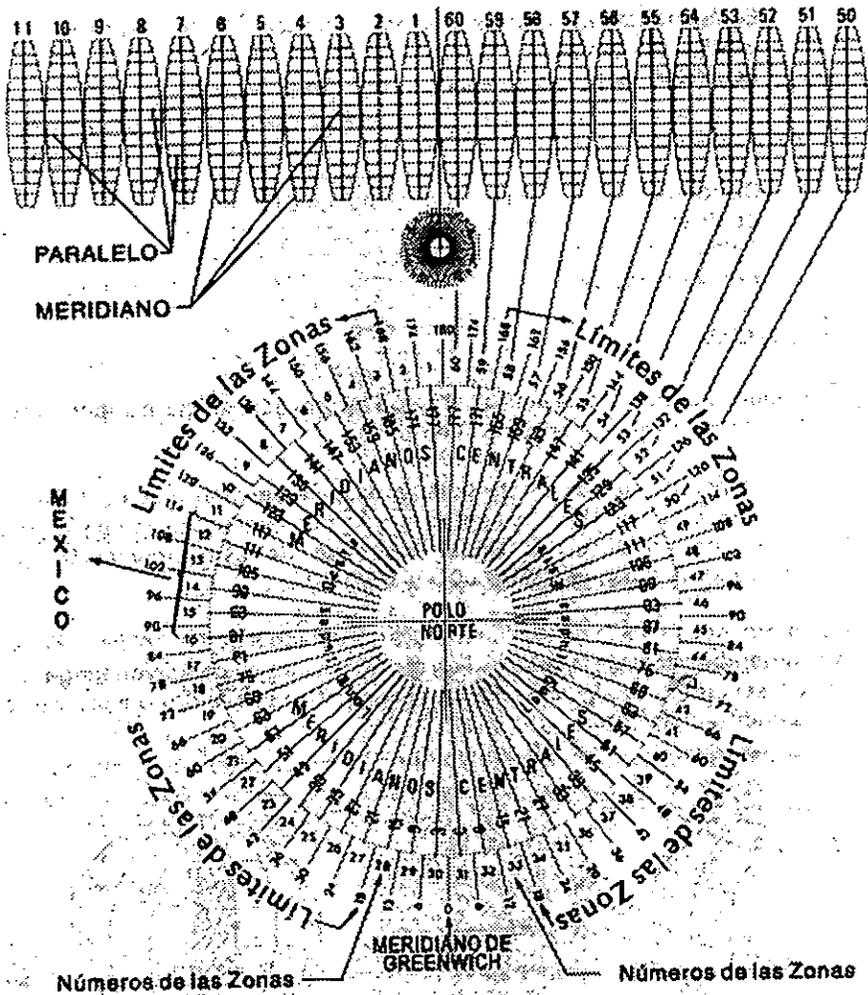


Figura 19. Proyecciones cilíndricas

B) Proyección Cónica Conforme de Lambert.

Es otro sistema de proyección con dos paralelos tipo, que se utilizan para las cartas de escala pequeña, que representan grandes porciones o la totalidad de la República Mexicana (1: 1 000 000).

Esta proyección se basa en un cono secante a la superficie de la tierra, cuyo vértice coincide con la línea del eje de la tierra. Los planos en que corta a la tierra se conocen como paralelos tipo, base o estándar. figura 21.



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

Figura 20 Las 60 zonas en que se ha dividido la Tierra, los meridianos que las limitan, los meridianos centrales de cada una y la posición de estas zonas con respecto al Meridiano de Greenwich.

Figura 20. Zonas o usos meridianos

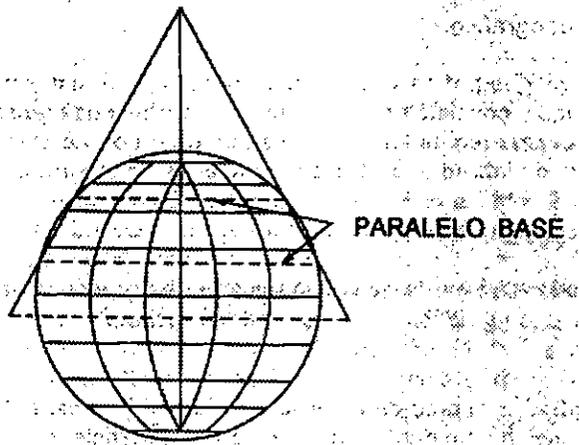


Figura 21. Proyección cónica

2.5. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL. (GPS)

El sistema de posicionamiento global GPS en la operación Tormenta del Desierto, proporciono información de posición sumamente exacta dentro de 10 metros.

La unidad básica del GPS recibe señales de satélites en órbita. Al procesar la información de por lo menos cuatro satélites, dicha unidad puede determinar un punto fijo tridimensional con la precisión mencionada.

El GPS es un sistema de posicionamiento global (siglas en inglés Global Positioning System) está basado en datos proporcionados por los satélites NAVSTAR (Navegation Satellite, Timing and Ranging), que orbitan la tierra a gran altitud; para determinar la posición, velocidad y tiempo exacto en un sistema común de referencia en cualquier lugar de la tierra, mediante la transmisión-recepción de señales.

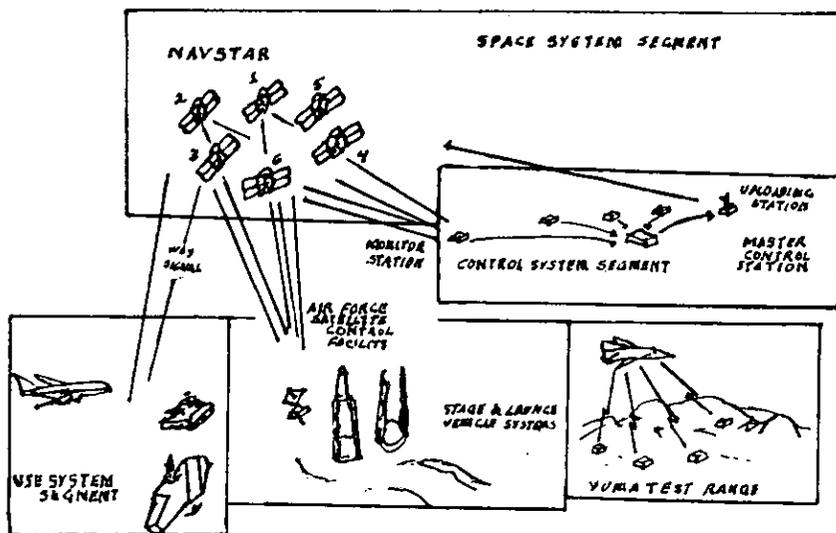


Figura 22. El sistema GPS definido por 3 segmentos

La interrelación entre los segmentos establece el principio de adquisición de datos de radiofrecuencia los cuales son almacenados y procesados en un software. El objetivo es definir vectores de distancia entre puntos de superficie terrestre y un satélite así como los vectores entre diferentes puntos los cuales permiten el cálculo de las posiciones en relación al elipsoide geodésico mundial conocido como Marco de Referencia Terrestre del IERS, de 1992.(ITRF 92, por sus siglas en ingles) (IERS International Earth Rotation Service). Segmento satelitario. Está compuesto por un conjunto de satélites con Sistema de Navegación que proporciona Tiempo y Distancia (NAVSTAR por sus siglas en ingles Navegation Satellite Providing Time and Range) , los cuales tienen órbitas elípticas con un ángulo de inclinación de 55 grados respecto al plano ecuatorial, su altura promedio es de 20 000 km y el período de rotación de 12 hrs.; conformándolo un total de 24 satélites. La separación de los planos orbitales es de 60 grados aproximadamente. figura 23.

La fuente de poder consiste en paneles solares y baterías de níquel-cadmio. Las funciones básicas del segmento son:

1. Recibir y almacenar información transmitida por el control.
2. Mantener el tiempo de precisión de las medidas del reloj.
3. Transmitir información al usuario.
4. Manejar las medidas de efemérides controladas por el segmento de control.

Para cada uno de los satélites de la constelación existe un código que los identifica y se define como señal de ruido del pseudorange (PRN Pseudo Random Noise, por sus siglas en inglés).

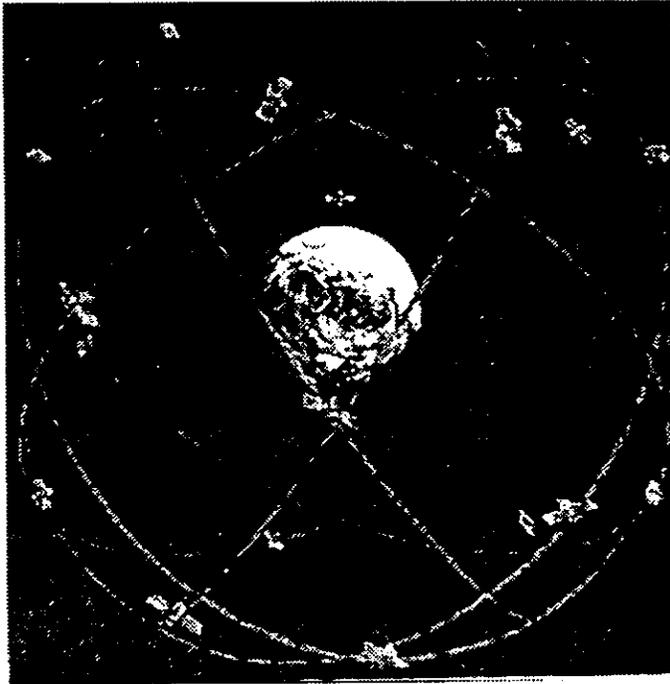


Figura 23. Segmento satelitario

En la actualidad la cobertura de la constelación para todo el mundo comprende un periodo de observación de 24 hrs, durante las cuales el sistema GPS es operable.

La configuración de la constelación se repite cada 12 horas y debido a la diferencia entre el tiempo solar y el tiempo sideral, cada satélite aparecerá 4 minutos más temprano cada día. Por esta razón es posible establecer predicciones orbitales futuras para efecto de planeación del trabajo en GPS.

Segmento de control. Está constituido por cinco estaciones terrenas: Islas Diego García en el Océano Índico, Islas Ascensión en el Océano Atlántico, Islas Kwajalein y Hawai en el Océano Pacífico y la Estación de control en el Centro de Operaciones en Colorado Springs en el estado de Colorado (E.U.A.). Marcados con los números 3,2,4,1 y 5 respectivamente. Figura 24.



Figura 24. Segmento de control

El segmento controla el funcionamiento adecuado de los satélites, selecciona la disponibilidad del uso de los mismos, revisa y corrige las lecturas de los relojes de abordo y predice sus órbitas.

La estación de control recibe los datos de las otras estaciones y calcula efemérides y coeficientes de correlación del tiempo de las órbitas de los satélites.

A su vez, las estaciones terrenas reciben información de los satélites y la transmiten a la estación de control.

Segmento del usuario. Está constituido por los usuarios civiles y militares del sistema GPS.

Los usuarios utilizan receptores que reciben señales de radio del segmento satelitario.

Los receptores GPS tienen canales de recepción de ondas de radio frecuencia, en cada uno de las cuales se recibe una señal única de un satélite individual. Los receptores también tienen microprocesadores para el cálculo de posiciones, memoria de lectura y escritura (RAM random acces memory, por sus siglas en ingles) y memoria de almacenamiento interno de aproximadamente 1 megabyte. Figura 25.

El sistema GPS usa pseudo rangos derivados de la transmisión de señales de satélite. El pseudorange es derivado ya sea de medir el tiempo de viaje de la señal y multiplicándolo por la velocidad o por la medición de la fase de la señal. Esto es por la formula:

$$d = vt$$

donde d = distancia
 v = velocidad
 t = tiempo

Puesto que los relojes nunca están perfectamente sincronizados, en lugar de obtener distancias se obtienen pseudodistancias, en las cuales el error de sincronización o error de reloj se toma en cuenta.

Puesto que las ondas de radio emitidas por el satélite viajan a la velocidad de la luz, sólo requerimos el tiempo que tarda en llegar al receptor. De ahí la necesidad de utilizar relojes altamente precisos, en virtud de los cortísimos tiempos que se manejan. Esto es a través de 2 relojes de rubidium y 2 de cesium. Estos relojes utilizan la oscilación de un átomo particular para lograr la precisión. En la actualidad existen diversos tipos de relojes que miden el tiempo con un alto grado de precisión. Cuadro 3.

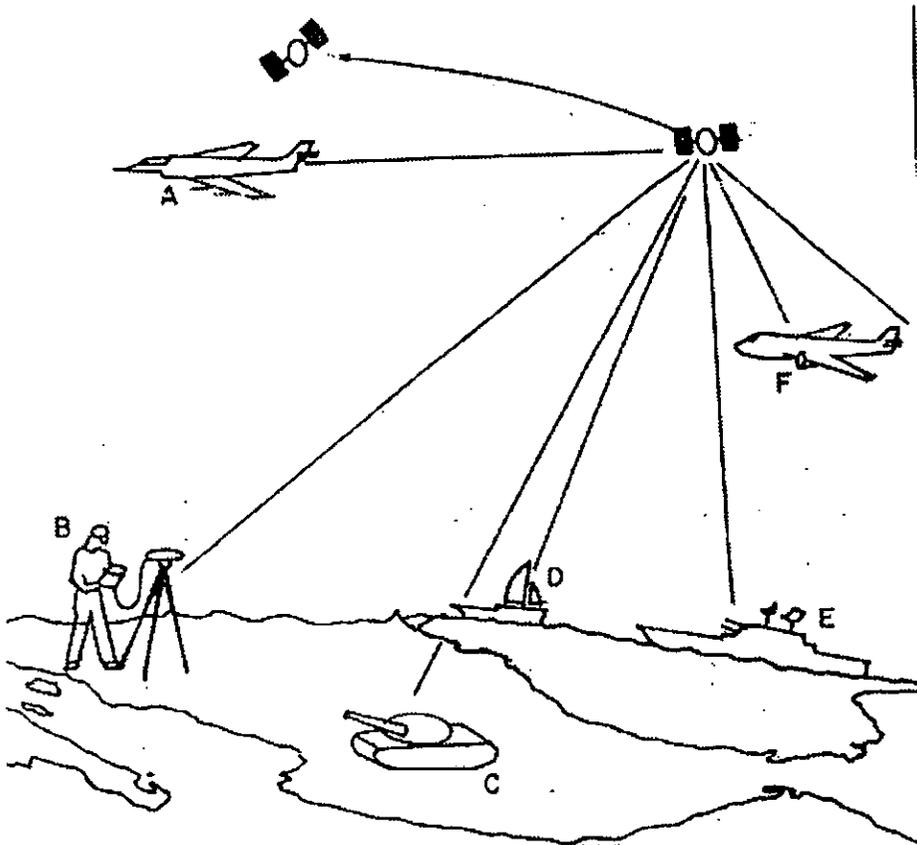


Figura 25. Segmento del usuario

Cuadro 3. Tipos de relojes

Tipos de relojes	Tiempo en que se retrasa un segundo
Cristal de cuarzo	30 años
Rubidium	30 000 años
Cesium	300 000 años
Hidrógeno	3 000 000 años

En ambos casos el reloj del receptor y el satélite son muy importantes. Para poder medir el tiempo de viaje desde que la señal sale del receptor, hay que sincronizar los relojes de los receptores con los de los satélites para que puedan guardar exactamente un mismo código a un mismo tiempo.

Por tanto todo lo que se tiene que hacer es recibir los códigos de un satélite y comparar el tiempo transcurrido desde que el receptor recibió el mismo código; entonces la diferencia del tiempo es lo que tarda la señal en bajar al receptor.

El GPS usa un complicado código digital generado en el satélite y en el receptor. Pero no todo es tan sencillo. Si hubiera una falta de sincronización de un centésimo de segundo y dado que la velocidad de la luz es aproximadamente a 300 000 km./seg., tendríamos un error de 3 000 km. De modo que hay que asegurarse que el receptor y el satélite estén generando sus códigos al mismo tiempo. Por lo tanto, tenemos 4 incógnitas: las tres coordenadas del punto y el error del reloj. Por esto es necesario 4 satélites para resolver las 4 incógnitas.

Con un solo satélite, las opciones de posición nos darían una esfera de radio igual a la distancia satélite-antena receptora, con lo cual tenemos una infinidad de posiciones.

Con dos satélites la incertidumbre se reduce a un círculo, formado por la intersección de las esferas correspondientes a cada satélite. Figura 26.

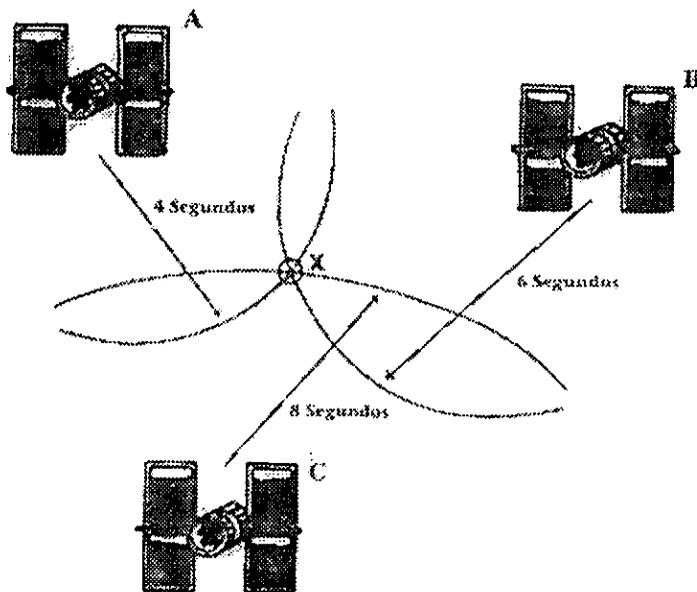


Figura 26. Orientación de coordenadas por tres satélites

Con un satélite más se definen dos puntos sobre el círculo anterior, uno sobre el receptor y el otro diametralmente opuesto. Esto es, tenemos una solución correcta y otra desfasada que se presenta cuando no se tiene sincronización con los tres satélites al enviar la señal que es captada por el receptor, estas señales son diametralmente opuestas. Para poder determinar cual es la solución correcta se puede utilizar al menos dos técnicas: una es removiendo la solución desfasada y la otra en forma matemática con una cuarta medición.

Y el cuarto satélite es para dar una solución trigonométrica al problema de sincronización y estabilidad en la medición del tiempo.

Ahora bien, ya conocidas las distancias satélite-receptor, nos falta un elemento importantísimo que es la posición precisa del satélite. Para ello; se cuenta con órbitas muy precisas por adelantado y de hecho se tienen almanaques en sus memorias que informan a sus computadoras la posición del satélite en un momento dado.

Además, todos los satélites son constantemente rastreados por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos, para así predecir las órbitas de los satélites. Dado que cada satélite da una vuelta completa en 12 hrs, pasa dos veces al día por una estación de monitoreo, mediante la cual se mide con precisión su altitud, posición y velocidad, y a las variaciones se les llama error de efemérides, las cuales son muy pequeñas y generalmente causadas por efectos gravimétricos y por la presión de la radiación solar sobre el satélite.

Las efemérides contienen parámetros para describir una elipse (Kepler) en una época de referencia y algunas correcciones periódicas y seculares, Figura 27. Los parámetros son:

- 1.- Inclinación
- 2.- Ascensión recta
- 3.- Argumento de perigeo
- 4.- Raíz cuadrada del semieje mayor
- 5.- Raíz cuadrada del semieje menor
- 6.- Excentricidad
- 7.- Anormalidad media
- 8.- Diferencia del término de latitud
- 9.- Corrección de los términos de inclinación
- 10.- Corrección del término de radio orbital
- 11.- Diferencia del tiempo de las efemérides
- 12.- Antigüedad de los datos de las efemérides.

EFEMERIDES Y ELEMENTOS KEPLERIANOS

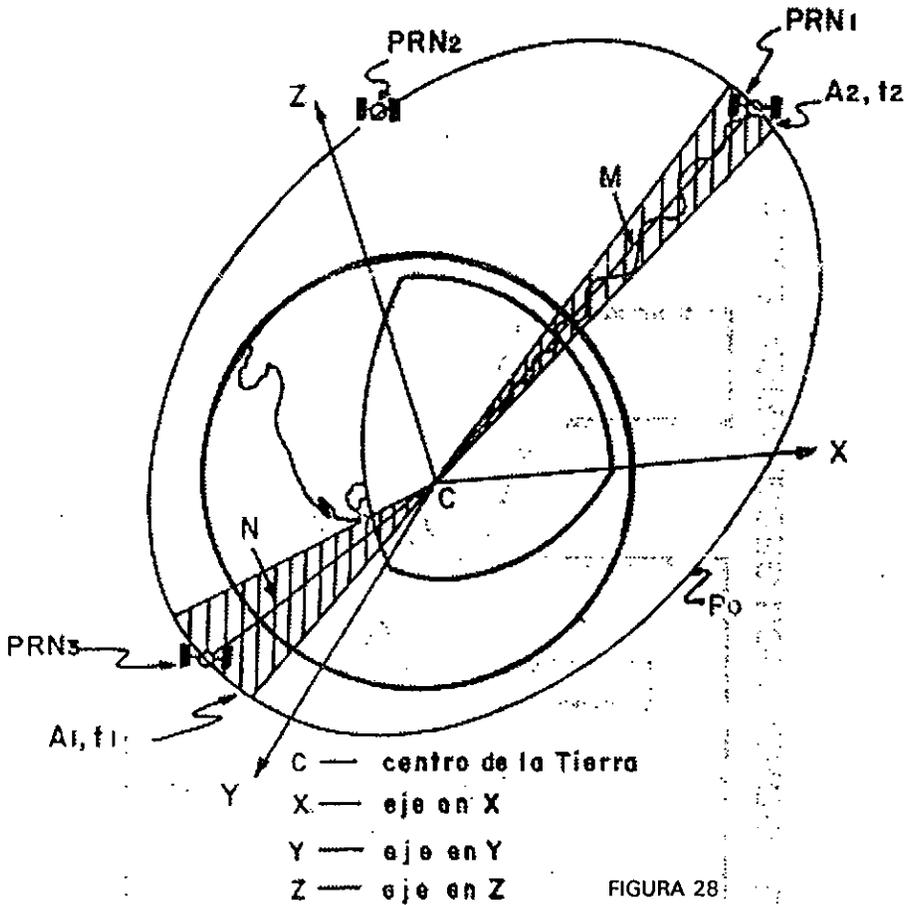


Figura 27. Efemérides y elementos keplerianos

Las efemérides transmitidas están basadas en observaciones en las cinco estaciones de monitoreo del segmento de control. La información más reciente es utilizada para calcular una órbita de referencia para los satélites.

Las efemérides precisas están basadas sobre datos observados obtenidos de redes de rastreo y son calculadas por varias instituciones.

Después que se ha medido la posición del satélite, se le retroalimenta la información y entonces el satélite transmitirá esas correcciones menores con la información de tiempo.

Es importante recordar que los satélites GPS no sólo transmiten un código pseudoaleatorio para medir el tiempo, sino también mensajes acerca de su órbita pronosticada y sus satélites.

Hasta ahora y en teoría todo parecería perfecto; sin embargo, hay un par de fuentes de error muy difíciles de eliminar. Quizás el más significativo sea el debido a la ionosfera, una capa de la atmósfera con gran cantidad de partículas eléctricas de 120 a 200 km. de espesor. Estas partículas afectan las señales de radio emitidas por el satélite. Como sabemos, la velocidad de la luz es constante en el vacío, pero cuando las ondas atraviesan un medio denso, su velocidad disminuye un poco y ésta afecta el cálculo de distancias. Figura 28.

El efecto ionosférico en la frecuencia transmitida por los satélites de la constelación es directamente proporcional a las concentraciones de iones e inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia según la expresión:

$$\text{EFECTO IONOSFERICO} = \Delta f = -1.35 \times 10e/f^2$$

e = Número de densidad de electrones

f = Frecuencia transmitida

La densidad de los electrones depende de la latitud, hora, día, estación del año y época del ciclo solar(11 ó 22 años).

El efecto troposférico de las frecuencias transmitidas es debido a la temperatura, presión y humedad relativa presente en la atmósfera desde 0 hasta 10 km. de altura sobre el nivel del mar. La presencia de nubes densas originan cambios en la longitud de onda del orden de 1 a 3 cm que en general no sobrepasa 1ppm de la base.

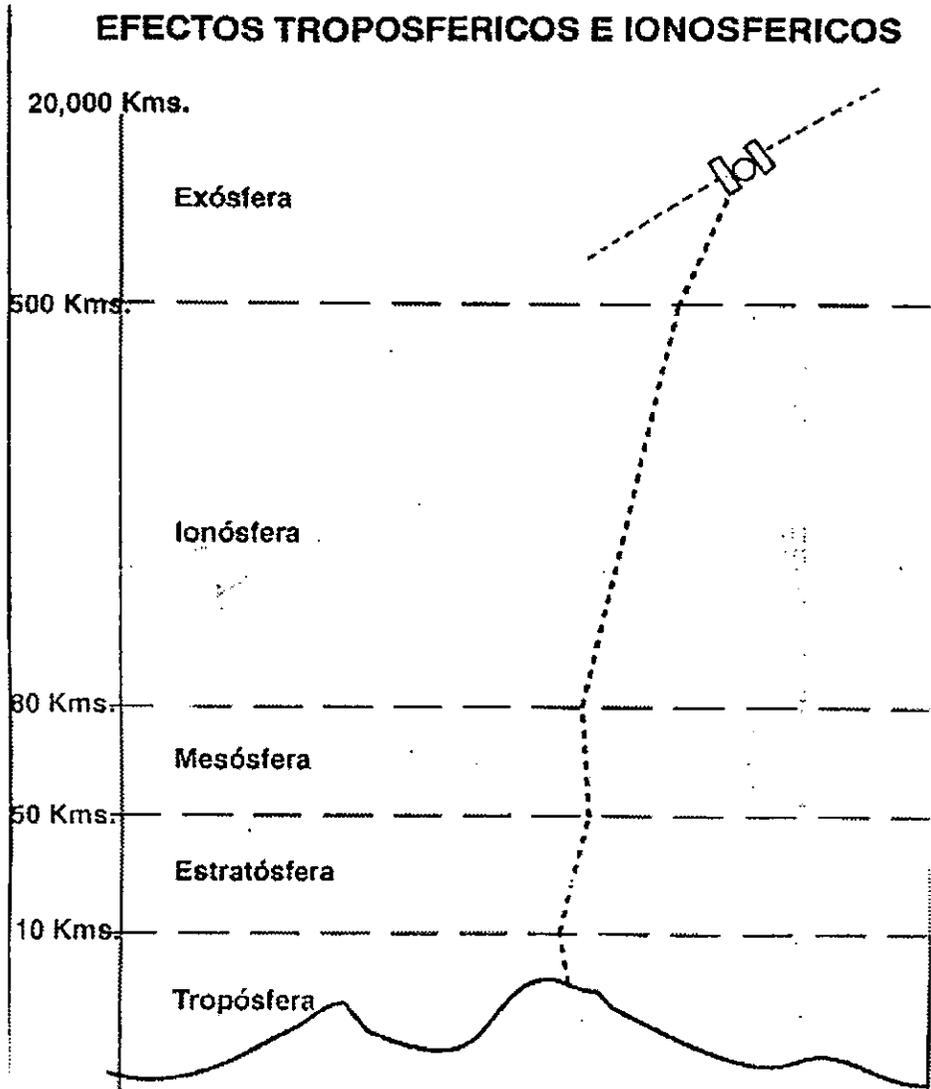


Figura 28 Efectos troposféricos e ionosféricos

Los efectos ionosféricos y troposféricos aumentan durante el día y disminuyen significativamente durante la noche.

En general el efecto ionosférico es disminuido al usar las frecuencias L_1 y L_2 dentro del código P debido al factor $R = f_1/f_2$.

De la frecuencia fundamental (f_0 10.23) que corresponde a los osciladores de la tarjeta del satélite con calidad de reloj atómico con un rango de 10 rubidio 10 cesio se generan 2 señales. Las ondas portadoras en L_1 y L_2 . La banda L_1 con una frecuencia de 1575.42 megahertz resulta de multiplicar la frecuencia 10.23 por un factor de 154 ($10.23 \times 154 = 1575.42$) y con el factor 120 se obtienen la banda L_2 : con frecuencia de 1227.60 mhz ($10.23 \times 120 = 1227.60$).

La longitud de onda de ambas frecuencias conociendo la velocidad de la luz se calcula según:

$$L_1 = \frac{V}{F_2} = \frac{300\,000 \text{ m/seg}}{1575.42 \text{ ciclo/seg.}} = 0.19 \text{ m/ciclo} = 19\text{cm}$$

Y;

$$L_2 = \frac{V}{F_2} = \frac{300\,000 \text{ m/seg}}{1227.60 \text{ ciclo/seg}} = 0.24 \text{ m/ciclo} = 24\text{cm}$$

Esta combinación de frecuencias es esencial para eliminar los efectos ionosféricos. Figura 29.

Las frecuencias son agrupadas por modulación dentro de un código especial para proveer lecturas del reloj atómico de los satélites al receptor y transmitir información de parámetros orbitales, efemérides del satélite, coeficiente para el modelo ionosférico, información del estado, tiempo y errores en el reloj.

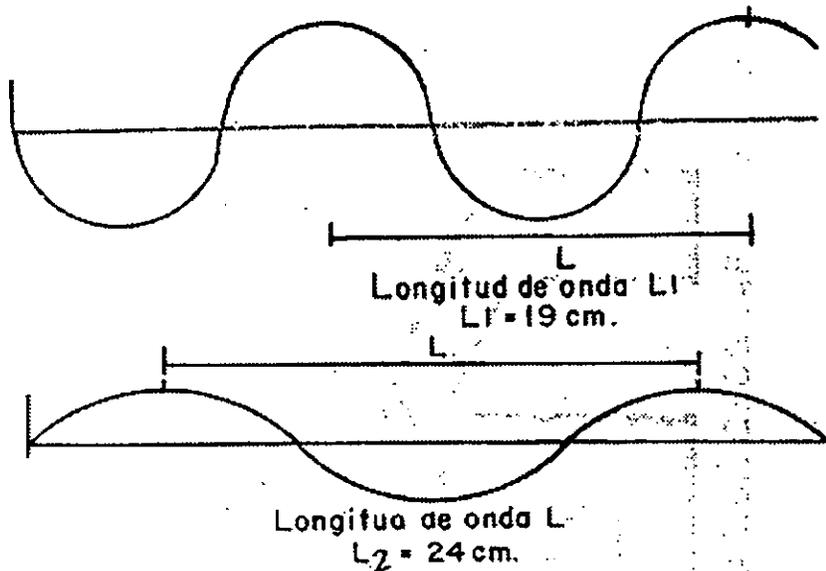


Figura 29. Longitud de onda, L_1 y L_2

Los códigos son caracterizados por una secuencia de ruido pseudo-aleatoria (PRN) y los códigos son:

1) Código C/A (Coarse/Acquisición-code).

Designado como el Servicio de Posicionamiento Estándar. Con una longitud de onda de aproximadamente 300 m, modulado sobre L_1 y omitido a propósito a L_2 . Esta omisión permite controlar la transmisión de la información por el satélite. Tiene la frecuencia $f_0/10$ y es repetido cada milisegundo.

2) Código P

Designado como el Servicio de Posicionamiento Preciso, el cual ha sido reservado para el uso de los militares y de otros usuarios autorizados. Con una longitud de onda de aproximadamente 30 m en ambas portadoras (L_1 y L_2), tiene la frecuencia f_0 y es repetido aproximadamente cada 266.4 días.

3) Código Z

Designado como el Servicio de Posicionamiento Preciso que reemplaza el código P en los usos civiles. Se usa actualmente.

Los códigos constan de una secuencia de estado +1 ó -1 correspondientes al valor binario de 0 ó 1. La modulación bifásica es realizada efectuando un cambio de 180 grados en la fase portadora cuando ocurre un cambio de estado.

Resumiendo, puede concluirse que la precisión en la posición de un punto queda determinado por:

- La exactitud en cada posición del satélite.
- La exactitud en la medición de las distancias.
- La geometría de la constelación visible de los satélites.

La geometría de la constelación visible de los satélites depende del número mínimo requerido de satélites dentro de una ventana celeste para obtener un valor mínimo de error. Se define como ventana el espacio físico sobre la estación terrena o posicionamiento a definir dentro del cual se localiza un número específico de satélites. Generalmente se establece una máscara de elevación de 10 grados. Dentro de ella y a través del receptor o estación terrena se visualiza la trayectoria de los satélites visibles (SV); para un tiempo de observación predeterminado se puede conocer tanto su número de identificación de ruido pseudo-aleatorio (PRN por sus siglas en ingles) como su trayectoria en la bóveda de la constelación. La posición de los satélites dentro de la ventana define una pirámide invertida cuyo vértice es la estación terrena o punto de posicionamiento.

La precisión geométrica está definida por el volumen de la pirámide invertida y cuyo valor es: $1/\text{volumen}$ 100%, dicho valor es conocido como GDOP (Dilución en la precisión geométrica).

$$\text{GDOP} = \frac{1}{\text{Vol. de pirámide}} = \frac{1}{\text{Vol. 1-2-3-4.....P}} \times 100\%$$

El valor cuadrático de GDOP depende de la definición de la precisión de un punto P en un tiempo T dado.

$$(\text{GDOP})^2 = (\text{PDOP})^2 + (\text{TDOP})^2$$

Para un punto dado P, la definición de la precisión estará en función de la posición de los satélites dentro de una ventana y el tiempo de observación T.

Cuando el valor de GDOP es pequeño indica esto que el volumen definido por los satélites dentro de la ventana es grande y por lo tanto la geometría tiene una buena configuración. Por el contrario, un valor alto de GDOP indicará una mala configuración de la constelación. Figura 30.

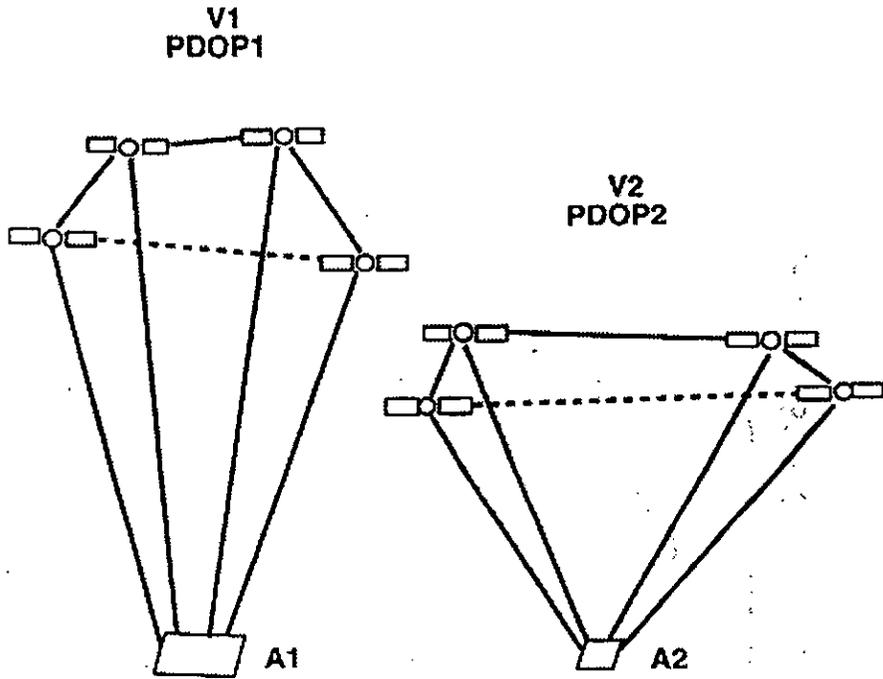


Figura 30. Dilución en la precisión geométrica

A1 = Area de error grande

A2 = Area de error pequeño

P = Punto de observación

V1 = Observación de satélites muy cercanos entre sí

V2 = Observación de satélites muy alejados entre sí

PDOP1 = Muy alto

PDOP2 = Muy bajo

Los errores sistemáticos en la posición del satélite y un probable desfase en el reloj para la determinación de las distancias puede disminuirse diferenciando éstas desde dos sitios de medición al satélite. Esta aproximación interferométrica (se basan en observaciones de diferencias de tiempo o fase de recepción de señal entre dos o más estaciones emitidas por un satélite, para así determinar los componentes de las líneas base) aporta mucho a los métodos de medición, pero no pueden hacer nada por la geometría (GDOP), por lo que ésta siempre debe cuidarse para obtener buenas soluciones.

Las técnicas interferométricas se basan en la observación de diferencias de tiempo o fase de recepción entre dos o más estaciones de la señal emitidas por un satélite, para así determinar las componentes de las líneas base. Esto implica que los satélites deberán ser visibles simultáneamente para todas las estaciones de observación, siendo el máximo alcance de 400 km de la longitud de la línea base que se desea medir. Figura 31.

Explicado como funciona el GPS y como se hace la medición, ahora veremos los tipos de receptores y técnicas de levantamiento.

La diversidad del uso del GPS está asociada con los tipos de receptores disponibles. Así de acuerdo al tipo de observables, que se refieren a pseudodistancias o fases portadoras y la disponibilidad de códigos, ya sea el Servicio de Posicionamiento Estándar (C/A Clear/Access por sus siglas en inglés) o el Servicio de Posicionamiento Preciso (P Precise of protecte code, por sus siglas en inglés), se pueden clasificar los receptores en tres grupos, a saber:

1. Pseudodistancias mediante el código C/A.

Registra sólo el código C/A de las señales enviadas por el satélite (Dimensión)

2. Portadoras con código C/A.

Registra las frecuencias L1 y el código C/A.

3. Código P

Registra las frecuencias L₁, L₂, código C/A y código P.

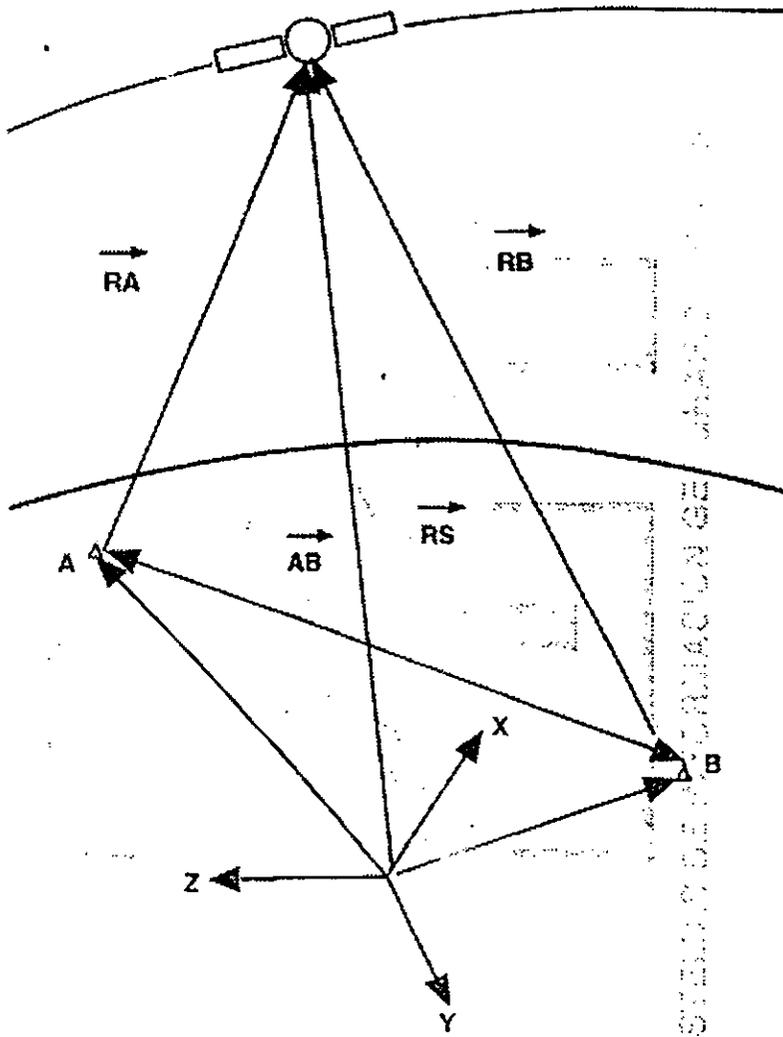


Figura 31. Técnica interferométrica

\vec{RB} . Vector de posición de satélite y la estación B.
 \vec{RA} y \vec{RS} . Vectores de posición de satélite y la estación A
 \vec{AB} . Línea base
 X, Y, Z. Coordenadas relativas.

El receptor

La unidad del receptor contiene los elementos para la recepción y el procesamiento de la señal.

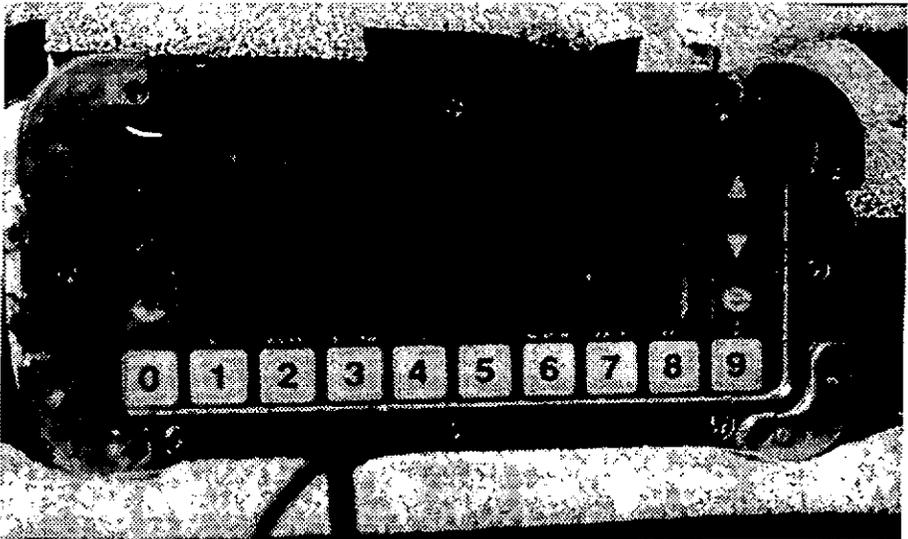
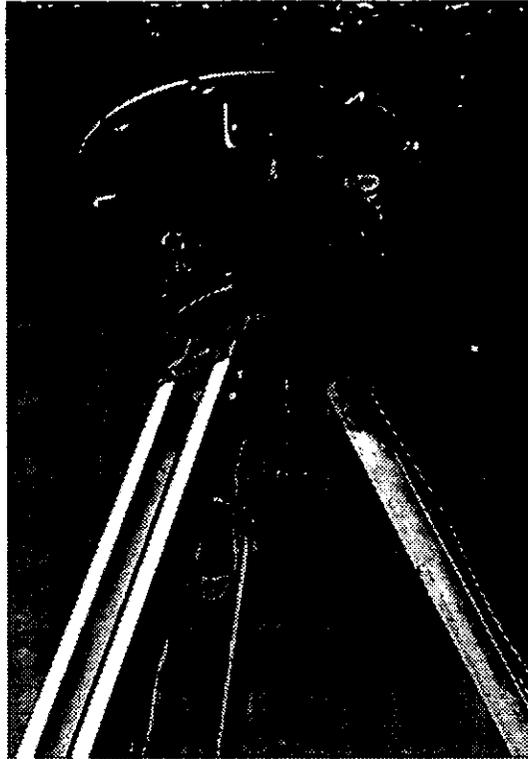
La antena es omnidireccional (es decir recibe las señales en toda la superficie de recepción) recibe las señales preamplificadas de todos los satélites arriba del horizonte y las transmite a la sección de radio frecuencia. La antena puede ser diseñada para la portadora L1 o para L1 y L2. El criterio importante para el diseño de una antena es la sensibilidad del centro de fase. El centro electrónico debe ser cercano al centro físico y ser insensible con respecto a la rotación e inclinación. Adicionalmente la antena tiene filtros para señales provenientes de la baja elevación o multipath (Un satélite emite una señal la cual llega al receptor por más de un camino: directo ó indirecto). Evitar superficies reflejantes cercanas al receptor. Figuras 32 y 33.

El microprocesador controla el sistema y permite navegación en tiempo real por medio de pseudodistancias a través de códigos.

La sección de radio frecuencia forma el corazón del receptor, los elementos básicos de esta sección son osciladores que generan una frecuencia de referencia, filtros que eliminan frecuencias no deseadas y mezcladores. Después que la señal entra por la antena, la discriminación de señales es lograda mediante los códigos C/A, ya que éstos son únicos para cada satélite, la medición de la fase actual es ejecutada mediante circuitos con dos técnicas diferentes:

- Técnica de correlación del código
- Técnica sin código independientes del código

Ambas técnicas modulan la onda de la señal por códigos para proveer de lecturas del reloj del satélite, parámetros orbitales al receptor.



Figuras 32 y 33. Arriba antena GPS omnidireccional. Abajo receptor GPS.

El software engloba todos los paquetes instalados en los receptores y computadoras, diseñadas para procesar las señales recibidas de los satélites.

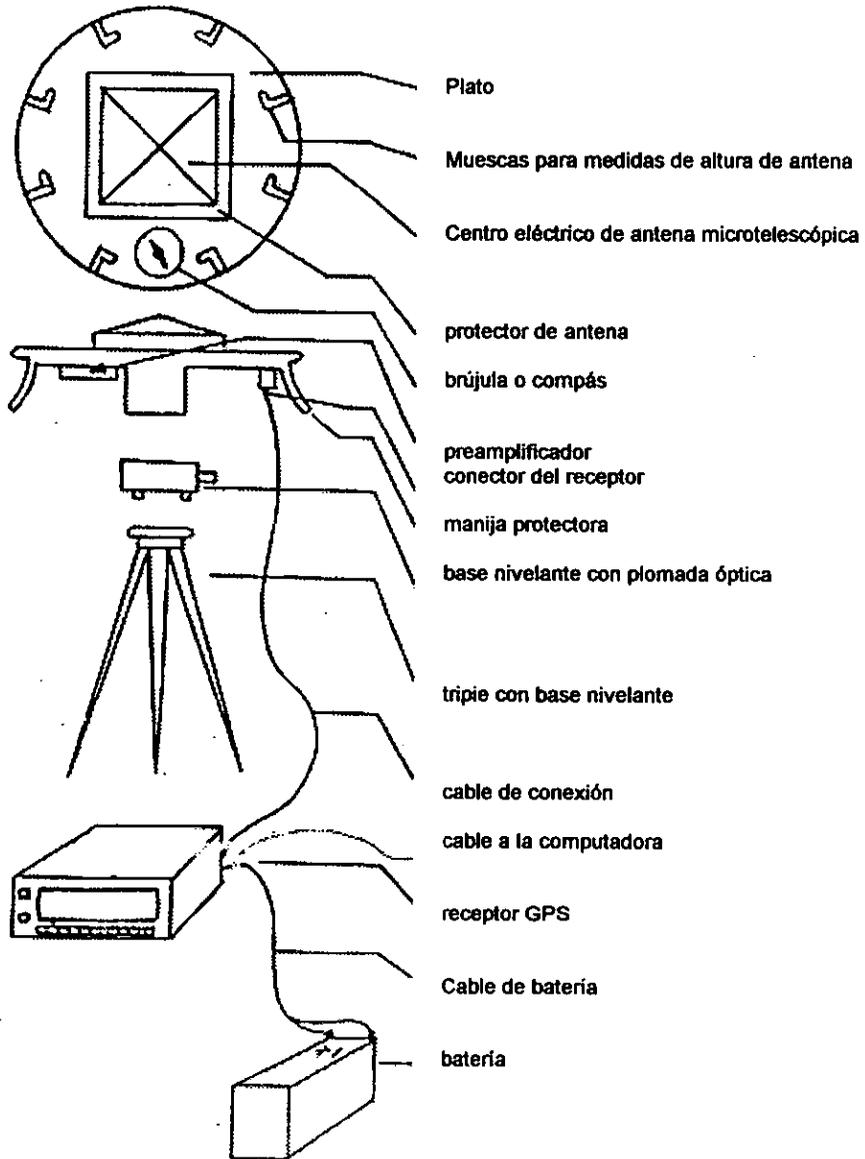


Figura 34. Componentes del equipo GPS

Aplicaciones de datos GPS en ciencias de la tierra.

Biología

- Definición del límite de un ecotón y su evaluación multitemporal
- Ubicación de puntos de muestreo en campo
- Definición de puntos de uso de suelo y su evolución multitemporal

Geología Física

- Red de monitoreo de movimiento de materiales terrestres
- Definición de un punto muestreo en campo
- Ubicación de epicentros sísmicos
- Definición de movimientos entre bloques, fallas y placas tectónicas

Geología Marina

- Ubicación de barcos de exploración y su ruta
- Ubicación de plataformas marinas de perforación
- Ubicación de puntos de dragado marino
- Ubicación de puntos de registros batimétricos

Comunicación

- Monitoreo de rutas terrestre, marinas y aéreas
- Ubicación de barcos, puertos y boyas
- Búsqueda y rescate marino y terrestre

Topografía

- Posicionamiento absoluto de un punto
- Posicionamiento relativo de un punto
- Red geodésica
- Definición de poligonales
- Definición de puntos de control

Agrimensura

- Definición de puntos de control y vértices
- Catastro ejidal
- Catastro urbano

Fotogrametría

- Ubicación de puntos de control terrestre.
- Obtención de fotografía aérea con posicionamiento
- Obtención de gravimetría aérea con posicionamiento

Ingeniería civil

- Red de monitoreo de deformación de estructuras
- Ubicación de zonas de riesgo civil

Sistemas de información geográfica

- Definición de puntos de control y de elementos espaciales
- Georeferencia y transformación de elementos espaciales

Percepción remota

- Georeferencia y rectificación de imágenes de satélite
- Definición de puntos de control terrestre

2.6. RED GEODÉSICA NACIONAL

Un Sistema Geodésico de Referencia (SGR) es un conjunto de valores numéricos, de constantes geométricas y físicas, que definen en forma única un marco matemático sobre el cual se va a determinar la forma y el tamaño de la tierra, o parte de ella, incluyendo su campo gravitacional.

Para nuestro país originalmente el Sistema Geodésico de Referencia fue el North American Datum of 1927(NAD 27), ya que todo el sistema de posiciones geográficas están basadas en él. Este sistema se diseñó, pensando en ser el marco para Norteamérica, esto es continental; el Dr. William Bowie consideró en esa época todos los recursos técnicos disponibles, buscando que las distorsiones que se pudieran introducir resultaran mínimas. Así pues, el NAD 27 es el punto de inicio del SGR Horizontal para México, según lo especifican las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos publicadas en el Diario Oficial del 1o de abril de 1985.

El Datum se conoce como el punto de partida o la posición de referencia para los levantamientos definido por la latitud, longitud del punto de origen, acimut, radio ecuatorial y achatamiento de la tierra expresado en cantidad numérica o geométrica.

Existen dos tipos de Datum: horizontal y vertical, el primero forma la base de los cálculos para el control horizontal de los levantamientos en los que se tomó en consideración la curvatura de la tierra. El Datum vertical, base para obtención de elevaciones de los puntos, es generalmente la superficie del nivel medio del mar.

Figura 35.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Un Datum geodésico horizontal consta de un punto de partida y de un elipsoide sobre el que se realizan los cálculos. Así si ocurre un cambio en cualquiera de las cinco condiciones de partida antes mencionadas, cambiará el Datum y consecuentemente cambiarán las coordenadas de todos los puntos basados en este Datum.

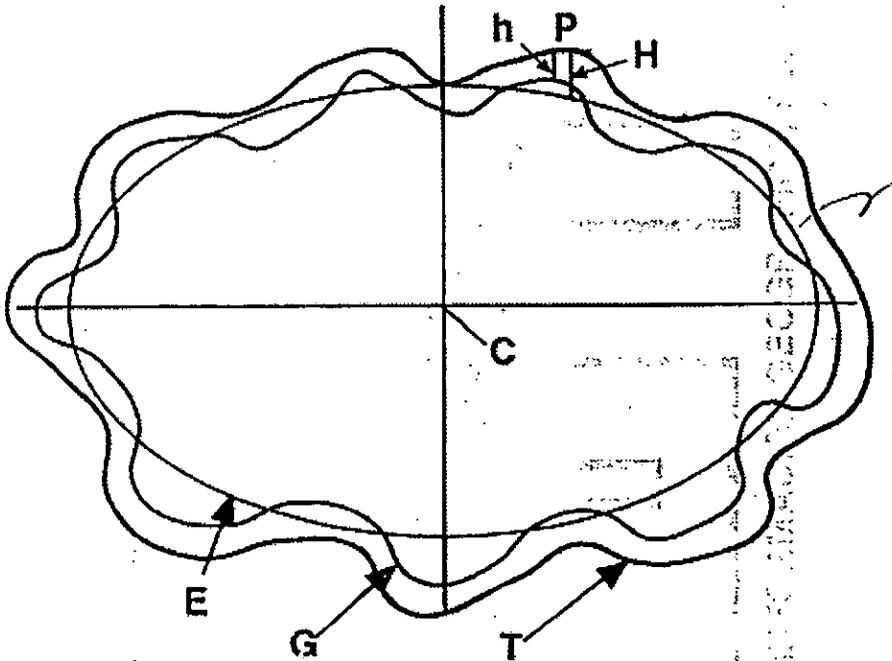


Figura 35. Datum horizontal y vertical

C = Centro geoidal

G = Geoide - Datum vertical

E = Elipsoide de referencia - Datum horizontal

T = Superficie terrestre

P = Punto sobre la superficie terrestre

H = Altura del punto sobre el elipsoide de referencia

h = Altura del punto sobre el geoide

En México, los trabajos geodésicos se remontan a la época prehispánica, con las cuales a través de observaciones astronómicas se determinaban puntos fijos de referencia para apoyar sus actividades geográficas. La evolución de esta actividad en nuestro país, lo que permitió que a partir de 1969 se iniciara la densificación geodésica, a través de la exploración del territorio nacional y el establecimiento de marcas de referencia, así como el uso de tres tipos de levantamientos básicos: horizontales, verticales y específicos (gravimétricos principalmente).

Los levantamientos de máxima precisión o de primer orden, son los que conforman la red geodésica básica, que es la columna vertebral de la distribución en todo el territorio nacional formada por puntos de coordenadas conocidas y precisas que sirven de partida y de cierre a otros levantamientos geodésicos de densificación, pero de menor precisión.

Actualmente para el control horizontal, existen en nuestro país aproximadamente 1500 vértices de triangulación y 6500 vértices de poligonal de densificación.

Para el control vertical se estima que hay 16 600 bancos de nivel de primer orden y 13000 bancos de densificación. Asimismo, se cuenta con 100 estaciones Doppler de primer orden y 100 estaciones de densificación, generadas a través del control tridimensional que se realiza con el sistema de posicionamiento inercial y el de satélite, que proporcionan posicionamiento horizontal y vertical simultáneo.

Un logro significativo de la participación del INEGI dentro del contexto PROCEDE; en cumplimiento de las atribuciones que la ley confiere en normar y desarrollar la captación , generación y difusión de la información estadística y geográfica del país, ha sido la implementación y puesta en funcionamiento de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).

A saber la Red Geodésica Nacional la integran los siguientes tipos de redes:

Red Geodésica Horizontal : Agrupa a todos aquellos valores de posición con respecto al elipsoide de referencia, es decir, latitud y longitud.

Red Geodésica Vertical: La cual engloba las elevaciones referenciadas al nivel medio del mar .

a) Bancos de nivel de precisión.- Son puntos de control vertical, localizados en estructuras identificables en el terreno, cuya elevación en metros esta referida a la Red Mareográfica que determina el nivel medio del mar y forma parte de la red vertical de primer orden.

b) Bancos de nivel topográficos.- Son puntos de control vertical, localizados en estructuras identificables en el terreno y cuya elevación se obtuvo en forma derivada de los datos de la red primaria, es decir, forman una red vertical de segundo orden.

Red Geodésica Gravimétrica: Incluye los valores gravitacionales absolutos o relativos de diversos puntos, medidos sobre la superficie terrestre.

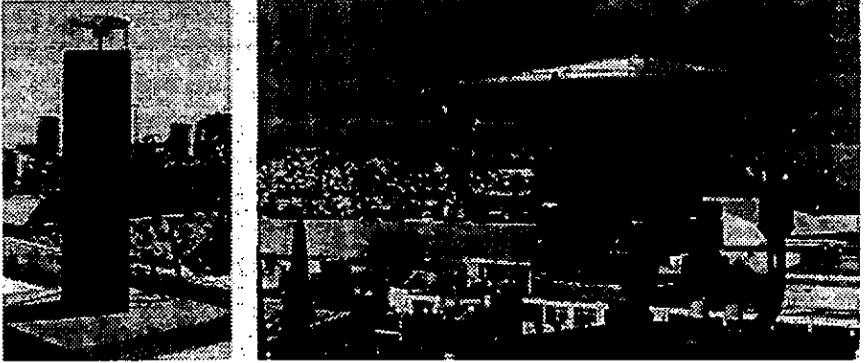


Figura 37. Estaciones fijas.

**Cuadro 4. Coordenadas Geodésicas de la Red de Estaciones Fijas
(con valores referidos al ITRF92, Epoca 1988.0 y Elipsoide GRS80)**

Coordenadas geográficas			
Nombre de la estación	Latitud Norte	Latitud Oeste	Altura elipsoidal m
Coli	191456.90195	1034305.84633	513.117
Culi	244757.79135	1072302.18737	75.416
Chet	182942.99710	881757.20192	3.070
Chi2	283918.90199	1060643.61168	1463.582
Fmty	254038.81161	1001707.82941	497.670
Herm	290559.73965	1105627.34598	209.318
Ineg	215122.15594	1021703.12353	1889.311
Lpaz	240819.66367	1101909.62510	-6.821
Meri	205848.16303	893713.13563	8.036
Mexi	323758.76271	1152832.51760	-22.459
Oaxa	170449.64051	964309.50637	1596.044
Tamp	221641.95931	975150.48359	21.51
Tolu	191724.61420	993818.54849	2649.352
Vill	175945.92350	925447.83608	21.225

Nota: Las coordenadas geodésicas están referidas a la placa de la estación.

Fuente: INEGI. Guía para usuarios externos de la Red Geodésica Activa

Coordenadas rectangulares

Nombre de la estación	X(m)	Y(m)	Z(m)
Coli	-1428631.7740	-5852387.7080	2089574.6580
Culi	-1730936.5342	-5528855.2810	2658865.7097
Chet	179584.9640	6048080.7560	2010447.4140
Chi2	-1554806.2529	-5382481.0273	3041128.6547
Fmty	-1027100.5645	-5659906.5007	2747116.0290
Herm	-1993478.9758	-5209236.3973	3083685.2876
Ineg	-1260435.7326	-5788548.4809	2360340.6585
Lpaz	-2022282.7840	-5461274.5760	2592316.8680
Meri	39480.9600	-5957733.2638	2269335.1769
Mexi	-2312590.6411	-4853743.8990	3419740.2871
Oaxa	-713745.2674	-6058205.1443	1861815.3031
Tamp	-807922.2490	-5849358.2680	2402967.7860
Tolu	-1008730.6482	-5939707.5412	2094568.2156
Vill	-308406.5891	-6060220.0660	1957979.4327

Nota: Las coordenadas geodésicas están referidas a la placa de la estación.

Fuente: INEGI. Guía para usuarios externos de la Red Geodésica Activa

3. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.

ORIGEN DEL MUNICIPIO.

Jerécuaro es un término tarascó que significa "Lugar como Nido". Este nombre fue puesto a la primera comunidad, porque se encuentra situada en una barranca formada por los cerros del contorno. El origen de esta comunidad es prehispánico, pero fue sometida a la corona de España a raíz de la toma de Tenochtitlán, por el indio cacique Don Nicolas de San Luis Montañez. Su fundación legal data del año 1572 bajo la administración del Obispo Fray Juan Medina Rincón, quien erigió el curato a semejanza de lo que había hecho en otras partes Don Vasco de Quiroga.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

El municipio de Jerécuaro está localizado en la región sureste de la entidad teniendo como límites las coordenadas geográficas 100° 30' 45" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a los 20° 23' 03" y 20° 24' 00" de latitud norte.

La cabecera municipal se localiza a los 100° 30' 05" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a los 20° 08' 09" de latitud norte. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 1930 metros.

LIMITES GEOGRÁFICOS

Limita al norte con el municipio de Apaseo el Alto, al noroeste con el estado de Querétaro, al sur con el municipio de Tarandacuao, al suroeste con el municipio de Acámbaro, al este con el municipio de Coroneo y al oeste con el municipio de Tarimoro.

EXTENSIÓN TERRITORIAL

El municipio cuenta con una extensión territorial de 828.3 Km. cuadrados, que representan el 2.7 de la superficie del estado y el 13.2 % correspondiente a la región IV-Sureste del estado.

METEOROLÓGICAS.

En frecuencia de heladas, existen cuatro rangos que varían de 0 a 10, de 20 a 30 días y mayor de 30 días, predominando el primero de ellos. Al noreste y noroeste la frecuencia de granizadas es de 0 a 1 día, al norte, centro, este y oeste es de 1 a 2 días y en la zona sur es de 2 a 3 días por año.

CLIMATOLÓGICAS.

En las zonas norte, noreste, noroeste, este y parte del centro predomina el clima templado; al suroeste, el clima es semi-cálido . La precipitación pluvial es de 600 a 800 mm. al año y la temperatura media anual existente varía de 16 a 18 °C.

OROGRÁFICAS.

El municipio de Jerécuaro se encuentra prácticamente dentro de la Sierra de los Agustinos. Por tal razón tiene una gran cantidad de cerros y mesas. La altura promedio de los cerros es de 2600 msnm.

EDAFOLÓGICAS

La estructura del suelo varía de blocosa a blocosa subangular, con una consistencia que va de firme a muy firme. Su textura es de arcilla-limosa. El pH varía entre 6.0 y 7.8. Tiene un origen de suelos formados por el intemperismo a partir de materiales aluviales y coaluviales. Su profundidad va de medianos a profundos. La materia orgánica varía de media a baja. De acuerdo a su clasificación de la FAO/UNESCO, vertisoles, vertisoles pelicos y litosol.

4. MATERIALES, EQUIPO Y METODOLOGIA.

4.1 MATERIALES Y EQUIPO..

Los materiales que utilizaron se dividen en los siguientes grupos:

- Material cartográfico

Carta topográfica con información predial 1:50000

Plano general del ejido

- Material de campo.

Casas de campaña

Bolsas de dormir

Mangas

Sartenes

Tanque de gas

Hieleras

Etcétera

- Material auxiliar

Lápices

Hojas

Gomas

Sacapuntas

Formatos de las cédulas: información geodésica (puntos monumentados de vértices geodésicos) ,información al interior del ejido, información de asentamientos humanos, información de parcelas, información de tierras de uso común, información de servicios públicos , información de explotación colectiva.

Formatos de control de cobertura, formatos de posicionamiento diario

- Equipos de medición

Equipo PXII, DIMENSION, Estación Total

Accesorios: tripies, bipodes, balizas, pilas

- Equipo de comunicación
radio walkin talkin
- Equipo de transporte
camioneta

4.2. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO

Todos los levantamientos que se realicen para la delimitación de las tierras ejidales, estarán ligados a la red geodésica nacional, para lo cual se podrán utilizar dos métodos de levantamiento.

- Directo: Geodésico - Topográfico

- Indirecto: Fotogramétrico

4.2.1. MÉTODO DIRECTO. GEODÉSICO- TOPOGRÁFICO.

Consiste en el levantamiento geodésico y topográfico que comprende una serie de medidas efectuadas en el campo cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre.

Está actividad implica la medición con apoyo de satélites, mediante el sistema de posicionamiento global (G.P.S.) y procedimientos tradicionales tales como:

- Poligonación
- Doble Radiación
- Radiación Sencilla
- Intersecciones
- Observaciones Desplazadas
- Replanteo
- Trisección Inversa

La combinación de estos con equipo de medición de alta precisión.
Poligonación.

Es un método de levantamiento geodésico y topográfico que consiste en la medición de ángulos y distancias de las líneas que conforman un polígono y obtener sus coordenadas. Este método se utilizara para la medición directa del perímetro y de las poligonales de apoyo.

Para el PROCEDE se utilizaran como poligonales de apoyo, las opciones:

Poligonal de círculo cerrado: Las líneas del polígono de apoyo inician y terminan en el mismo lado del control acimutal y lineal.

Poligonal de línea cerrada: las líneas inician y terminan en puntos de coordenadas conocidas; dos lados de control acimutal y lineal, o bien, en dos lados de una poligonal de apoyo, ligados en su inicio y término al lado de control geodésico. Figura.38.

Normatividad.

Tolerancia angular al cierre del levantamiento del polígono se calculará. Con la formula:

$2'' (n)$ (n= número de vértices del polígono).

Precisión lineal mínima requerida al levantamiento será de 1:20 000.

La medición de distancias y ángulos se efectuara con dos series de observaciones conformada por cuatro observaciones, 2 directas y 2 inversas a cada punto, en el siguiente orden de medición: directa - inversa y vuelta de campana directa-inversa.

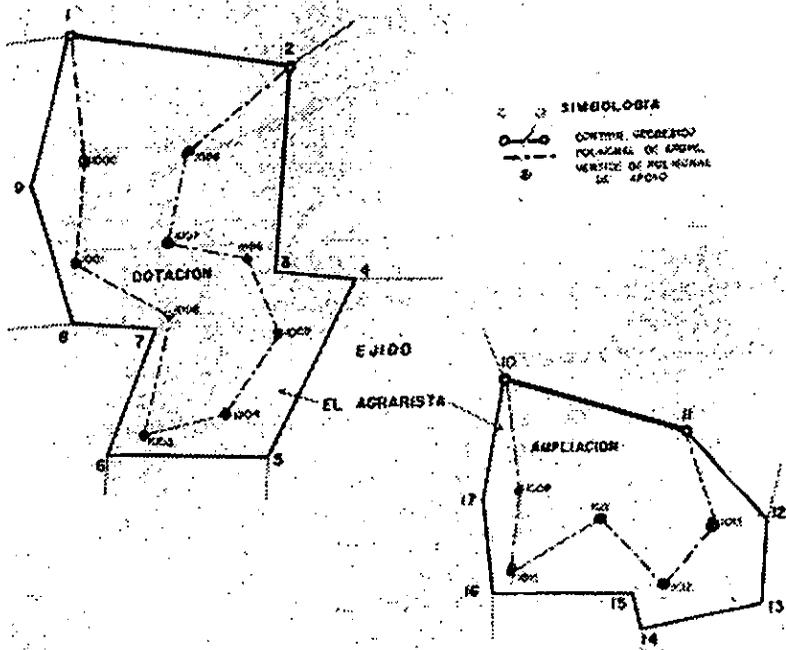


Figura 38. Poligonal cerrada

Tolerancias máximas.

- Para toma de observaciones angulares de cara directa y cara inversa :

En el ángulo horizontal 5".

En el ángulo vertical 5".

En la medición de distancias.

5mm + 3ppm (ppm = partes por millón).

- medirán directamente ángulos horizontales internos derechos .

- Se usará invariablemente el tripie para colocar el prisma.

- Se establecerá un lado de control geodésico adicional por cada 10 o 14 lados de desarrollo de poligonal de apoyo.
- Se hará la compensación de poligonales de apoyo únicamente en el ajuste por mínimos cuadrados.

Doble Radiación.

Es el método por el cual se determina la posición de vértices o puntos, midiendo ángulos y distancias a partir de dos estaciones de coordenadas conocidas.

Este método se utilizará en la medición de vértices de propiedades colindantes al polígono ejidal, grandes áreas, áreas especiales, solares, parcelas y detalles en general. figura 39

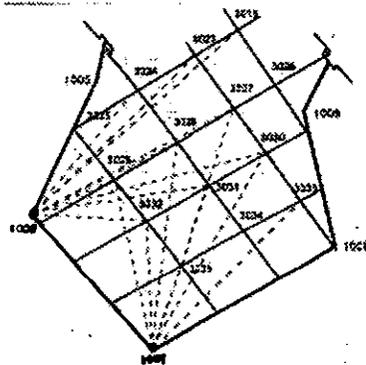


Figura 39. Doble radiación

Radiación Sencilla.

Es igual que la de doble radiación en cuanto a la normatividad, excepto que la medición de ángulos y distancias será a partir de una estación de la poligonal de apoyo y que deben realizar 4 observaciones a cada punto radiado 2 en cara directa y dos en cara inversa, (D-I/D-I) desde una sola estación. figura 40

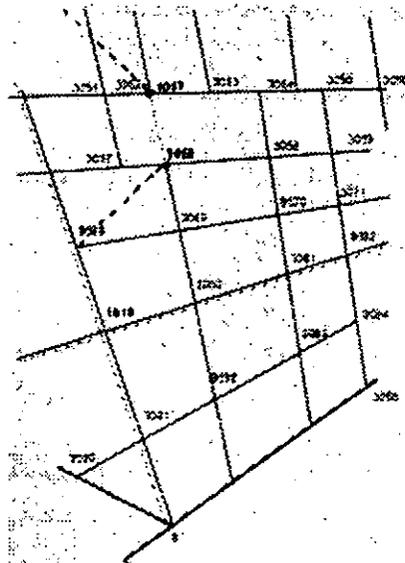


Figura 40. Radiación sencilla.

Intersecciones.

Consiste en calcular la posición de un vértice o punto utilizando distancias, medidas a partir de dos puntos de coordenadas, previamente medidos. Figura 41

- Precisión mínima requerida para estos puntos: 1:10000.
- Se sujetara a lo especificado para la doble radiación.

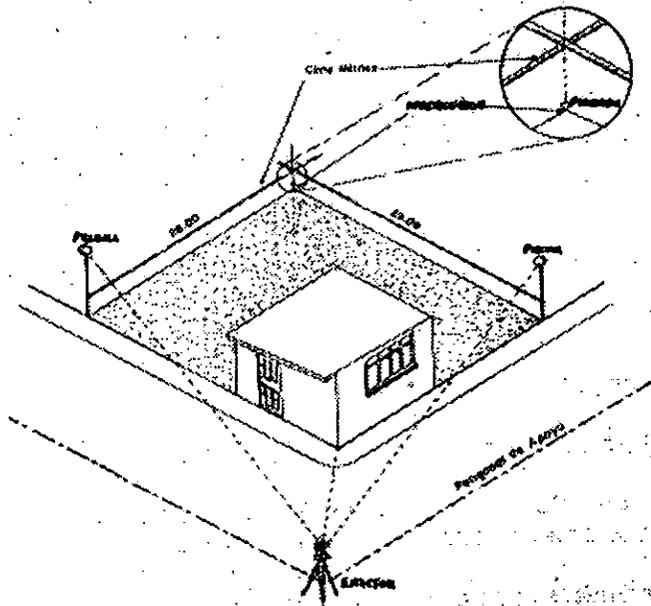


Figura 41. Intersecciones

Observaciones Desplazadas.

Permite calcular la posición de un vértice o punto, a partir de la medición de ángulos y distancias a un punto o puntos auxiliares fuera del lugar en donde se localiza el vértice, desde una estación de coordenadas conocidas.

El método se podrá utilizar como alternativa cuando no se pueda posicionar u observar directamente el prisma sobre el vértice.

Las observaciones desplazadas son dos tipos:

- Ángulos de desplazamiento.
- Desplazamiento de distancia.

Ángulo de desplazamiento.

Consiste en el calculo de la posición de un vértice o punto, a partir de la medición de un punto auxiliar desplazado hacia la izquierda o derecha de una línea formada entre la visual de la ET y dicho vértice. Se utilizará cuando no se puede instalar la baliza directamente en el punto, debido a obstáculos. figura 42.

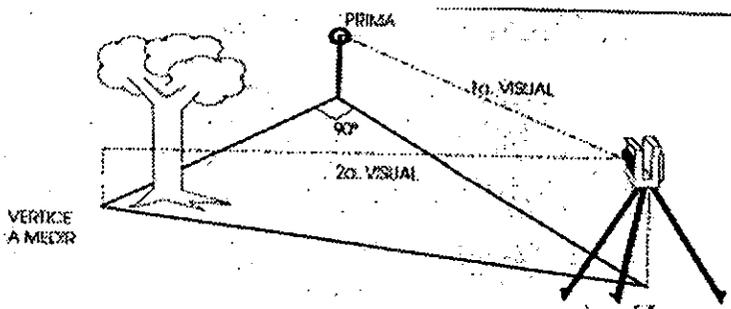


Figura 42. Ángulo de desplazamiento

Desplazamiento de distancias.

Permite calcular la posición de un punto que no se puede visar directamente. Existen 2 variantes de este método.

Desplazamiento de una distancia con dirección: Realiza el cálculo de la posición de un vértice haciendo la observación al prisma a una distancia conocida, fuera del lugar de dicho vértice. figura 43

Desplazamiento de dos distancias: Por este método se calcula la posición de un vértice a partir de la observación de dos prismas montados sobre una baliza ubicada sobre el vértice en forma inclinada, conociendo la inclinación de la distancia entre el prisma y el vértice. figura 44

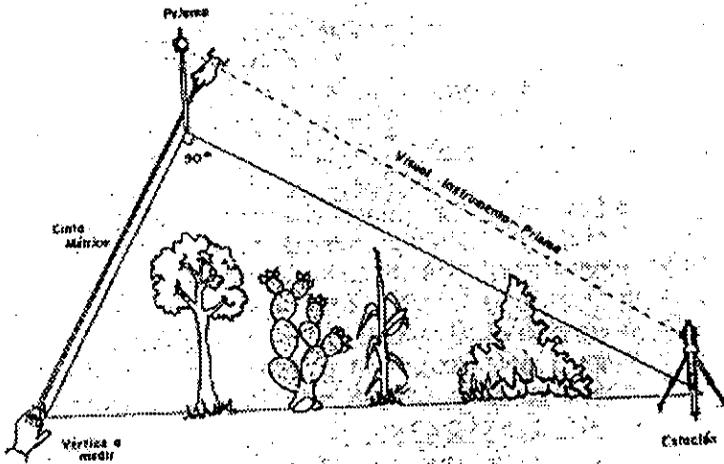


Figura 43. Ángulo de desplazamiento de una distancia

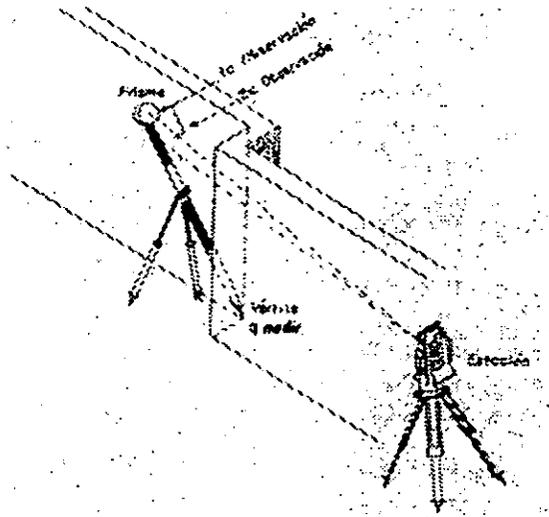


Figura 44. Ángulo de desplazamiento de dos distancias

Replanteo

Consiste en la localización precisa en campo, de vértices o puntos previamente medidos de coordenadas conocidas. Se utilizara principalmente para ser mediciones de poligonos ejidales contiguos en diferentes periodos de levantamiento donde la monumentación del punto halla sufrido movimiento; perdida, o no se esta seguro de su posición. Figura 45

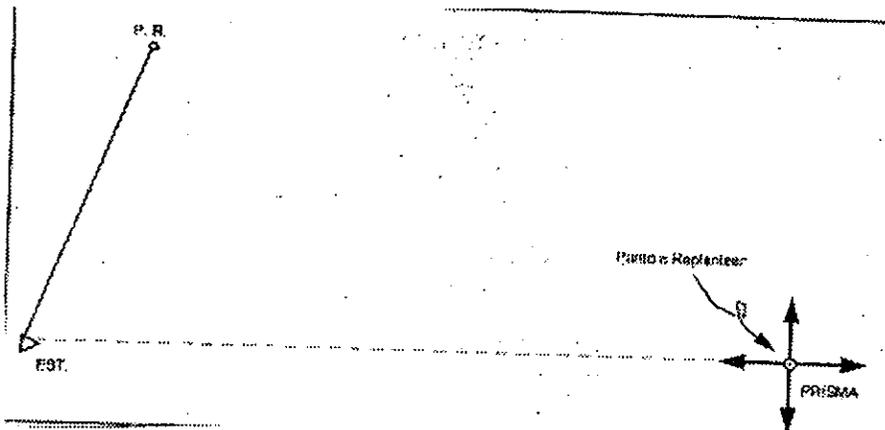


Figura 45. Replanteo.

Normatividad.

- Se usara cuando sea necesario recuperar la posición de puntos en el terreno.
- Se replanteara la posición del punto basándose en sus coordenadas conocidas y ajustadas.
- Tolerancias máximas.
Del ángulo horizontal y vertical será de 4"
De distancia 5 mm+3 ppm.

Trisección inversa.

Consiste en calcular la posición (coordenadas) de una estación desconocida o libre a partir de la observación a dos puntos de coordenadas conocidas.

Se usara para ubicar puntos o estaciones de apoyo, para medición de vértices que por algún obstáculo o accidente topográfico no se pueda levantar desde la poligonal de apoyo. Figura 46

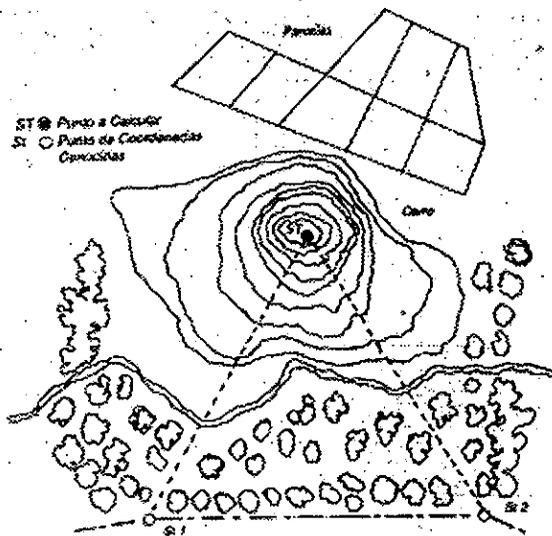


Figura 46. Trisección inversa

Normatividad.

- Precisión mínima será de 1: 20 000.
- Tolerancias máximas. Para toma de observaciones CD-CI.
 - Tolerancia ángulo horizontal 5".
 - Tolerancia ángulo vertical 5".
- En la medición de distancias : 5mm + 3 ppm.
- Se tomaran dos series de observaciones a cada estación de coordenadas conocidas, para obtener la posición de vértice libre.

- Cada serie constara de dos observaciones, una en cara directa y una en cara inversa.

Otros métodos de levantamiento es por medio de posicionamiento con equipos GPS, y son los siguientes:

En cuanto al posicionamiento, éste puede ser puntual o relativo. En la posición puntual se determinan las coordenadas 3D del receptor midiendo rangos o distancias de código, de 4 o más satélites en forma de coordenadas X, Y, Z y posteriormente a coordenadas geodésicas o, x, h con respecto a un sistema de referencia geodésico (ITRF 92). Este posicionamiento es utilizado para navegación o como paso previo al posicionamiento relativo de cada estación de la red GPS. figura 47

En el posicionamiento relativo se calculan las coordenadas de uno o más receptores midiendo simultáneamente a los mismos satélites en dos sitios, cuyas coordenadas son conocidas con precisión de una de ellas y la posición de la otra se determina en forma relativa a partir de las conocidas, a través del vector que se forma entre ambas. La precisión es mejor que la que se consigue con el posicionamiento puntual en virtud de que se procesan datos desde dos ó más estaciones. figura 48

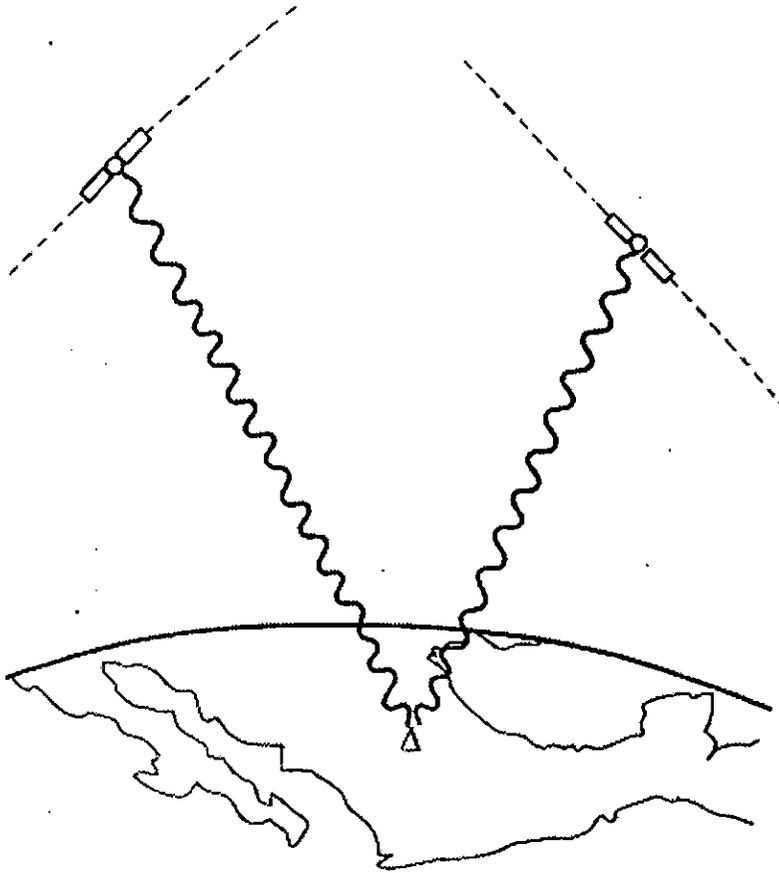


Figura 47. Posicionamiento absoluto

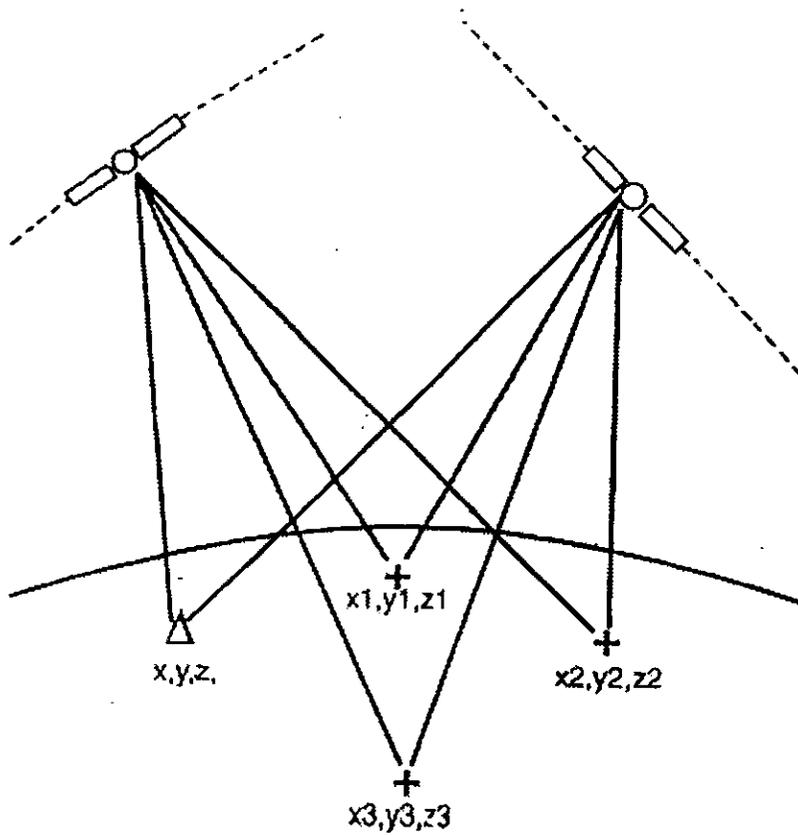


Figura 48. Posicionamiento relativo

4.2.1.1 VINCULACIÓN CON LA RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA

Antes de los trabajos de medición el personal del INEGI acompañado de las autoridades ejidales, la comisión ejidal, ejidatarios y colindantes, realizan un recorrido por el perímetro ejidal y áreas que lo integran: parcelada, uso común, asentamiento humano, especiales y en su caso de explotación colectiva con apoyo del croquis realizado con anterioridad y aprobado por asamblea ejidal. Se efectúan las siguientes actividades:

- Identificación, marcaje y/o remarcaje de vértices
- Definición de control geodésico ejidal
- Diseño de la red de poligonales de apoyo
- Verificación de los croquis ejidales
- Numeración de vértices

Identificación, marcaje y/o marcaje de vértices.

Está actividad se realiza monumentando y/o estacando los vértices perimetales, colindantes y los vértices que definen las grandes áreas del ejido; posteriormente se estacan los vértices al interior de cada gran área así como las áreas especiales existentes.

Definición del control geodésico ejidal

Está definido por el posicionamiento de dos puntos GPS que constituyen una línea de control acimutal y lineal, ligados a la red geodésica nacional activa.

Figura 49

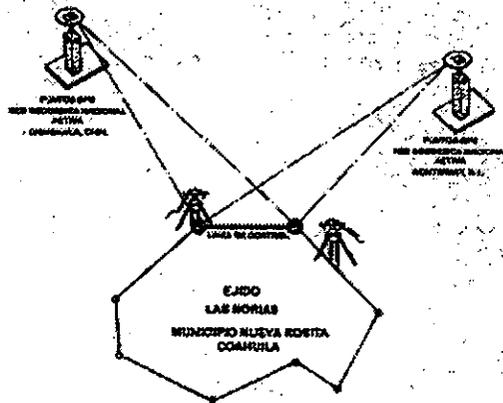


Figura 49. Línea de control

Por cada polígono ejidal, se establece una línea de control independientemente del número de lados que conste el polígono.

La línea de control se establece en los vértices perimétrales o de la poligonal de apoyo.

La distancia mínima entre los dos puntos GPS deben ser 500 metros y visibles entre sí.

Por cada 10 a 14 lados de desarrollo del levantamiento del polígono ejidal y/o de la poligonal de apoyo, se fijará un lado más de control acimutal y lineal.

Diseño de la red de poligonales de apoyo.

a) Poligonales de apoyo. Son una serie de puntos de estación establecidos en lugares estratégicos desde donde se efectúan las radiaciones a los vértices que conforman el perímetro ejidal, grandes áreas, parcelas y solares, facilitando las tareas de medición y ayudando a salvar obstáculos y accidentes topográficos.

Estas poligonales deben estar ligadas directamente, en su inicio y término, a la línea de control.

b) Red de poligonales de apoyo. Cuando se requieran de varias poligonales de apoyo éstas quedarán determinadas por las características y distribución de:

Cada uno de los polígonos ejidales (dotación y ampliación)

Cada gran área (área parcelada, uso común, explotación colectiva y asentamiento humano).

Verificación de los croquis ejidales.

Ya que los croquis constituyen el insumo fundamental para llevar a cabo las actividades de medición de manera eficiente y un control de cobertura adecuado, antes de iniciar la medición deben ser revisados minuciosa y exhaustivamente para que sean acordes al terreno en el que se trabaja.

Numeración de vértices.

Uno de los aspectos mas importantes en cuanto a la numeración del croquis, se refiere sin duda a la identificación de vértices; ya que la correcta numeración de los puntos depende de una serie de actividades como la elaboración de croquis de cédulas, control de cobertura, procesamiento de información, etc. Los cuales deben ser efectuados.

La clavificación de vértices se realiza utilizando la siguiente tabla de rangos:

0001 - 0999	perímetro ejidal y grandes áreas
1000 - 1499	poligonal de apoyo y puntos de precisión
1500 - 1999	colindantes
2000 - 2999	áreas especiales
3000 - 3999	parcelas
4000 - 6999	solares
7000 - en adelante	según necesidades

Una vez realizadas todas las actividades mencionadas se planea el método de medición a utilizar según las características topográficas y disponibilidad de apoyos (método directo e indirecto).

La brigada de geodesia es la encargada de:

a) Establecimiento del control geodésico ejidal; la monumentación de los puntos debe ser de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solidez y estabilidad de acuerdo a las características del terreno. figura 50
- Contener la placa de identificación. figura 51
- Tener referencias para su ubicación. figura 52

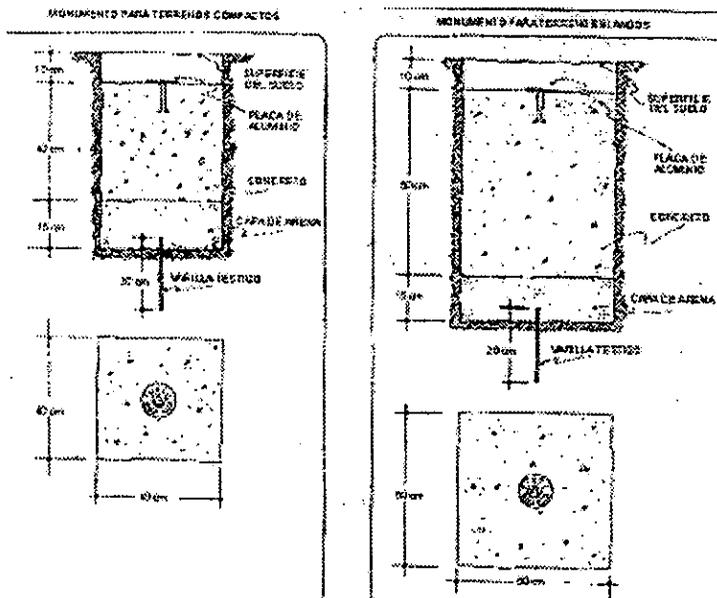


Figura 50. Monumentación

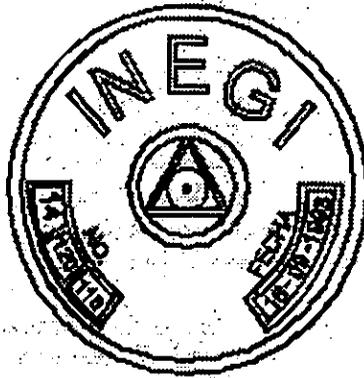


Figura 51. Placa de identificación geodésica

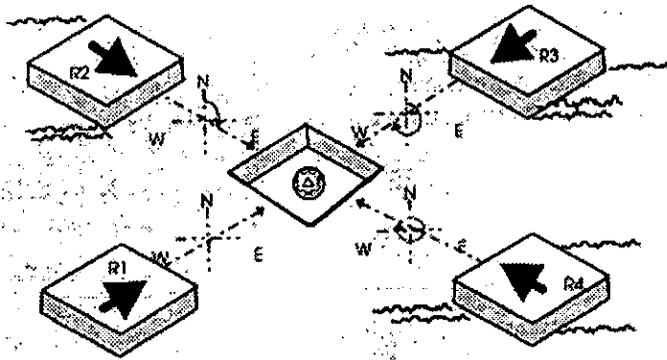


Figura 52. Referencias de ubicación

b) Medición al interior del ejido. El objetivo es llevar a cabo la identificación, marcaje y/o remarcaje y medición de los polígonos ejidales y de sus áreas al interior, mediante el posicionamiento de equipos GPS en los vértices por medir figura 53

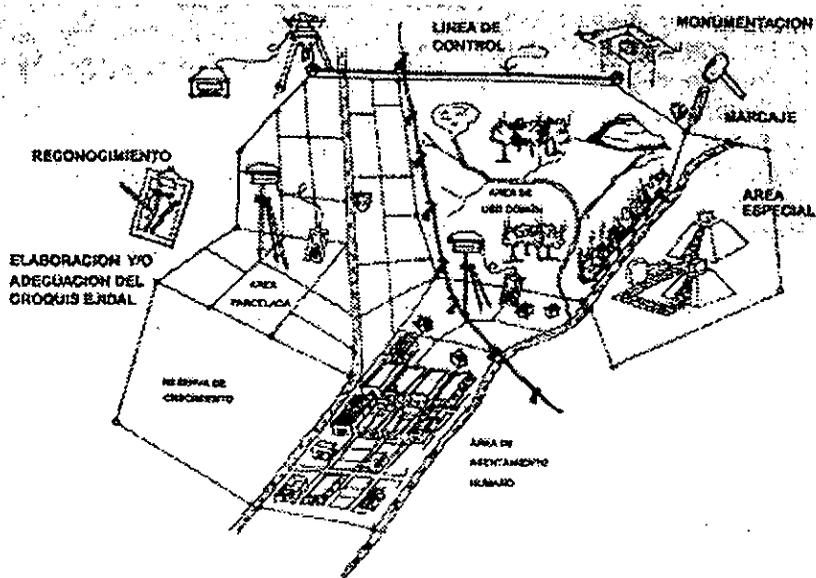


Figura 53. Medición al interior del ejido

c) Aplicación de cédulas de información en la que se recopila información básica de cada una de las áreas y al interior de tierras ejidales que se identifiquen y midan en el ejido, con el propósito de referenciarlas geográficamente y relacionarlas a los ejidatarios, poseionarios y avecindados con derechos sobre ella.

La brigada de medición por su parte lleva a cabo las siguientes actividades:

a) Propagación del control geodésico ejidal.

A través de la aplicación del método directo, y a partir de las estaciones de apoyo establecidas mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) se propagará invariablemente el control hacia los vértices perimetrales del polígono ejidal a medir. figura 54

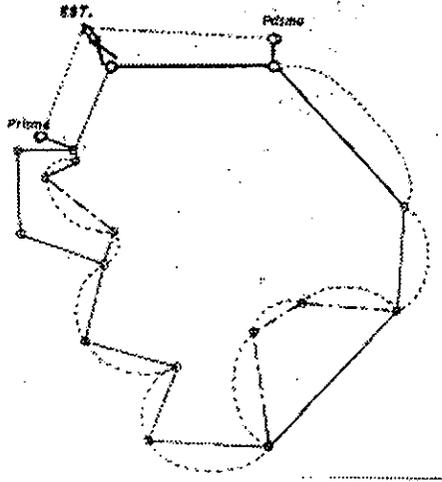


Figura 54. Propagación del control geodésico

b) Establecimiento de poligonales de apoyo y medición al interior del ejido.

En caso de que no sea posible hacer dicha propagación, se establecerá un levantamiento de apoyo que permita la determinación de las coordenadas del polígono ejidal. A sí mismo se deberá prever la fijación de vértices de apoyo al interior del polígono ejidal, en caso de ser necesario, para que a partir de estos se efectúe el levantamiento de las grandes áreas. figura 55

Al igual que la brigada de geodesia la brigada de medición aplica cédulas de información básica.

A partir de las estaciones y vértices de apoyo establecidos, según lo antes expuesto, se podrá efectuar el levantamiento de las tierras parceladas, de uso común, de asentamiento humano y de explotación colectiva, en su caso mediante los procedimientos de : radiación de dos vértices de apoyo, poligonación, posicionamiento global (GPS) o la combinación de estos. figura 56

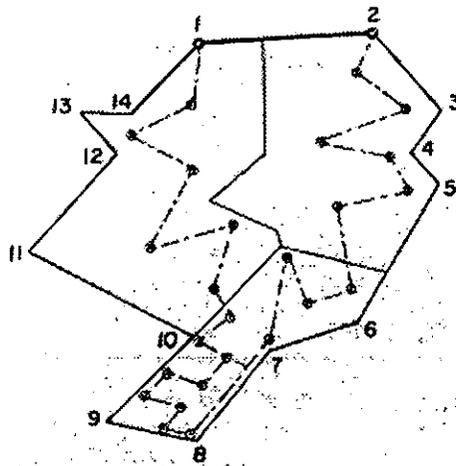


Figura 55. Poligonales de apoyo

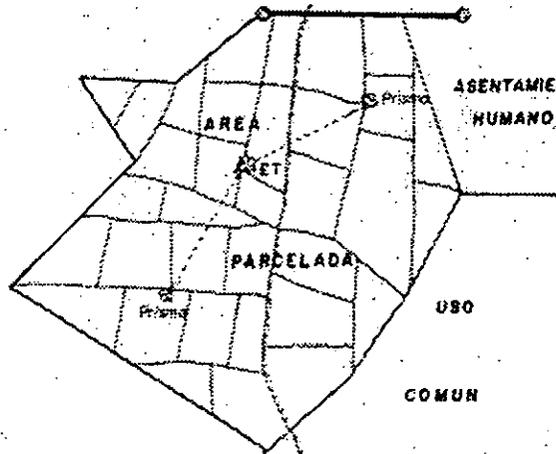


Figura 56. Radiación de vértices

Para la aplicación de los métodos geodésicos estos se dividen en dos formas según el software con que se procesa:

A. Para proceso con GPPS

1. Estático.
2. Estático rápido tradicional.
3. Cinemática tradicional
4. Pseudo-cinemático.

B. Para proceso con PNAV.

1. Cinemática.
2. Estático rápido

MÉTODO ESTÁTICO

El método estático puntual es útil cuando se requiere poca precisión, es decir, de 5 a 10 metros en un periodo corto de observación. Además hay un factor importante para poder medir con este método y esto es la disponibilidad selectiva (SA), esto significa que la información que mandan las estaciones de rastreo es falsa, la cual es una degradación intencional de la calidad de la señal que produce errores en la posición de hasta 100 metros.

El método estático relativo trabaja por fases de señales portadoras de dos o más receptores que simultáneamente rastrean varios satélites comunes, uno de los cuales se sitúan en una posición conocida (línea base) y los otros receptores se sitúan en los puntos cuyas coordenadas se necesitan conocer. Las diferencias de mediciones de fase de señales satelitares minimizan los errores, obteniendo un levantamiento de precisión de 1 a 0.1 ppm, lo que equivale a precisiones del orden de milímetros.

Es necesario coleccionar datos de 1 a 3 horas en líneas base para obtener observaciones redundantes y 45 minutos en puntos por coordenadas por conocer para que haya cambios en la geometría de los satélites y con esto se puedan resolver las ambigüedades.

Se le conoce así debido a que los receptores permanecen posicionados en los vértices a medir por tiempos prolongados en sesiones de una o mas horas; es un método lento pero da mayor precisión.

Una vez instalados los equipos en los puntos y teniendo por lo menos 4 satélites disponibles con geometría adecuada (PDOP menor o igual a 5) para posicionamiento, se hacen observaciones por lo menos cada hora. Figuras 57 y 58

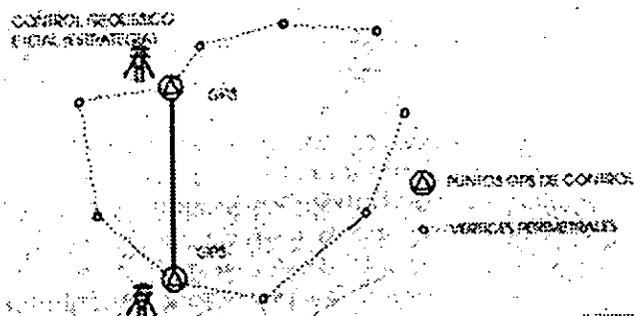


Figura 57. Posicionamiento estático para línea de control

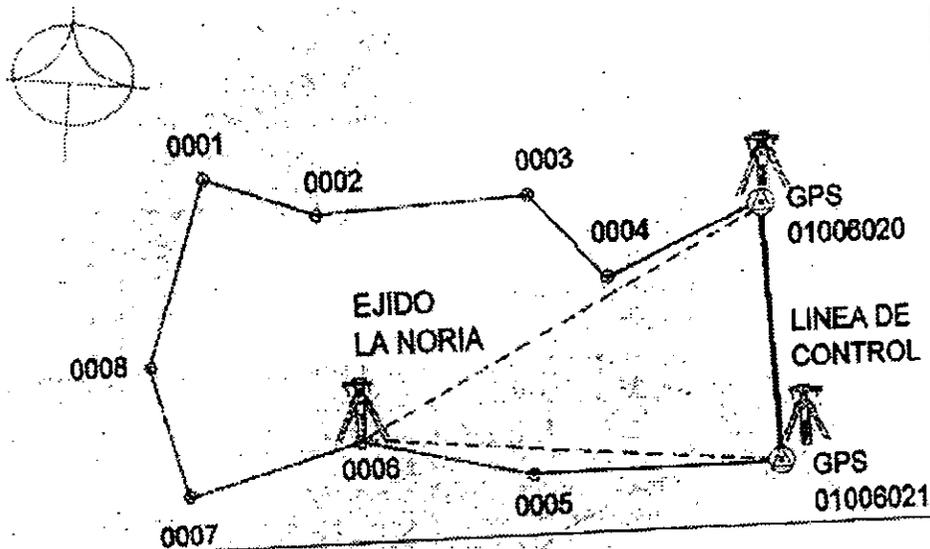


Figura 58. Posicionamiento estático para interior del ejido

MÉTODO ESTÁTICO-RAPIDO TRADICIONAL.

Es muy similar al método estático. Una de las variantes que presenta con respecto al estático, es que solo se puede realizar mediante la utilización de equipos GPS con código designado como el de servicio de posicionamiento preciso (P) o el código designado como el servicio de posicionamiento preciso que reemplaza al código P en los usos civiles (Z) y en los periodos que estén activados en los satélites. Los equipos dimensión no se utilizan para éste método.

Una segunda variante es el tiempo de posicionamiento en cada punto o estación, mismo que dependerá del tamaño de las líneas por medir, así tenemos que:

Cuadro 5. Tiempos de posicionamiento.

TAMAÑO DE LAS LÍNEAS	TIEMPO MÍNIMO	OBSERVACIONES
Menor a 5 Km.	10 min.	Se incrementa 2
5 a menos 6 Km.	12 min.	minutos por cada
6 a menos 7 Km.	14 min.	kilómetro de la línea
7 a menos 8 Km.	16 min.	a medir.
8 a menos 9 Km.	18 min.	
9 a menos 10 Km.	20 min.	

Fuente: INEGI. Manual de la brigada de geodesia.

PROCEDIMIENTO PARA EL POSICIONAMIENTO CON EL MÉTODO ESTÁTICO-RAPIDO:

- Instalar bipode o tripie, base nivelante y antena en el vértice a medir.
- Medir la altura de la antena e introducir el dato en el receptor.
- Fijar el intervalo de registro cada 10 segundos.
- Recolectar datos en cada punto a posicionar.
- Requiere mínimo 3 equipos PXII. Se recomiendan utilizar redes. Figura 59

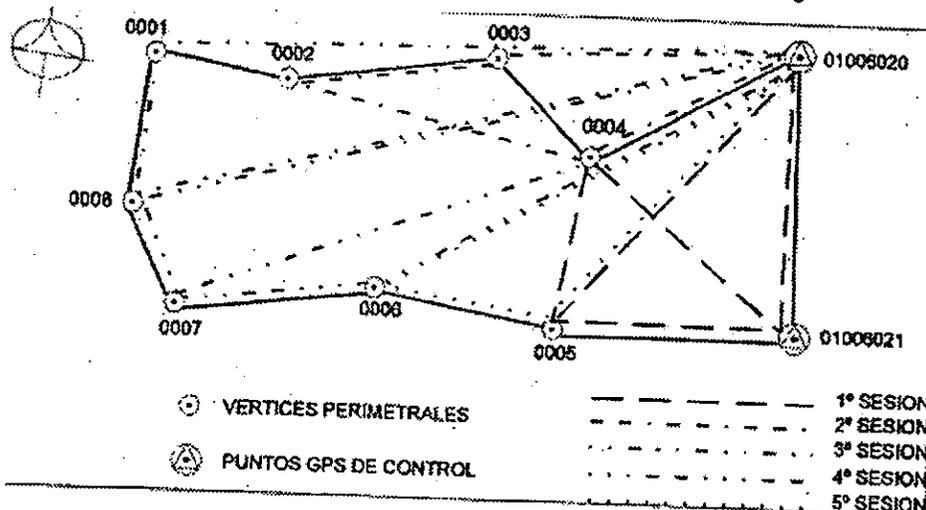


Figura 59. Estático-rápido. (Diseño de redes)

MÉTODO CINEMÁTICO TRADICIONAL.

El método Cinemática tradicional se usa principalmente para determinar las trayectoria de un vehículo en movimiento con precisiones de 10 a 100 metros, si no hay disponibilidad selectiva (SA).

El Método cinemático relativo considera un receptor fijo (línea base) y uno en movimiento, en las cuales las observaciones se hacen simultáneas. Al usar correctamente este método se pueden alcanzar precisiones semejantes a las conseguidas en el método estático. Para conseguir estas precisiones, se tienen que hacer observaciones de aproximadamente 3 minutos sobre los puntos a determinar. El método se basa en que si se conocen las coordenadas de 2 estaciones antes del comienzo de las observaciones, se pueden calcular los valores teóricos de las ambigüedades, y propagar esta en todo el levantamiento. En este método es importante asegurar una constelación de por lo menos 5 satélites y trabajar en un área con la menor cantidad de obstáculos. Se necesitan 5 satélites por si hay pérdida de señal (salto de ciclo) debido a las obstrucciones.

Es el mas rápido de los levantamientos con equipos GPS, pero al mismo tiempo es el mas exigente en cuanto a la colecta de datos y procesamiento; los aspectos a considerar son:

INICIALIZACIÓN.

Para resolver las ambigüedades de la fase inicial y final, el método cinemático presenta tres variantes o métodos estos son:

- A) Inicialización de una base conocida.
- B) Inicialización por intercambio de antena (SWAP).
- C) Inicialización estática de una hora.

-EQUIPO.

Requiere de por lo menos tres equipos GPS (Dimensión o PXII). Figura 60

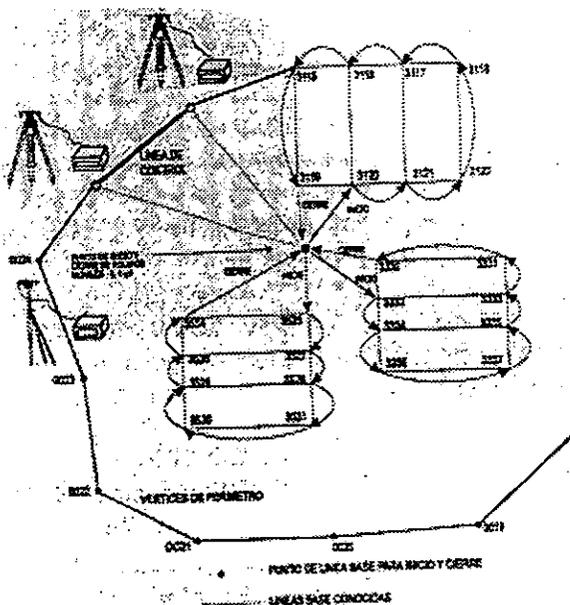


Figura 60. Posicionamiento cinemático

Cuadro 6. Tiempos de posicionamiento, para cinemático.

TIEMPOS	EQUIPOS	
	PXII	DIMENSIÓN
Inicio y cierre en línea base conocida	5 min.	10 min.
Ocupación por vértice.	2 min.	2 min.
Perdida de señal (regresando al vértice anterior)	5 min.	10 min.
Intervalo de registro	10 seg	10 seg.
Mínimo de satélites	4 sat.	4 sat.

Son aplicables cuando el código P ò Z están activados.

Fuente: INEGI. Manual de la brigada de geodesia.

MÉTODO PSEUDO-CINEMÁTICO.

Este método tiene gran similitud al método cinemático en la obtención de los datos en campo. Siguiendo los aspectos que a continuación se enlistan.

Equipo

Se requiere por lo menos dos receptores GPS (Dimensión ó PXII).

Tiempo de posicionamiento

En el método pseudo-cinemático el tiempo de posicionamiento que se requiere para obtener datos en cada vértice es de 5 minutos y dicho vértice deberá ser posesionado una segunda ocasión por lo menos una hora después de la primera visita, es decir, con el mismo receptor se deberá visitar dos veces

cada uno de los vértices por medir. Cabe hacer mención que las visitas al vértice deberán efectuarse en una misma sesión, es decir el equipo no deberá apagarse entre el primer y segundo posicionamiento.

Intervalo de registros

El intervalo de registros a que se deberán programar los equipos GPS a utilizar es de 10 segundos, es decir que se requieren por lo menos 30 épocas (1 época = 5 segundos) por ocupación, con lo cual se obtendrán 60 épocas por punto en las dos ocupaciones.

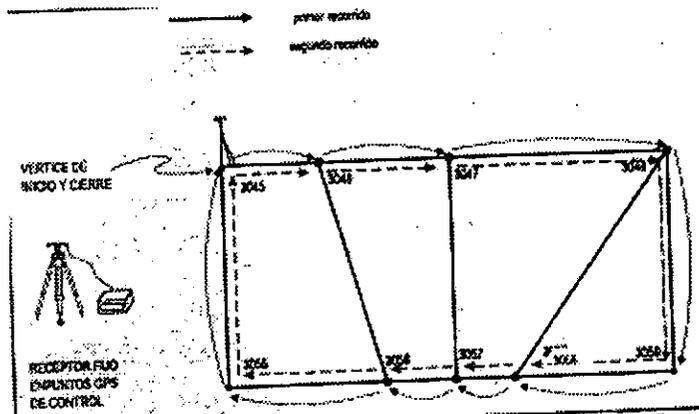


Figura 62. Método pseudo-cinemático

4.2.2 MÉTODO INDIRECTO

Este método consiste en los levantamientos realizados a partir de materiales fotográficos y fotogramétricos (productos derivados) que permiten la fotoidentificación en campo de los vértices de las tierras parceladas, de uso común y del asentamiento humano, para posteriormente, digitalizar esta información en equipos de computo electrónico.

Las actividades realizadas a partir de materiales fotográficos y sus productos derivados (fotogramétricos), a través de los cuales es posible identificar en campo los vértices de las diferentes áreas de las tierras ejidales, para luego digitalizar la información obtenida en equipos de computo y, en su proceso subsecuente generar los planos.

Se utilizaron los vuelos existentes en el país que pudieron ser incorporados en el PROCEDE. Se determinó el uso de todos los vuelos previos realizados de 1988 a 1992, incluyendo los efectuados por la Dirección General de Geografía [Vuelos del Sistema Nacional de Fotografía Aérea (SINFA), instrumentado por la DGG en 1983, mediante el cual se organizan los levantamientos en el territorio nacional; y vuelos especiales] Otras dependencias, compañías privadas etc.

La fotografía aérea tiene la característica de ser muy útil para conocer distintos aspectos del territorio, pues en ella existe la posibilidad de deslindar terrenos, y observar las condiciones territoriales de los ejidos. Figura 63.

En los aviones utilizados se encuentran instaladas las cámaras para fotografía aérea, las cuales se clasifican tomando como referencia tres criterios:

- a) El campo angular de su lente (normal, gran angular y super gran angular).
- b) Su uso (de reconocimiento, métrica y especial)

c) Su inclinación de su sistema óptico(vertical, oblicua y panorámica).



Figura 63. Fotografía aérea

Las utilizadas en el PROCEDE son las métricas y verticales.

Las cámaras de las marcas Wild RC 20, Zeiss RMK TOP y LMK 2000, han sido equipadas con microprocesadores para el control automático de sus funciones, incluyendo la compensación del movimiento del vehículo aéreo.

En el PROCEDE se emplean cámaras Zeiss LMK 2000, colocadas en los cinco aviones disponibles en el INEGI (2 Cessna Conquest-441 turbohélice, 2 Lear Jet; uno 25D y otro 35A, y 1 Cessna bimotor). Además se cuenta con navegadores CCNS-4, que llevan en forma automática a la tripulación sobre las líneas de vuelo predefinidas, siguiendo coordenadas precisas que toman los datos para la navegación de posicionadores GPS, que también están integrados en el avión; así, dichos navegadores ayudan a cubrir grandes superficies con vuelos a diferentes escalas, reduciendo al mínimo la posibilidad de error de tales vuelos.

El INEGI realiza vuelos para la toma de imágenes a diferentes escalas de acuerdo con las normas técnicas: 1:80 000, 1:40 000 y 1:20 000; con base en el Sistema de Fotografía Aérea (SINFA).

De acuerdo con los requerimientos de fotomapas, la Dirección Técnica (DT) de la Dirección General de Cartografía Catastral (DGCC) elabora los programas de vuelo en los cuales quedan definidas las escalas de éste y de los productos fotogramétricos. En dichos requerimientos se toma como base el tamaño promedio de la parcela de cada ejido, el cual es proporcionado por las Coordinaciones Estatales del Instituto (CEI).

Obtenidas las fotografías aéreas, las ampliaciones y las diapositivas, los trabajos de campo de fotoidentificación se inician al contar las CEI con tales fotografías aéreas y las ampliaciones.

Después, las brigadas llevan a cabo la fotoidentificación de los vértices de las parcelas ejidales, es decir, el picado de las fotografías y/o ampliaciones. Figura 64.

Paralelamente a los trabajos de campo, se realiza el proceso fotogramétrico para la elaboración de los fotomapas en las etapas de apoyo terrestre, triangulación aérea, modelos digitales de elevación y en la producción propiamente de dicho fotomapa. Una vez efectuados los trabajos de campo y elaborados los fotomapas, se inicia la etapa de transferencia para su digitalización y reproducción de planos.



Figura 64. Fotoidentificación

ESCALAS DE VUELO

Una fotografía tiene un formato de 23 por 23 cm, de tal forma que de acuerdo a la escala cada fotografía cubre:

escala de vuelo	cubrimiento fotogramétrico en km ²
1:4 000	0.8
1:20 000	20.3
1:37 500	84.6
1:75 000	306.3

Sin embargo, al conformar los modelos fotogramétricos, el cálculo de la superficie que estos cubren no es aritmético sino geométrico ya que deben considerar la sobreposición del vuelo, que es del 60% longitudinal y 30% lateral (entre línea y línea). Figuras 65 y 66

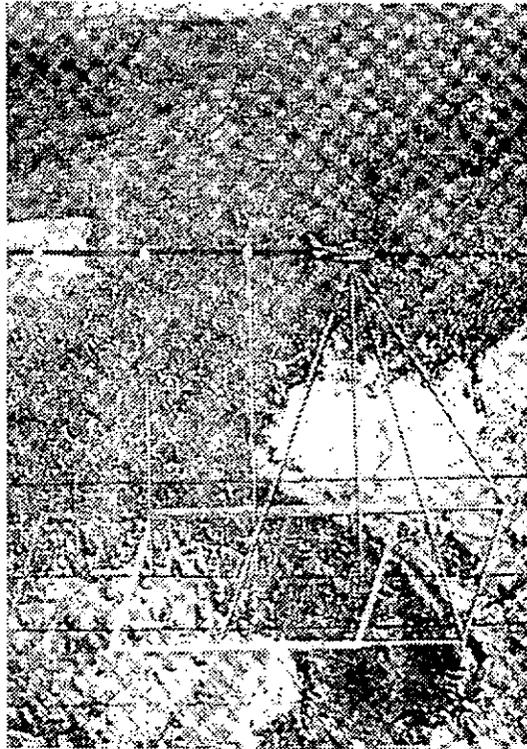
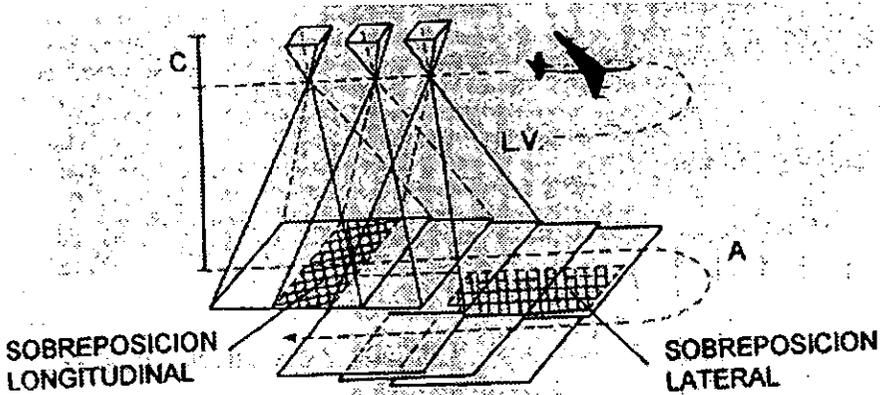


Figura 65. Líneas de vuelo

Tratándose de la medición de una superficie que cubra una carta 1:50 000 (casi 1 000 km²) el apoyo terrestre se presenta como sigue:

Escala de vuelo	No. de fotos que cubre la carta	No. de modelos	No. de PAT necesarios para aerotriangulación	No. de puntos necesarios en apoyo terrestre directo
1:80 000	12 - 15	9	12	49
1:40 000	54 - 60	48	16	70
1:20 000	204	192	34	234

PAT Puntos de apoyo terrestre que son medidos por equipos GPS.



Sobreposición longitudinal y lateral

Figura 66

4.3. NORMAS TÉCNICAS.

Los trabajos técnicos-operativos y la elaboración de los planos que se requieren para el PROCEDE, se realizan con estricto apego a las normas técnicas para la delimitación de las tierras ejidales, publicadas por el Registro Agrario Nacional en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de septiembre de 1992.

Las Normas Técnicas fungen como un criterio de estandarización de los procedimientos, los métodos y las precisiones con las que se desarrollan los trabajos técnicos operativos del programa. Así mismo, definen las características con las que debe contar la nueva cartografía ejidal, tales como tipos de planos a generarse, dimensiones del formato, contenido de la tira marginal, escalas a utilizarse, norte geográfico y simbología entre otras.

4.3.1. LINEAMIENTOS GENERALES.

- A) Contar con el plano general del ejido, que haya sido elaborado por la autoridad competente.
- B) Contar con el acta aprobatoria de la asamblea de ejidatarios en la que se asentó el acuerdo sobre la delimitación de las tierras al interior del ejido.
- C) Planear el levantamiento de campo y seleccionar el método a utilizar.
- D) Llevar a cabo el levantamiento de campo de acuerdo con el siguiente esquema:
 - D.1 - Reconocimiento general de las áreas y los predios a medir.
 - D.2 - Monumentación de las estaciones (Puntos G.P.S)
 - D.3 - Medición o fotoidentificación de las áreas y los predios.

D.4 - Levantamiento de cédulas de información:

- De vértices geodésicos.
- General al interior del ejido.
- De las tierras de uso común.
- De las tierras parceladas
- Parcelaria.
- De las áreas del asentamiento humano.
- De solares urbanos.
- De las tierras de explotación colectiva, en su caso.

E) Procesar la información obtenida en campo.

E.1 - Captura.

E.2 - Tratamiento.

E.3 - Evaluación.

F) Obtención de resultados.

F.1 - Planos internos, parcelarios, de tierras de uso común del asentamiento humano, de solares urbanos y de tierras de explotación colectiva.

F.2 - Archivos en medios magnéticos.

F.3 - Información documental.

4.3.2. LINEAMIENTOS ESPECÍFICOS.

Los procesos actividades y acciones implícitas en los apartados C, D, E y F de "Lineamientos generales" deberán llevarse a cabo con estricto apego a las normas, métodos y/o citas que se puntualizan a continuación:

Métodos de levantamientos. Con el objetivo de establecer un marco geográfico uniforme de referencia, los levantamientos que se realicen en el PROCEDE estarán ligados, a la Red Geodésica Nacional, por lo que se podrán utilizar dos métodos de levantamiento:

Método Directo: Consiste en el levantamiento geodésico-topográfico que comprende una serie de medidas efectuadas en campo, cuyo propósito es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre.

Esta actividad implica la medición con apoyo en satélites, mediante el Sistema de Posicionamiento Global (G. P. S. por sus siglas en inglés) y procedimientos tradicionales como son: poligonación, triangulación, trilateración radiación o la combinación de estos con equipo de alta precisión.

Los levantamientos por el método directo estarán sujetos a estas normas y a las publicadas para los Levantamientos Geodésicos en el diario oficial de la Federación el 1o. de abril de 1985.

Método Indirecto: Consiste en los levantamientos realizados a partir de materiales fotográficos o fotogramétricos (productos derivados), que permiten la fotoidentificación en campo de los vértices de las tierras parceladas, de uso común y del asentamiento humano para, posteriormente, digitalizar esta información en equipos de cómputo electrónico. Mas adelante conforme se desarrolle el presente trabajo veremos mas ampliamente la aplicación de estas normas.

4.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

a) Para geodesia. La información geodésica recibida de campo tiene que ser sometida a procesos de revisión para comprobar que los valores observados cumplan con las normas de precisión establecidas.

Para llevar a cabo el procesamiento de la información se deberá contar con los archivos de las estaciones fijas (Red Geodésica Nacional Activa) y los archivos generados en campo; para contar con dichos archivos se requiere de los paquetes que se mencionan a continuación:

HOSE. Se utiliza para descargar datos de un receptor GPS a un CPU y verificar que estén los archivos: B (registro de la información satelital por épocas), E (datos de las efemérides transmitidas) y S (datos del sitio o estación).

GPPS. Es la obtención de líneas base o coordenadas aproximadas de los sitios efectuando el levantamiento con el método estático.

PNAV. Es la obtención de líneas base y coordenadas aproximadas de los sitios efectuando el levantamiento con el método cinemático.

GEOLAB. Para ajustar las coordenadas por el método de mínimos cuadrados que se generan en GPPS y PNAV resultando así el DXF.

TMODEL. Sirve para unir puntos que fueron previamente procesados y ajustados y que conforman el ejido.

b) Para estación total los paquetes que se utilizan son:

ZEITOP. Contiene a **MCLINK** : Sirve para bajar trabajos de la libreta electrónica a un CPU.

MANAGER. Permite dar control de calidad a los trabajos de poligonales y radiaciones, dentro de este existe **VER POOL**. Da control de poligonales en los cierres angulares.

VERIFICA. Analiza que la libreta electrónica este configurada con los parámetros establecidos en la normatividad y muestra el número de observaciones que requieren análisis; esto es por cada trabajo.

CONTROL que nos muestra precisiones lineales de vértices radiados de doble estación; así como los errores observados de dichas radiaciones en coordenadas X, Y y Z .

SDRMAP. Es un programa editor de líneas que nos sirve para verificar precisiones lineales por medio de ajuste de observaciones por el método de mínimos cuadrados, esto es por cada trabajo.

GEOLAB. Ajusta los trabajos por mínimos cuadrados, con la diferencia del anterior, que éste esta referenciado al elipsoide GRS80; los resultados aquí son analizados por las ppm de tolerancia menores que 50 ppm para precisiones de 1:20 000 y menores de 100 ppm para precisiones de 1:10 000; por lo que esto variará según la distancia del punto radiado. Así, entre más cerca este el punto a radiar de la estación, mayor será las ppm (se reduce el elipsoide y se elevan las ppm).

Para el método indirecto el procesamiento se efectúa con los datos previamente obtenidos en campo, tomando como base la información ejidal transferida a los fotomapas. Tal actividad consiste en convertir los elementos puntuales, lineales y de área contenidos en los fotomapas, en coordenadas X,Y numéricas dentro de la memoria de la computadora, haciendo uso de una tabla digitalizadora o bien de un barredor o scanner.

Para el procesamiento de la información es necesario llevar a cabo una serie de tareas para la generación de los productos cartográficos requeridos por el PROCEDA; éstas son:

- Preparación del ejido a digitalizar
- Planeación de la estrategia de digitalización
- Revisión de los insumos cartográficos
- Digitalización

1. Preparación del ejido a digitalizar. La correcta realización de esta tarea es un elemento clave que redundará en el ahorro de tiempo y fluidez en las operaciones a realizar. Las actividades siguientes son para preparar el fotomapa a digitalizar:

a) Identificación de puntos de control. Consiste en ubicar, marcar y numerar los puntos de control contenidos en el fotomapa

b) Identificación de áreas con estructuras de líneas complejas, dudosas o polígonos aislados. Es básico verificar y marcar las líneas que por su estructura aparezcan poco claras, con el objeto que durante el proceso de digitalización se eviten demoras tratando de comprobar la dirección o la intersección de algunas. Es esencial señalar el inicio y fin de los polígonos aislados que se encuentren en el fotomapa, lo cual ayuda a controlar su digitalización.

2. Planeación de la estrategia de digitalización. Hechos los pasos anteriores, el operador establece una estrategia de digitalización. Así podrá decidir el orden en que digitalizará los diferentes elementos que conforman el ejido.

3. Revisión de los insumos cartográficos. Para llevar a cabo la digitalización de los fotomapas se requiere contar con los siguientes materiales:

a) Fotomapas. Son productos derivados de la fotografía aérea que consisten en imágenes ortogonales del terreno sin las deformaciones propias de las fotografías aéreas ocasionadas por la proyección vertical de la tierra.

En lo referente a la escala en la que se obtendrán los fotomapas son los siguientes:

- De 30 hectáreas o más, se utilizan productos derivados a escala 1:20 000
- De 10 hectáreas o más, se utilizan productos derivados a escala 1:10 000
- De 2 hectáreas o más, se utilizan productos derivados a escala 1:5 000
- Promedio de parcelas o solares menores a 2 hectáreas, se utilizan productos derivados a escala 1:1 000.

b) Croquis de apoyo. Este material es indispensable para ubicar correctamente la información que contenga el ejido incluido en el fotomapa.

c) Bitácora de campo. Incluye el registro permanente del trabajo de fotoidentificación, proporcionando datos básicos del ejido, del levantamiento y de los croquis de cada uno de los vértices.

d) Cédulas de información. Contiene datos más detallados por cada uno de los polígonos que conforman el ejido, obteniendo: claves, nombre del ejido, municipio, estado, zona UTM, nombre del poseedor o ejidatario, uso actual del suelo, clave de la tierra y tipo de predio.

e) Autoridades ejidales. Esta información se agrega en la tira marginal de cada plano que se genera, incorporando los nombres de los representantes del Comisariado Ejidal (Presidente, Secretario y Tesorero) y del Consejo de Vigilancia (Presidente y Secretarios).

4. Digitalización. Los pasos a seguir son los siguientes:

a) Primeramente se fija el fotomapa sobre la tableta digitalizadora de tal forma que no se mueva, para evitar desplazamientos de la información; realizar un reconocimiento general de la ubicación de los puntos picados y de los puntos de control con su respectivo par de coordenadas X,Y.

b) Se accesa al programa de procesamiento DIGITALIZACIÓN: Dentro del programa se hace lo siguiente: Se introduce el número de identificación de las líneas de control y de los vértices fotoidentificados y sus respectivas coordenadas X, Y. Luego de introducir los datos nos señala el error el cual no debe ser mayor a 0.003" y en caso de ser mayor se vuelve a meter al programa DIGITALIZACIÓN para bajar el error.

4.5. PRECISIÓN DE LEVANTAMIENTOS.

- La precisión mínima de 1:50 000 se deberá alcanzar para los puntos de control (Vinculados a la Red Geodésica Nacional Activa), puntos de precisión y puntos de apoyo terrestre.
- La precisión mínima de 1:20 000 debe lograrse para las poligonales de apoyo (abiertas y cerradas) y para mantener tal posición se requerirá de un lado de control acimutal y lineal adicional por cada 10 a 14 lados de desarrollo de la poligonal.

- La precisión mínima de 1:10 000 se alcanzará para los vértices de perímetro, grandes áreas, parcelas, solares y áreas especiales, independientemente de que su medición se realice por poligonación o por radiación. Aquí es indispensable aclarar que, cuando se efectúen mediciones por poligonación para estos tipos de vértices, la precisión de 1:10 000 se mantendrá estableciendo un lado de control acimutal y lineal por cada 80 lados de desarrollo de la poligonal. Cuando se realice por método indirecto, la precisión de la fotoidentificación es de 0.2 mm.

5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

En la medición de los ejidos que se llevo a cabo por el INEGI y que se señala a continuación, se aplicó el método directo, utilizando GPS y Estación total, el cual dio como resultados los siguientes valores:

EJIDO	SUP.POR RES. PRESIDENCIAL	SUP. POR PROCEDE
Purísima del zapote	236-52-00	240-37-63
El Refugio	190-69-33	192-75-63
Arroyo Hondo	360-00-00	366-65-80
La Joya	579-00-00	531-35-00
Petemoro	479-00-00	500-36-07
Zatemaye	729-00-00	377-65-67
El Terrero	204-81-63	202-65-20
La Barranca	672-00-00	659-48-58
La Esquina	936-20-00	959-15-45
San Lucas	875-00-00	899-60-33
El Rodeo	942-00-00	480-38-90
La Peña	364-50-00	405-03-66
Santa Isabel	781-00-00	921-41-43
Las Moras	952-00-00	1003-34-27
Candelas	632-00-00	906-75-72
Salto de Peña	1281-00-00	1312-00-00
Puruagüita	783-00-00	653-36-70
La Ordeña	364-00-00	273-30-76
La Salitrera	784-00-00	796-19-68
Las Pilas	656-00-00	618-58-58
El Carrizo	824-00-00	824-84-27
Estanzuela de Romero	1506-00-00	1416-10-45
El Tepozan	721-80-00	586-00-00
San Pedro	1068-30-00	1052-04-55
La Enredadera	703-59-00	696-04-79
Manzanarez	942-53-80	1058-50-22
Purhancicuario	722-00-00	601-28-59
Estanzuela de Razo	824-00-00	798-81-83
Ciudad Jerécuaro	3317-00-00	3354-86-41

5.2 DISCUSIÓN

Como se puede ver en el siguiente cuadro existen diferencias entre las superficies:

EJIDO	SUP. POR RES. PRES	SUP.POR PROCEDE	DIFERE NCIAS	GRUPO
Purísima del zapote	236-52-00	240-37-63	3-85-63	1
El Refugio	190-69-33	192-75-63	2-06-30	1
Arroyo Hondo	360-00-00	366-65-80	6-65-80	1
La Joya	579-00-00	531-35-00	48-35-00	2
Petemoro	479-00-00	500-36-07	21-36-07	1
Zatemaya	729-00-00	377-65-67	351-34-33	2
El Terrero	204-81-63	202-65-20	2-16-43	1
La Barranca	672-00-00	659-48-58	12-51-42	1
La Esquina	936-20-00	959-15-45	22-05-45	1
San Lucas	875-00-00	899-60-33	24-60-33	1
El Rodeo	942-00-00	480-38-90	462-38-90	4
La Peña	384-50-00	405-03-68	40-53-68	1
Santa Isabel	781-00-00	921-41-43	140-41-43	3
Las Moras	952-00-00	1003-34-27	51-34-27	1
Candelas	632-00-00	906-75-72	274-75-72	3
Saño de Peña	1261-00-00	1312-00-00	51-00-00	1
Puruagüita	783-00-00	653-36-70	129-63-30	2
La Ordenía	364-00-00	273-30-76	90-69-24	3
La Salitrera	764-00-00	796-19-68	32-19-68	1
Las Pilas	656-00-00	618-58-58	37-41-42	1
El Carrizo	824-00-00	824-84-27	00-84-57	1
Estanzuela de Romero	1506-00-00	1416-10-45	89-89-85	1
El Tepozan	721-80-00	586-00-00	135-80-00	3
San Pedro	1066-30-00	1052-04-55	14-25-45	1
La Enredadera	703-59-00	696-04-79	07-54-45	1
Manzanarez	942-53-80	1058-50-22	115-96-42	3
Purhancuaro	722-00-00	601-28-59	120-73-41	2
Estanzuela de Razo	824-00-00	798-81-83	25-18-17	1
Cd. Jerécuaro	3317-00-00	3354-88-41	37-88-41	1

Estas diferencias para poderlas analizar las dividiremos en cuatro grupos los cuales se describen a continuación:

Grupo 1

Son ejidos en los cuales los linderos no han sido modificados significativamente, la diferencia de superficie esta dentro de la tolerancia del 10 por ciento que el Registro Agrario Nacional (RAN) establece como margen máximo de diferencia con la superficie dotada por resolución.

Grupo 2

Ejidos en los cuales se han sufrido afectaciones por la elevación de la cortina de las presas, ocasionando la reducción de la superficie ejidal debido a las inundación de éstas.

Grupo 3

Son los ejidos en los que los linderos no están bien definidos; por lo tanto, la delimitación se hace por medio de conciliación y común acuerdo de colindantes y se elaboran las actas de convenio de colindancias respectivas. En estos ejidos es común que lleguen a rebasar el 10 por ciento de tolerancia permisible; en estos casos, el RAN marca en el plano final la superficie en demasía que será descontada y corregida en el acta final.

Grupo 4

Este es un caso particular, pues el ejido fue dotado por dos acciones agrarias: dotación y ampliación. Esta última fue modificada pues los terrenos involucrados tienen régimen de pequeña propiedad, los cuales no son considerados en el PROCEDE.

Por otro lado los trabajos de medición no necesariamente se hacen en los puntos exactos que marca el plano de ejecución de los polígonos, por lo que esta causa se suma a las anteriores.

Podemos decir que las causas expuestas hasta lo que se ha medido actualmente, son las principales en el municipio, pero en el país existen otras como son: divisiones de ejidos, permutas y expropiaciones.

6. CONCLUSIONES

El procedimiento para medir terrenos utilizando el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), a diferencia de los métodos anteriores o tradicionales, varía fundamentalmente en los aspectos siguientes:

- a) Utiliza una tecnología muy avanzada que requiere de aparatos e instrumentos sofisticados y costosos. Esto último hace que su utilización sea rentable cuando el volumen de trabajo; es decir la extensión y número de vértices es muy elevado.
- b) Los trabajos de medición tienen un grado de resolución y precisión muy alta, es decir, el margen de error con los resultados que se obtienen se minimiza de tal manera que la confiabilidad de los resultados es prácticamente absoluta.
- c) La rapidez en la obtención de resultados de las mediciones, se traduce por consecuencia en una economía muy significativa.
- d) La puesta en marcha de este sistema de medición a nivel nacional a permitido que se haga una propagación de los vértices geodésicos en el territorio, con lo cual se van sentando las bases firmes para un mayor y mejor conocimiento de la cartografía en el país.
- e) Con la aplicación del GPS y estación total se podrá dilucidar en forma definitiva, todas las controversias de colindancias, superficies verdaderas, ubicación real y otras que hay en un número muy importante de las propiedades ejidales, comunales y particulares.

- f) La certeza del conocimiento de la extensión, forma y localización de cada terreno que deberá estar avalado por el documento oficial correspondiente, dará confianza necesaria que se requiere de la tenencia de la tierra, para que de ésta se coadyuve a una explotación más productiva.

6. LITERATURA CITADA

1. Betancourt, A. R. Topografía general. México, Editorial CECSA, 1991. 250p
2. Hernández, N. A., "¿Es necesario cambiar de sistema geodésico de referencia en México?", Vértices INEGI, número 3, septiembre-diciembre, México, 1993, pp 21-30.
3. Hernández, N. A. "ITRF vs NAD 27 ". INEGI. Vértices número 4, enero-abril. México, 1994. pp 22-25.
4. Hernández, N. A., Bugarín, G. A. M. " ¿Reponer, reajustar o transformar?". INEGI. Vértices número 5 enero-junio. México, 1995. pp 16-18.
5. INEGI. Gaceta informativa. número 3 julio-septiembre. México, 1992. pp 5-9.
6. INEGI. Gaceta informativa. número especial. México 1989-1994. pp 62-65.
7. INEGI. La nueva cartografía ejidal de México. México 1994. 53p.
8. INEGI. La nueva red geodésica nacional, 1994:Tecnología de vanguardia. México 1994. 17p.
9. INEGI. Manual de conceptos básicos. México 1994. 196p.
10. INEGI. Manual de la brigada de geodesia. México 1994. 204p.
11. INEGI. Manual de la brigada de medición. México 1994. 129p.
12. INEGI. Modernización del INEGI y el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. México 1994. pp48-52.
13. INEGI. Normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido. México 1994. 25p.
14. Mendoza, A. D. " Sistemas globales de posicionamiento". Ciencia y desarrollo. número 106 septiembre-octubre. México 1992. pp 120-140.
15. Procuraduría agraria. Nueva legislación agraria. México 1993. pp 117-144.
16. Ramírez, L. F. "Aproximaciones al método indirecto". INEGI. Vértices número 3 septiembre - diciembre. México 1993. pp 40-48.

17. Reyes, I. M. A. "El sistema de posicionamiento global: una visión simplificada". INEGI. Vértices número 5 mayo-agosto. México 1994. pp 12-22.
18. Schmidt, Ph. D. M.O., Rayner, H. W. Fundamentos de topografía. Editorial CECOSA. México 1983. 500p.
19. Torres, Cossío R. Fotogrametría y Fotointerpretación aplicada a suelos. Editorial UNAM. México 1989. 200p
20. Varios. Diferencias NAD 83 vs ITRF en la cartografía topográfica sobre la frontera México-EUA". INEGI. Vértices número 4 enero-abril. México 1994. pp 36 - 42.