

APUNTES DE TOPOGRAFÍA



Facultad de Estudios Superiores

Acatlán

Manuel Zamarripa Medina
Ing. Topógrafo y Fotogrametrista
Academia de Topografía
Correo: zamarripa6103@hotmail.com

ÍNDICE

Página

	INTRODUCCIÓN	4
1.	GENERALIDADES	5
	1.1 Objetivos de la Topografía	
	1.2 La Topografía y partes en que se divide para su estudio	
	1.3 El levantamiento topográfico	
	1.4 Sistema de unidades	
	1.5 Elementos Geográficos	
2.	MEDICIONES LONGITUDINALES	13
	2.1 Equipo usado en la medición con cinta	
	2.1.1 Medición en terreno horizontal	
	2.1.2 Medición en terreno inclinado	
	2.2 Errores	
	2.3 Mediciones electrónicas	
3.	PLANIMETRÍA	21
	3.1 Concepto de Poligonal Topográfica	
	3.2 Los Levantamientos con Cinta	
	3.3 Dibujo de Planos	
	3.4 Métodos de Levantamiento con Cinta	
	3.5 Determinación de Superficies con Planímetro	
4.	MEDICIONES ANGULARES	44
	4.1 Azimut de una línea	
	4.2 Rumbo de una línea	
	4.3 Las Meridianas Magnética y Astronómica	
	4.4 Declinación magnética	
	4.5 Conversión de azimuts magnéticos en azimuts astronómicos	
	4.6 La Brújula tipo Brunton	
	4.7 Métodos de Levantamiento con Brújula y Cinta	
	4.8 Coordenadas geográficas	
5.	LEVANTAMIENTOS CON TEODOLITO	64
	5.1 El Tránsito y el teodolito topográficos	
	5.2 Métodos de levantamiento con teodolito y cinta	
	5.3 Trabajos de campo y gabinete	
	5.4 Calculo inverso	

5.5	Dibujo por coordenadas rectangulares	
5.6	Método de deflexiones	
5.7	Levantamiento de una poligonal de vértices inaccesibles	
6.	ALTIMETRÍA -----	115
6.1	Equipo topográfico utilizado en levantamientos altimétricos	
6.2	Métodos de nivelación diferencial	
6.3	Comprobación de las nivelaciones	
6.4	Nivelación de perfil	
6.5	Secciones transversales	
6.6	Métodos de configuración topográfica	
7.	LEVANTAMIENTOS TAQUIMÉTRICOS -----	156
7.1	La Estadía	
7.2	Levantamientos taquimétricos con estación total	
7.3	Ejemplo de un levantamiento topográfico con estación total	
8.	LEVANTAMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE VÍAS TERRESTRES -----	186

INTRODUCCIÓN

Cada obra de ingeniería o arquitectura comienza con las mediciones que se efectúan sobre el terreno; con el conocimiento del terreno a utilizar, se elabora el proyecto de la obra en cuestión. Una vez que se han elaborado los planos, se procede a realizar los trazos, es decir a establecer las condiciones del proyecto en el terreno. Durante la construcción se deberá llevar el control topográfico de la obra tanto para la edificación como para las cantidades de obra, modificaciones al diseño y actualización de la topografía respecto al proyecto construido.

Por otro lado, en estos tiempos de grandes avances y transformaciones tecnológicas, la dinámica de este desarrollo técnico también incluye a la topografía, la cual ha registrado avances significativos en prácticamente todas sus áreas de aplicación, ya sea en los trabajos de campo, como en los de gabinete en el procesamiento de la información obtenida. Las nuevas generaciones de instrumentos de medición como los teodolitos digitales electrónicos, las estaciones totales con registro electrónico de datos, los niveles digitales automáticos con procesamiento de imágenes y registro electrónico de datos y los sistemas de posicionamiento por satélite GPS entre otros, han hecho más eficientes los trabajos de campo; por otro lado software cada vez más desarrollado posibilita toda clase de cálculo topográfico y edición de planos.

Esta situación obliga a los distintos profesionistas que requieren a la topografía como una herramienta para el ejercicio de sus profesiones, a considerar las nuevas técnicas que en el campo de la topografía están surgiendo; ventajas competitivas de tiempo, costo y precisión en la ejecución de los levantamientos topográficos, ayudas para el diseño de obras civiles y de arquitectura, así como un mejor y eficiente trazo y control en la construcción, todo esto hace necesario que los ingenieros y arquitectos como usuarios o responsables directos de la información topográfica tengan el conocimiento de los alcances de mejores equipos y técnicas de medición, de cálculo, dibujo y diseño. En esta época de grandes cambios el profesionista debe tener presente que siempre es mejor considerar esos cambios y asimilarlos para subirse a la cresta de la ola, que dejarse arrastrar por ellos.

Este es el reto a quienes nos dedicamos al estudio del espacio geográfico en cualquiera de sus disciplinas, en virtud de que es nuestra obligación promover las formas de aprovechar de manera cada vez más eficiente los recursos territoriales, a través de la expresión fidedigna de hechos y fenómenos que en dicho espacio se presentan.

Esperando que estos apuntes cumplan con tu expectativa de aprendizaje, mucho agradeceré tus comentarios para incluirlos en próximas revisiones.

Ing. Manuel Zamarripa Medina

1. GENERALIDADES

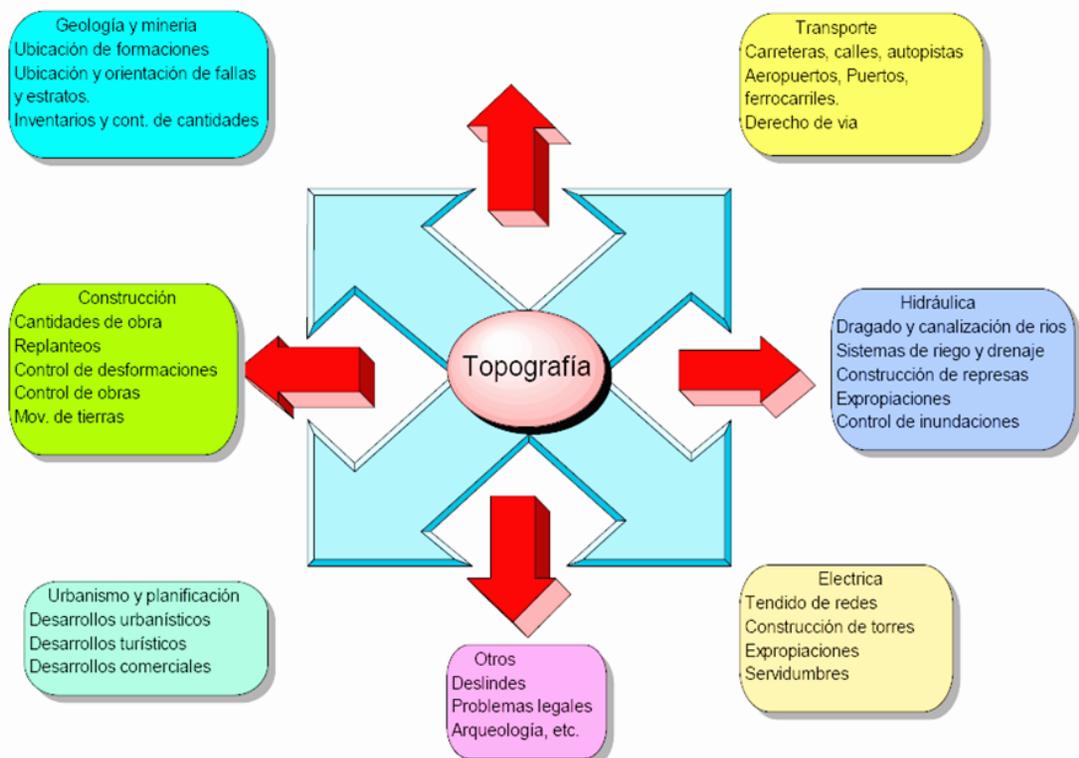
La topografía (del griego “*topos*”, lugar y “*graphein*”, describir) es una ciencia aplicada que trata de la obtención de información física y su procesamiento numérico, para lograr la representación geométrica, ya sea en forma grafica o analítica, del espacio físico que nos rodea.

Las ciencias en las que se sustenta son la geometría, las matemáticas, la física y la astronomía, de ahí su carácter de ciencia aplicada.

La topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero o arquitecto realizar sus proyectos. Sin un buen plano topográfico no es posible proyectar debidamente un edificio o trazar un fraccionamiento, ya que en principio la topografía ayuda a determinar los linderos de propiedad con sus divisiones interiores, la localización de vialidades y servicios municipales; la configuración del relieve del terreno con sus montes, valles, barrancos, bosques, pantanos, etc. y en general del conocimiento de todas aquellas particularidades del terreno necesarias para la implantación de un proyecto en el sitio designado.

1.1 Objetivos de la topografía

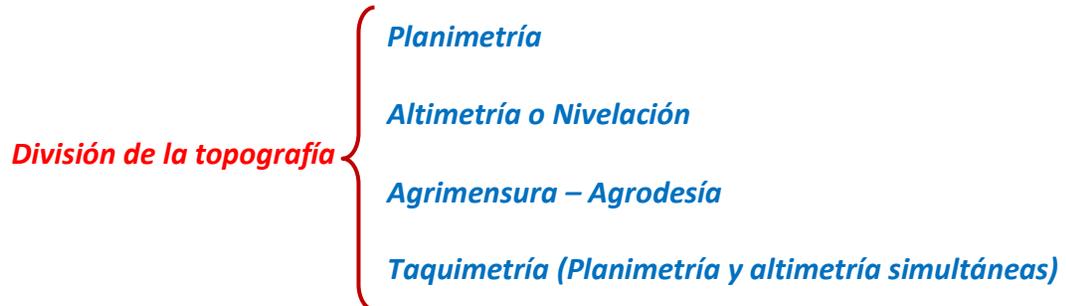
Las actividades fundamentales de la topografía son el levantamiento y el trazo. El levantamiento comprende las operaciones necesarias para la obtención de datos de campo útiles para poder representar un terreno por medio de su figura semejante en un plano; el trazo o replanteo es el procedimiento operacional por medio del cual se establecen en el terreno las condiciones establecidas o proyectadas en un plano. En el ejercicio de la topografía, esta se relaciona con distintas disciplinas.



Relación de la topografía con otras disciplinas.

1.2 La topografía y partes en que se divide para su estudio

Para su estudio la topografía se divide en las partes siguientes:



La planimetría comprende los procedimientos para tomar en el campo los datos que nos permitan proyectar sobre un plano horizontal la forma del terreno, o sea su contorno o perímetro, así como los detalles naturales o debidos a la mano del hombre.

La altimetría o nivelación, determina la altura de los distintos puntos del terreno con respecto a un plano de comparación, que generalmente es el nivel medio del mar.

La agrimensura se ocupa de la determinación de la superficie de los terrenos por diferentes procedimientos, gráficos, mecánicos y analíticos. La parte de la agrimensura que estudia el fraccionamiento de los terrenos, se llama Agrodesía (*agros – campo; desa – división*).

La taquimetría, permite fijar a la vez, en posición y altura los puntos del terreno, pues hace simultáneos los levantamientos planimétrico y altimétrico.

1.3 El levantamiento topográfico

Concepto de levantamiento topográfico. Se entiende por levantamiento al conjunto de operaciones que se ejecutan en el campo y de los medios puestos en práctica, para fijar las posiciones de puntos, así como su representación en un plano.

En cuanto a su extensión los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos.

Levantamiento Topográfico.- Cuando abarca una extensión reducida (menor de 30 Km.) dentro de los cuales se considera despreciable la influencia de la curvatura terrestre.

Levantamiento Geodésico.- Cuando abarca una gran extensión de terreno (más de 30 Km.) en ellos se considera el efecto de la curvatura terrestre.

Los levantamientos topográficos en cuanto a su calidad pueden ser Precisos, regulares, taquimétricos y expeditivos.



Precisos.- Se ejecutan por medio de equipo electrónico y métodos rigurosos de levantamiento y cálculo, para fijar límites y localizaciones exactas; control para grandes obras de infraestructura, trazo de complejos habitacionales o industriales, etc.

Regulares.- se realizan por medio de poligonales levantadas con tránsito y cinta, se usan para levantar linderos de propiedades, En el control de obra, urbanización e introducción de servicios municipales.

Estadimétricos.- en los cuales las distancias se miden por procedimientos indirectos, empleando tránsito y estadal, estos levantamientos se aplican en trabajos previos al trazo de vías de comunicación, predios rústicos, de detalle y relleno y configuración.

Expeditivos.- se realizan con aparatos portátiles poco precisos, como brújula, podómetro, medición de distancias a pasos, estimación de magnitudes a ojo, etc. estos levantamientos se emplean en reconocimientos y trabajos de exploración.

1.4 Sistema de unidades

En México para efectos de la topografía se utiliza el Sistema Internacional de Unidades.

Unidades de longitud. La unidad fundamental es el metro, por lo que todas las dimensiones, coordenadas y niveles se expresan en esa unidad, a menos que por alguna práctica en contrario se tenga que recurrir a otras unidades.

Unidades de superficie. Se emplea como unidad de medida el metro cuadrado (m^2); para propósitos de deslinde de terrenos, se emplean también las siguientes unidades:

$$\text{Centiárea} = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Hectárea} = 10,000 \text{ m}^2$$

$$\text{Miriárea} = 1'000,000 \text{ m}^2$$

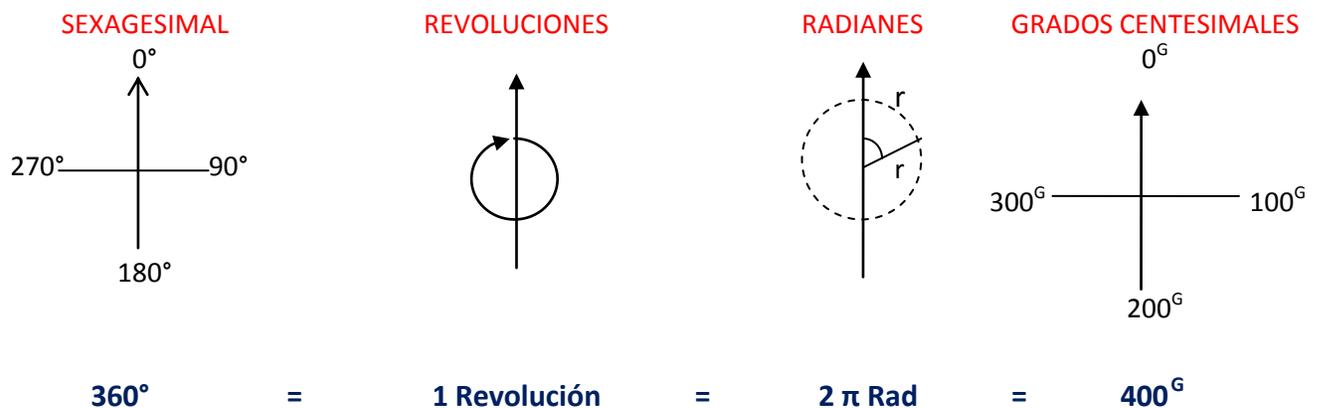
$$\text{Km}^2 = 1'000,000 \text{ m}^2$$

Con fines de escrituración la superficie de un predio de 26, 548.625 m^2 , se representaría de la siguiente manera:

2 – 65 – 48.625 Has. ; *Se lee como: 2 hectáreas, 65 áreas, 48.625 centiáreas*

Unidades de capacidad. La unidad de medida es el metro cubico (m^3), adicionalmente se emplean como unidades derivadas los millares o millones de metros cúbicos, esto sucede a menudo en el movimiento de tierras para la contabilización de los volúmenes de obra.

Unidades angulares. La unidad de medida es el grado sexagesimal, la relación con otros sistemas de unidades es la siguiente:



Sistema sexagesimal. La circunferencia es dividida en 360 partes. La unidad básica es el grado ($^\circ$), que se subdivide en 60 minutos ($60'$), y el minuto se subdivide en 60 segundos ($60''$). Este sistema es el empleado casi exclusivamente en la práctica topográfica en México, y predomina sobre todos los demás en el resto del mundo. Su uso es bastante generalizado, las correlaciones de las unidades de tiempo y de arco en astronomía ($1 \text{ hora} = 15^\circ$), y otras consideraciones, favorecen que continúe empleándose dicho sistema sexagesimal.

Sistema centesimal. El uso de grados decimales en varios cálculos de ingeniería tiene ciertas ventajas. Esto condujo a la creación del sistema centesimal, en el cual la circunferencia está dividida en 400 partes, llamadas grados centesimales (g). Por tanto, $100^g = 90^\circ$. El grado centesimal está dividido en 100 minutos centesimales (100^c) y un minuto centesimal, en 100 segundos centesimales (100^{cc}). Así, un ángulo puede expresarse como 236.4268^g , donde el primer par de dígitos después del punto representa minutos centesimales, y el segundo par de dígitos, segundos centesimales. Sin embargo, la distinción entre minutos y segundos no requiere indicación explícita, como se observa en la siguiente suma de cantidades angulares, en la que puede apreciarse la sencillez del sistema centesimal. Este sistema tiene amplia aceptación en Europa.

Ejemplo.- Determina la suma de los tres ángulos anotados.

Solución:

<i>Sistema centesimal</i>	<i>Sistema sexagesimal</i>
100.4527	75°51'23"
251.7590	207°18'41"
<u>312.0314</u>	<u>340°39'57"</u>
Suma = 664.2431	Suma = 623°50'01"
o bien 264.2431 ^g	o bien 263°50'01"

Como algunos instrumentos de medición angular tienen sus círculos graduados en unidades centesimales, puede ser necesario efectuar conversiones entre los sistemas centesimal y sexagesimal. Si es necesario convertir un ángulo expresado en grados centesimales a su equivalente en grados sexagesimales, se multiplica aquel valor por 0.9 . Para efectuar la transformación inversa, de grados, minutos y segundos a grados centesimales, el valor, en decimales, del ángulo sexagesimal se divide entre 0.9 .

Ejemplo.- ¿Cuál es el equivalente sexagesimal de 264.2431^g ?

Solución:

$$\begin{aligned} 264.2431 \times 0.9 &= 237.81879^\circ \\ 0.81879^\circ \times 60 &= 49.1274' \\ 0.1274' \times 60 &= 7.644'' \end{aligned}$$

Entonces, el valor sexagesimal es **237°49'07.644"**

Ejemplo.- ¿Cuál es el equivalente en grados centesimales de $263^\circ 50' 01''$?

Solución:

$$\begin{aligned} 50' &= \frac{50}{60} = 0.83333^\circ \\ 01'' &= \frac{1}{60 \times 60} = 0.00028^\circ \\ \frac{263.83361^\circ}{0.9} &= \mathbf{293.1485^g} \end{aligned}$$

1.5 Elementos Geográficos

Para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, se hace por medio de medidas, que son: dos distancias y una elevación (sistema cartesiano de coordenadas) o, una distancia, una dirección y una elevación (sistema de coordenadas polares).

Los sistemas de referencia empleados en topografía, consideran a los planos del meridiano, del horizonte y el vertical, estos planos se usan para proyectar sobre ellos los objetos geométricos para conocer su posición en dos o en tres dimensiones, formando sistemas de coordenadas:

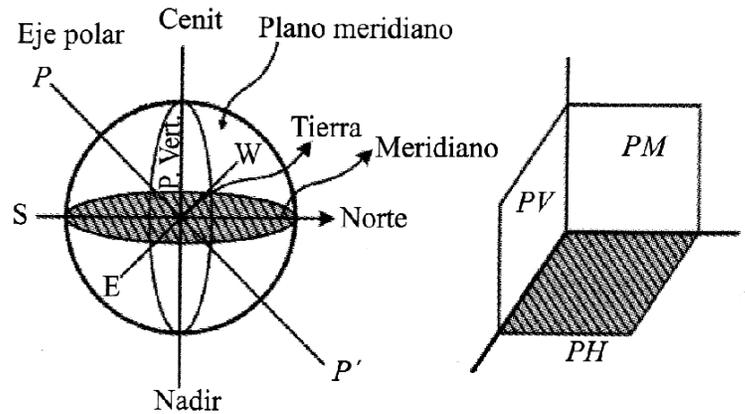
Coordenadas en dos dimensiones: Cartesianas (X, Y) o (E, N); polares (θ , d)

Coordenadas en tres dimensiones:

Sistema Cartesiano: (X, Y, Z) o (E, N, Z)

Sistema Polar: (θ , d, z)

Plano Meridiano. Es el que pasa por un punto cualquiera de la tierra y por los polos terrestres, describiendo un círculo máximo por el cual pasa la línea zenit-nadir (vertical del lugar).

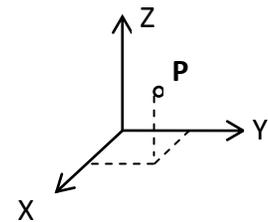
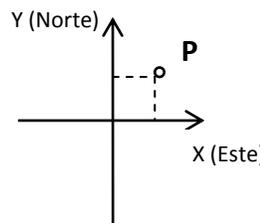


Plano del Horizonte. Es un plano perpendicular a la vertical que pasa por un punto cualquiera de la tierra, describiendo otro círculo máximo.

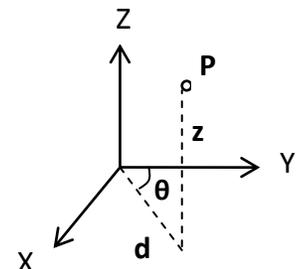
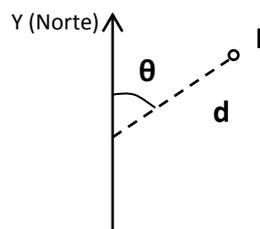
Meridiano. Es la línea que resulta de la intersección del plano-meridiano con el plano del horizonte. Se le conoce como línea norte-sur o meridiana.

Plano vertical. Es un plano perpendicular a los planos del horizonte y del meridiano y contiene la vertical del lugar.

Coordenadas Cartesianas

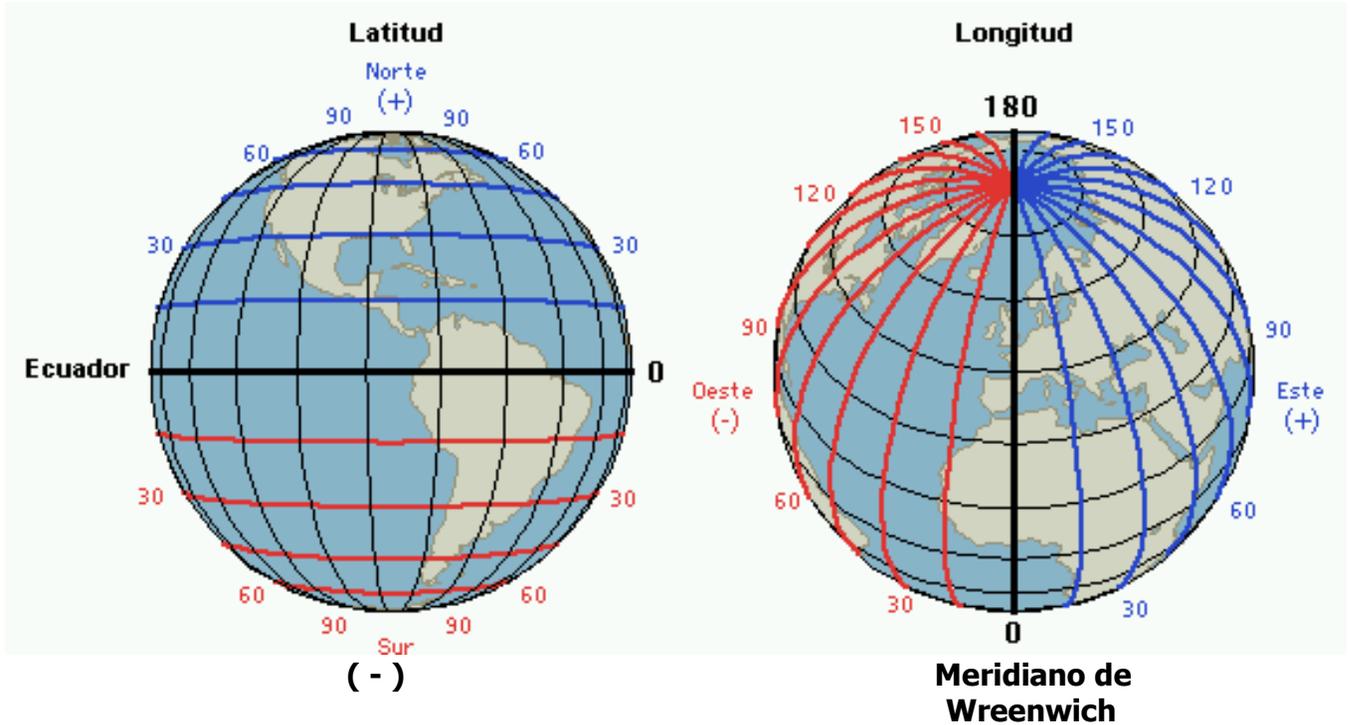


Coordenadas Polares

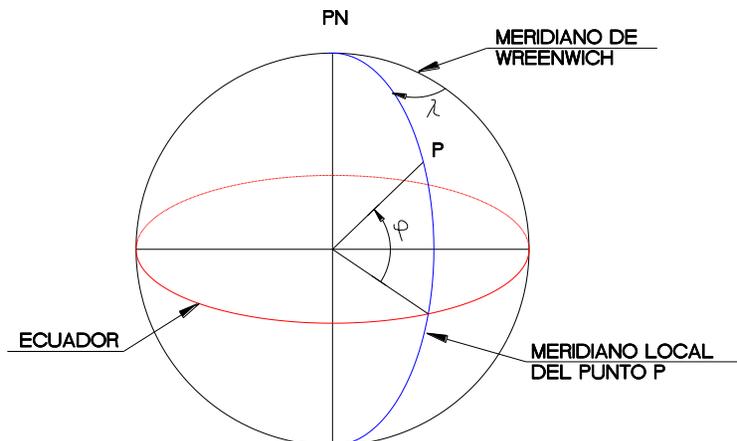


1.6 Coordenadas Geográficas

Las coordenadas geográficas: latitud (ϕ) y longitud (λ) se emplean para localizar un punto específico en el globo terrestre. El ecuador es un paralelo desde el que se mide la latitud; equidista de los polos y divide al globo en hemisferio norte y hemisferio sur. La longitud define la localización de un punto al este u oeste de otra línea de referencia, el meridiano de Greenwich. A diferencia de las líneas de latitud, que se van acortando a medida que se acercan a los polos, todas las líneas de longitud o meridianos miden igual de norte a sur y convergen en los polos. Cualquier punto del globo se puede describir en términos de distancia angular desde los puntos de referencia del ecuador (0° de latitud) y del meridiano de Greenwich (0° de longitud).



El Meridiano de Greenwich es el meridiano que pasa por el antiguo Real Observatorio de Greenwich, al este de Londres. También se conoce como meridiano de origen o meridiano cero, adoptado por un acuerdo internacional, desde el 1 de enero de 1885, como origen para medir la longitud y, también, como la línea base para establecer los husos horarios a nivel mundial.

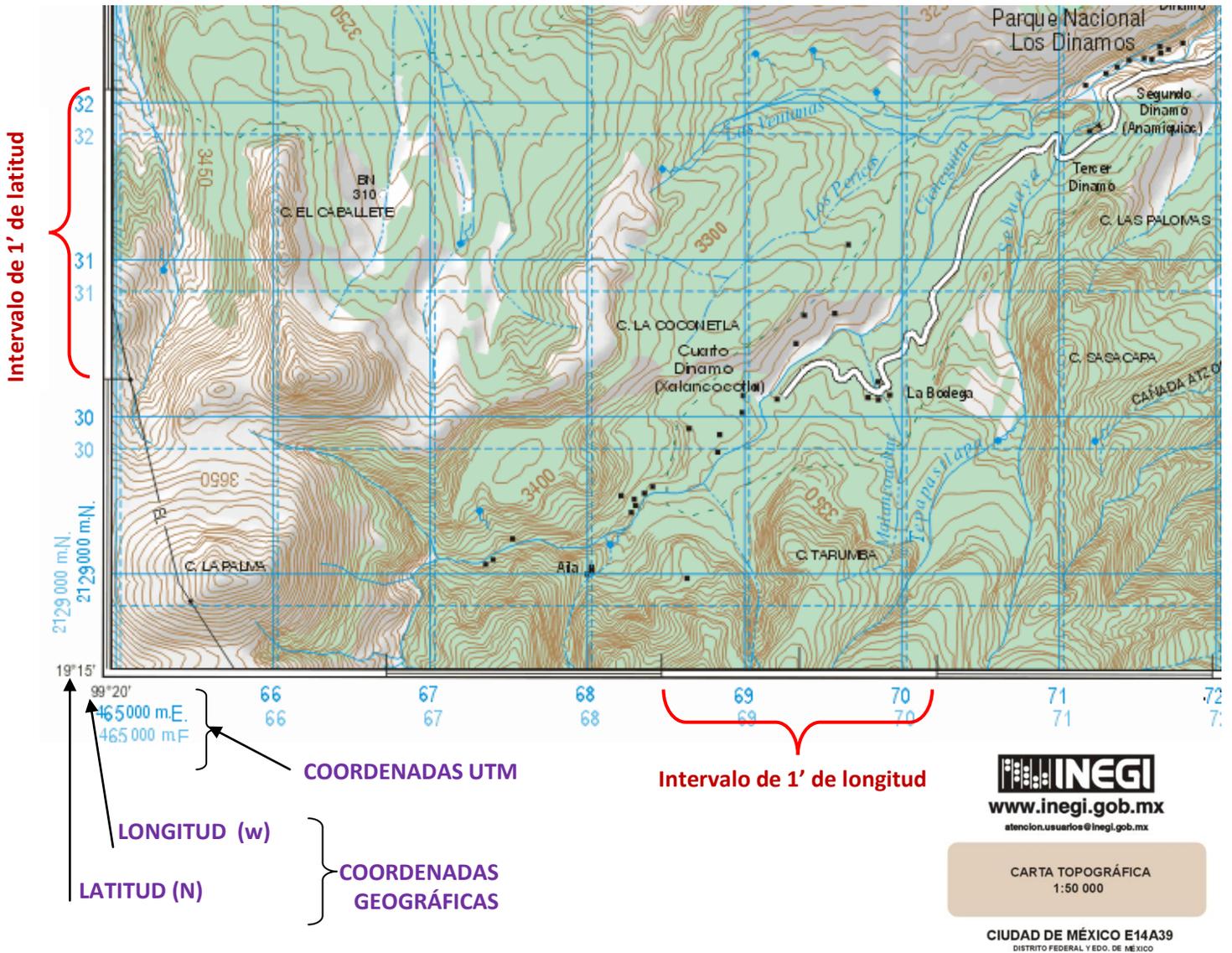


Localización geográfica de un punto

Coordenadas Geográficas del punto P:

- ϕ Latitud de 0° a 90° al norte (N) y al sur (S),
- λ Longitud de 0° a 180° al este (E) y al oeste (W).

Las coordenadas geográficas se pueden representar en cartas o mapas, en la siguiente figura se representa la porción de una carta topográfica de la Cd. de México escala 1:50,000 publicada por el INEGI, la cual contiene las coordenadas geográficas en los bordes del dibujo en negro alternando con blanco a intervalos de 1' para latitud y longitud; también se incluye una malla reticular en color azul que corresponde a la proyección UTM con dos versiones o Datums de referencia.



Los números de la Retícula Universal Transversa de Mercator están representados por dos dígitos. El número completo aparece en las primeras coordenadas del ángulo inferior izquierdo del mapa. La retícula con línea segmentada representa el Datum ITRF92 época 1988.0 (el oficial para México, e igual que el WGS 84) y con línea continua el Datum NAD27 (Datum anterior o antiguo).

Se define Datum como el origen de un sistema de referencia para la localización de puntos sobre la superficie de la tierra; está definido por un Elipsoide de referencia y un punto llamado fundamental donde la tierra y el elipsoide son coincidentes.

2. MEDICIONES LONGITUDINALES

En topografía, al hablar de distancia entre dos puntos, se sobre entiende que se trata de la distancia horizontal que haya entre ellos. Para medir distancias existen numerosos métodos que dependen de la precisión requerida, del costo y de otras circunstancias.

Métodos generales para medir distancias

- a) **a pasos.** Se usa en reconocimientos y levantamientos a escala reducida. Su precisión o error relativo es de entre 1/100 a 1/200.
- b) **Con cinta.** Se llama también Medición directa. Las cintas métricas se hacen de diversos materiales con longitud y peso variables. Las más usadas son las de acero. En levantamientos regulares realizados con cinta la precisión o error relativo es de entre 1/3000 a 1/5000.
- c) **Electrónico.** Los progresos científicos han hecho posible la construcción de aparatos electrónicos para medir distancias con toda precisión. Se basan en la medición indirecta del tiempo que tarda un rayo de luz o una onda de radio en recorrer la distancia que separa los dos puntos. Con equipo de medición electrónica es posible obtener precisiones superiores a 1/10,000.

Descripción.

Medición a pasos. La precisión de esta medida depende de la práctica del individuo que la ejecuta como también de la clase de terreno sobre el cual va a medir.

Muchos calculan la distancia de su paso a razón de 90 cm/paso, otros de 80 cm/paso. Esta magnitud depende de cada persona; la longitud de paso se puede determinar estableciendo con cinta en el terreno dos marcas a una distancia conocida (digamos 50 m) y contando el número de pasos necesario para cubrir esa distancia.

La longitud del paso será el cociente de la distancia en metros entre el número de pasos contabilizado:

$$\text{Longitud de paso} = \frac{\text{Longitud en metros}}{\text{Número de pasos}}$$

La medición a pasos también se puede realizar con "podómetro" que es un aparato portátil que se coloca en la pierna y da automáticamente el número de pasos o la distancia en km ó fracción, cuando se le introduce la longitud de paso.

2.1 Equipo usado en la medición de distancias con cinta

Cintas. En la medición de distancias con cinta o longímetro y elementos auxiliares, existen diferentes tipos de cintas, que pueden ser:

- a) Cintas de acero
- b) Cintas de lienzo
- c) Cintas de nylon
- d) Cintas de fibra de vidrio
- e) Cintas de acero cubiertas con polímero
- f) Cintas de acero invar

Las cintas de lienzo y nylon son muy frágiles y tienen grandes deformaciones con la tensión y la temperatura, por lo que se deben utilizar solo en levantamientos preliminares o de baja precisión. Prefiriéndose las cintas de acero por su menor deformación y resistencia para trabajos de mayor precisión.

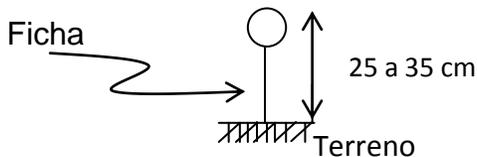


Cinta de acero cubierta con polímero. Modelo de cruceta



Cinta de nylon. Modelo de carrete

Fichas. Son agujas metálicas de 25 a 35 cm de longitud que se entierran provisionalmente en el terreno para medir; un juego de fichas consiste de 11 piezas, las necesarias para establecer diez intervalos de 20m (200 m).



Balizas. Son barras de madera, metálicas o fibra de vidrio, de sección circular u octogonal, terminadas en punta en uno de sus extremos (regatón) y que sirven para señalar la posición de puntos en el terreno ó la dirección de las alineaciones. Tienen una longitud de 1.50 a 5.00 m y vienen pintados con trozos alternados de rojo y blanco.



Plomada. Es una pesa metálica terminada en punta y suspendida por una cuerda. Sirve para definir la vertical que pasa por un punto.

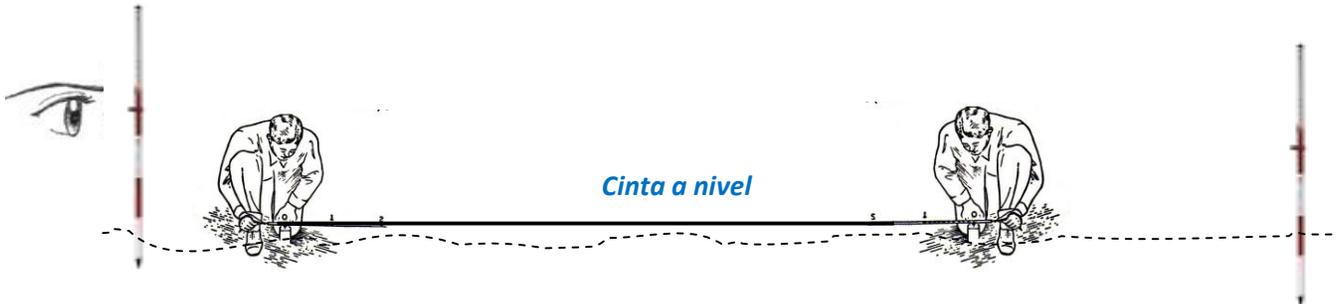


Material adicional. Se incluye en este material las libretas de campo (libreta de tránsito) para anotar los datos, pintura, clavos, maceta o marro, hilo para reventones; machetes y hachas para abrir brecha.

Libreta de tránsito

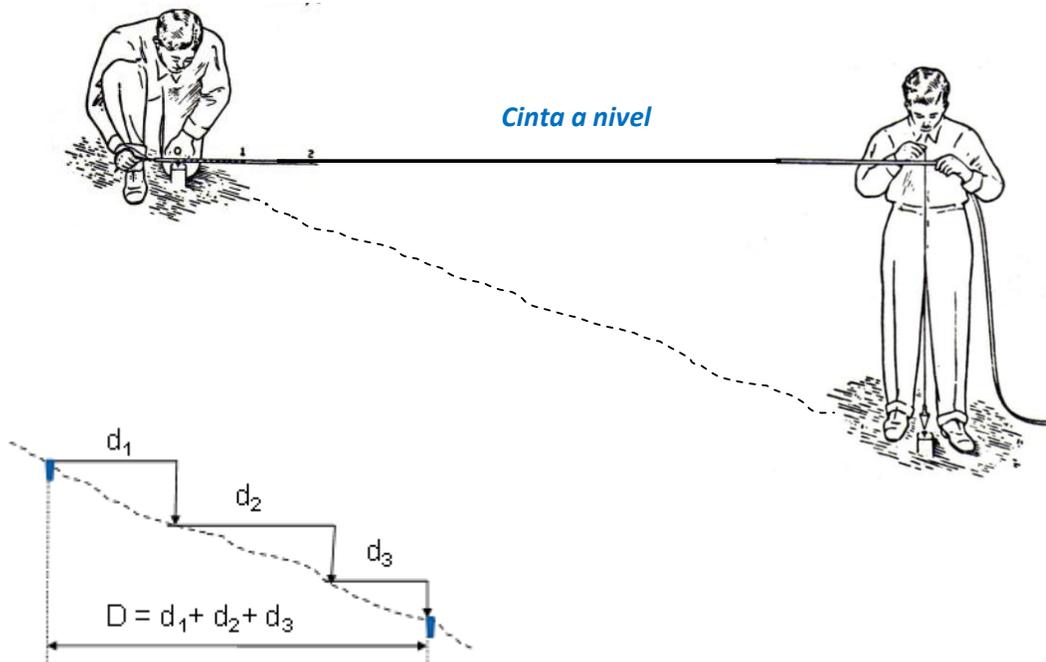
Medición en terreno horizontal

Se requiere de dos operadores llamados cadeneros quienes se auxiliaran de las balizas haciendo punterías con ellas para definir una línea recta y evitar error por mala alineación. El cadenero de atrás es que pone en ceros la cinta, el cadenero de adelante debe ser el más experimentado, es quien lee la cinta, alineándola, poniéndola horizontal y aplicando una tensión constante, para el caso de una cinta de 30 m, esta tensión debe ser de 5 kg para evitar el error por catenaria (columpio).



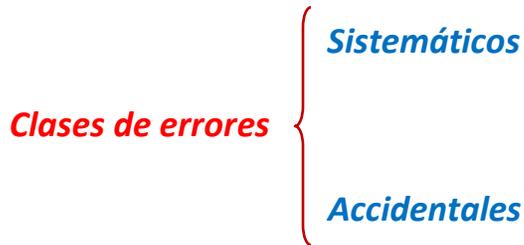
Medición en terreno inclinado

En el caso de un terreno inclinado, conviene clavar trompos (pequeñas estacas de madera) o fichas a lo largo de la línea por medir, de manera que el desnivel entre dos puntos consecutivos, permita poner horizontal la cinta empleando las plomadas. La suma de las distancias parciales entre puntos de la alineación, dará como resultado la distancia total.



2.2 Errores en la medición de distancias con cinta

Clasificación de los errores. Para su estudio podemos clasificar a los errores en dos clases:



Errores sistemáticos. Son aquellos que siguen siempre una ley definida física o matemática y, mientras las condiciones en que se ejecutan las medidas permanezcan invariables, tendrán la misma magnitud y el mismo signo algebraico; por lo tanto son acumulativos.

La magnitud de estos errores se puede determinar y se eliminan aplicando métodos sistemáticos en el trabajo de campo.

Los errores sistemáticos pueden ser instrumentales, personales o naturales.

Errores accidentales. Son los que obedecen a una combinación de causas que no alcanza el observador a controlar y para las cuales no es posible obtener correcciones. Los errores accidentales sólo se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando su número.

Errores o equivocaciones. Son las faltas involuntarias originadas por el mal criterio, falta de cuidado o de conocimientos, distracción o confusión del observador. Las equivocaciones se encuentran y se eliminan comprobando todo el trabajo.

Errores comunes en la medida de distancias con cinta

Sistemáticos:

- Por longitud incorrecta de la cinta
- Por mala alineación
- Por inclinación de la cinta
- Por catenaria (columpio)
- Por temperatura

Accidentales:

- Por puesta de ficha (inclinación de la ficha)
- Por variación de la tensión
- Por apreciación de las fracciones al leer la cinta

Definiciones:

Discrepancia. Es la diferencia entre dos medidas de la misma magnitud: distancia ángulo o desnivel.

Valor más probable de una magnitud. Es el promedio de las medidas tomadas o media aritmética. Esto aplica tanto a ángulos como a distancias y desniveles.

Tolerancia. Se entiende por tolerancia el error máximo admisible en la medida de ángulos, distancias y desniveles.

El error en la medida de una magnitud, se encuentra comparando el resultado de dicha medida con el valor más probable de la magnitud.

Error Relativo. Es la razón que existe entre una unidad de error, entre un número dado de unidades medidas. Se le conoce como precisión; entre mayor sea el denominador (número de unidades medidas) mayor será la precisión, esto por ser más pequeño el error.

Cuando la distancia no se conoce de antemano se procede midiendo 2 veces (ida y regreso) y la tolerancia se calcula aplicando el criterio siguiente:

TOLERANCIAS EN LA MEDICIÓN DE DISTANCIAS CON CINTA

CLASE DE TERRENO	PRECISIÓN O ERROR RELATIVO (ER)	TOLERANCIA EN METROS (T)
PLANO	1 / 5000	$T = D \cdot ER$ Siendo D el valor más probable de la distancia medida
ACCIDENTADO	1 / 3000	

Se compara el error obtenido con la tolerancia, si:

$E < T$ se acepta la medición

$E > T$ debe repetirse la medición

Ejercicio.- En la medición de una distancia en terreno plano, se midió de ida 30.050 y de regreso 30.060 m.

Determina:

- a) la discrepancia
- b) el valor más probable
- c) el error
- d) la tolerancia
- e) indica si se acepta la medición o debe repetirse

Datos:

$$DI = 30.050 \text{ m}$$

$$DR = 30.060 \text{ m}$$

$$\text{Terreno plano; } ER = 1 / 5000$$

Cálculo

a) **Discrepancia** = dato mayor – dato menor

$$\text{Discrepancia} = 30.060 - 30.050 = 0.010 \text{ m}$$

b) **Valor más probable (D)**

$$D = \frac{DI + DR}{2} = \frac{30.050 + 30.060}{2} = 30.055 \text{ m}$$

c) **Error (E)**

$$E \begin{cases} DI - D = 30.050 - 30.055 = - 0.005 \\ DR - D = 30.060 - 30.055 = + 0.005 \end{cases}$$

$$\therefore E = \pm 0.005 \text{ m}$$

d) **Tolerancia (T)**

$$T = D \cdot ER = 30.055 (1 / 5000) = 0.006$$

$$T = \pm 0.006 \text{ m}$$

e) Como **E < T** se acepta la distancia medida con valor de 30.055 m.

2.3 Mediciones electrónicas

Medida electrónica de distancias (MED)

La medida electrónica de distancias (MED o EDM) está basada en las propiedades de una onda electromagnética propagada en el medio atmosférico, y en la medición de su fase. El instrumento que realiza esta medición es el distanciómetro, que generalmente va acoplado o incorporado dentro de la Estación Total, junto al anteojo.

Para la medición de distancias el distanciómetro mide la longitud de terreno comparando una línea de longitud desconocida (nuestro lado a medir) con la longitud de onda conocida del rayo laser o energía electromagnética con la que trabajan.

La medición electrónica de distancias queda definida entonces como una medición indirecta ya que la magnitud que en realidad medimos es el tiempo de viaje de una señal electromagnética,



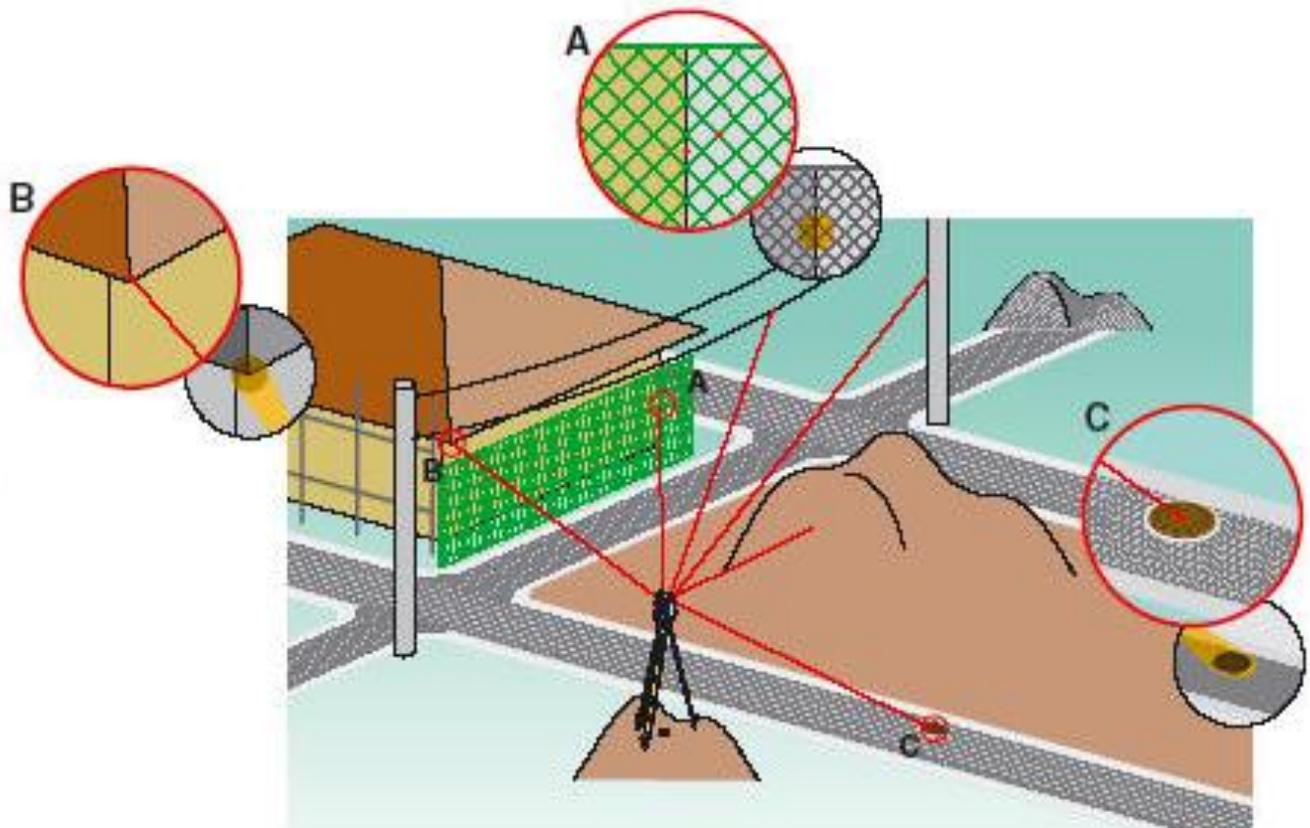
Estación Total



Bastón Porta Prisma



Prisma Reflejante



La rapidez para realizar las mediciones (unos segundos), la precisión y la posibilidad de medir a puntos inaccesibles hacen de la medición electrónica de distancias la más eficiente en los levantamientos topográficos.

El tema se abordará con más amplitud en el capítulo correspondiente a los *Levantamientos Taquimétricos con Estación Total*.

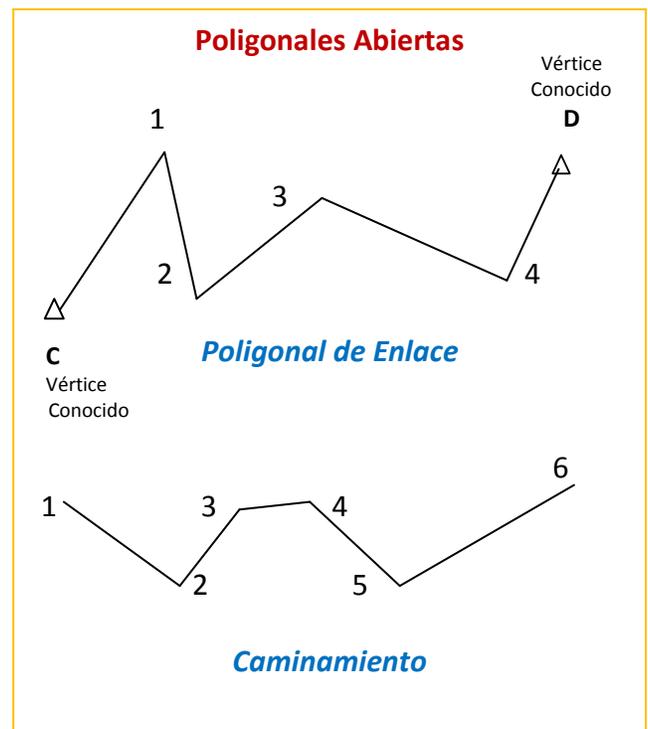
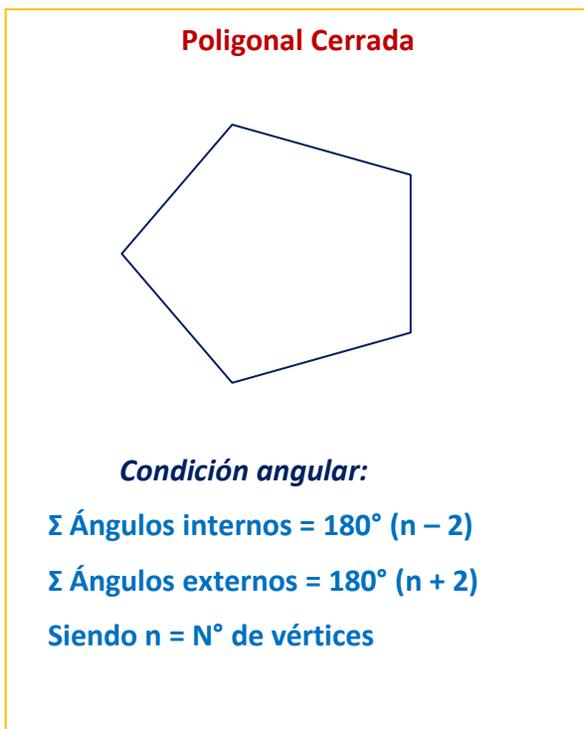
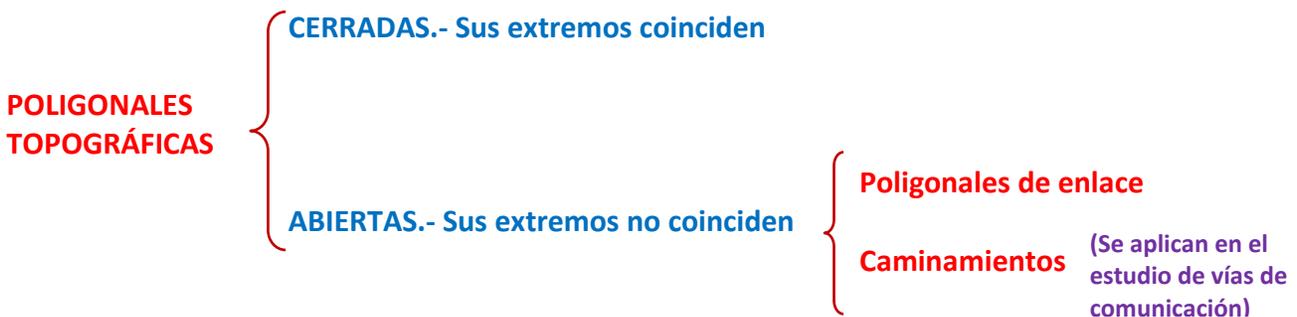
3. PLANIMETRÍA

3.1 Concepto de Poligonal Topográfica

Poligonal topográfica. La poligonación es uno de los métodos más usados para el establecimiento del control topográfico; consiste en una serie de líneas o lados, cuyas longitudes y direcciones se miden, así van interconectándose puntos cuyas posiciones van a determinarse.

Control topográfico. Tiene por objeto establecer una estructura de puntos de apoyo cuyas posiciones se conozcan con exactitud, en base a estas posiciones posteriormente se obtendrá la información de interés objeto del levantamiento.

La poligonación entonces consiste en una serie de lados, cuyas longitudes y direcciones se miden. Por sus características geométricas se clasifican como cerradas y abiertas.



En poligonales abiertas sin enlazar sus extremos no es posible determinar precisión ni efectuar correcciones o ajustes. Por lo que las poligonales deben ser cerradas o ligadas en sus extremos.

3.2 Los Levantamientos con Cinta

Levantamientos con cinta. Son aquellos que se ejecutan con el uso de la cinta y equipo auxiliar, se emplean en terrenos sensiblemente planos, despejados y de dimensiones reducidas. Estos levantamientos se efectúan dividiendo en triángulos a la poligonal de apoyo y en medir los lados de dichos triángulos para el posterior cálculo de ángulos y superficies. Debe procurarse que los triángulos formados sean lo más cercanos al equilátero, es decir que el valor de los ángulos sea cercano a 30°.

Un levantamiento comprende dos clases de trabajos: de campo y de gabinete.

A. Trabajo de campo.- considera las actividades siguientes:

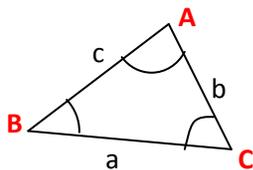
- reconocimiento del terreno** donde se realizara el levantamiento, para ubicar los puntos de interés y definir los vértices del polígono de apoyo.
- localización de los vértices del polígono de apoyo**, por medio de varilla, estacas, mojoneras de concreto, marcas de pintura sobre roca o pavimento, pijas, etc.
- dibujo del croquis en la libreta de campo**, orientando aproximadamente con relación a un norte convencional.
- medición de los lados del polígono** y de las líneas auxiliares (radiaciones, diagonales, lados de liga, etc.)
- levantamiento de detalles**, midiendo las distancias necesarias a partir de la poligonal de apoyo hacia los puntos de interés.

Los datos obtenidos se anotan en forma clara y ordenada en la libreta de campo, dichos datos no deben transcribirse a otro lado, por la posibilidad de errores. Por lo anterior la información recopilada debe ser suficiente para generar el cálculo y el dibujo.

B. Trabajo de gabinete.- comprende el cálculo y el dibujo.

Cálculo.- comprende el cálculo de los ángulos interiores del polígono de apoyo y de la superficie del polígono.

Cálculo de los ángulos interiores del polígono de apoyo. En cada uno de los triángulos en que se divide el polígono, los ángulos interiores se calculan empleando las siguientes formulas:



$$\tan \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}$$

$$\tan \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}$$

$$\tan \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}}$$

En estas formulas:

A, B, C = ángulos interiores,

a, b, c = lados del triangulo

p = semiperímetro = ½ (a+b+c)

Como comprobación del cálculo de los ángulos, se debe cumplir la condición geométrica:

$$\mathbf{A + B + C = 180^\circ}$$

Cálculo de la superficie del polígono.- esta se determina por medio de la formula:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

El cálculo de la superficie también puede obtenerse durante el proceso de dibujo asistido por computadora empleando AutoCAD y CivilCAD.

3.3 Dibujo de planos

Concepto de dibujo. Los planos y mapas topográficos, son representaciones graficas de porciones de la superficie terrestre. Los accidentes del relieve y los debidos a la mano del hombre se muestran mediante diversas combinaciones de líneas, puntos y símbolos estandarizados. Tradicionalmente los planos se han producido en forma gráfica o “copia dura”, esto es impresos en papel o película de poliéster, sin embargo, recientemente con el uso de la computación se ha incrementado su producción en forma digital y pueden almacenarse en unidades de disco, se pueden visualizar en computadora e imprimir en copia dura. En el dibujo tradicional o manual, se hace uso de las herramientas o instrumentos estándar de dibujo como escalímetros, compases, escuadras, reglas, etc.; En los sistemas de diseño asistido por computadora “CAD” por sus siglas en ingles, se emplean computadoras programadas con software especial y en interfaz con dispositivos electrónicos de graficación.

Escala de un plano. Se llama escala de un mapa o plano a la relación constante que existe entre las distancias graficas y sus homologas del terreno; la elección de la escala de nuestro dibujo, depende del propósito del levantamiento y de consideraciones como el tamaño de la hoja de dibujo, el tipo y la cantidad de símbolos topográficos y los requisitos de precisión al medir distancias a escala en un mapa. La escala se representa comúnmente por medio de una razón o fracción representativa, por ejemplo: la escala 1 : 2000 ó 1 / 2000 indica que cada unidad de dibujo representa 2000 unidades del terreno.

En la elección de la escala para el dibujo del plano, se aplica la formula general de la escala.

Formula:

$$\frac{1}{E} = \frac{l}{L}$$

De donde:

$$E = \frac{L}{l}$$

En la cual:

E = modulo de la escala

L = distancia en el terreno

l = distancia grafica

El resultado del cálculo debe aproximarse a una escala común de topografía.

Escalas Topográficas. Generalmente se utilizan las siguientes escalas:

1 : 100, 1 : 150, 1 : 200, 1 : 250, 1:500, 1:750, 1 : 1000, 1 : 1500, 1 : 2000, 1: 2500, 1:5000

De acuerdo con nuestros requerimientos de información, para estudios de preliminares o de planeación podemos emplear en nuestros proyectos escalas pequeñas (por ejemplo 1:10,000 a 1:50,000), mientras que para el desarrollo de proyectos definitivos requerimos de escalas grandes (por ejemplo 1:100 a 1:1000).

Ejercicio.- A que escala debe dibujarse un plano en el que una distancia en el terreno mide 75 m y el espacio papel o distancia gráfica es de 40 cm

Datos:

$$L = 75 \text{ m}$$

$$l = 40 \text{ cm}$$

$$E = ?$$

Formula

$$E = \frac{L}{l}$$

Solución: Homologamos unidades

$$40 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$$

Sustituyendo

$$E = \frac{75 \text{ m}}{0.40 \text{ m}} = 187.5 \approx 200$$

El plano debe dibujarse a escala 1:200

(Nótese que la escala 1:150 es más grande y nuestro dibujo no cabría en el espacio disponible)

Disposición del plano en la hoja de dibujo

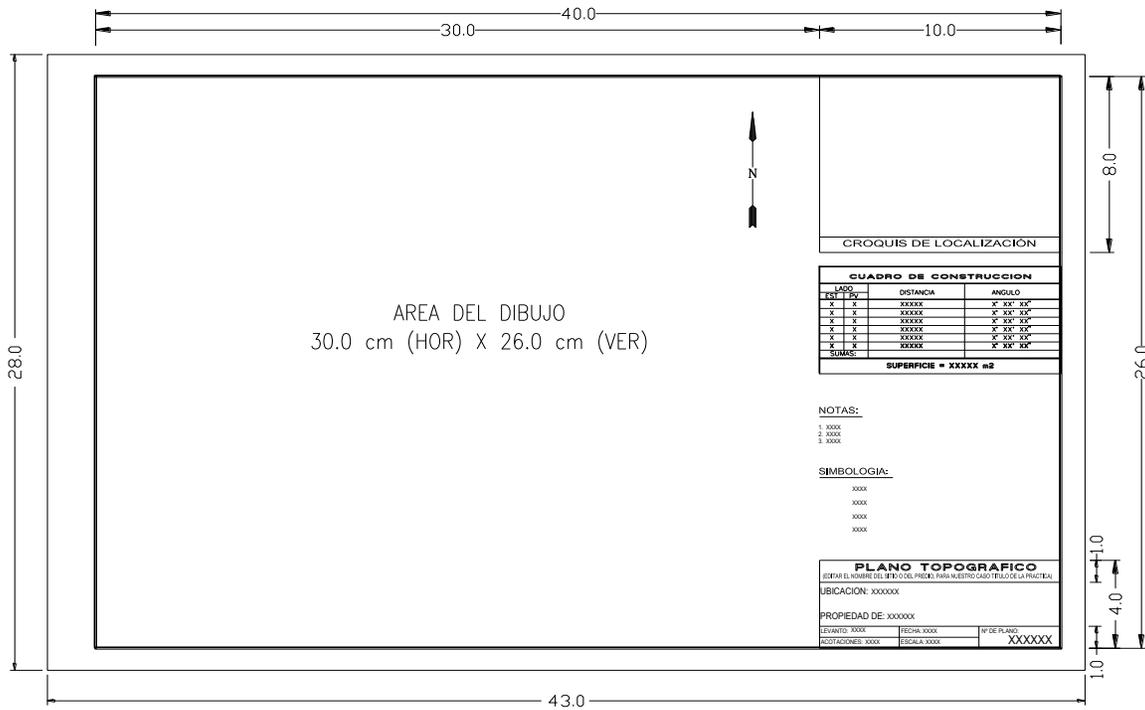
El aspecto de un plano o mapa terminado influye mucho en su aceptabilidad y valor. Un plano deficientemente dispuesto no inspira confianza en su contenido. Para producir un plano bien balanceado y garantizar que toda la información requerida quepa en el mapa, se procede verificando la extensión del terreno en sus sentidos horizontal y vertical y comparándola contra el espacio útil disponible para el trazado en la hoja de dibujo.

Existen en la práctica común del dibujo de planos, algunos tamaños o formatos estándar, a continuación se indican los más comunes:

Tamaño de Planos

FORMATO	DIMENSIONES PULGADAS	DIMENSIONES EN Cm
"A" CARTA	8.5 X 11	21.6 X 28
"B" DOBLE CARTA	11 X 17	28 X 43
C	18 X 24	45 X 61
D	24 X 36	61 X 91
E	36 X 48	91 X 121
ESPECIALES	36 X EL ANCHO REQUERIDO	91 X EL ANCHO REQUERIDO

El dibujo asistido por computadora ha erradicado la elaboración de planos en forma tradicional, por sus ventajas de generar un archivo electrónico que se puede copiar, enviar y graficar fácilmente; el manejo de formatos grandes está dando paso impresiones de formato doble carta con muy buenos resultados.



Ejemplo de formato de dibujo tamaño doble carta

Símbolos convencionales

Se emplean símbolos convencionales para representar los accidentes topográficos, haciendo posible mostrar muchos detalles de manera clara en poco espacio. Los símbolos se estandarizan para realizar nuestros trabajos de manera homogénea, las características de los símbolos tendrán que adaptarse a la escala en cada caso. Antes de colocar los símbolos en un plano debe completarse la planta topográfica con la representación de límites de propiedad, edificaciones, caminos, etc. Posteriormente colocamos los símbolos.

Catalogo de Símbolos Convencionales

APOYO TOPOGRAFICO

- MONUMENTO DE COORDENADAS (MOJONERA)
- VERTICE DE LINDERO
- VERTICE DE POLIGONAL
- BANCO DE NIVEL
- NIVEL EN EL PUNTO INDICADO

CARACTERISTICAS DEL RELIEVE

- CURVA DE NIVEL
- CURVA DE NIVEL INTERMEDIA
- TERRENO NATURAL EN ELEVACION
- TALUD

IDENTIFICACION DE AREAS

- AREA VERDE
- ZONA ARBOLADA
- ARBOL
- PANTANO
- TERRENO O ZONA INUNDABLE
- CONSTRUCCIONES EXISTENTES
- AREA PAVIMENTADA DE ASFALTO
- AREA PAVIMENTADA DE CONCRETO
- CUERPO DE AGUA

VIAS TERRESTRES

- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO SIN PAVIMENTAR
- CAMINO TIPO BRECHA
- VEREDA
- VIA DE FFCC
- PUENTE
- ALCANTARILLA ó TUNEL
- PASO A DESNIVEL

LÍNEAS DE LÍMITES

	CERCA DE ALAMBRE
	CERCA DE MALLA
	DERECHO DE VIA
	MURO
	MURO DE CONTENCION

LÍNEAS DE SERVICIO

	TELEFONICA
	TELEGRAFICA
	LÍNEA ELECTRICA
	ALTA TENSION
	ACOMETIDA DE CFE A LA PLANTA
	DUCTO SUPERFICIAL
	DUCTO ENTERRADO
	DUCTO SUBTERRANEO ALTA TENSION
	DUCTO SUBTERRANEO BAJA TENSION
	DIAMETRO DEL TUBO EN PULGADAS MATERIAL DEL TUBO

RASGOS HIDROGRAFICOS

	CUNETA EN V
	CANAL O CUNETA TROPEZOIDAL
	RIO, RIACHUELO ó CANAL (SIN REVESTIR)
	CORRIENTE INTERMITENTE

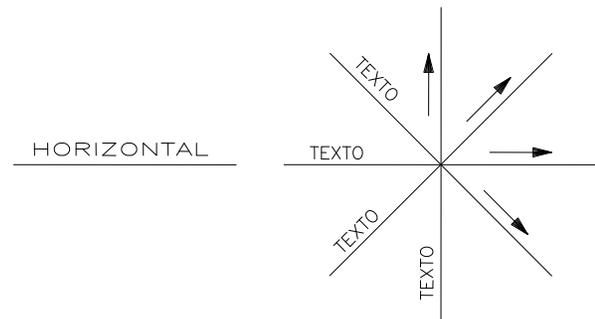
SERVICIOS E INSTALACIONES

	TORRE METALICA
	TORRE DE RADIO O T.V.
	TRANSFORMADOR
	POSTE
	ARBOTANTE
	REGISTRO
	HIDRANTE
	POZO DE VISITA
	COLADERA DE PISO
	REGISTRO DE MONITOREO ó FOSA DE TRATAMIENTO
	TANQUE

Colocación de Letreros

Para un formato doble carta, la altura de textos estándar es de 2 mm, subtítulos 3 mm y títulos de 5 mm. Al colocar los textos debe evitarse colocarlos “de cabeza” o en dirección invertida. La siguiente figura ilustra con respecto a la horizontal la dirección con la que se deben escribir los textos horizontal, vertical e inclinados.

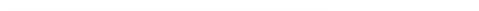
COLOCACIÓN DE TEXTOS



Calidades de línea

La presentación del dibujo y su correcta interpretación se debe en gran medida a la adecuada asignación de las calidades de línea, la poligonal de linderos por ejemplo es una línea principal y debe tener una mayor calidad de línea que las líneas secundarias que representen detalles como guarniciones, líneas de conducción enterradas o superficiales; y estas a su vez un mayor peso que las líneas terciarias de acotación o retícula de coordenadas. En el siguiente cuadro se sugieren algunas calidades de línea para la elaboración de dibujos en AutoCAD.

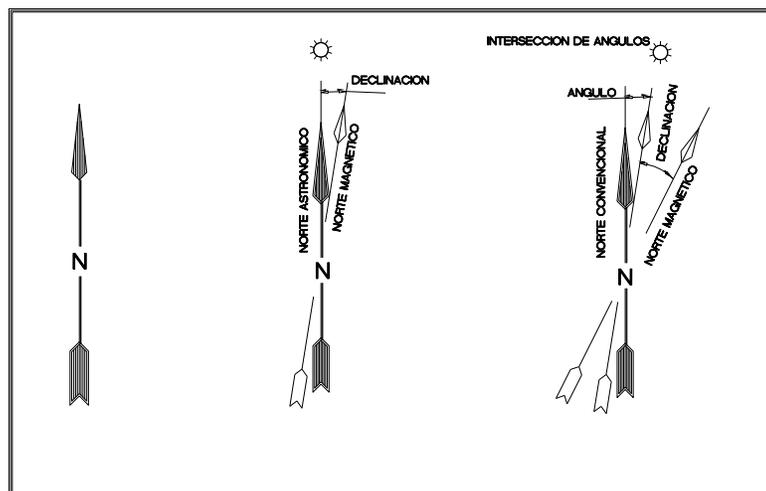
CALIDADES DE LINEA

	0.35 MARGEN
	0.30 MARGEN
	0.25 LINEAS PRINCIPALES Y POLIGONAL
	0.20 LINEAS PRINCIPALES, TITULOS Y SUBTITULOS
	0.18 LINEAS PRINCIPALES Y TEXTO ESTÁNDAR
	0.15 LINEAS SECUNDARIAS
	0.13 LINEAS SECUNDARIAS
	0.09 LINEAS TERCARIAS
	0.05 LINEAS DE REFERENCIA
	0.00 LINEAS DE REFERENCIA

Nota: las líneas aparecen distorsionadas en su espesor por conversión del tipo de imagen

Flecha del meridiano de referencia

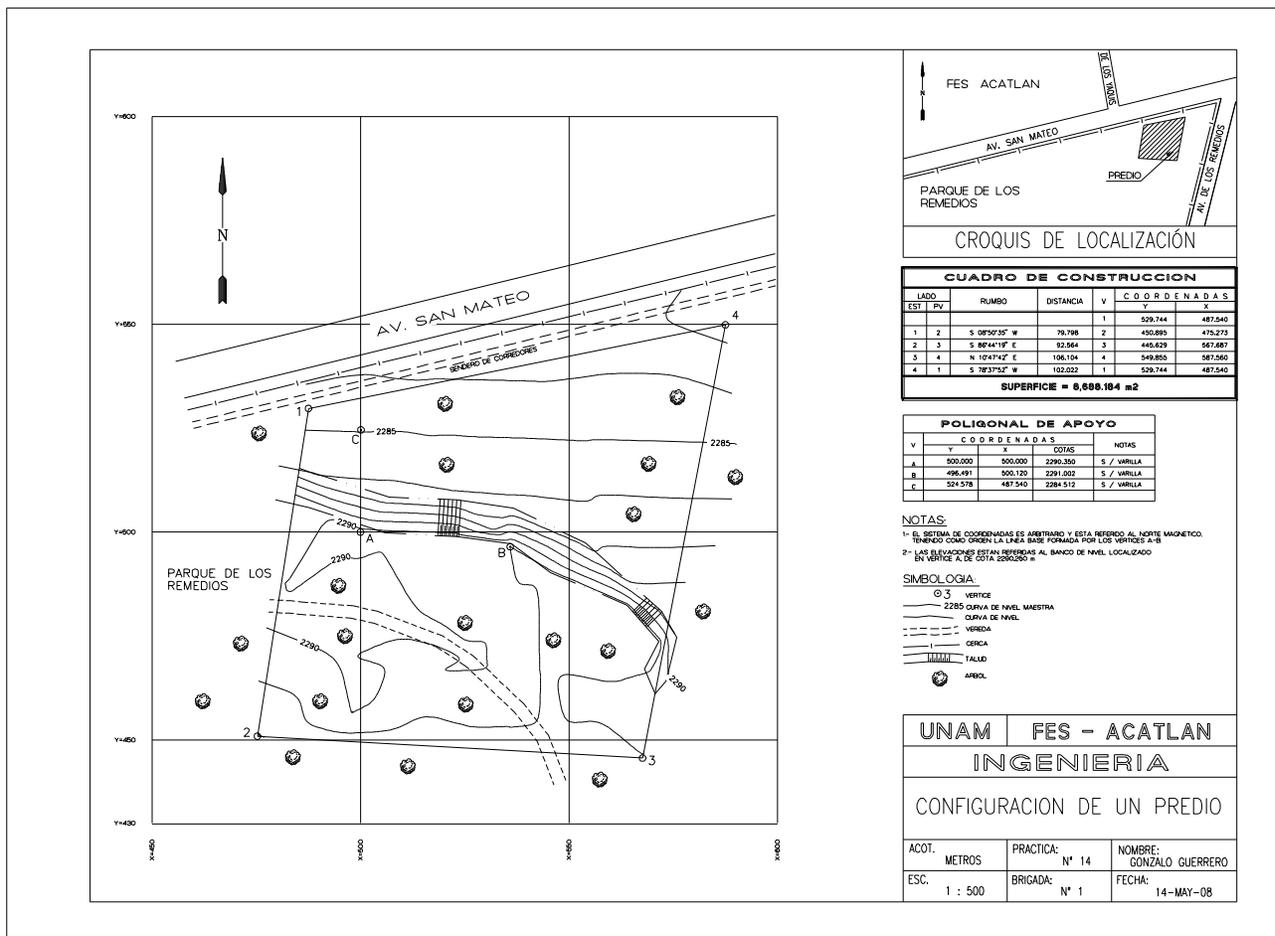
Todo plano deberá contener una flecha indicadora de la meridiana que se esté utilizando, astronómica, magnética o convencional (norte de la planta o norte de construcción), en algunos casos es conveniente dibujar las tres, indicando el ángulo existente entre ellas para fines de orientación; usualmente esta flecha se coloca en la parte superior de la hoja de dibujo.



Flechas para el Meridiano de Referencia

Titulo. El titulo o cuadro de referencia generalmente se coloca en la esquina inferior derecha, de esta manera se facilita encontrarlo y consultarlo; el titulo debe expresar el tipo de plano o mapa; el nombre de la propiedad o el del trabajo y el de su propietario o usuario; el nombre del lugar o la región, la fecha en que se elaboro, la escala, el nombre de quien lo elaboro, el número de plano y datos adicionales para fines especiales. Los letreros deben dibujarse en letra de estilo sencillo y no de ornato.

Notas. Las notas describen aspectos especiales relativos al plano en cuestión, deben aparecer en un lugar visible para asegurar que se vean al hacer una observación rápida del plano. El mejor sitio es un poco arriba del cuadro de referencia ó titulo en la esquina inferior derecha (ver notas típicas para planos topográficos en plano “*catalogo de símbolos convencionales*”).



Cuadro de Construcción.- es la representación matemática de un predio, de la misma forma que el dibujo es su representación grafica; el cuadro de construcción contiene la información condensada del los linderos del predio, así como el cálculo de la superficie.

3.4 Métodos de levantamiento con cinta. Comúnmente se emplean los siguientes:

- Diagonales,
- Radiaciones,
- Lados de liga, y
- Coordenadas rectangulares.

Método de Diagonales. Este método consiste en dividir en triángulos el polígono de base por medio de las diagonales entre los vértices del polígono. Las longitudes de los lados del polígono y de las diagonales se miden de ida y de regreso. Los datos obtenidos se anotan como se indica en el registro de campo siguiente:

LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m POR EL METODO DE DIAGONALES EN TERRENO ACCIDENTADO					ACATLAN, EDO. DE MEXICO FECHA: 07/03/2008 LEVANTO: GOZALO GUERRERO
EST	PV	DISTANCIAS			CROQUIS Y NOTAS
		IDA	REGRESO	PROMEDIO	
0	1	46.805	46.813	46.809	
1	2	54.620	54.64	54.630	
2	3	46.765	46.773	46.769	
3	4	47.845	47.865	47.855	
4	0	47.310	47.313	47.312	
		DIAGONALES			
0	2	75.165	75.187	75.176	
0	3	81.490	81.48	81.485	

Abreviaturas:

EST = Estación, vértice desde donde se hace la observación o la medición,

PV = Punto Visado, es el punto observado desde la estación.

Método de Radiaciones. El método de radiaciones consiste en localizar un punto interior en el polígono, desde el cual sea posible medir todas las distancias a los vértices, estas distancias son las radiaciones y con ellas se divide en triángulos a la poligonal. Las longitudes de los lados del polígono y las radiaciones se miden de ida y de regreso, anotándose los resultados en el registro decampo.

LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m POR EL METODO DE RADIACIONES EN TERRENO PLANO					ACATLAN, EDO. DE MEXICO FECHA: 20/03/2008 LEVANTO: RAUL ZARAGOZA
EST	PV	DISTANCIAS			CROQUIS Y NOTAS
		IDA	REGRESO	PROMEDIO	
1	2	48,563	48,567	48,565	
2	3	47,365	47,366	47,366	
3	4	52,620	52,618	52,619	
4	1	49,531	49,533	49,532	
		RADIACIONES			
0	1	33,450	33,454	33,452	
0	2	32,563	32,561	32,562	
0	3	35,650	35,650	35,650	
0	4	31,569	31,570	31,570	

Método de Lados de Liga.- Se emplea este método cuando en el terreno encerrado por la poligonal existen accidentes naturales o artificiales que impiden ver tres vértices consecutivos del polígono. Consiste en medir los lados de la poligonal y en formar en cada vértice triángulos isósceles (dos lados iguales), ya sea internos o externos, según se presenten los obstáculos del terreno, y en función de sus tres lados determinar el valor del ángulo interno de cada vértice. Los datos se anotan en el registro de campo como se indica.

		LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m			SANTA CLARA, EDO. DE MÉXICO	
		POR EL METODO DE LIGA			FECHA: 26/03/2008	
		EN TERRENO PLANO			LEVANTO: JUAN GARCÍA	
EST	PV	DISTANCIAS			CROQUIS Y NOTAS	
		IDA	REGRESO	PROMEDIO		
0	1	32,890	32,900	32,895		
	a			5,000		
	b			5,000		
a	b	7,237	7,235	7,236		
1	2	67,640	67,660	67,650		
	c			5,000		
	d			5,000		
c	d	7,168	7,164	7,166		
2	3	38,462	38,472	38,467		
	e			5,000		
	f			5,000		
e	f	7,427	7,429	7,428		
3	0	72,719	72,709	72,714		
	g			5,000		
	h			5,000		
g	h	6,418	6,414	6,416		

Método de Coordenadas Rectangulares.- Con este método se fija cada vértice de la poligonal en forma independiente de los demás. Consiste en proyectar todos los vértices sobre dos ejes rectangulares convenientemente localizados y en medir las distancias del pie de cada perpendicular al origen.

Se puede aprovechar las ventajas que ofrece el sitio empleando como eje coordinado el alineamiento de alguna calle o camino, lindero, etc. este método se facilita localizando solamente un eje y bajando perpendiculares de los vértices del polígono a este eje; se miden las distancias a partir del origen al pie de las perpendiculares y las longitudes de estas, registrándose los resultados en la libreta de campo.

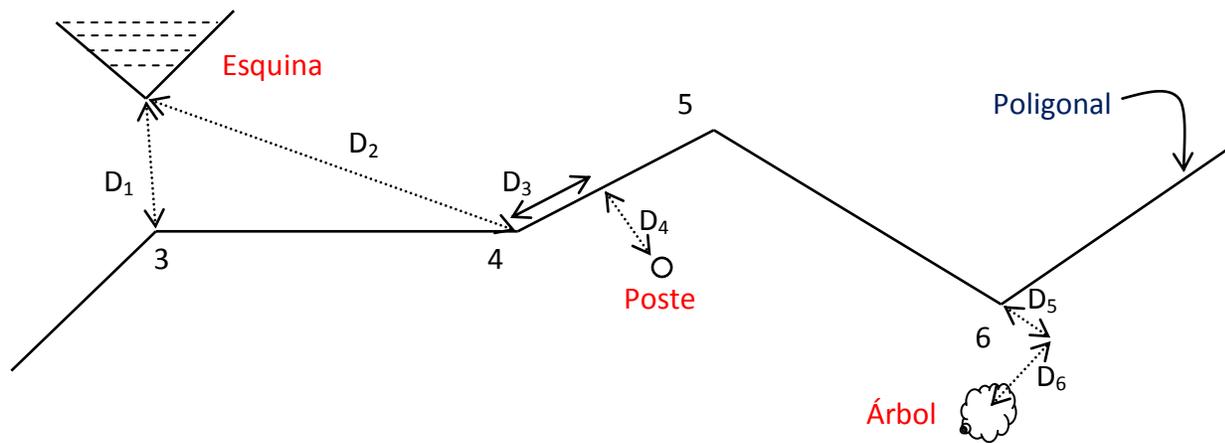
LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m POR EL METODO DE COORDENADAS RECTANGULARES EN TERRENO PLANO			ACATLAN, EDO. DE MÉXICO 27-Mar-08 LEVANTO: JAVIER LOZANO
VERTICES	COORDENADAS		CROQUIS Y NOTAS
	X	Y	
1	10,00	10,00	
2	15,20	8,60	
3	30,15	13,10	
4	27,10	31,12	
5	8,50	27,50	
COMPROBACIÓN			
1-2	14,90		
1-2	16,00		
1-2	22,50		
1-2	20,00		
1-2	19,50		

En la práctica es muy común realizar un levantamiento empleando una **combinación de métodos**, según las condiciones existentes en el terreno.

Levantamiento de detalles

En los levantamientos con cinta, los detalles se fijan por:

- intersecciones, es decir, por medio de dos distancias,
- normales a los lados del polígono de apoyo, y
- normales a la prolongación de los lados del polígono.



a) Intersecciones

b) Distancias normales

c) Normales a la prolongación de un lado

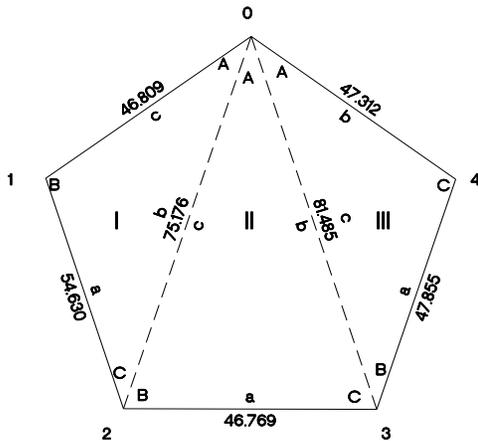
EJERCICIOS

1.- Determina los ángulos interiores y la superficie de la poligonal levantada por el método de diagonales correspondiente al siguiente registro de campo.

LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m POR EL METODO DE DIAGONALES EN TERRENO ACCIDENTADO					ACATLAN, EDO. DE MÉXICO FECHA: 07/03/2008 LEVANTO: GOZALO GUERRERO
EST	PV	DISTANCIAS			CROQUIS Y NOTAS
		IDA	REGRESO	PROMEDIO	
0	1	46,805	46,813	46,809	
1	2	54,620	54,64	54,630	
2	3	46,765	46,773	46,769	
3	4	47,845	47,865	47,855	
4	0	47,310	47,313	47,312	
		DIAGONALES			
0	2	75,165	75,187	75,176	
0	3	81,490	81,48	81,485	

Solución

Croquis



Formulas

$$\tan \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}$$

$$\tan \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}$$

$$\tan \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}}$$

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

TRIANGULO I

$a = 54.630$
 $b = 75.176$
 $c = 46.809$
 $\Sigma = 176.615$

$p = \frac{1}{2} \Sigma = 88.3075$

$p - a = 33.6775$
 $p - b = 13.1315$
 $p - c = 41.4985$

$\tan \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(13.1315)(41.4985)}{88.3075(33.6775)}} = 0.428060; \frac{1}{2} A = 23.173830^\circ; A = 46^\circ 20' 52''$

$\tan \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{(33.6775)(41.4985)}{88.3075(13.1315)}} = 1.097818; \frac{1}{2} B = 47.669667^\circ; B = 95^\circ 20' 22''$

$\tan \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{(33.6775)(13.1315)}{88.3075(41.4985)}} = 0.347386; \frac{1}{2} C = 19.156502^\circ; C = 38^\circ 18' 46''$

$\Sigma = 180^\circ 00' 00''$

$S_1 = \sqrt{88.3075(33.6775)(13.1315)(41.4985)} = 1273.040 \text{ m}^2$

TRIANGULO II

$$\begin{aligned}
 a &= 46.769 & \tan \frac{1}{2} A &= \sqrt{\frac{(20.230)(26.539)}{101.715(54.946)}} = 0.309941; \frac{1}{2} A = 17.220376^\circ; A = 34^\circ 26' 27'' \\
 b &= 81.485 \\
 c &= \underline{75.176} \\
 \Sigma &= 203.430 \\
 p &= \frac{1}{2} \Sigma = 101.715 & \tan \frac{1}{2} B &= \sqrt{\frac{(54.946)(26.539)}{101.715(20.230)}} = 0.841821; \frac{1}{2} B = 40.091385^\circ; B = 80^\circ 10' 58'' \\
 p - a &= 54.946 & \tan \frac{1}{2} C &= \sqrt{\frac{(54.946)(20.230)}{101.715(26.539)}} = 0.641699; \frac{1}{2} C = 32.688239^\circ; \underline{C = 65^\circ 22' 35''} \\
 p - b &= 20.230 & \Sigma &= 180^\circ 00' 00'' \\
 p - c &= 26.539 & S_{II} &= \sqrt{101.715(54.946)(20.230)(26.539)} = \mathbf{1732.211 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

TRIANGULO III

$$\begin{aligned}
 a &= 47.855 & \tan \frac{1}{2} A &= \sqrt{\frac{(41.014)(6.841)}{88.326(40.471)}} = 0.280162; \frac{1}{2} A = 15.650866^\circ; A = 31^\circ 18' 06'' \\
 b &= 47.312 \\
 c &= \underline{81.485} \\
 \Sigma &= 176.652 & \tan \frac{1}{2} B &= \sqrt{\frac{(40.471)(6.841)}{88.326(41.014)}} = 0.276453; \frac{1}{2} B = 15.453624^\circ; B = 30^\circ 54' 26'' \\
 p &= \frac{1}{2} \Sigma = 88.326 & \tan \frac{1}{2} C &= \sqrt{\frac{(40.471)(41.014)}{88.326(6.841)}} = 1.657425; \frac{1}{2} C = 58.895510^\circ; \underline{C = 117^\circ 47' 28''} \\
 p - a &= 40.471 & \Sigma &= 180^\circ 00' 00'' \\
 p - b &= 41.014 \\
 p - c &= 6.841 & S_{III} &= \sqrt{88.326(40.471)(41.014)(6.841)} = \mathbf{1001.480 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

Cálculo de ángulos de la poligonal

Ángulos

$$\begin{aligned}
 0 &= 46^\circ 20' 52'' + 34^\circ 26' 27'' + 31^\circ 18' 06'' = 112^\circ 05' 25'' \\
 1 &= 95^\circ 20' 22'' & &= 95^\circ 20' 22'' \\
 2 &= 38^\circ 18' 46'' + 80^\circ 10' 58'' & &= 118^\circ 29' 44'' \\
 3 &= 65^\circ 22' 35'' + 30^\circ 54' 26'' & &= 96^\circ 17' 01'' \\
 4 &= 117^\circ 47' 28'' & &= \underline{117^\circ 47' 28''} \\
 & & \Sigma &= \mathbf{540^\circ 00' 00''}
 \end{aligned}$$

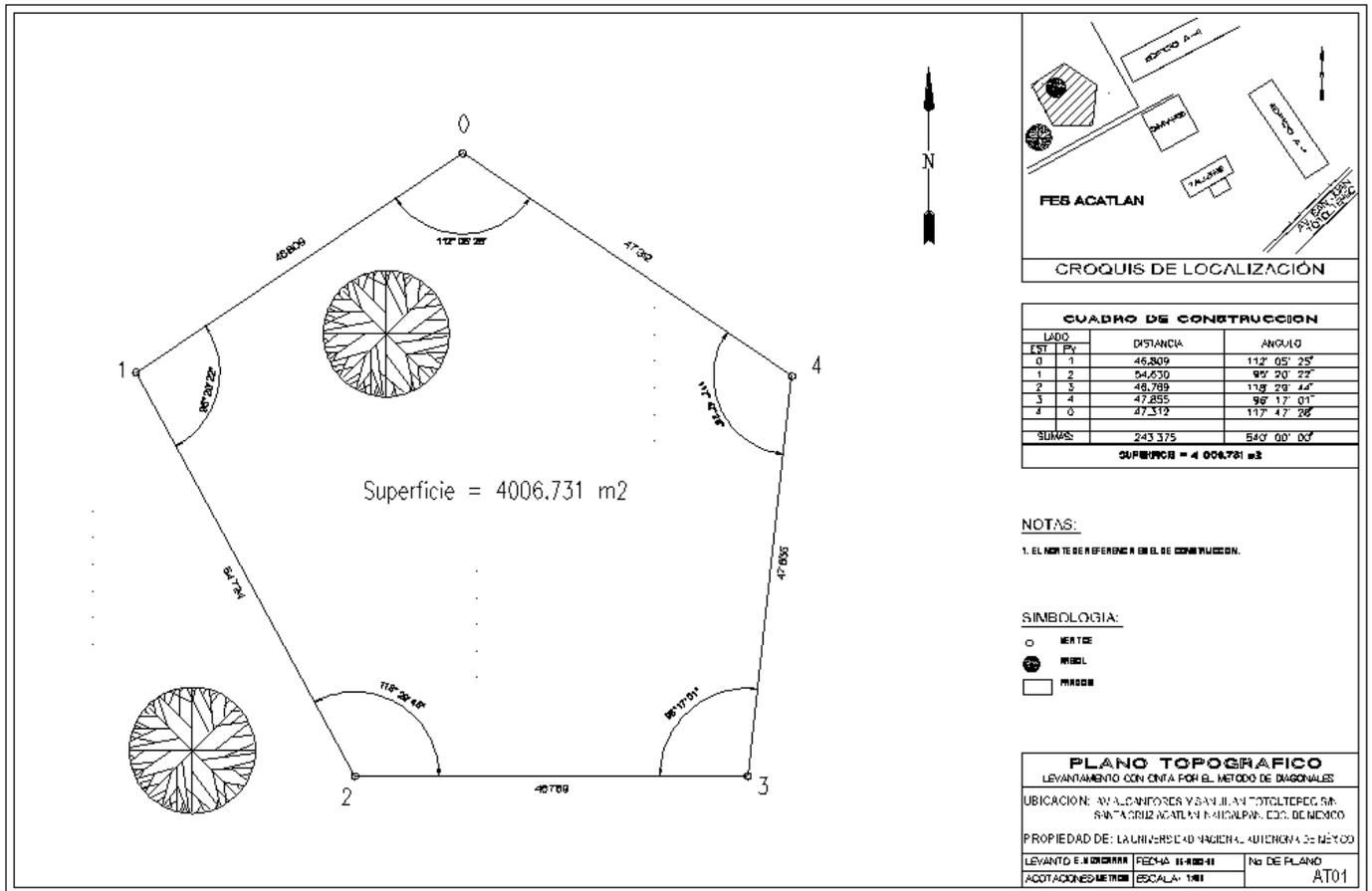
Calculo de la superficie total del polígono.

$$\begin{aligned}
 S_I &= 1273.040 \text{ m}^2 \\
 S_{II} &= 1732.211 \text{ m}^2 \\
 \underline{S_{III}} &= \underline{1001.480 \text{ m}^2} \\
 S_{TOTAL} &= \mathbf{4\ 006.731 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

Condición geométrica = $180^\circ (n-2) = 180^\circ (3) = 540^\circ$
∴ Sí se cumple con la condición geométrica.

Dibujo

La disposición y el contenido del plano se indican a continuación, nótese que no se dibujan las diagonales, pues ellas son parte del método de levantamiento y el objetivo es representar los linderos del predio y la información de este, no de los triángulos o mediciones auxiliares ni del proceso de cálculo. Ver procedimiento de dibujo de este plano en **Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total**.

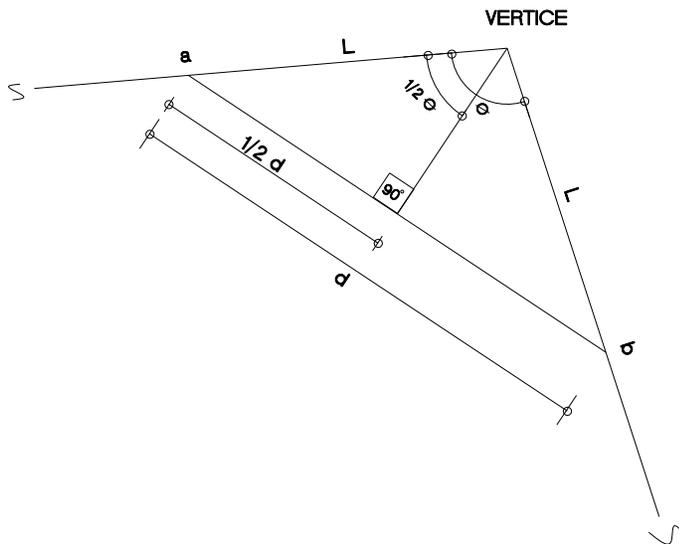


2.- Determina los ángulos interiores y la superficie de la poligonal levantada por el método de lados de liga correspondiente al siguiente registro de campo.

		LEVANTAMIENTO CON CINTA DE 30 m			SANTA CLARA, EDO. DE MÉXICO	
		POR EL METODO DE LIGA			FECHA: 26/03/2008	
		EN TERRENO PLANO			LEVANTO: JUAN GARCÍA	
EST	PV	DISTANCIAS			CROQUIS Y NOTAS	
		IDA	REGRESO	PROMEDIO		
0	1	32,890	32,900	32,895		
	a			5,000		
	b			5,000		
a	b	7,237	7,235	7,236		
1	2	67,640	67,660	67,650		
	c			5,000		
	d			5,000		
c	d	7,168	7,164	7,166		
2	3	38,462	38,472	38,467		
	e			5,000		
	f			5,000		
e	f	7,427	7,429	7,428		
3	0	72,719	72,709	72,714		
	g			5,000		
	h			5,000		
g	h	6,418	6,414	6,416		

Solución

Calculo de los ángulos



Formula

$$\text{Sen } \frac{1}{2} \theta = \frac{\frac{1}{2} d}{L}$$

Siendo:
 Θ = ángulo
 d = distancia entre lados de liga
 L = lado de liga

El cálculo de los ángulos lo hacemos apoyados en una tabla para aplicar la formula y ordenar los datos. Los ángulos resultantes son sin compensar y para cumplir la condición geométrica se requiere compensar dichos ángulos.

Cálculo y compensación de ángulos

VÉRTICE	$\frac{1}{2} d = \frac{\text{Sen } \frac{1}{2} \theta}{L}$	$\frac{1}{2} \theta = \text{Sen}^{-1} \text{ ANS}$	$\Theta = 2 (\frac{1}{2} \theta)$ Θ s/ compensar	CA	Θ COMPENSADO
0	$\frac{3.618}{5.000} = 0.7236$	46.352509°	92° 42' 18"	-16"	92° 42' 02"
1	$\frac{3.583}{5.000} = 0.7166$	45.774479°	91° 32' 56"	-15"	91° 32' 41"
2	$\frac{3.714}{5.000} = 0.7428$	47.970482°	95° 56' 27"	-16"	95° 56' 11"
3	$\frac{3.208}{5.000} = 0.6416$	39.911231°	79° 49' 21"	-15"	79° 49' 06"

$\Sigma \text{ Ang.} = 360^\circ 01' 02'' \quad -62'' \quad 360^\circ 00' 00''$

Condición geométrica = $180^\circ (n-2) = 180^\circ (2) = 360^\circ$

Error angular "EA"

EA = $\Sigma \text{ Ang} - \text{Cond. Geom.} = 360^\circ 01' 02'' - 360^\circ = + 01' 02''$; EA = 62"

Compensación angular

CA = EA / n ; CA = $62'' / 4 = 15.5''$

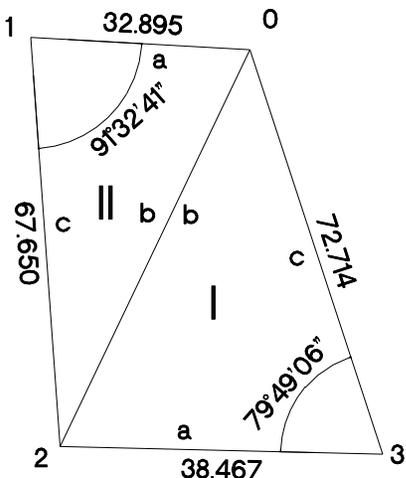
Por redondeo al Segundo, aplicamos correcciones de 15" y 16":

2 est de 16" = 32"

2 est de 15" = 30"

62" **La compensación se aplica en el sentido contrario al error.**

Conocidos los ángulos interiores del polígono, a nuestro criterio determinamos por la ley de los cosenos diagonales para dividirlo en triángulos, determinando la superficie de cada triángulo y efectuando su suma, obtenemos la superficie del polígono.



Para nuestro caso determinamos la diagonal 0 a 2 en función del triángulo I:

Ley de los cosenos: $b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \text{ Cos } B$

$$\overline{02}^2 = (38.467)^2 + (72.714)^2 - 2 (38.467 \times 72.714) \text{ Cos } 79^\circ 49' 06''$$

$$\overline{02} = \sqrt{6767.0359 - 988.8819} = 76.014 \text{ m}$$

Calculo de la superficie**TRIANGULO I**

$$\begin{aligned}
 a &= 38.467 & p &= \frac{1}{2} \Sigma = 93.5975 \\
 b &= 76.014 & p - a &= 55.1305 \\
 c &= \underline{72.714} & p - b &= 17.5835 \\
 \Sigma &= 187.195 & p - c &= 20.8835
 \end{aligned}$$

Formula: $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

$$S_I = \sqrt{93.5975 (55.1305) (17.5835) (20.8835)} = 1376.520 \text{ m}^2$$

TRIANGULO II

$$\begin{aligned}
 a &= 32.895 & p &= \frac{1}{2} \Sigma = 88.2795 \\
 b &= 76.014 & p - a &= 55.3845 \\
 c &= \underline{67.650} & p - b &= 12.2655 \\
 \Sigma &= 176.559 & p - c &= 20.6295
 \end{aligned}$$

$$S_{II} = \sqrt{88.2795 (55.3845) (12.2655) (20.6295)} = 1112.272 \text{ m}^2$$

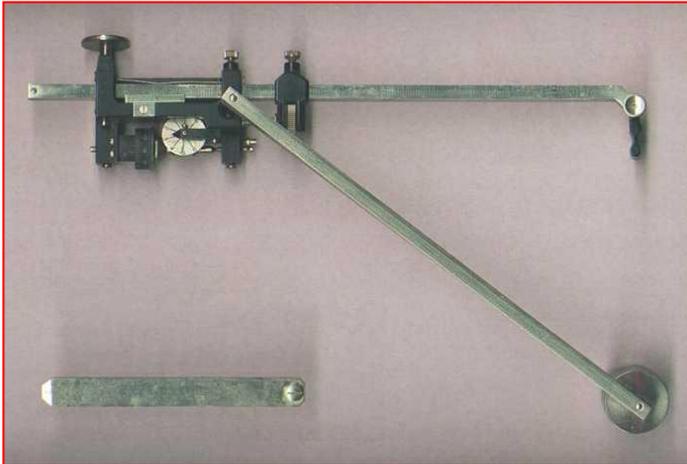
$$\text{Superficie Total} = \underline{\underline{2\ 488.792 \text{ m}^2}}$$

3.5 Determinación De Superficies Con Planímetro.

El planímetro polar

Las superficies se pueden determinar mecánicamente, con un planímetro. Este procedimiento es útil, especialmente, cuando la superficie que se necesita determinar está limitada por un perímetro irregular, con curvas y rectas, y sin una forma geométrica determinada.

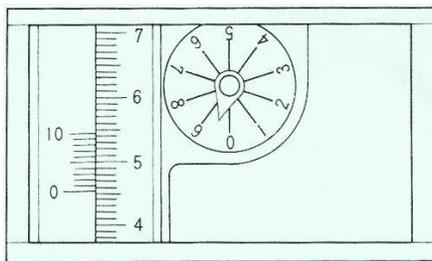
El planímetro (de plano y del griego metrón, medida) es un instrumento para medir superficies de figuras planas. Hay dos clases de planímetros: polar y rodante. El que más se emplea es el planímetro polar, por su sencilla operación.



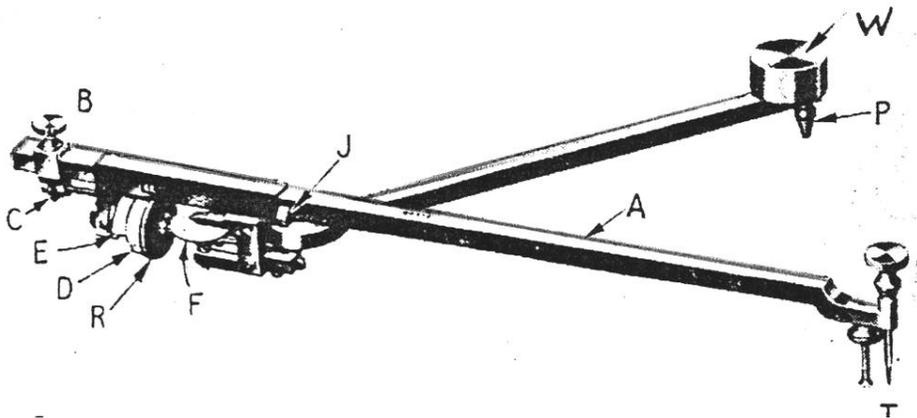
Planímetro Polar Convencional



Planímetro Polar Electrónico



Lectura: 9.455



El Planímetro Polar como se ve en la figura, se apoya en tres puntos: el polo fijo (P), la rueda integrante (R), y la punta trazadora (T). El brazo polar se engancha al armazón del planímetro.

El brazo trazador (A) tiene marcada una graduación para ajustar su longitud, marcándola con el índice (J) según la escala del dibujo que se tenga. Este brazo (A) se fija en la posición deseada con el tornillo (B) y el tornillo de aproximación (C).

El Tambor Graduado (D) de la rueda (R) tiene 100 divisiones y se lee en ellas mediante un vernier (E). El disco (F) está acoplado al tambor para registrar vueltas completas de este; el disco da una vuelta por diez del tambor.

Sobre el disco se lee con un índice, después el tambor marca centésimos de vuelta de la rueda, y con el vernier se obtienen los milésimos.

Reglas practicas para el uso del planímetro.

1. El rodillo debe girar libremente y sin sacudidas.
2. La superficie sobre la cual se mueve el planímetro debe ser plana y horizontal.
3. con la punta trazadora se seguirá el perímetro, en sentido retrogrado, colocando el ojo en la parte superior.
4. No debe dirigirse la punta trazadora a lo largo de una regla, por que la compensación de errores en este caso es menor que procediendo de la otra manera.
5. cuando al recorrer el perímetro se desvía el trazador o se pasa del último vértice, debe retroceder siguiendo el mismo camino, anulándose en esta forma el error.

Cuando se va determinar la superficie de una figura, se coloca la aguja del polo en el papel en el punto que convenga y se mantiene en su posición mediante el peso w.

A continuación, la punta trazadora se coloca en un punto definido del perímetro de la figura y se hace una lectura inicial. Luego se recorre el perímetro del polígono hasta que la punta trazadora vuelva a quedar en su posición original, y se toma la lectura final.

La superficie de la figura se obtiene multiplicando la diferencia de lecturas por la constante del planímetro.

$$S = (Lf - Li) K$$

Donde:

S = superficie

Li = lectura inicial

Lf = lectura final

K = constante del planímetro

Determinación de la constante del planímetro

Se puede determinar el valor de la constante del planímetro recorriendo el perímetro de una figura de superficie conocida, con la punta trazadora.

La operación de preferencia, debe repetirse unas cinco veces y utilizarse el promedio.

De la formula anterior se deduce que:

$$K_n = \frac{S}{Lf - Li}$$

$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5}{5}$$

Precisión en la determinación de superficies con planímetro. Las superficies deben dibujarse empleando una escala que esté de acuerdo con la precisión deseada.

La precisión en la determinación de superficies con planímetro, depende en gran parte de la habilidad del operador para seguir el perímetro de la figura con la punta trazadora, pues hay una tendencia del operador para desviarse en uno u otro sentido. Si la figura es grande el error relativo de la superficie será pequeño, y viceversa, a una figura pequeña corresponderá un error grande.

En la medida de superficies pequeñas generalmente se puede esperar una precisión del uno por ciento y en la medida de figuras de tamaño grande que estén bien dibujadas, se puede esperar una precisión de entre 0.1% a 0.2%.

Ejemplo.- Procedimiento para determinar la superficie con planímetro de una figura irregular dibujada a escala 1:200, cuando se desconoce la constante del aparato.

1.- se traza una figura de dimensiones conocidas. Por ejemplo se dibuja un cuadrado de 20 m de lado a escala 1:200

Datos:

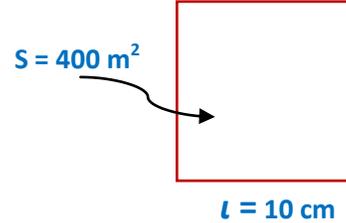
E = 200

L = 20 m

l = ?

$$E = \frac{L}{l} \quad ; \quad l = \frac{L}{E} = \frac{20m}{200} = 0.1 \text{ m} \quad ; \quad l = 10 \text{ cm}$$

Sup real = 20 m x 20 m = 400 m²



2.- Formulas

$S = (L_f - L_i) K$

$K_n = \frac{S}{L_f - L_i}$

$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5}{5}$

Donde:

S = superficie

L_i = lectura inicial

L_f = lectura final

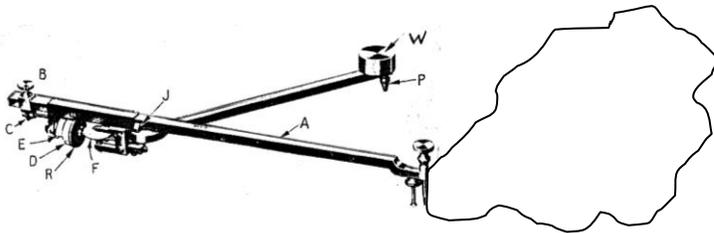
K = constante del planímetro

3.- se determina la constante, recorriendo el perímetro de la figura trazada de área conocida, anotando las lecturas inicial y final; se obtiene la diferencia de lecturas y se determina el valor de K para cada serie; se determina la sumatoria de K y se divide entre el número de series.

SERIES	L _i	L _f	L _f - L _i	K = S / (L _f - L _i)
1	7.600	8.692	1.092	366.300
2	8.732	9.790	1.058	378.072
3	2.779	3.840	1.061	377.003
4	6.330	7.390	1.060	377.359
5	7.022	8.091	1.069	374.181
			Σ K =	1872.915

$$K = \frac{\Sigma K}{n^\circ \text{ de series}} = \frac{1872.915}{5} = 374.583$$

4.- se determina la superficie de la figura irregular deseada recorriendo su perímetro con la punta trazadora del planímetro.



$$S = (L_f - L_i) K$$

CÁLCULO EMPLEANDO DOS SERIES DE LECTURAS

SERIES	L_i	L_f	$ L_f - L_i $	$S = (L_f - L_i) K$
1	2.696	3.323	0.627	234.86
2	3.595	4.227	0.632	236.74

Si la diferencia es muy grande entre dos series, se procede a determinar otra serie más y se elimina la superficie que más se disperse.

$$\text{SUPERFICIE PROMEDIO} = \frac{234.86 + 236.74}{2} = 235.80 \text{ m}^2$$

4. MEDICIONES ANGULARES

La dirección de cualquier lado o línea con respecto al norte, puede definirse por el azimut o por el rumbo.

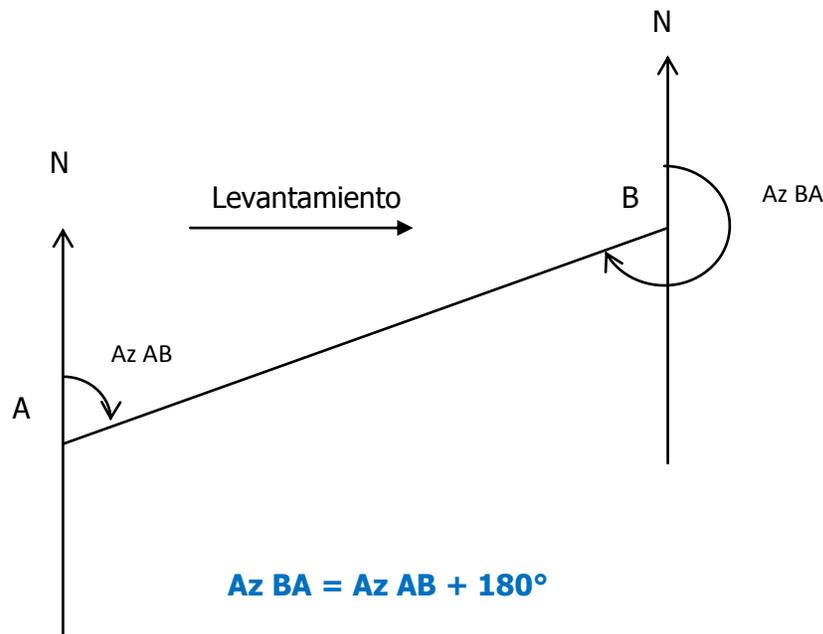
4.1 Azimut de una línea.

El azimut de una línea es la dirección dada por el ángulo horizontal entre el norte y la línea, se mide a partir del norte en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj y su valor varía entre 0° y 360° . Los azimuts se llaman astronómicos o magnéticos según si el norte de referencia es el astronómico o el magnético.

Azimut directo de una línea es el que se toma en el origen de la línea y el *Azimut Inverso* el tomado en su extremo final.

Entre ambos azimuts, directo e inverso, existe una diferencia de 180° , esto es:

$$\text{Azimut Inverso} = \text{Azimut Directo} \pm 180^\circ$$



Cuando el azimut directo es mayor que 180° , para obtener el azimut inverso, se le restan 180° ; y si el azimut directo es menor que 180° entonces el inverso se obtiene agregándole esa cantidad.

EJEMPLOS:

1. Si : Az directo = $65^\circ 22' 30''$

Entonces: Az inverso = $65^\circ 22' 30'' + 180^\circ = 245^\circ 22' 30''$

2. Si : Az directo = $255^\circ 30' 00''$

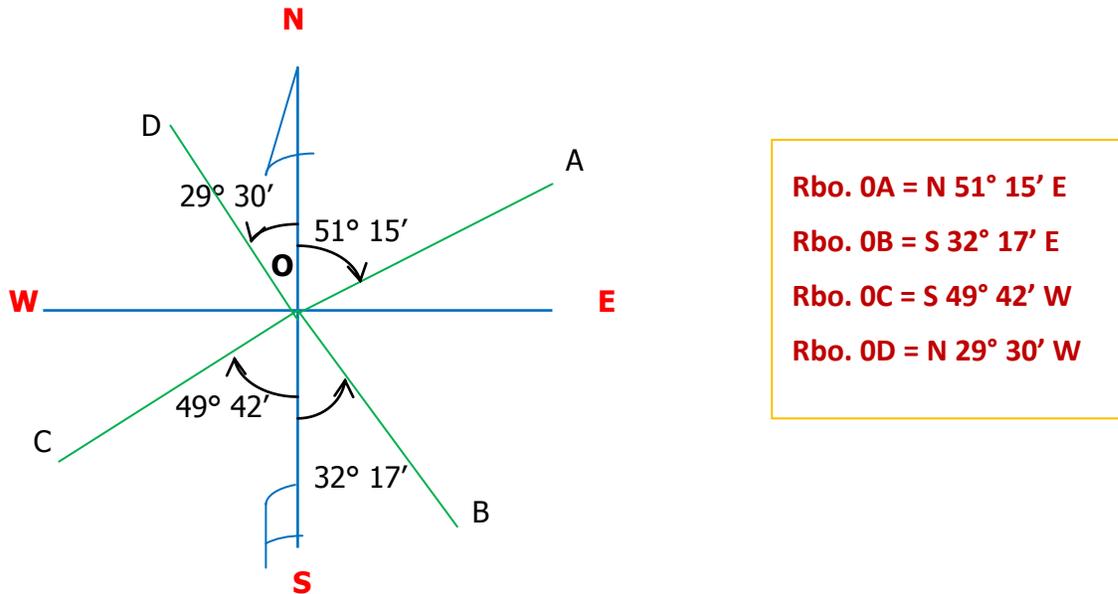
Entonces: Az inverso = $255^\circ 30' 00'' - 180^\circ = 75^\circ 30' 00''$

4. 2 Rumbo de una línea

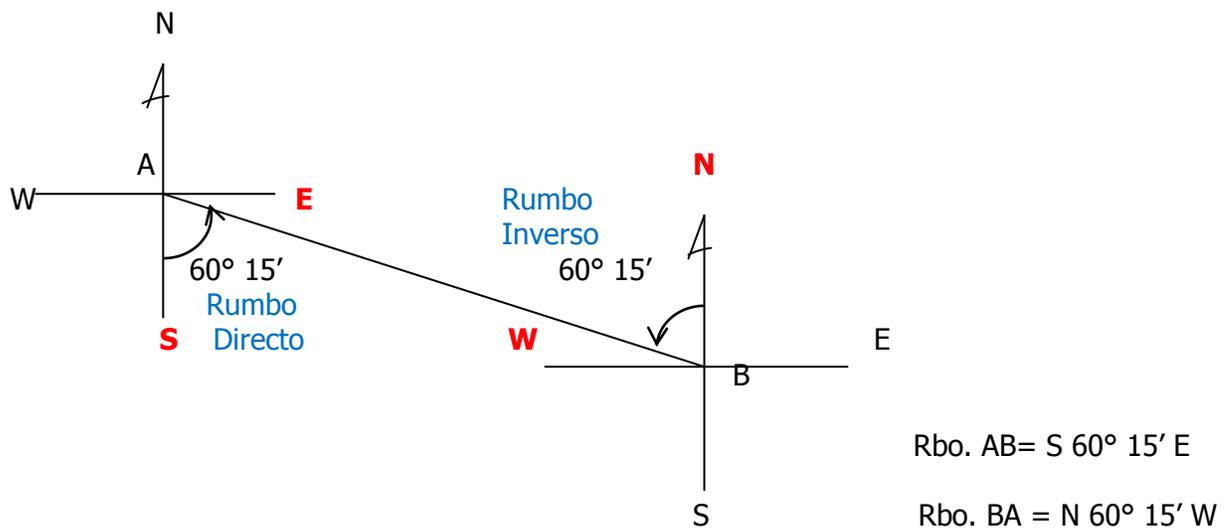
El rumbo de una línea es el ángulo horizontal que dicha línea forma con el norte; su valor esta comprendido entre 0° y 90° ; se mide a partir del Norte o desde el Sur, hacia el Este o hacia el Oeste.

El rumbo se llama astronómico o magnético según que el norte es el astronómico o el magnético.

El rumbo de una línea se indica por el cuadrante en el que se encuentra y por el ángulo agudo que la línea hace con el meridiano en ese cuadrante.

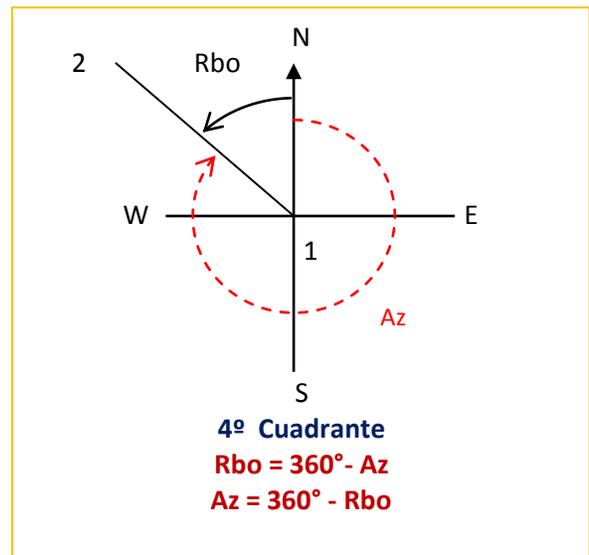
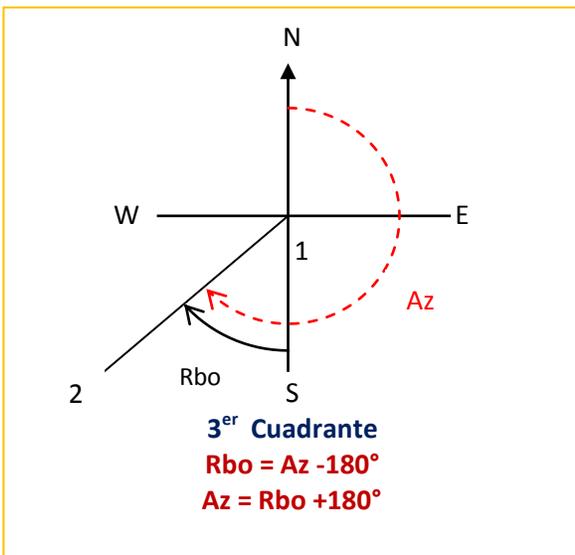
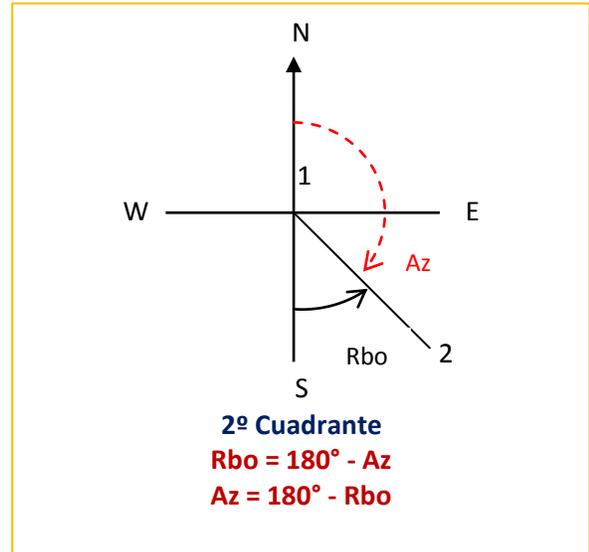
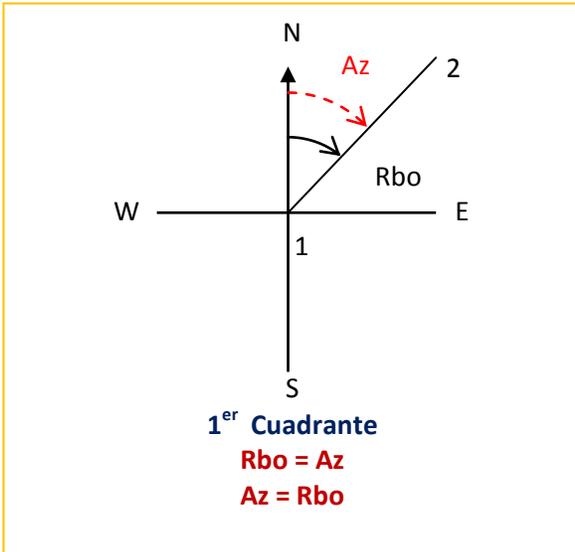


Como en el caso de los azimuts, los rumbos pueden ser directos e inversos. Se llama *Rumbo Directo de una línea*, el que se toma en dirección del sentido del levantamiento y *Rumbo Inverso*, el tomado en la dirección opuesta. El rumbo directo y el rumbo inverso de una misma línea tienen el mismo valor y se localizan en cuadrantes opuestos.



Conversión de Azimuts a Rumbos e inversa

En la conversión de rumbos a azimuts e inversa, se requiere tener presente las siguientes igualdades, las cuales en todo momento se pueden obtener a partir de las figuras, según el cuadrante donde este alojada la línea.



Ejercicios

1.- Convierte a azimuts los siguientes rumbos:

Rumbos	Operaciones	Azimuts
N 17° 45' 10" W	$360^\circ - 17^\circ 45' 10''$	342° 14' 50"
S 45° 20' 12" E	$180^\circ - 45^\circ 20' 12''$	134° 39' 48"
S 36° 30' 45" W	$180^\circ + 36^\circ 30' 45''$	216° 30' 45"
N 76° 25' 40" E	1er cuadrante, Az = Rbo	76° 25' 40"

2.- Convierte a rumbos los siguientes azimuts:

azimuts	Operaciones	Rumbos
130° 19' 10"	$180^\circ - 130^\circ 19' 10''$	S 49° 40' 50" E
315° 10' 20"	$360^\circ - 315^\circ 10' 20''$	N 44° 49' 40" W
16° 29' 45"	1er cuadrante Rbo = Az	N 16° 29' 45" E
205° 32' 05"	$205^\circ 32' 05'' - 180^\circ$	S 25° 32' 05" W

4.3 Las Meridianas Magnética y Astronómica

Orientación Topográfica. Tiene por objeto dar a las líneas de un plano la misma dirección que guardan sus homologas en el terreno. La dirección de cualquier línea se determina por el ángulo horizontal que forma con la referencia real o imaginaria que tiene una dirección fija. Comúnmente se emplean como Nortes de referencia la meridiana astronómica, la meridiana magnética o una meridiana elegida arbitrariamente que se denomina norte convencional o de construcción.

Plano meridiano astronómico o verdadero de un punto es el círculo máximo que pasa por ese punto y por los polos terrestres.

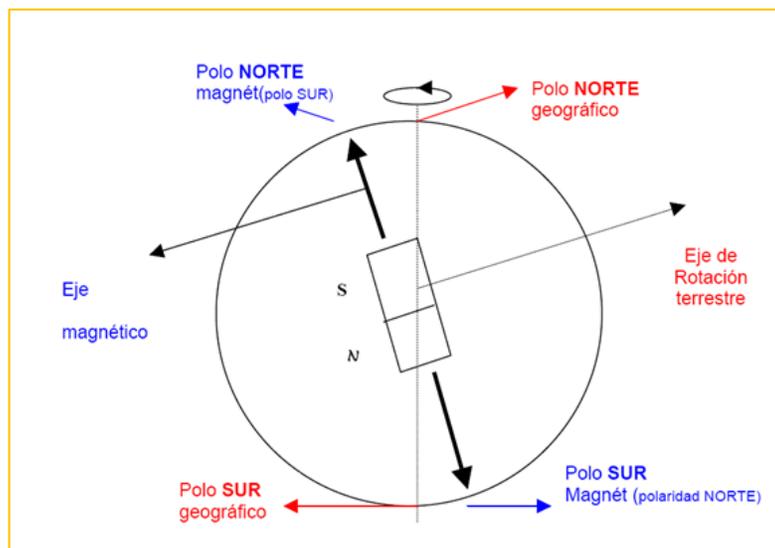
Plano meridiano magnético es el plano vertical en que se coloca una aguja imanada y orientada bajo la acción única del campo magnético terrestre.

Meridiana astronómica o verdadera, es la dirección norte – sur dada por la intersección del plano meridiano astronómico con el horizonte; se conoce también como meridiano geográfico.

Meridiana magnética es la línea paralela a las líneas magnéticas de fuerza de la tierra, su dirección es la que toma una aguja magnética suspendida libremente.

Los polos magnéticos no corresponden con los polos geográficos, por lo tanto la meridiana magnética no es paralela a la verdadera.

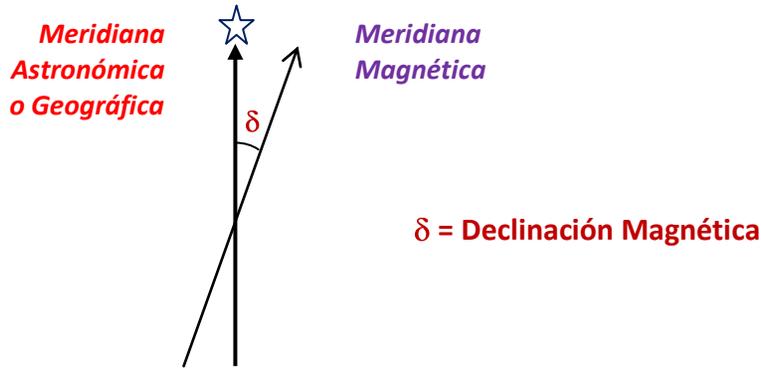
La posición de los polos magnéticos está cambiando constantemente; por eso la dirección del meridiano magnético no es constante. Sin embargo la meridiana magnética se emplea como una línea de referencia en los levantamientos aproximados en los que para orientar las líneas del terreno se utiliza una brújula.



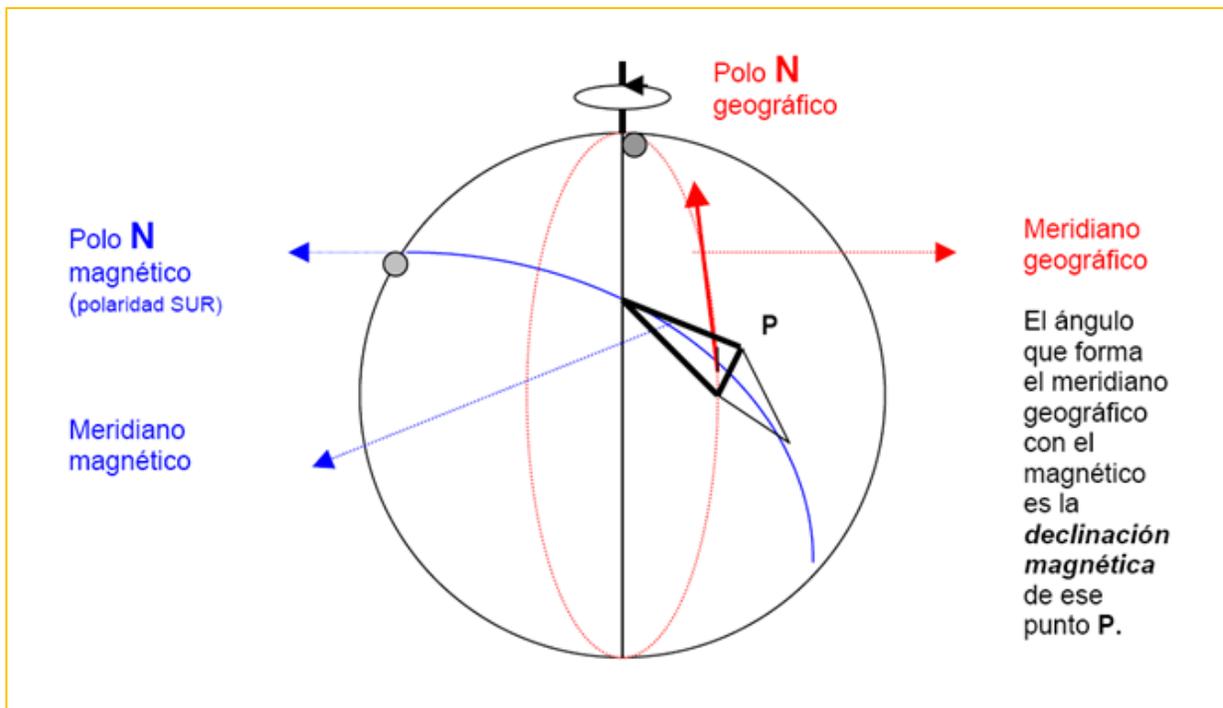
El Polo Norte Geográfico no coincide con el Polo Norte Magnético

4.4 Declinación Magnética

Se llama *declinación magnética* al ángulo entre la meridiana astronómica y la magnética. En nuestro país la declinación magnética es oriental; es decir, el extremo norte de la aguja de la brújula apunta al este de la meridiana astronómica o verdadera.



La declinación cambia de valor de un lugar a otro y está sujeta a variaciones seculares, anuales, diarias e irregulares (ver valores para cada zona del territorio nacional en las cartas topográficas del INEGI).



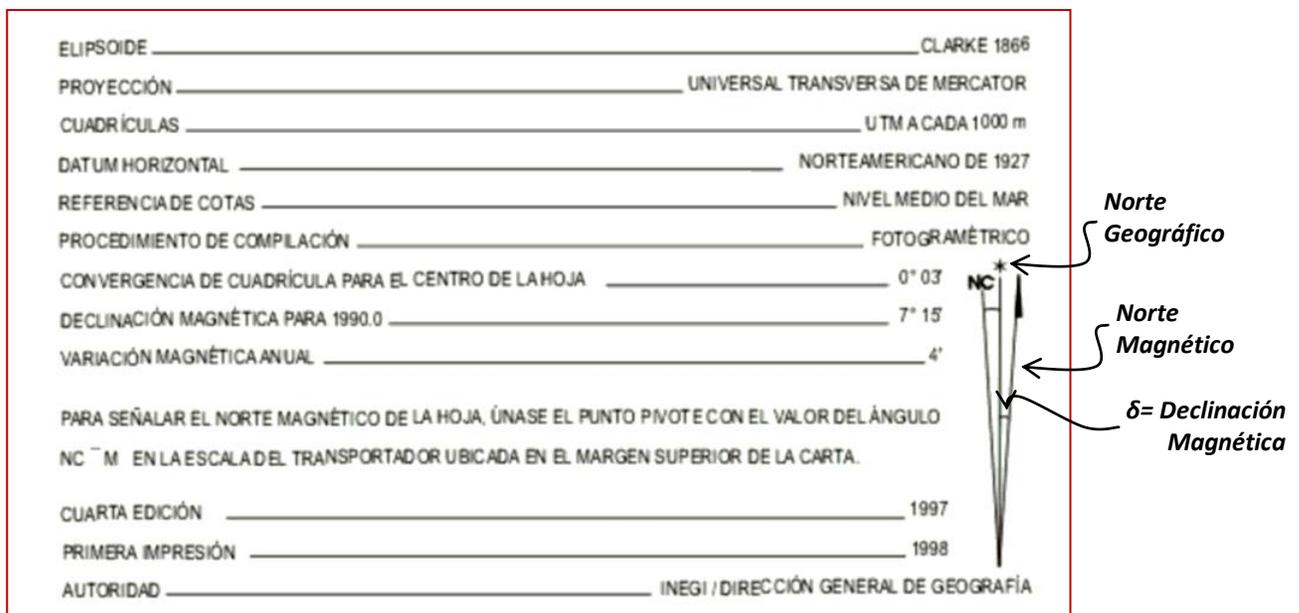
La Declinación Magnética en un punto P
Es el ángulo formado entre el Norte Geográfico y el Norte Magnético.

Ejercicio.- determina la declinación magnética para Acatlán al mes de abril de 2009.

Procederemos con dos métodos de cálculo:

- I. Empleando una carta topográfica para extrapolación de valores, y
- II. Empleando software.

Solución I. empleando la carta del INEGI "Ciudad de México" E14A39.



Datos:

Declinación Magnética para 1990 = 7° 15' Este

Variación Magnética anual = 4' Oeste

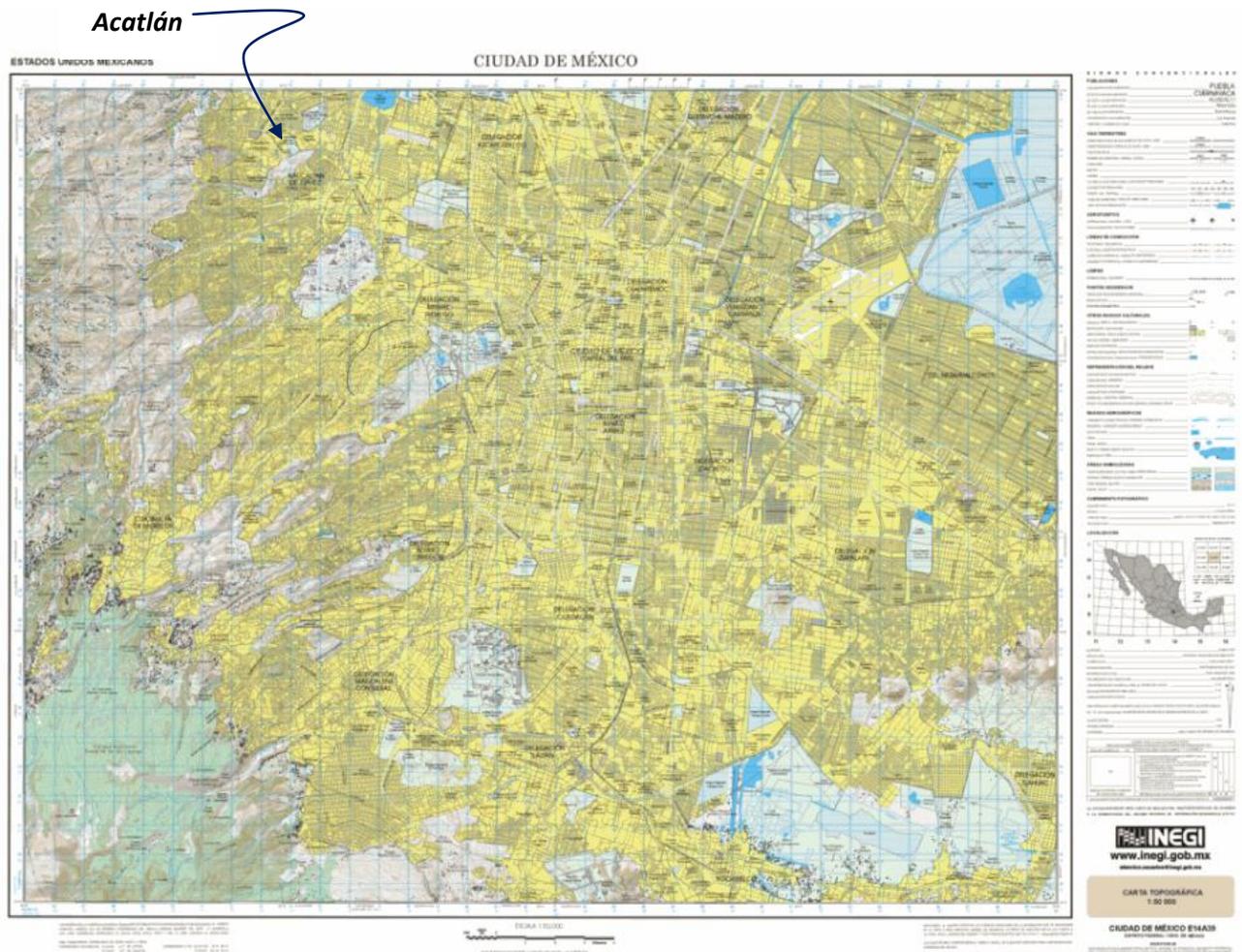
Periodo de tiempo = 2009 – 1990 = 19 años

Según la carta, en la Cd. de México para el año 1990 el norte geográfico estaba a 7°15' al oeste del norte magnético, decreciendo esta declinación a razón de 4' por año. Por lo tanto para el año 2009, tenemos una variación acumulada anual de $(4')(19) = 76' = 1° 16'$ Deductiva por ser al oeste.

Declinación para 1990 = 7° 15' Este

Variación Acumulada = $- 1° 16'$

Declinación para el año 2009 = **5° 59' Este**



Carta Topográfica E14A39

Solución II. Empleando software para el cálculo de la declinación. Se utilizaran dos programas a los cuales se puede acceder en línea, estos programas son:

1. Calculadora de estimación de la declinación magnética
2. Cálculo del campo magnético de la tierra

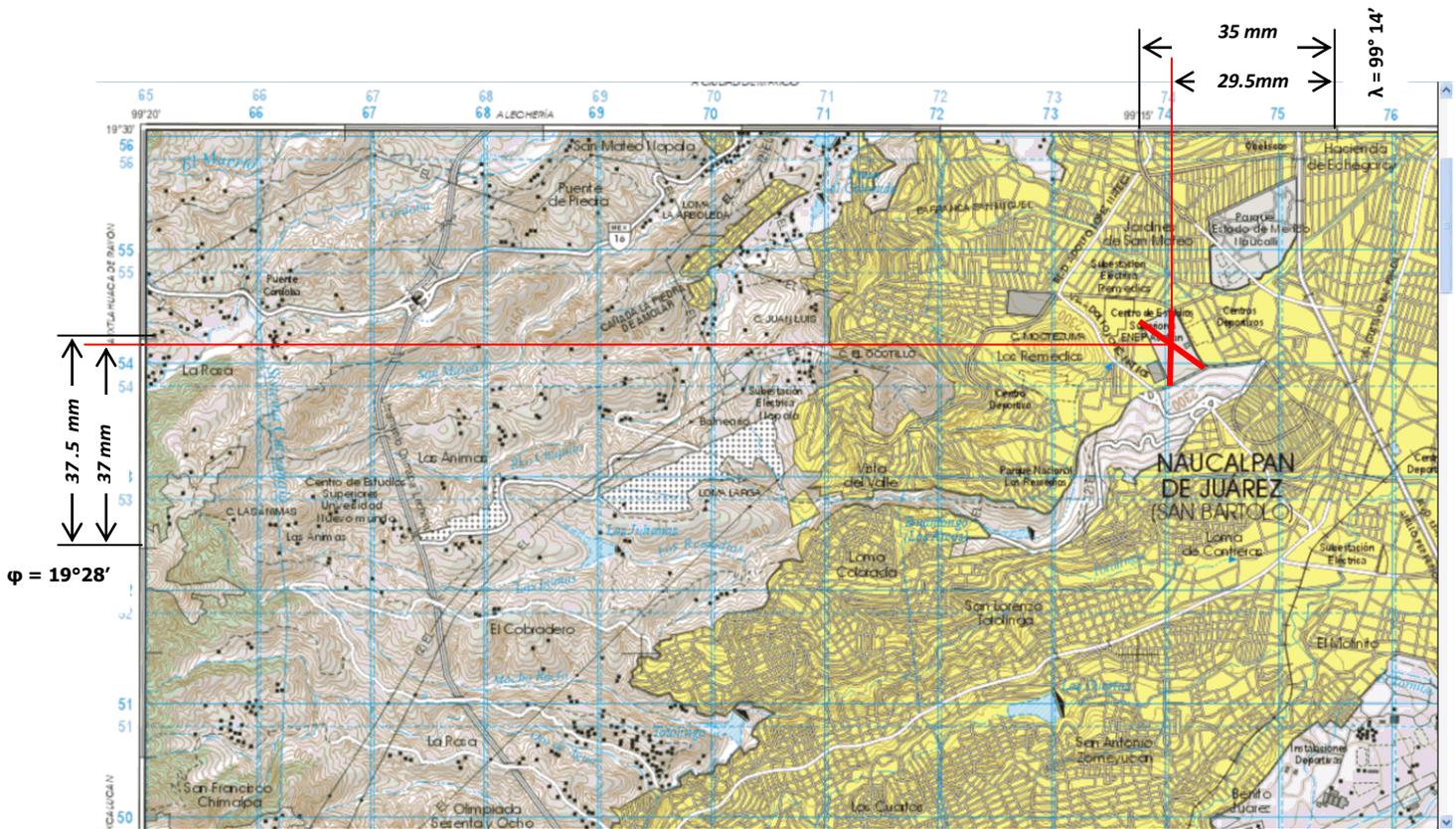
Links:

<http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp>

<http://www.rodamedia.com/navastro/online/online.htm>

Para la aplicación de ambos programas es necesario contar con la localización geográfica de un punto, esta localización geográfica se puede obtener mediante GPS o deducida de cartas Topográficas. A

continuación se desarrolla la obtención de la latitud, longitud y elevación a partir de una carta topográfica.



Localización Geográfica deducida de la FES:

Se localiza el centro del predio correspondiente a la FES y se proyectan las componentes ortogonales sobre las escalas horizontal (longitud) y vertical (latitud); sobre el borde de la carta hay dos líneas paralelas con segmentos en color negro y blanco alternados, a cada minuto, las coordenadas geográficas están indicadas en textos de color negro a cada 5 minutos, los valores completos están en el margen superior izquierdo.

Latitud: tenemos latitud norte, crece en sentido vertical hacia el norte, el valor previo a nuestra localización es $\varphi = 19^{\circ}28'$; un minuto de intervalo de latitud, equivale a 37.5 mm. La distancia de nuestra localización a la latitud de referencia es de 37 mm. Resolviendo por regla de tres:

$$\begin{array}{rcl}
 37.5 \text{ _____ } 0^{\circ}01'00'' & ; & x = \frac{(37)(0^{\circ}01'00'')}{37.5} = 0^{\circ}0'59.20'' \\
 37.0 \text{ _____ } x & & \phantom{x = \frac{(37)(0^{\circ}01'00'')}{37.5} = 0^{\circ}0'59.20''} \\
 & & \mathbf{\varphi = 19^{\circ}28'59.20''}
 \end{array}$$

Longitud: crece de derecha a izquierda (tenemos longitud oeste), el valor previo a nuestra localización es $\lambda=99^{\circ}14' W$; un minuto de intervalo de longitud, equivale a 35 mm. Mientras que la distancia de nuestra localización a la longitud de referencia es de 29.5 mm. En estas circunstancias, resolviendo por regla de tres:

$$\begin{array}{rcl}
 35.0 \text{ _____ } 0^{\circ}01'00'' & ; & x = \frac{(29.5)(0^{\circ}01'00'')}{35} = 0^{\circ}0'50.57'' \\
 & & \mathbf{\lambda = 99^{\circ}14'50.57''}
 \end{array}$$

29.5 _____ X

Altitud: se deduce de las curvas de nivel, la curva maestra más cercana es la 2,300 la equidistancia entre curvas es de 10 m, así deducimos que la elevación de la FES es de 2280 m aproximadamente.

Localización Geográfica de la FES:

Latitud $\phi = 19^\circ 28' 59.20''$ N

Longitud $\lambda = 99^\circ 14' 50.57''$ W

Altitud = 2280 m SNMM (Sobre el Nivel Medio del Mar)

Con calculadora de estimación de la declinación magnética: se accede al link <http://www.gabrielortiz.com/index.asp> y se busca la opción de calculadora de la declinación. Se introducen los datos requeridos y se ejecuta "Calcular Declinación".

CALCULADORA DE ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA
Implementación del modelo IGRF-10 de la IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy)

* **Latitud:** (WGS84)
 Grados: 19 Minutos: 28 Segundos: 59.2 Norte Sur

* **Longitud:** (WGS84)
 Grados: 99 Minutos: 14 Segundos: 50.57 Oeste Este

* **Fecha:**
 Día: 30 Mes: Abril Año: 2009 (el año tiene que estar entre 1900 y 2010)

Videos revelan cómo un
 Arquitecto aprendió AutoCAD en 1 fin de semana gracias a...
www.arq.com.mx/como_dominar_autocad

Venta de Computadoras
 Intel® Core™ 2 Duo - Crédito 12 Meses. Pagos Online & Envíos a \$59.
MIPCCom.com

Anuncios Google

Calcular Declinación

El valor estimado para la declinación magnética en la posición latitud $19^\circ 28' 59.2''$ Norte, longitud $99^\circ 14' 50.57''$ Oeste y para la fecha 30-4-2009 es:
 $5^\circ 40'$ Este
 con una tasa estimada de variación anual de $0^\circ 6'$ hacia el Oeste.

El cálculo con *calculadora de estimación de la declinación magnética*, arroja una declinación magnética de **$5^\circ 40'$ Este**, con una variación anual de $0^\circ 6'$ al oeste.

Cálculo del campo magnético de la tierra:

Cálculo del campo magnético de la Tierra

Nombre y correo electrónico (estos datos son opcionales):

Tipo de coordenadas: Geodéticas Geocéntricas.

Fecha: en años decimales (mayor que 2000.0 y menor que 2010.0).

Altura: en kilómetros (Distancia radial si se usan coordenadas geocéntricas)

Nombre del lugar (opcional):

Coordenadas del lugar: En grados y minutos En grados decimales

LATITUD (grados negativos si S) grados, minutos (sólo si opción grados y minutos)

LONGITUD (grados negativos si W) grados, minutos (sólo si opción grados y minutos)

Elige qué datos del campo magnético terrestre deseas:

Intensidad total (F) Declinación (D) Inclinação (I) Intensidad Horizontal (H)

Componente Norte (X) Componente Este (Y) Componente Vertical (Z)

Variación anual

¿Incluir mapa del lugar? NO SI

World Magnetic Model 2005 Results

Unable to generate map.

Field Model Results

Location	Latitude	Longitude	Altitude	Date
Acatlán, Méx.	19 degs 29 mins	-99 degs 15 mins	2.28 km	2009.33

Component	Field Value	Secular Variation
Declination	5.704 degrees	-6.3 arcmin/year
Inclination	47.336 degrees	-1.2 arcmin/year
Horizontal Intensity	27917 nT	-47.2 nT/year
North Component	27778 nT	-41.9 nT/year
East Component	2774 nT	-55.6 nT/year
Vertical Intensity	30291 nT	-72.1 nT/year
Total Intensity	41193 nT	-85.0 nT/year

El cálculo con *el campo magnético de la tierra*, arroja una declinación magnética de 5.704° (**$5^\circ 42'$**) Este, con una variación anual de $- 0^\circ 6.3'$

Comparación de resultados:

TABLA COMPARATIVA		
Método	Declinación	Variación por año
Extrapolación de Carta Topográfica	$5^\circ 59'$ Este	- $4'$
Software <i>calculadora de estimación</i>	$5^\circ 40'$ Este	- $6'$
Software <i>campo magnético</i>	$5^\circ 42'$ Este	- $6.3'$

Conclusiones:

La declinación magnética, es sumamente variable. Hay cuatro variaciones: seculares, anuales, diurnas y perturbaciones.

Estas variaciones no son iguales en todos los puntos de la Tierra. La variación secular de la declinación magnética es un ciclo de 960 años equivalente a la rotación del Polo magnético terrestre en torno al Polo Norte geográfico durante el cual se observa una variación uniforme de la declinación magnética. Las variaciones anuales consisten en que la aguja se orienta cada vez más hacia el este, desde la primavera al verano, retrocediendo después. . Estas variaciones son como mucho del orden de $3'$. Las diurnas están constituidas por un giro de la aguja en sentido anti-reloj durante la mañana y hasta las 2 de la tarde, que cambia, para quedar estacionaria a las 10 de la noche. En verano tiene más amplitud que en invierno: oscila entre 13 a $15'$ en la primera estación y de 8 a $10'$ en la segunda.

En cuanto se refiere a las accidentales o perturbaciones, como tempestades magnéticas, auroras boreales, etc., la declinación recobra su valor una vez pasado el fenómeno.

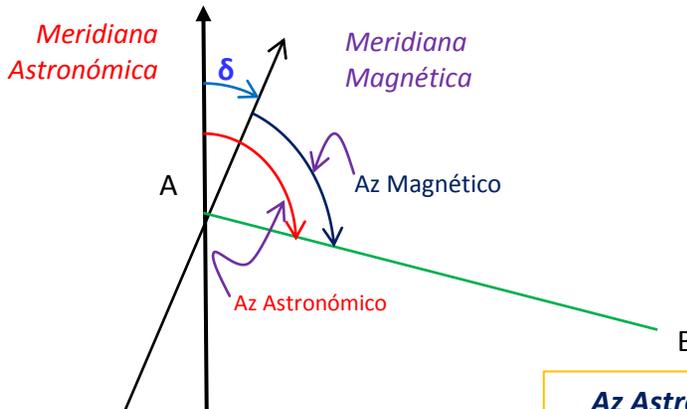
Cálculo: Como se puede observar en la tabla comparativa los valores más coincidentes son los obtenidos por cálculo con software; por lo que se sugiere que de contar con internet, sea este el medio de cálculo, reportando la media de los resultados obtenidos.

Declinación Magnética para la FES Acatlán en abril de 2009: $5^\circ 41'$ Este

Para el día **1° de julio del año 2010** (mitad del año) la declinación magnética en la FES Acatlán será de **$5^\circ 34'$ Este**, con una variación anual de $0^\circ 7'$ hacia el Oeste.

4.5 Conversión de azimuts magnéticos en azimuts astronómicos

Cuando se conocen el azimut magnético de una línea y la declinación magnética, se puede obtener el azimut astronómico aproximado de la línea mediante la siguiente relación:



Az Astronómico aproximado = Az Magnético + Declinación

EJEMPLO: determina el azimut astronómico aproximado de la línea A - B, con los siguientes datos:

Az magnético A – B= 93° 28'

Declinación δ = +5° 41'

SOLUCIÓN:

Az magnético A B= 93° 28'
 $\delta = +5^{\circ} 41'$
 Az astronómico A B = 99° 09'

Realiza las siguientes transformaciones

Considera δ= 5° 41' 00" Este

RUMBOS MAGNÉTICOS DIRECTOS	AZIMUTS MAGNÉTICOS DIRECTOS	AZIMUTS ASTRONÓMICOS DIRECTOS	RUMBOS ASTRONÓMICOS DIRECTOS
N 59° 26' 20" W	$360^{\circ} - 59^{\circ} 26' 20'' = 300^{\circ} 33' 40''$	$300^{\circ} 33' 40'' + 5^{\circ} 41' = 306^{\circ} 14' 40''$	$360^{\circ} - 306^{\circ} 14' 40'' = N 53^{\circ} 45' 20'' W$
N 72° 24' 25" E	1er Cuadrante igual valor 72° 24' 25"	$72^{\circ} 24' 25'' + 5^{\circ} 41' = 78^{\circ} 05' 25''$	1er Cuadrante igual valor N 78° 05' 25" E
S 27° 10' 30" W	$180^{\circ} + 27^{\circ} 10' 30'' = 207^{\circ} 10' 30''$	$207^{\circ} 10' 30'' + 5^{\circ} 41' = 212^{\circ} 51' 30''$	$212^{\circ} 51' 30'' - 180^{\circ} = S 32^{\circ} 51' 30'' W$
S 8° 25' 29" E	$180^{\circ} - 8^{\circ} 25' 29'' = 171^{\circ} 34' 31''$	$171^{\circ} 34' 31'' + 5^{\circ} 41' = 177^{\circ} 15' 31''$	$180^{\circ} - 177^{\circ} 15' 31'' = 2^{\circ} 44' 29''$
S 80° 30' 30" W	$180^{\circ} + 80^{\circ} 30' 30'' = 260^{\circ} 30' 30''$	$260^{\circ} 30' 30'' + 5^{\circ} 41' = 266^{\circ} 11' 30''$	$266^{\circ} 11' 30'' - 180^{\circ} = 86^{\circ} 11' 30''$

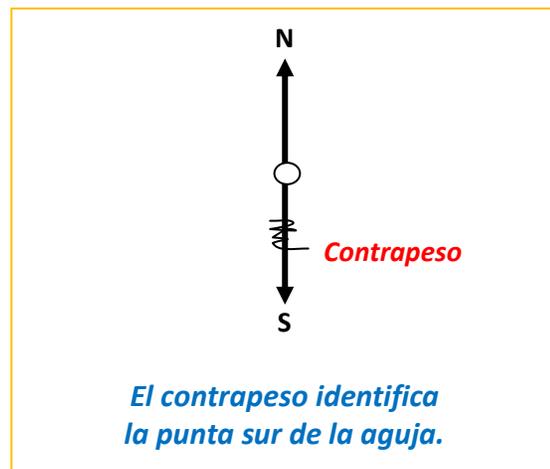
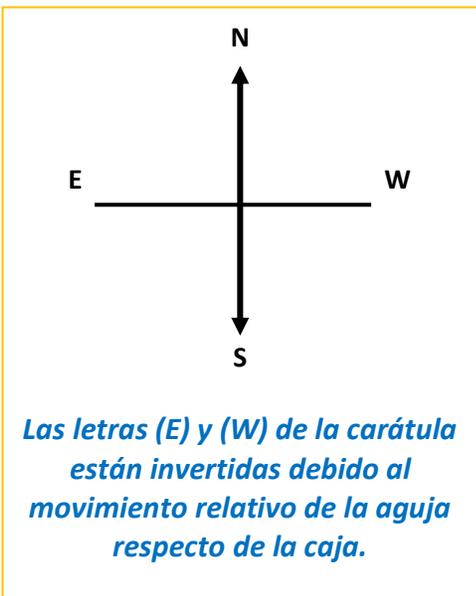
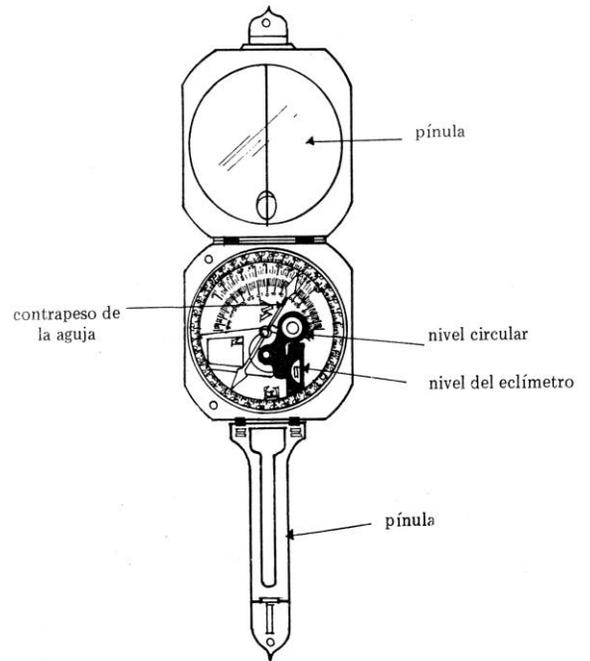
4.6 La Brújula Tipo Brounton



La Brújula tipo Brounton es un instrumento de mano utilizado en topografía para obtener de manera aproximada la orientación magnética de líneas o lados del terreno; es empleada en levantamientos secundarios, reconocimientos y estudios preliminares, para tomar radiaciones en trabajos de configuración, para polígonos apoyados en otros más precisos, etc.. No debe usarse la brújula en zonas donde quede sujeta a atracciones locales (zonas cercanas a estructuras metálicas, líneas de transmisión eléctrica, etc.).

Partes de la brújula

Las pínulas sirven para dirigir la visual, a la cual se va a medir el rumbo; Con el espejo se observa el punto visado al tiempo que se hace la coincidencia de las pínulas, esto mientras se conserva nivelado el nivel circular de la brújula.



Para leer el rumbo directo de una línea se dirige el norte de la caja al otro extremo de la línea, y se lee el rumbo con la punta norte de la aguja.

El nivel de tubo que se mueve con una manivela exterior, en combinación con el vernier que se tiene en el fondo de la caja, sirve para medir ángulos verticales y pendientes.

4.7 Métodos de Levantamiento con Brújula y Cinta.

Se emplean los siguientes:

1. Itinerario
2. Radiaciones
3. Intersecciones
4. Coordenadas rectangulares.

El de Itinerario es el método principal y se usa para el levantamiento del perímetro de la poligonal y los tres restantes, son auxiliares del método principal y se emplean en el levantamiento de detalles.

Método de itinerario. Consiste en recorrer el perímetro de la poligonal, midiendo los rumbos o azimuts de los lados y las longitudes de estos.

El levantamiento comprende dos clases de trabajos: de campo y de gabinete.

A. Trabajos de campo.

1. Reconocimiento del terreno
2. Materialización de los vértices de la poligonal
3. Dibujo del croquis (en la libreta de campo)
4. Levantamiento del perímetro, tomando los rumbos (o azimuts) y las longitudes de los lados de la poligonal.
5. Levantamiento de detalles referidos a la poligonal.

Los datos recogidos en el levantamiento se anotan en forma clara y ordenada en el registro de campo como se indica en el ejemplo siguiente:

LEVANTAMIENTO CON BRUJULA DE 1° POR EL MÉTODO DE ITINERARIO EN TERRENO ACCIDENTADO					LUGAR: ACATLAN, MÉX. FECHA: 27 -FEB- 08 LEVANTO: JUAN ORTEGA	
LADO		DISTANCIA		RUMBO		CROQUIS
EST	PV	IDA	REGRESO	DIRECTOS	INVERSOS	
0	1	36,990	37,010	N45°00'E	S45°30'W	
PROM		37,000		N 45°15' E		
1	2	40,500	40,500	N37°00'W	S37°00'E	
PROM		40,500		N 37°00' W		
2	3	36,495	36,505	S70°30'W	N70°00'E	
PROM		36,500		S 70°15' W		
3	4	37,460	37,440	S 2°00'E	N 2°00'W	
PROM		37,450		S 2°00' E		
4	0	32,130	32,130	S75°00'E	N74°00'W	
PROM		32,130		S 74°30' E		

El error lineal (EL) se obtiene al realizar el dibujo, cuando se llega al vértice de partida y no hay coincidencia con la posición de llegada, este error no debe ser mayor que la tolerancia lineal (TL).

Tolerancia Lineal (TL). Se determina por medio de las formulas:

TERRENO	TOLERANCIA LINEAL
Plano	$TL = L / 1000$
Accidentado	$TL = L / 500$

TL = Tolerancia Lineal en metros
L = Perímetro de la poligonal en metros

B. Trabajos de Gabinete.

1. Se calculan los ángulos interiores de la poligonal a partir de los rumbos o azimuts de los lados,
2. Se elige la escala,
3. Se dibuja el plano
4. Si el error lineal es menor o igual que la tolerancia lineal, se ejecuta la compensación de la poligonal, pero si el $EL > TL$ entonces el levantamiento debe repetirse.
La compensación de la poligonal se puede realizar por métodos gráficos, analíticos (planilla de cálculo) o por medio de software (CivilCAD dibujando el polígono por rumbo y distancia, y aplicando la opción corregir polígono).

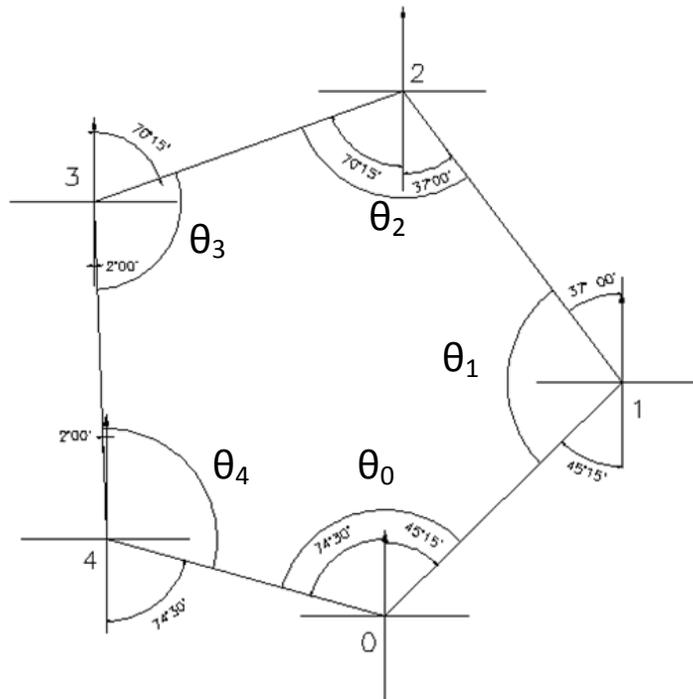
Ejercicio:

Con los datos del registro de campo calcular:

- Los ángulos interiores del polígono a partir de los rumbos observados,
- La tolerancia lineal (terreno accidentado),
- La precisión, supóngase un error lineal de 0.30 m,
- Indicar si se acepta o rechaza el levantamiento.

Solución

a) cálculo de los ángulos interiores. Para tal efecto nos apoyamos en el siguiente croquis:



Ángulos θ	Operaciones	Ángulos calculados
0	$74^{\circ} 30' + 45^{\circ} 15' =$	$119^{\circ} 45'$
1	$180^{\circ} - 45^{\circ} 15' - 37^{\circ} 00' =$	$97^{\circ} 45'$
2	$37^{\circ} 00' + 70^{\circ} 15' =$	$107^{\circ} 15'$
3	$180^{\circ} - 70^{\circ} 15' - 2^{\circ} =$	$107^{\circ} 45'$
4	$180^{\circ} + 2^{\circ} 00' - 74^{\circ} 30' =$	$107^{\circ} 30'$

$\Sigma \text{ Ang} = 540^{\circ} 00'$

b) Tolerancia lineal (TL)

Formula $TL = L / 500$, Terreno accidentado

Perímetro $L = 183.58$; sustituyendo:

$TL = 183.58 / 500$; $TL = 0.367$ m

c) *Precisión o error relativo (P)* , es la razón del error lineal (EL) entre el perímetro (L) : $P = EL / L$; Se acostumbra representar la precisión en función de la unidad de error, dividiendo numerador y denominador por EL, se tiene:

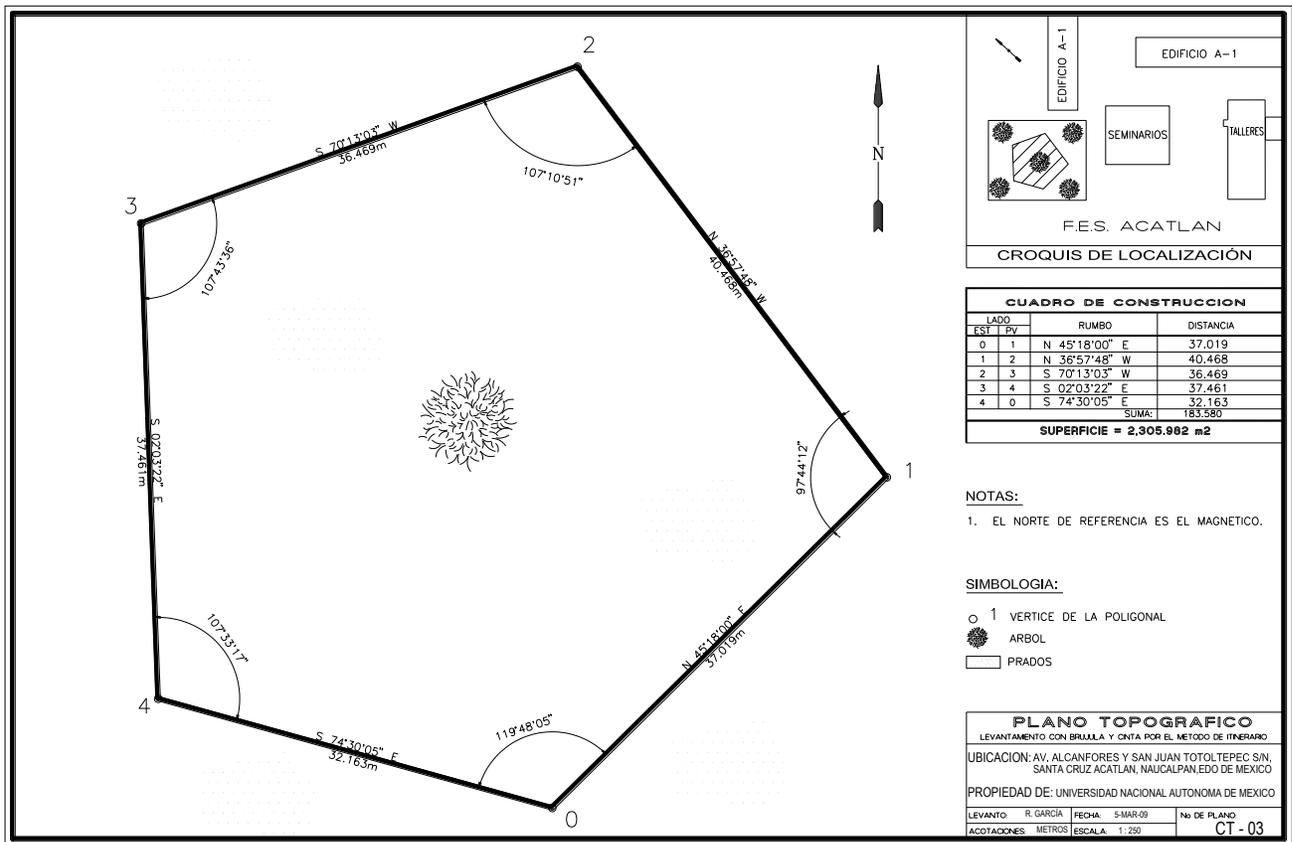
$$P = \frac{1}{\frac{L}{EL}}$$

EL = 0.30 m (dato)

Sustituyendo: $P = 1 / (183.58 / 0.30)$; $P = 1 / 611.9$

d) Como $EL < TL$; *El levantamiento se acepta.*

Dibujo: Ver proceso de dibujo de este plano en *Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total*

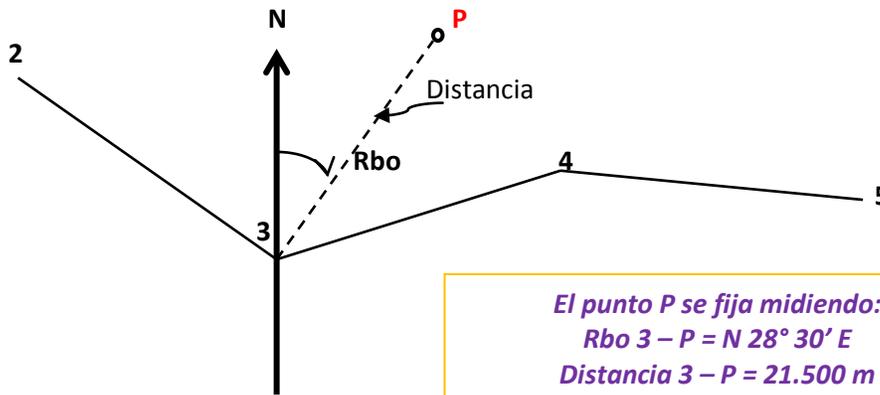


Nota: las diferencias entre los valores observados y/o calculados, respecto de las magnitudes indicadas en el plano es por el ajuste o corrección del polígono.

Métodos auxiliares empleados para el levantamiento de detalles con brújula y cinta

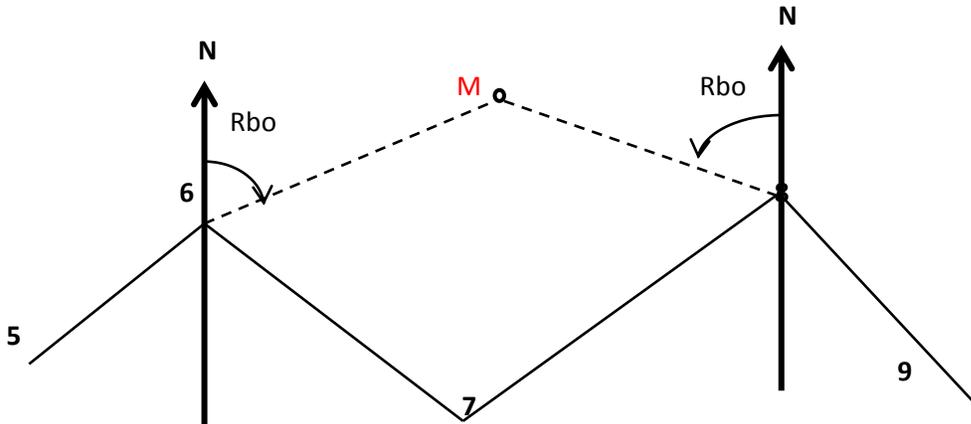
a) Radiaciones

Consiste en localizar un punto dado (P) del terreno, por medición del rumbo y su distancia al vértice de estación.



b) Intersecciones

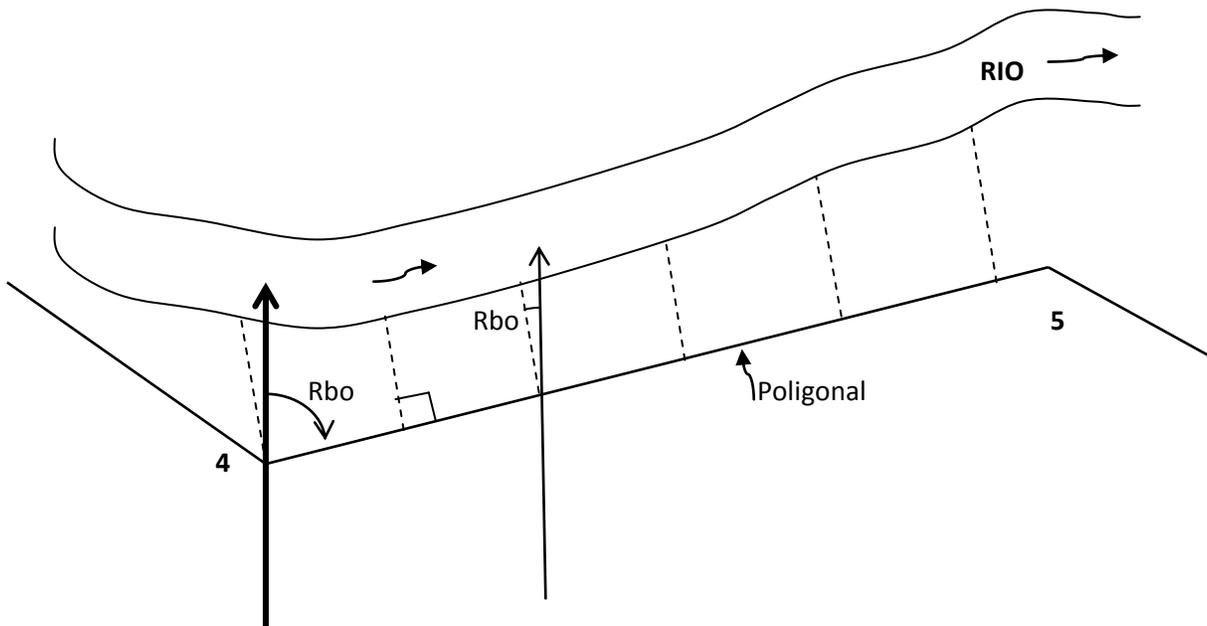
Cuando haya detalles inaccesibles o lejanos, estos se localizan por intersección de rumbos observados desde dos o más vértices del polígono de base.



*El punto M queda localizado por intersecciones, midiendo:
 Rbo 6 – M = N 55° 30' E
 Rbo 8 – M = N 62° 00' W*

c) Coordenadas Rectangulares

Este método se emplea en los casos en que sea necesario fijar la dirección de un río, vía férrea, canal, camino, etc. Para ello se toma como eje de las "x" un lado de la poligonal de apoyo y como ordenadas se toman las perpendiculares que se vayan levantando hacia el accidente que se desea levantar.



Conocido el rumbo del lado 4 – 5 de la poligonal, usado como eje de las "X", puede obtenerse el rumbo de las perpendiculares a este lado.

Si $R_{bo\ 4-5} = N\ 75^{\circ}\ 00'\ E$

El rumbo de las normales indicadas en línea segmentada es $N\ 15^{\circ}\ 00'\ W$

Con cinta se miden las distancias de las normales, las cuales se deben localizar previamente a distancias equidistantes (cada 5, 10, 15 o 20 m), o cada cambio de dirección del elemento a localizar.

5. LEVANTAMIENTOS CON TEODOLITO

5.1 El Transito y el Teodolito Topográficos

El transito es un instrumento de origen norteamericano, con la característica de que su anteojo puede dar una vuelta completa alrededor de su eje de alturas (vuelta de campana).

El teodolito es de origen europeo, se le identifica como un instrumento óptico más preciso. En la actualidad por la fusión de sus características podemos considerar que transito y teodolito constituyen esencialmente el mismo aparato.

El transito o teodolito es un goniómetro, es decir un aparato que sirve para medir ángulos; Es el aparato universal de la topografía debido a la gran variedad de usos que se le dan; puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales y verticales, medir distancias, determinar diferencias de elevación, medir direcciones y trazar y prolongar alineamientos. Todo esto ya sea para propósitos de diseño, construcción, aspectos legales ó explotación de recursos naturales.



Transito de limbo visible



Teodolito óptico

Los teodolitos modernos han incorporado a su característica Óptica, la de transitar alrededor de su eje de alturas (Vuelta de campana).

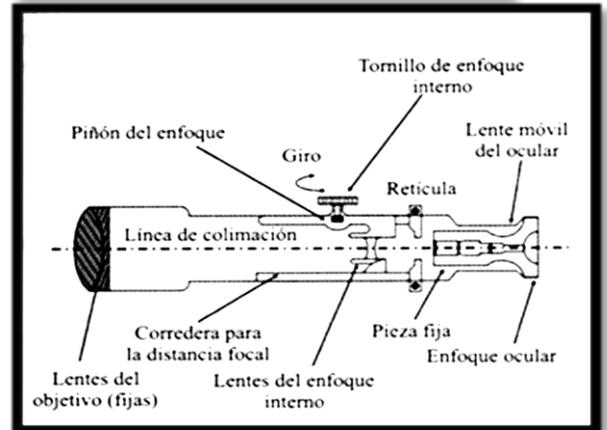


El Teodolito consta de las partes principales siguientes:

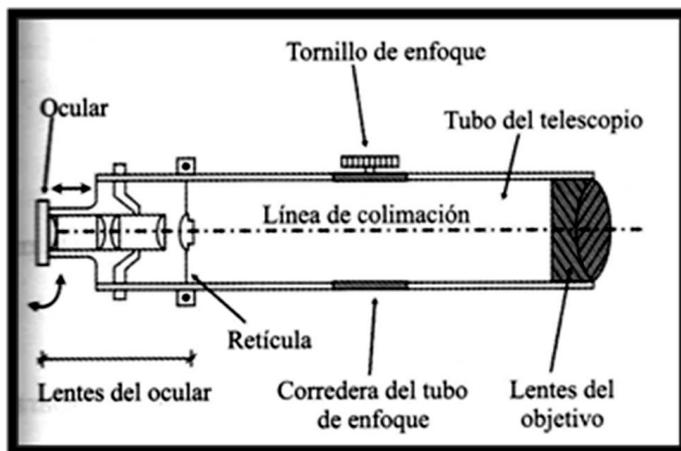
Tripie. Sirve de soporte al instrumento se fabrican de aluminio o madera con herrajes metálicos, son de patas extensibles.



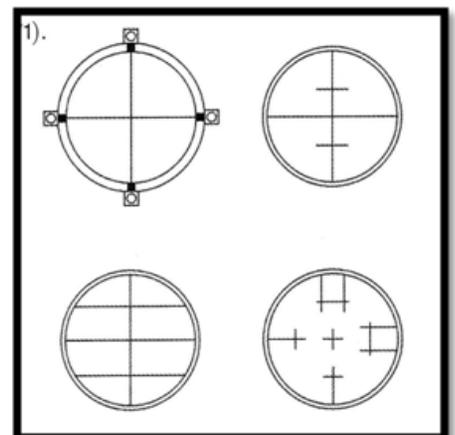
El telescopio, provisto de una lente objetivo, una lente ocular y la línea de colimación que es una recta que coincide con el eje óptico de las lentes y cruza la intersección de los hilos horizontal y vertical de la retícula, que es una cruz grabada en cristal. Para ver perfectamente definidos tanto los hilos de la retícula como el punto deseado, es necesario realizar el enfoque, tanto del ocular como del objetivo. Existen telescopios de enfoque interno, de hecho toda la línea moderna de aparatos y también los hay de enfoque externo.



Telescopio de enfoque interno



Telescopio de enfoque externo



Tipos de Reticula

Adherido al anteojo se encuentra el círculo vertical con su vernier. Tanto el anteojo como el círculo vertical se mueven o giran sobre su eje de alturas y para fijarlos, el aparato tiene un tornillo que se denomina tornillo de presión del movimiento vertical; una vez asegurado este movimiento se puede hacer que el anteojo tenga movimientos muy pequeños por medio del tornillo tangencial del movimiento vertical.

El anteojo con su nivel va montado sobre dos soportes que se apoyan sobre la caja en donde se encuentra el círculo horizontal, este círculo está graduado de 0° a 360° y se encuentra en el interior de la caja, sobre ella está el nivel tubular que sirve para nivelar el instrumento.

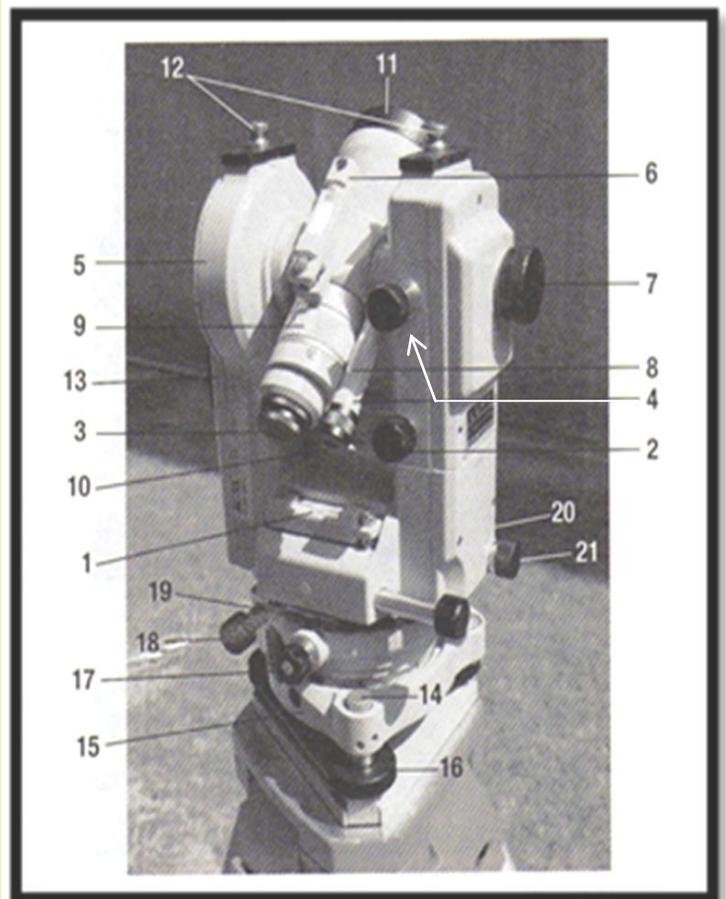
El movimiento superior o particular del aparato, es el empleado para medir ángulos horizontales, se acciona por medio de dos tornillos denominados: tornillo de presión del movimiento particular y tornillo tangencial del movimiento particular.

El movimiento inferior o general, es decir el usado para mover el anteojo sin mover las graduaciones del círculo horizontal, se acciona por medio de dos tornillos que se denominan: tornillo de presión del movimiento general y tornillo tangencial del movimiento general.

Todas las partes descritas se encuentran montadas sobre un vástago o eje vertical que se halla unido a una cruceta que lleva los tornillos niveladores, que sirven para nivelar el aparato y están situados sobre una base que se atornilla al tripie.

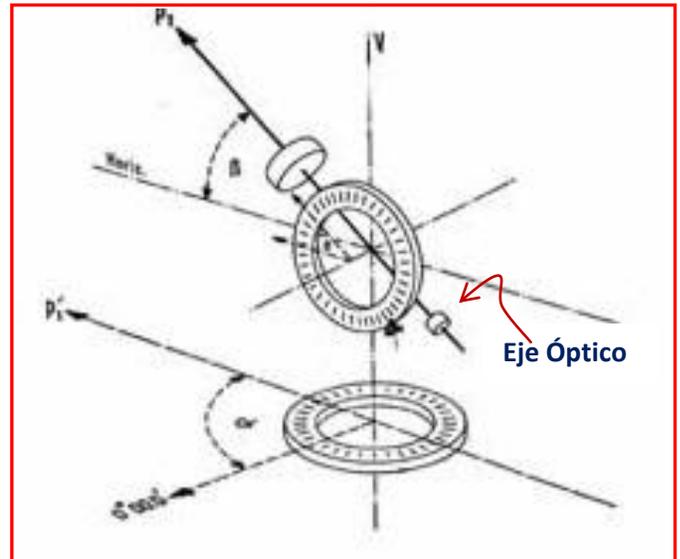
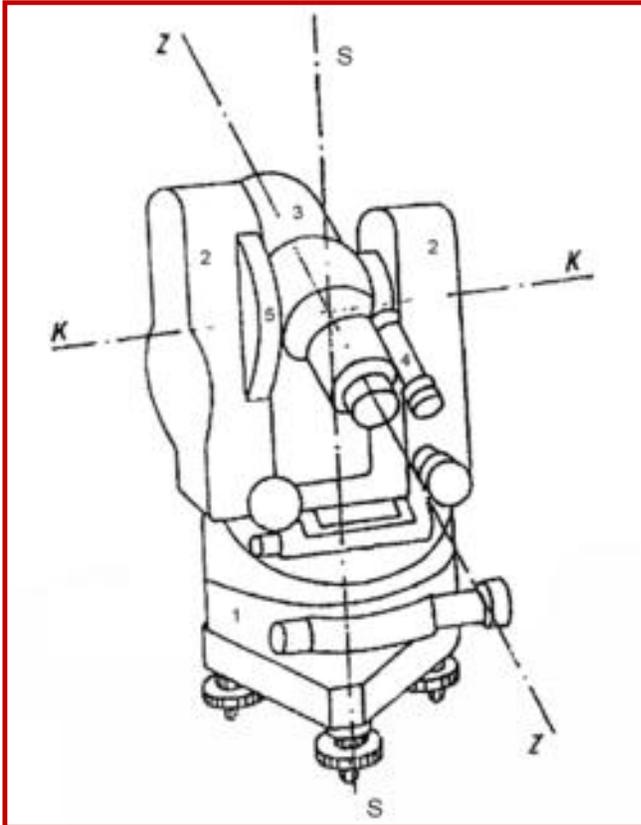
Partes constitutivas de un teodolito óptico:

- 1.- nivel tubular del círculo horizontal
- 2.- tornillo tangencial del movimiento vertical
- 3.- lentes del ocular y enfoque de la retícula
- 4.- tornillo de fijación del movimiento vertical
- 5.- círculo vertical (cubierto)
- 6.- nivel de telescopio
- 7.- tornillo del micrómetro
- 8.- tubo micrométrico
- 9.- enfoque del objetivo
- 10.- ocular y enfoque del micrómetro
- 11.- lentes del objetivo
- 12.- soporte para acoplar un distanciómetro
- 13.- entrada de luz y espejo reflector
- 14.- nivel circular de la base
- 15.- base niveladora
- 16.- tornillos niveladores
- 17.- tornillo de fijación del movimiento general
- 18.- tornillo tangencial del movimiento general
- 19.- círculo horizontal
- 20.- plomada óptica
- 21.- tornillos de fijación y tangencial del movimiento particular



Teodolito Sokkia

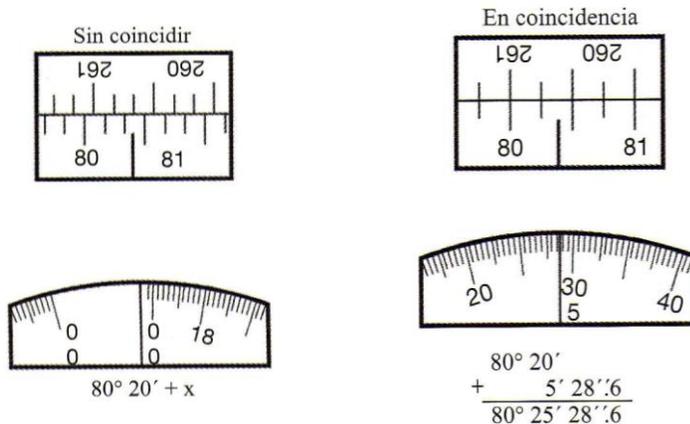
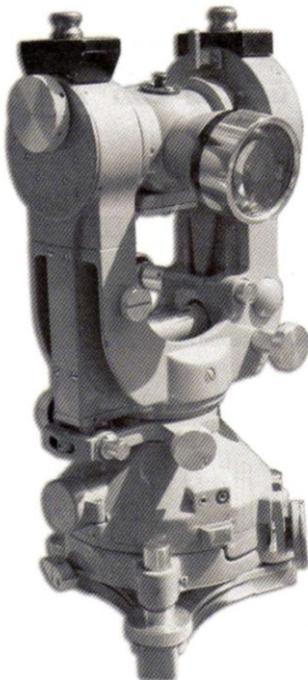
Ejes Principales del Teodolito:



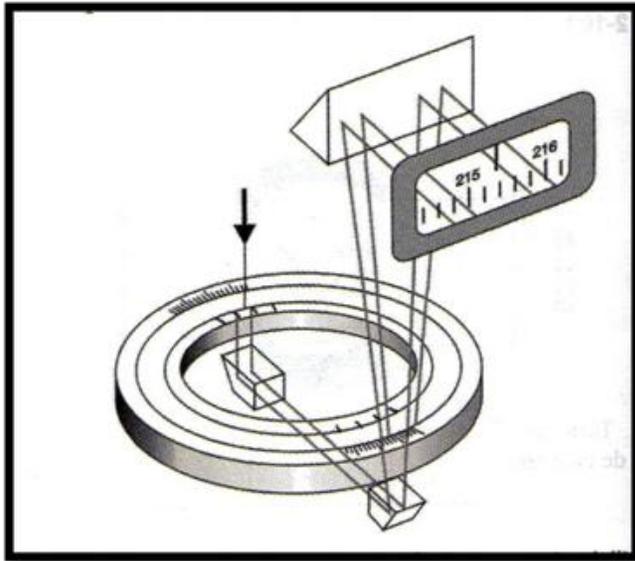
- Ejes Principales:
- Eje Azimutal **S – S**
 - Eje de Alturas **K – K**
 - Eje Óptico **Z - Z** (Línea de Colimación)

De acuerdo a su constitución, los instrumentos pueden ofrecernos para las lecturas angulares diversas precisiones en las lecturas, dependiendo de la marca y modelo. En la actualidad las mediciones angulares en los distintos tipos de tránsito y teodolitos pueden ir desde un minuto, hasta un segundo de lectura directa en los teodolitos ópticos y electrónicos.

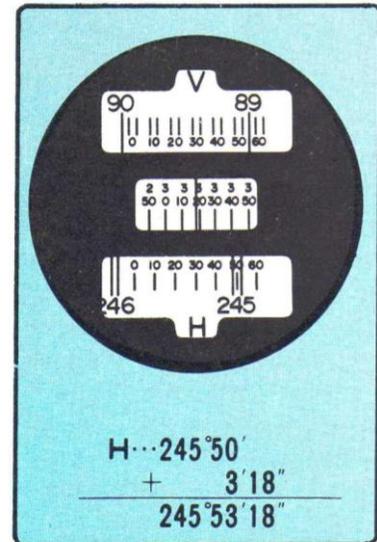
Teodolito Leica



Los micrómetros permiten elevar la aproximación en la lectura, antes de anotar cualquier lectura angular es necesario hacer la coincidencia con el tornillo del micrómetro del índice hasta la marca precisa del círculo horizontal o vertical.



Lectura angular en un teodolito con dispositivos ópticos.



Ejemplo de lectura del círculo horizontal en un teodolito Rossbach TH2-10

Teodolitos electrónicos y estaciones totales.- el desarrollo tecnológico en la electrónica, la medición de distancias, y la aplicación de software han revolucionado al tránsito o teodolito y lo reafirman como el instrumento universal de la topografía.



Teodolito con Distanciómetro acoplado



Estación Total

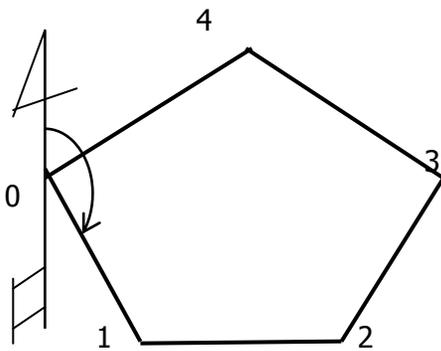
Centrar, nivelar y orientar el tránsito.

Centrar el tránsito: Es hacer coincidir la plomada del aparato con la vertical que pasa por el punto marcado que señala el vértice del polígono.

Nivelar el tránsito: Es colocar el círculo horizontal en un plano realmente horizontal, esto se logra centrando la burbuja del nivel tubular por medio de los tornillos niveladores.

Orientar el tránsito: Es colocarlo de manera que cuando estén en coincidencia los ceros del círculo horizontal y su vernier, el eje del anteojo este en el plano del meridiano y apuntando al norte. La orientación magnética. Tiene por objeto conocer el azimut magnético de un lado de la poligonal, generalmente del lado inicial.

Supongamos que se desea orientar el lado 0-1 de la poligonal que se muestra en la siguiente figura.



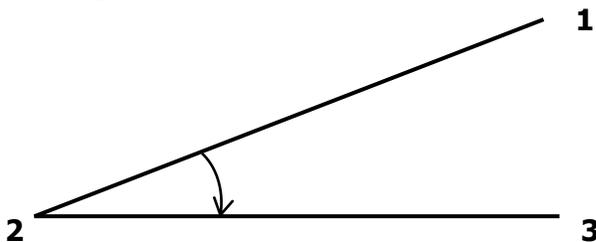
Para tal efecto se procede de la siguiente manera:

1. Se centra y se nivela el instrumento en la estación 0, se ponen en coincidencia los ceros del círculo horizontal y el vernier y se fija el movimiento particular.
2. Se deja en libertad la aguja del declinatorio magnético y con el movimiento general se hace coincidir la punta norte de la aguja con la meridiana magnética, fijando posteriormente el movimiento general.
3. Por medio del movimiento particular se dirige el anteojo a visar la señal colocada en el vértice 1 y se toma la lectura del azimut del lado 0-1.

Medida de ángulos

La medida de ángulos puede ser: simple, por repeticiones, o por reiteraciones.

Medida simple. Supongamos que desde el vértice 2 de la figura siguiente, se mide el ángulo 1-2-3. El procedimiento es el siguiente:



Centrado y nivelado el instrumento en la estación 2, póngase en coincidencia el cero del círculo horizontal con el cero del vernier y fíjese el movimiento particular.

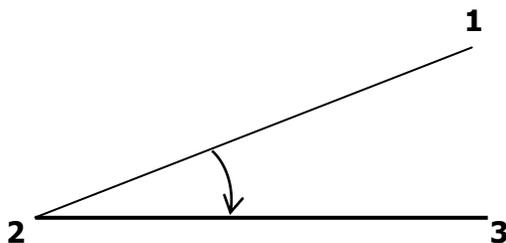
Valiéndose del movimiento general, vízese el punto 1, haciendo coincidir el centro de la retícula con el punto 1, y fíjese el movimiento general.

Aflójese el tornillo de presión del movimiento particular y diríjase el anteojo al punto 3, haciendo coincidir dicho punto con el centro de la retícula.

Hágase la lectura del ángulo en el ocular del vernier.

Medida de ángulos por repeticiones

Tiene por objeto obtener el valor de un ángulo lo más aproximado posible a su valor verdadero, que no puede dar directamente el instrumento debido a su aproximación angular. Este método consiste en medir el ángulo varias veces pero acumulando las lecturas, de esta manera las pequeñas fracciones que no se pueden leer con una lectura simple por ser menores que la aproximación del vernier, al acumularse pueden ya dar una fracción que si se puede leer con el vernier.



Valor verdadero del ángulo 2	= 30° 00' 13"
Una lectura (con un aparato de 10")	= 30° 00' 10"
Doble lectura	= 60° 00' 30"
Valor más probable del ángulo 2	= 30° 00' 15"

Para repetir un ángulo como 1-2-3, con el tránsito en 2, se mide el valor sencillo del ángulo como se describió anteriormente. No se mueve la posición del vernier ni del movimiento particular, se da vuelta de campana (se invierte el anteojo 180°) y con el movimiento general se vuelve a visar el punto 1.

En seguida, con el movimiento particular se dirige el anteojo al punto 3; y el ángulo ahora se ha duplicado.

De esta manera se continúa el proceso, hasta que el ángulo se ha observado el número de veces requerido.

El valor del ángulo repetido se determina dividiendo la diferencia entre las lecturas inicial y final por el número de veces que se repitió el ángulo. Si la lectura inicial es 0°00' 00", el valor del ángulo se obtendrá dividiendo la última lectura entre el número de repeticiones. Es práctica común que se lean cuando menos un par de ángulos en distinta posición del aparato.

Medida de ángulos por reiteraciones

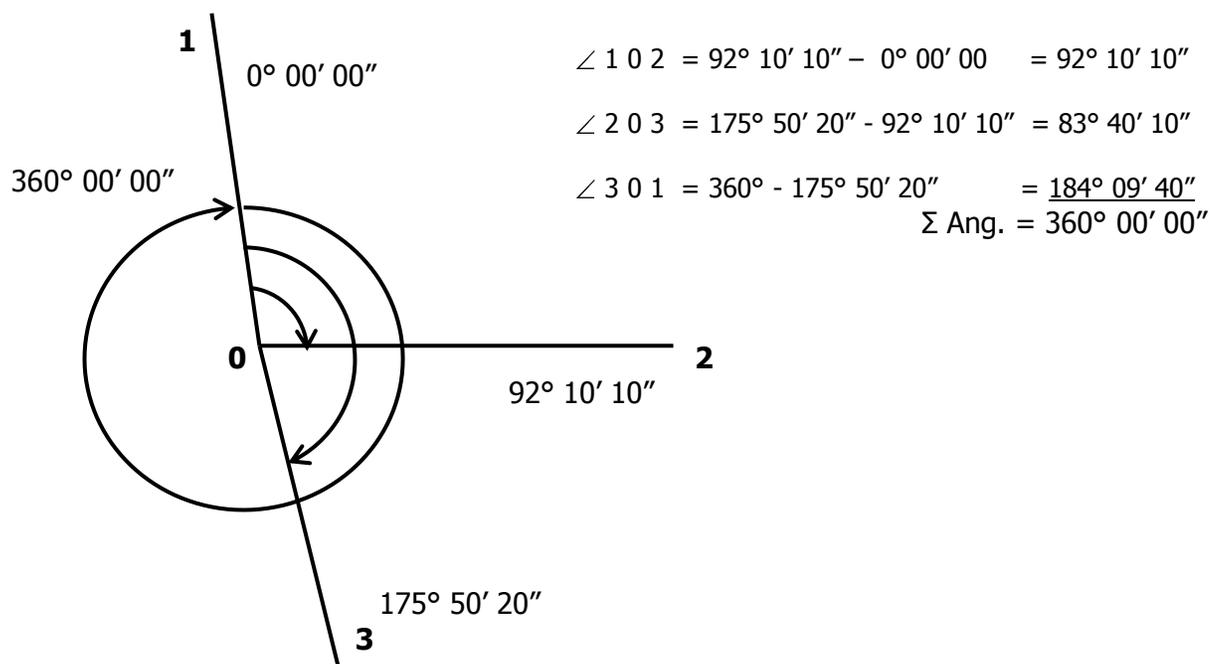
Los ángulos se determinan con este método por diferencias de direcciones. El origen de las direcciones puede ser uno de los lados de referencia o una línea cualquiera.

Si desde la estación 0 se tienen que observar los vértices 1, 2, 3 se dirige primero la visual al extremo de la línea escogida como origen de las direcciones.

Supongamos que la línea 0-1 sea el origen de las direcciones; una vez visado el punto 1, con el círculo horizontal marcando 0° ó la lectura que se desee, se fijara el movimiento general y con el particular se continuara la observación de los puntos 2 y 3, haciendo en cada caso la lectura angular y después se cierra la vuelta de horizonte volviendo a visar el punto inicial.

Los ángulos requeridos se obtienen por diferencias entre los ángulos observados. Es necesario realizar un programa de reiteraciones para las observaciones angulares, de manera que los orígenes para medir tengan una distribución tal que elimine los errores de la graduación del círculo horizontal. De esta forma si se hacen dos lecturas, los orígenes para medir serían 0° y 180° , si fueran 4 reiteraciones serían 0° , 90° , 180° y 270° . Cada lectura se alterna con una posición de aparato (posición directa o inversa).

Este método de observación se emplea cuando hay que medir varios ángulos alrededor de un punto.

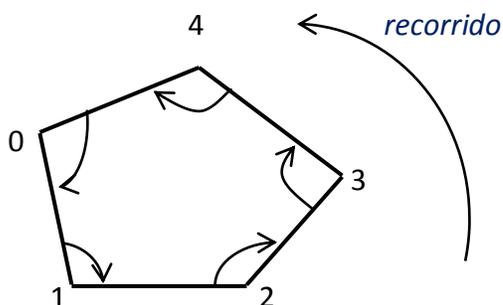


5.2 Métodos de levantamiento con teodolito y cinta

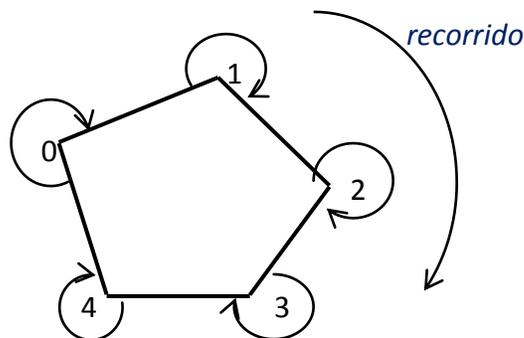
Se emplean los siguientes métodos:

- *Medida directa de ángulos (internos y externos) y*
- *Deflexiones (empleado en el estudio de vías de comunicación).*

Método de medida directa de ángulos. Consiste en medir en todos los vértices del polígono los ángulos que forman los dos lados que concurren en el vértice de observación. Normalmente los teodolitos miden los ángulos hacia la derecha, por esta razón, se toman los ángulos interiores cuando se recorre el perímetro de la poligonal en sentido contrario de las manecillas del reloj y se miden los ángulos exteriores cuando el recorrido se hace en el sentido de dicho movimiento.



Σ **ÁNGULOS INTERIORES** = $180^\circ (n - 2)$
Siendo n = número de vértices



Σ **ÁNGULOS EXTERIORES** = $180^\circ (n + 2)$

5.3 Trabajos de Campo y de Gabinete

Trabajo De Campo.

Comprende las actividades siguientes:

1. **Reconocimiento del Terreno.**- Al iniciar los trabajos de campo se hace el reconocimiento del terreno, para identificar los puntos de interés objeto del levantamiento y la planeación del control topográfico.

2. **Localización de las Poligonales de Apoyo.**- Localizaremos las estaciones o vértices de nuestras poligonales de apoyo, las cuales buscaremos que sean puntos dominantes o libres de obstáculos para poder posteriormente realizar la localización de los detalles requeridos. Dependiendo de la extensión del predio, una poligonal principal y poligonales auxiliares ligadas en sus extremos a la principal, serían lo ideal. Es práctica común que la nomenclatura de nuestra poligonal principal sea en el sentido contrario al de las manecillas del reloj para trabajar con el procedimiento de ángulos internos.

3. **Dibujo del Croquis.**- Este se elabora al inicio de nuestro registro en la libreta de campo para indicar la representación del predio, sus rasgos característicos y el apoyo topográfico establecido, posteriormente se elaboraran croquis por estación como ayuda en el proceso de dibujo.

4. **Orientación de un Lado del Polígono de Apoyo.**- Cuando a nosotros corresponda la implantación de un nuevo sistema de coordenadas, sea convencional o de aplicación regional, deberemos referirlo a la meridiana astronómica o en su caso a la magnética.

5. **Medición de Ángulos y Distancias.**- Se utiliza el procedimiento de medida directa de ángulos y distancias, con un mínimo de dos observaciones de ángulo y distancia; Los ángulos se pueden medir utilizando el procedimiento de repeticiones o por reiteraciones, mientras que las distancias pueden ser obtenidas de acuerdo a la precisión requerida por medio de medición directa con cinta, o por métodos taquimétricos (indirectos).

6. **Condición Geométrica.**- Antes de retirarse del campo, se verifica el cierre angular, comparando la suma de los ángulos obtenidos con la condición geométrica:

$$C_g = 180^\circ (n-2) \text{ Si se observaron los ángulos internos}$$

$$C_g = 180^\circ (n+2) \text{ Si se observaron los ángulos externos}$$

La discrepancia que exista entre la condición geométrica y la suma de ángulos representa el error de cierre angular, el cual deberá ser menor o igual que la tolerancia angular definida por la expresión:

$$T_a = \pm a \sqrt{n}$$

Donde:

T_a = tolerancia angular en segundos

a = aproximación del aparato empleado (10" para el TH2-10)

n = número de vértices

Si el error angular es menor o igual a la tolerancia, el trabajo de campo se considera correcto, en caso contrario se tendrá que verificar el trabajo, por lo regular esta verificación se traduce en encontrar el vértice donde se cometió algún error accidental.

Trabajo De Gabinete En Los Levantamientos Con Transito Y Cinta

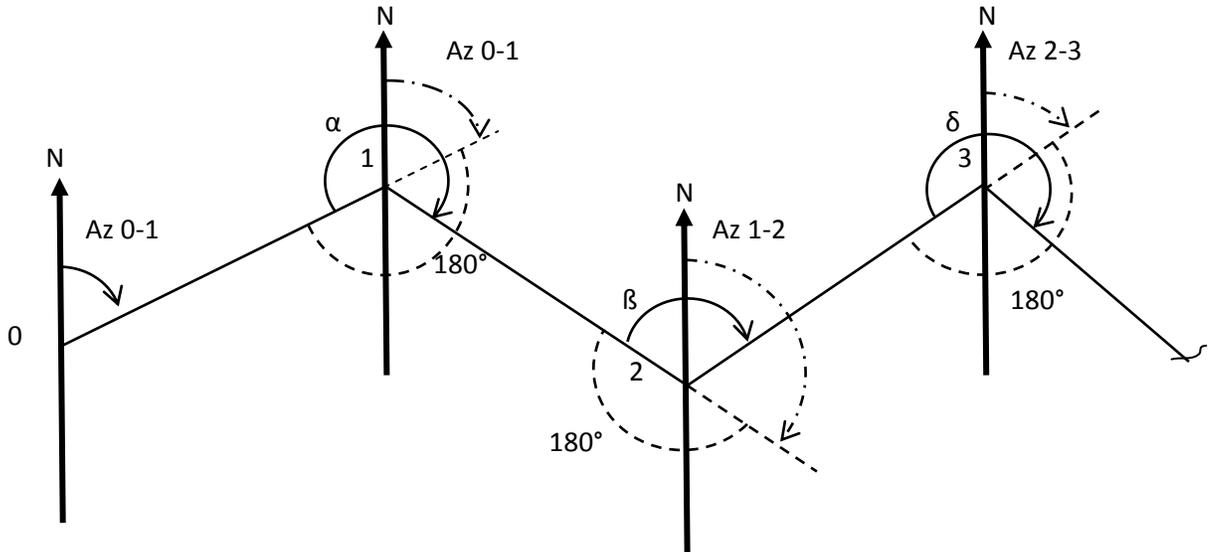
El trabajo de gabinete comprende el cálculo y dibujo; la solución de una poligonal consiste en el cálculo de las coordenadas rectangulares de cada uno de los vértices o estaciones. En poligonales cerradas y en poligonales abiertas de enlace con control, se procede a ordenar los datos tomados en campo en una hoja que se denomina "planilla de cálculo".

Para fines didácticos se procederá al cálculo manual de la planilla, posteriormente se realizara el cálculo por medio de una hoja de Excel.

PLANILLA DE CALCULO																										
Lugar: _____										Llevante: _____																
Fecha: _____										Cálculo: _____																
Aparato: _____																										
LADO	DISTANCIA	ANGULOS	C	ANGULOS	AZIMUTES	RUMBOS	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS				VERT	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS		Yn - Yn-1	Xn - Xn-1	DOBLES SUPERFICIES		
EST	P.V.	L	OBSERVADOS	COMPLEMENTADOS			+ N	- S	+ E	- W	Y	X	+ N	- S	+ E	- W		Y	X	↘ (+)	↙ (-)			(+)	(-)	

V. Se calculan los azimuts de los lados de la poligonal.

Se tiene la poligonal 0, 1, 2, 3, ..., y el azimut Az 0-1 del primer lado determinado en forma magnética o astronómica; α, β, δ los ángulos horizontales observados en 1,2,3,...



La propagación de azimuts se puede expresar por medio de la siguiente regla:

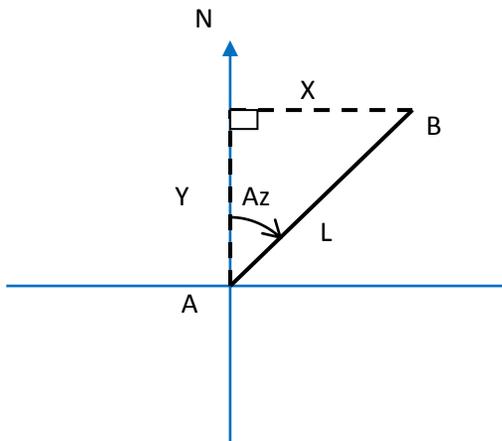
$$\text{Az lado } n = \text{Az inv lado } n-1 + \theta_n$$

“El azimut de un lado n cualquiera, es igual al azimut inverso del lado anterior más el ángulo tomado en la estación origen del lado cuyo azimut se busca”.

VI. Cálculo de las proyecciones de los lados.

El cálculo de las proyecciones de los lados de una poligonal, se realiza a partir de las relaciones entre los sistemas de coordenadas polares y rectangulares.

Las proyecciones de los lados de una poligonal se calculan en función de los azimuts y las distancias de los lados aplicando las ecuaciones que se deducen a continuación para el lado A – B :



De la figura:

- Y = proyección vertical del lado A-B
- X = proyección horizontal del lado A-B
- L = lado del polígono
- $Az.$ = Azimut del lado AB

Por trigonometría, en el triángulo rectángulo ABC, se tiene:

$$Y = L \cos Az$$

$$X = L \sen Az$$

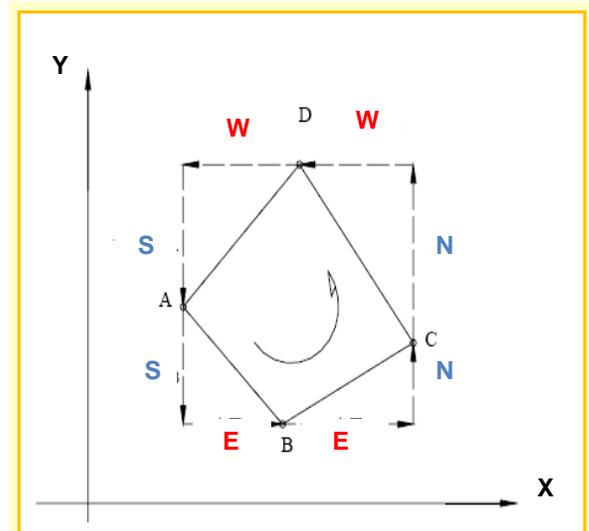
Si la proyección vertical va hacia el norte tiene signo positivo y se designa con la letra N; y si va hacia el sur, su signo es negativo y se designa con la letra S.

La proyección horizontal tiene signo positivo si va hacia el este y negativo si va hacia el oeste, designándose por las letras E ó W, respectivamente.

Las proyecciones verticales se designan de manera general con la letra Y, y las proyecciones horizontales con la X.

En topografía es muy común trabajar en el primer cuadrante, por lo que las coordenadas en este cuadrante también se representan como (N, E)

Nótese que en la poligonal cerrada A,B,C,D la suma algebraica de las proyecciones verticales debe ser cero (suma de proyecciones positivas norte, más suma de proyecciones negativas sur); del mismo modo que la sumatoria de las proyecciones horizontales positivas este y negativas oeste.



VII. Determinación de los errores Ey y Ex.

Una vez calculadas las proyecciones de los lados del polígono, se suman las proyecciones N y S, E y W.

La diferencia entre las sumas de las proyecciones N y S es el error de las "y", se designa por Ey.

La diferencia entre las sumas de las proyecciones E y W es el error de las "x", se designa por Ex.

$$E_y = \sum \text{proy N} - \sum \text{proy S} = \sum Y_N - \sum Y_S$$

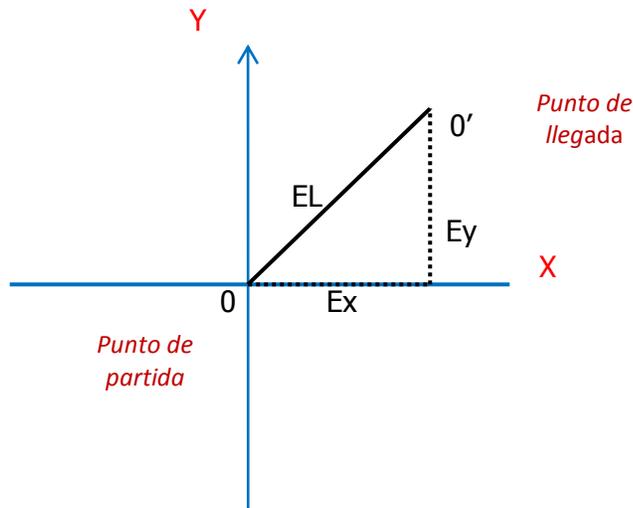
$$E_x = \sum \text{proy E} - \sum \text{proy W} = \sum X_E - \sum X_W$$

$$E_y = \sum Y_N - \sum Y_S$$

$$E_x = \sum X_E - \sum X_W$$

VIII. Calculo del Error De Cierre Lineal EL.

Debido a los inevitables errores instrumentales y operacionales presentes en la medición, la condición lineal mencionada nunca se cumple, obteniéndose de esta manera el error de cierre lineal representado en la siguiente figura donde el punto 0 representa el punto de partida y 0' el punto de llegada; si hacemos coincidir el punto de partida del polígono con el origen del sistema de coordenadas rectangulares, los errores Ex y Ey serian las coordenadas del punto de llegada 0', que por los errores cometidos durante el levantamiento, no coincide con el punto de partida 0.



La distancia 0-0' es el error de cierre lineal y se designa por EL. Este error se calcula aplicando el teorema de Pitágoras.

$$EL = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

IX. Cálculo de la Tolerancia Lineal (TL).

La tolerancia en el cierre lineal de un polígono, se calcula aplicando los criterios siguientes:

TOLERANCIA LINEAL EN LEVANTAMIENTOS CON TRANSITO Y CINTA	
CLASIFICACIÓN	TOLERANCIA
TERCER ORDEN CLASE 1	$TL = \Sigma L / 10,000$
TERCER ORDEN CLASE 2	$TL = \Sigma L / 5000$
ESTADIMÉTRICOS Y EXPEDITIVOS	$TL = \Sigma L / 500$

Donde:

TL = tolerancia lineal en metros,

ΣL = desarrollo de la poligonal en metros.

X. Cálculo de la precisión P.

La precisión del levantamiento se calcula dividiendo el error de cierre lineal EL entre el perímetro del polígono ΣL :

$$P = \frac{EL}{\Sigma L} \quad \text{o bien:}$$

$$P = \frac{1}{\frac{\Sigma L}{EL}}$$

PRECISIÓN EN POLIGONACIÓN CON TRANSITO O TEODOLITO			
CLASIFICACIÓN	PRECISIÓN REQUERIDA	EQUIPO TOPOGRÁFICO	OBSERVACIONES
TERCER ORDEN CLASE 1	1 / 10,000	ESTACIONES TOTALES TEODOLITOS ÓPTICOS Y ELECTRÓNICOS	APOYO TOPOGRÁFICO PARA PROYECTOS DE INGENIERÍA
TERCER ORDEN CLASE 2	1 / 5000	TEODOLITOS ÓPTICOS Y MECÁNICOS	LEVANTAMIENTOS EN ÁREAS DE VALOR MEDIO A BAJO DEL SUELO.
TAQUIMÉTRICOS Y EXPEDITIVOS	1/ 500	TEODOLITO Y ESTADAL	ESTUDIOS PRELIMINARES Y DE CONFIGURACIÓN Y RELLENO.

La clasificación y la precisión corresponden a las "Normas Técnicas Para Levantamientos Geodésicos en los estados Unidos Mexicanos"; Sria. de Programación y Presupuesto, 1º de abril de 1985.

XI. Compensación lineal de la poligonal.

Al presente, se han desarrollado diferentes métodos de compensación: el método de la brújula, el del tránsito, el de los mínimos cuadrados, etc.; basados todos en diferentes hipótesis. Recientemente, la evolución de la tecnología empleada en la fabricación de instrumentos ha igualado la precisión obtenida en la medición de distancias con la precisión obtenida en la medición angular, lo que hace al método de la brújula el método más adecuado para la compensación del error lineal, no sólo por asumir esta condición sino por la sencillez de los cálculos involucrados.

Método de la brújula. Este método, propuesto por Nathaniel Bowditch alrededor de 1800, es el método más utilizado en los trabajos normales de topografía. El método asume que:

- Los ángulos y las distancias son medidos con igual precisión
- El error ocurre en proporción directa a la distancia
- Las proyecciones se corrigen proporcionalmente a la longitud de los lados

Si el error de cierre lineal EL , es menor o igual que la tolerancia lineal TL , se puede hacer la compensación lineal del polígono. Para la compensación se asume que los errores E_y y E_x son proporcionales a la suma los valores absolutos de sus proyecciones. Para el ajuste lineal del polígono, se calculan primero los factores unitarios de corrección K_y y K_x , o sea las correcciones por metro.

$$K_y = E_y / (\sum YN + \sum YS)$$

$$K_x = E_x / (\sum XE + \sum XW)$$

Donde:

$$E_y = \text{error de las "y"} = \sum YN - \sum YS$$

$$E_x = \text{error de las "x"} = \sum XE - \sum XW$$

$$\sum YN + \sum YS = \text{suma aritmética de las "y" (N y S)}$$

$$\sum XE + \sum XW = \text{suma aritmética de las "x" (E y W)}$$

Las correcciones $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, así como $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, se obtienen multiplicando las proyecciones de los lados del polígono por los factores unitarios de corrección correspondientes.

Para la compensación de las ordenadas, la corrección se resta a las proyecciones cuya suma sea mayor y se resta a aquéllas que corresponden a la suma menor, así se igualan ambas sumas, las de las proyecciones N y S, distribuyéndose el error E_y , de igual manera se procede con las abscisas. Como resultado de la compensación lineal del polígono, las sumas de las proyecciones corregidas cumplirán con las condiciones siguientes:

$$\sum YN = \sum YS$$

$$\sum XE = \sum XW$$

XII. Cálculo de las coordenadas de los vértices del polígono.

Una vez compensadas las proyecciones, se procede al cálculo de las coordenadas de los vértices de la poligonal. Las coordenadas de los vértices se calculan sumando algebraicamente las proyecciones de cada lado a las coordenadas de la estación anterior. La utilización de coordenadas permite un cálculo numérico sencillo con la información topográfica y su representación gráfica de manera exacta.

Antes de implantar un sistema de coordenadas se debe verificar si existe alguno en el sitio del levantamiento que deba utilizarse, de ser así, nuestro levantamiento deberá referirse a ese sistema de coordenadas. Para un levantamiento de Tercer Orden Clase 1, se debe considerar un sistema regional o absoluto de coordenadas.

En caso de no existir un sistema de coordenadas en el sitio de proyecto, para levantamientos de Tercer Orden Clase 2 ó Taquimétricos y Expeditivos, al punto de partida se le atribuyen coordenadas arbitrarias, elegidas de tal modo que resulten positivas para todos los vértices de la poligonal, es decir que la poligonal quede alojada en el primer cuadrante.

Las coordenadas de un vértice cualquiera se obtienen sumando algebraicamente las proyecciones de los lados comprendidos entre el origen y el vértice cuyas coordenadas se desea obtener.

$$Y_n = Y_{n-1} \pm \Delta Y$$

$$X_n = X_{n-1} \pm \Delta X$$

De las formulas:

(Y_n, X_n) = coordenadas por determinar de un vértice "n" cualquiera

(Y_{n-1}, X_{n-1}) = coordenadas del vértice de atrás

$\Delta Y, \Delta X$ = proyecciones del lado

XIII. Cálculo de la superficie del polígono en función de las coordenadas de los vértices.

Existen diferentes métodos analíticos y de aplicación de software; para el cálculo analítico se proponen dos métodos con el propósito de verificar el cálculo.

- Productos Cruzados (notación de determinantes). La manera de disponer el cálculo es aprovechando el listado de coordenadas, repitiendo la primera fila en la última.
- Cálculo de la superficie por medio de la formula:

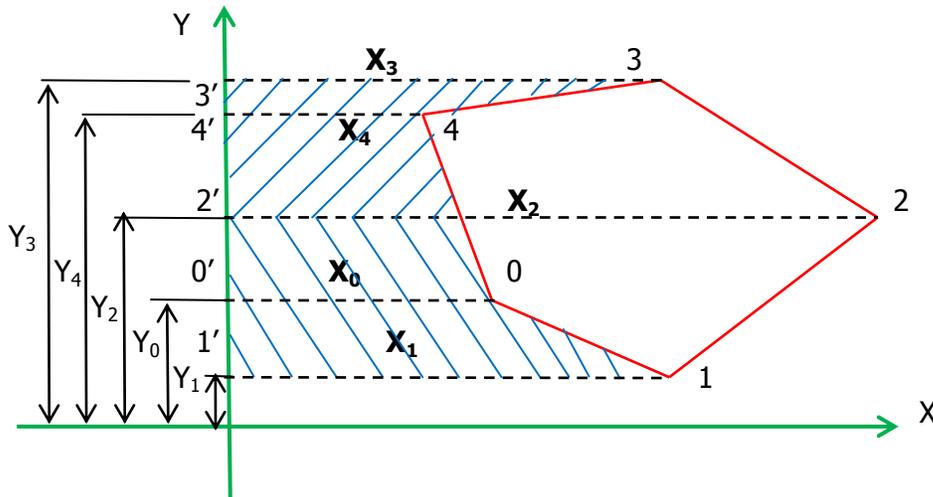
$$S = \frac{1}{2} \sum [(Y_n - Y_{n-1})(X_{n-1} + X_n)]$$

Donde:

Y_n, X_n coordenadas de la estación

Y_{n-1}, X_{n-1} coordenadas de la estación de atrás

Deducción de la fórmula para el cálculo de la superficie de un polígono en función de las coordenadas de sus vértices. Sea el polígono 0,1,2,3,4,0 cuya superficie se desea determinar:



De la figura:

$$S = \triangle 1',1,2,2' + \triangle 2',2,3,3' - \triangle 4',4,3,3' - \triangle 0',0,4,4' - \triangle 1',1,0,0'$$

O bien:

$$S = \frac{X_1 + X_2}{2} (Y_2 - Y_1) + \frac{X_2 + X_3}{2} (Y_3 - Y_2) - \frac{X_4 + X_3}{2} (Y_3 - Y_4) - \frac{X_0 + X_4}{2} (Y_4 - Y_0) - \frac{X_1 + X_0}{2} (Y_0 - Y_1)$$

Indicando como factor a 1/2:

$$S = \frac{1}{2} \left[(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) - (X_4 + X_3)(Y_3 - Y_4) - (X_0 + X_4)(Y_4 - Y_0) - (X_1 + X_0)(Y_0 - Y_1) \right]$$

El primer factor de cada uno de los productos encerrados en el paréntesis rectangular será positivo si la figura se encuentra en el primer cuadrante, en tanto que el segundo factor dado por la diferencia de ordenadas, será positivo cuando la ordenada del vértice de adelante sea mayor que la del vértice anterior y negativo en caso contrario.

De forma general la expresión anterior puede escribirse como sigue:

$$S = \frac{1}{2} \left[(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) + (X_3 + X_4)(Y_4 - Y_3) + (X_4 + X_0)(Y_0 - Y_4) + (X_0 + X_1)(Y_1 - Y_0) \right]$$

Para un polígono de "n" vértices se tendrá:

$$S = \frac{1}{2} \left[(Y_2 - Y_1)(X_1 + X_2) + (Y_3 - Y_2)(X_2 + X_3) + (Y_4 - Y_3)(X_3 + X_4) + \dots + (Y_n - Y_{n-1})(X_{n-1} + X_n) \right]$$

En forma abreviada:

$$S = \frac{1}{2} \sum [(Y_n - Y_{n-1})(X_{n-1} + X_n)]$$

Ejercicio.- Con los datos del registro de campo siguiente, determina:

- a) el error angular, b) la tolerancia angular, c) la corrección angular, d) los ángulos corregidos, e) los Azimuts, f) las proyecciones de los lados, g) el error lineal, h) la tolerancia lineal, i) la precisión j) las proyecciones corregidas, k) las coordenadas de los vértices, asignando al vértice 1 valores de Y = 100.000 ; X = 100.000, y l) la superficie.

LEVANTAMIENTO CON TRANSITO DE 10" Y CINTA DE ACERO POR EL METODO DE MEDIDA DIRECTA DE ANGULOS					ACATLAN, EDO. DE MEXICO 23-Abr-08 LEVANTO: F. GARCIA LARA
EST	PV	DISTANCIAS	ANGULOS	NOTAS	CROQUIS
1	4	---	0° 00' 00"	S / MOJONERA	
	2	36,340	93° 06' 32"		
2	1	---	0° 00' 00"	S / MOJONERA	
	3	29,941	89° 22' 03"		
3	2	---	0° 00' 00"	S / MOJONERA	
	4	38,290	98° 46' 53"		
4	3	---	0° 00' 00"	S / MOJONERA	
	1	35,422	78° 44' 40"		Az 1-2 = 325° 42' 52"

a) Error Angular

Condición Angular = $180^\circ (n \pm 2) = 180^\circ (4-2) = 360^\circ$

EA = Σ Angular - Condición Angular = $360^\circ 00' 08'' - 360^\circ = 8''$

b) Tolerancia Angular

TA = $\pm a \sqrt{n} = \pm 10'' \sqrt{4} = \pm 20''$ (a = 10" , aproximación del instrumento; n =4)

EA < TA ∴ El levantamiento se acepta.

c) Corrección Angular

Las longitudes de los lados no son muy desiguales y los ángulos fueron medidos en las mismas condiciones, por lo que se repartirá equitativamente el error angular.

C = EA / n = $8'' / 4 = 2''$ la corrección se aplica en sentido contrario al error

d) Ángulos Corregidos

En nuestro caso, se restan dos segundos a cada ángulo observado; si la corrección calculada fuera un número con decimales, por ejemplo para un error de 6": $6''/4 = 1.5''$ se corregirían dos estaciones de 2" y dos estaciones de 1" para completar los 6" y obtener ángulos corregidos al segundo entero.

e) Cálculo de azimuts

Aplicamos la formula:

Az Lado n = Az Inv Lado n-1 + θ n

Por facilidad, disponemos el cálculo de la siguiente manera:

Az 1-2 = 325° 42' 52"
 - 180° 00' 00"
 Az inv. 1-2 = 145° 42' 52"
 + θ_2 = 89° 22' 01"
 Az 2-3 = 235° 04' 53"
 - 180° 00' 00"
 Az inv. 2-3 = 55° 04' 53"
 + θ_3 = 98° 46' 51"
 Az 3-4 = 153° 51' 44"
 + 180° 00' 00"
 Az inv. 3-4 = 333° 51' 44"
 + θ_4 = 78° 44' 38"
 412" 36' 22" > 360°
 - 360° 00' 00"
 Az 4-1 = 52° 36' 22"
 + 180° 00' 00"
 Az inv 4-1 = 232° 36' 22"
 + θ_1 = 93° 06' 30"
 Az 1-2 = 325° 42' 52" Ok

f) Calculo de las proyecciones

Aplicamos las formulas:

Y = L Cos Az

X = L Sen Az

Lados	Operaciones	Proyecciones
1-2	36.340 X Cos 325° 42' 52" =	30.026 N
	36.340 X Sen 325° 42' 52" =	20.471 W
2-3	29.941 X Cos 235° 04' 53" =	17.139 S
	29.941 X Sen 235° 04' 53" =	24.551 W
3-4	38.290 X Cos 153° 51' 44" =	34.374 S
	38.290 X Sen 153° 51' 44" =	16.868 E
4-1	35.422 X Cos 52° 36' 22" =	21.511 N
	35.422 X Sen 52° 36' 22" =	28.142 E

Disposición de los cálculos en la planilla:

Lugar, ACATLÁN, MÉX.

Fecha 23-Abr-08

Aparato: ROSSBACH TH210

LADO		DISTANCIA	ANGULOS	C	ANGULOS	AZIMUTES	PROYECCIONES SIN CORREGIR			
EST	P.V.	L	OBSERVADOS		COMPENSADOS		+ N	- S	+ E	-W
1	2	36,340	93° 06' 32"	-2"	93° 06' 30"	325° 42' 52"	30,026			20,471
2	3	29,941	89° 22' 03"	-2"	89° 22' 01"	235° 04' 53"		17,139		24,551
3	4	38,290	98° 46' 53"	-2"	98° 46' 51"	153° 51' 44"		34,374	16,868	
4	1	35,422	78° 44' 40"	-2"	78° 44' 38"	52° 36' 22"	21,511		28,142	
LOS NUMEROS EN NEGRITA CORRESPONDEN A LOS DATOS DE CAMPO										
SUMAS:		139,993	360° 00' 08"	-8"	360° 00' 00"	SUMAS:	51,537	51,513	45,01	45,022

g) Calculo del error lineal

Se determina el error en las proyecciones en "Y" y "X":

$$E_y = \sum YN - \sum YS = 51.537 - 51.513 = 0.024$$

$$E_x = \sum XE - \sum XW = 45.010 - 45.022 = 0.012$$

$$\text{Error lineal } EL ; \mathbf{EL} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} ; EL = \sqrt{(0.024^2 + 0.012^2)} = 0.0268$$

h) La tolerancia lineal

$$\mathbf{TL} = \sum L / 5000 ; TL = 139.993 / 5000 = \mathbf{0,028 m} ; \text{ Como } \mathbf{EL < TL}$$

El levantamiento se acepta.

i) Precisión

$$\mathbf{P} = 1 / (\sum L / EL) ; P = 1 / (139,993 / 0,0268)$$

$$\mathbf{P} = 1 / 5217$$

j) Proyecciones corregidas

Calculo de los factores unitarios de corrección Ky y Kx:

$$K_y = E_y / (\sum YN + \sum YS) ; K_y = 0,024 / (51,537 + 51,513) = 2,329 \times 10^{-4}$$

$$K_x = E_x / (\sum XE + \sum XW) ; K_x = 0,012 / (45,010 + 45,022) = 1,333 \times 10^{-4}$$

Obtenemos las correcciones en Cy y Cx multiplicando las proyecciones Y y X por los factores unitarios de corrección:

	<i>proyecciones</i>	<i>Operaciones</i>	<i>Correcciones</i>
1-2	Cy = 30.026	(2,329 X 10 ⁻⁴) =	0.007
	Cx = 20.471	(1,333 X 10 ⁻⁴) =	0.003
2-3	Cy = 17.139	(2,329 X 10 ⁻⁴) =	0.004
	Cx = 24.551	(1,333 X 10 ⁻⁴) =	0.003
3-4	Cy = 34.374	(2,329 X 10 ⁻⁴) =	0.008
	Cx = 16.868	(1,333 X 10 ⁻⁴) =	0.002
4-1	Cy = 21.511	(2,329 X 10 ⁻⁴) =	0.005
	Cx = 28.142	(1,333 X 10 ⁻⁴) =	0.004

Sentido de la corrección:

Como $\sum YN > \sum YS$, la corrección se aplicara con signo (-) a las proyecciones **N** y con signo (+) a las proyecciones **S**.

Como $\sum XE < \sum XW$, la corrección se aplicara con signo (+) a las proyecciones **E** y con signo (-) a las proyecciones **W**.

LADO		PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS			
EST	P.V.	+ N	- S	+ E	-W	Y	X	+ N	- S	+ E	-W
1	2	30,026			20,471	-0,007	-0,003	30,019			20,468
2	3		17,139		24,551	+0,004	-0,003		17,143		24,548
3	4		34,374	16,868		+0,008	+0,002		34,382	16,870	
4	1	21,511		28,142		-0,005	+0,004	21,506		28,146	
		51,537	51,513	45,01	45,022		SUMAS:	51,525	51,525	45,016	45,016

Iguales

Como resultado de la compensación, las sumatorias de proyecciones $\sum N$ y $\sum S$ deben ser iguales, lo mismo que $\sum E$ y $\sum W$.

k) Cálculo de las coordenadas

Vértices	Coordenadas	
	Y	X
1	100.000	100.000
	+30.019	-20.468
2	130.019	79.532
	-17.143	-24.548
3	112.876	54.984
	-34.382	+16.870
4	78.494	71.854
	+21.506	+28.146
1	100.000	100.000

La comprobación del cálculo se obtiene al determinar las coordenadas del vértice de partida, que debe tener los mismos valores que se asignaron al principio.

1) Cálculo de la superficie

Primero determinaremos la superficie por productos cruzados (notación de determinantes), posteriormente por fórmula.

Al realizar los productos cruzados deben adicionarse los valores del primer vértice en la última posición y tenerse el cuidado de cancelar el primer espacio de la columna de productos positivos y el último espacio de la columna de productos negativos.

En el cálculo por fórmula **no se requiere** de la adición de los valores del primer vértice en la última posición de los datos.

VERT.	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS		Yn - Yn-1	Xn-1 + Xn	DOBLES SUPERFICIES	
	Y	X	↘ (+)	↗ (-)			(+)	(-)
1	100,000	100,000		13001,9	21,506	171,854	3695,8921	
2	130,019	79,532	7953,2	8977,254	30,019	179,532	5389,3711	
3	112,876	54,984	7148,965	4315,914	-17,143	134,516		2306,0078
4	78,494	71,854	8110,592	7185,4	-34,382	126,838		4360,9441
1	100,000	100,000	7849,4					
SUMAS:			31062,157	33480,468	SUMAS:		9085,2632	6666,9519
			33480,468	←				6666,9519 ←
2S =			2418,311	m ²	2S =			2418,3113 m ²
S =			1209,156	m ²	S =			1209,156 m ²

En la página siguiente se muestra completa la Planilla de Cálculo

PLANILLA DE CALCULO

Lugar ACATLAN, MEX

Fecha 23-Abr-08

Aparato ROSSBACH Th210

Llevarlo F. GARCIA

Calcular F. GARCIA

EST	P.V.	L	ANGULOS OBSERVADOS	C ANGULOS AZIMUTES CONSERVADOS	PROYECCIONES SIN CORREGIR		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS				VERT	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS	Yn - Yn-1	Xn1 + Xn	DOBLES SUPERFICIES	
					+N	-S	+E	-W	Y	X	+E	-S		+E	-W					Y
1	2	36.340	93° 06' 32"	2° 53' 06' 30"	375° 47' 52"	30.026	20.471	-0.007	-0.003	30.019	-0.003	20.468	1	100.000	100.000	13001.9	21.506	171.854	3695.8921	
2	3	29.941	89° 22' 03"	2° 59' 22' 01"	235° 04' 53"	17.139	24.551	+0.004	-0.003	17.143	24.548	2	100.019	79.532	7953.2	8977.254	30.019	179.532	5389.3711	
3	4	38.290	98° 46' 53"	2° 58' 46' 51"	153° 51' 44"	34.374	16.868	+0.008	+0.002	34.382	16.870	3	112.876	54.984	7148.965	4315.914	-17.143	134.516	2306.0078	
4	1	35.422	78° 44' 40"	2° 78' 44' 38"	52° 36' 22"	21.511	28.142	-0.005	+0.004	21.506	28.146	4	78.484	71.854	8110.552	7185.4	34.382	126.838	4360.9411	
SUMAS					51.537	51.513	45.01	45.022		51.525	45.016	45.016		SUMAS	100.000	100.000	33480.468			6666.9519

CONDICIÓN ANGULAR: $180^\circ (n \pm 2) = 180^\circ (4 \pm 2) = 360^\circ$
 EA = \sum ANGULAR: $CONDICIÓN ANGULAR = 360^\circ 00' 08" - 360^\circ = 8"$
 $TA = \pm \theta \sqrt{n} = \pm 10" \sqrt{4} = \pm 20"$
 EA < TA \therefore ELLEVANTAMIENTO
 (X) SE ACEPTA () DEBE REPETIRSE
 $C = EA / n = 8" / 4 = 2"$ LA CORRECCIÓN SE APLICA EN SENTIDO CONTRARIO AL ERROR
 Az LADO n = Az INV LADO n-1 + θ n

TL = $\sum L / 5000 = 0.028$
 EL < TL \therefore ELLEVANTAMIENTO
 (X) SE ACEPTA () DEBE REPETIRSE
 $P = 1 / (1 \pm L / EL) = 1 / (1 \pm 139.993 / 0.0268)$
 $P = 1 / 5217$

$Ky = Ey / (\sum Yn + \sum Ys) = 0.024 / (51.537 + 51.513) = 2.329 \times 10^{-4}$
 $Kx = Ex / (\sum Xe + \sum Xw) = 0.012 / (45.010 + 45.022) = 1.333 \times 10^{-4}$

$\sum S = 2418.311 \text{ m}^2$
 $\sum S = 1209.156 \text{ m}^2$
 $\sum S = 1209.156 \text{ m}^2$

Calculo de una poligonal con una hoja de Excel

El cálculo de las coordenadas de una poligonal puede hacerse mediante la hoja de Excel anexa (PLANILLA DIS – AZ), para este efecto hay que desarrollar los cálculos hasta la determinación de azimuts e introducir los datos en una copia de esa hoja de Excel sobrescribiéndolos, las celdas donde se vayan a introducir los datos deben tener copiadas las formulas.

PLANILLA DE CÁLCULO

LUGAR: _____ LEVANTO: _____
 FECHA: _____ CÁLCULO: _____

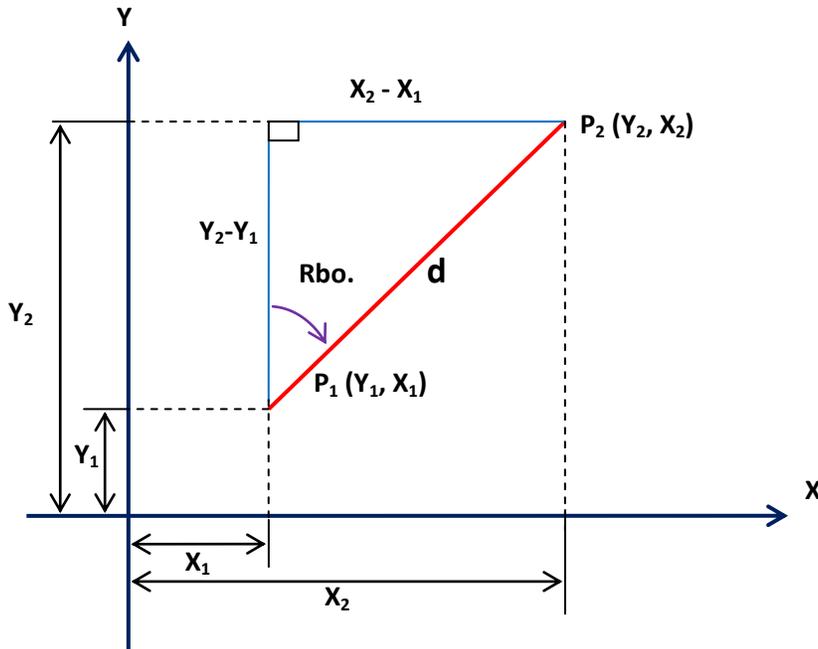
EST	LADO	PV	DISTANCIA	AZIMUT		PROYECCIONES SIN CORRIGIR		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		VERTICE	COORDENADAS		PRODUCTOS						
				G	M S	NORTE(+), SUR(-)	ESTE(+), OESTE(-)	NORTE(+), SUR(-)	ESTE(+), OESTE(-)	Y	X		↓	↑							
1	2	36.340	325	42	52	30.0256	-20.4710	-0.0070	0.0026	30.0186	-20.4683	1	100.0000	100.0000							
2	3	29.941	235	4	53	-17.1386	-24.5506	-0.0040	0.0032	-17.1426	-24.5474	2	130.0186	79.5317	7953.1666	13001.8557					
3	4	38.290	153	51	44	-34.3744	16.8679	-0.0080	0.0022	-34.3824	16.8701	3	112.8760	54.9842	7148.9692	8977.2128					
4	1	35.422	52	36	22	21.5115	28.1420	-0.0050	0.0036	21.5064	28.1457	4	78.4936	71.8543	8110.6263	4315.9074					
SUMAS													139.993	0.024082619	-0.011580951	-0.0241	0.0116	0.0000	0.0000	31062.1182	33480.4090

Ey= 0,0240826 Ky= -0,0002337 EL= 0,0267
 Ex= -0,011581 Kx= 0,0001286 TL= ZL / 5000 = 0,0280
PRECISION = 1 / 5238,77 EL < TL SE ACEPTA
SUP. = 1209,145 m²

5.4 Cálculo inverso a partir de coordenadas

Debido al proceso de compensación y ajuste de la poligonal, las distancias, direcciones y ángulos levantados en campo, no corresponden con las coordenadas calculadas; razón por la cual se procede al cálculo de distancias, rumbos y ángulos en función de las coordenadas de los vértices.

Sean los puntos P_1 y P_2 los vértices de un lado de la poligonal, cuya distancia y rumbo se desean conocer:



**Cálculo de la distancia (d) y del Rumbo (Rbo);
Del triángulo rectángulo:**

$$d = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

$$\tan Rbo = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \quad ; \text{Entonces:}$$

$$Rbo = \tan^{-1} \left[\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right]$$

Cuadrantes de los rumbos

Si: $X_2 - X_1$ (+) → Este
 $X_2 - X_1$ (-) → W (oeste)
 $Y_2 - Y_1$ (+) → Norte
 $Y_2 - Y_1$ (-) → Sur

Ejercicio.- determina las distancias, los rumbos y los ángulos en función de las coordenadas de la poligonal del ejercicio anterior.

Formulas:

$$d = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

$$Rbo = \text{Tan}^{-1} \left[\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right]$$

Para cualquier lado hacer Est = (Y₁, X₁) ; Pv = (Y₂, X₂) e introducir valores directamente en la calculadora

Para facilitar el cálculo lo disponemos en una tabla y aprovechando las memorias de la calculadora, hacemos:

- Y₂ - Y₁ Guardar valor en memoria **Y**
- X₂ - X₁ Guardar valor en memoria **X**

- Si: X₂ - X₁ (+) → Este
- X₂ - X₁ (-) → W (oeste)
- Y₂ - Y₁ (+) → Norte
- Y₂ - Y₁ (-) → Sur

Las formulas originales se reducen a:

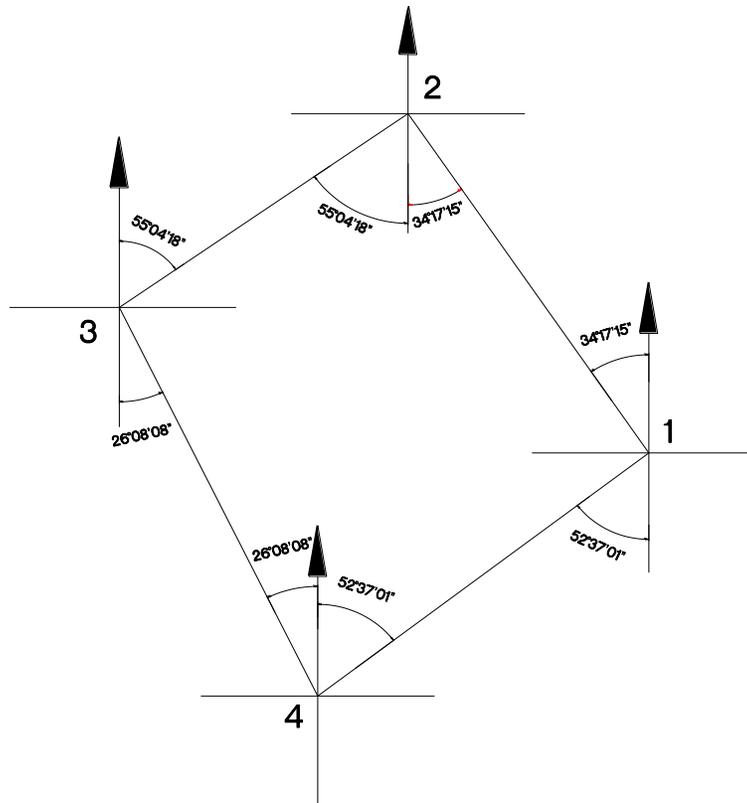
$$d = \sqrt{Y^2 + X^2} ; Rbo = \text{Tan}^{-1} (X \div Y)$$

CALCULO INVERSO A PARTIR DE COORDENADAS

V	COORDENADAS		LADO		CALCULO		
	Y	X	EST	PV	DISTANCIA	RUMBO	ANGULO
1	100.000	100.000	1	2	36.333	N 34° 17' 15" W	93° 05' 44"
2	130.019	79.532	2	3	29.941	S 55° 04' 18" W	89° 21' 33"
3	112.876	54.984	3	4	38.298	S 26° 08' 08" E	98° 47' 34"
4	78.494	71.854	4	1	35.422	N 52° 37' 01" E	78° 45' 09"
							360° 00' 00"

Para el cálculo de los ángulos, nos auxiliamos de un croquis para identificar las operaciones a realizar.

Croquis



ÁNGULOS	OPERACIONES	ÁNGULOS CALCULADOS
1	$180^\circ - 52^\circ 37' 01'' - 34^\circ 17' 15'' =$	$93^\circ 05' 44''$
2	$55^\circ 04' 18'' + 34^\circ 17' 15'' =$	$89^\circ 21' 33''$
3	$180^\circ - 55^\circ 04' 18'' - 26^\circ 08' 08'' =$	$98^\circ 47' 34'$
4	$26^\circ 08' 08'' + 52^\circ 37' 01'' =$	$78^\circ 45' 09''$

$\Sigma = 360^\circ 00' 00''$

5.5 Dibujo Del Plano Por Coordenadas Rectangulares

Definición de escala.

La escala está en función de la extensión del levantamiento y del espacio papel disponible.

Extensión del levantamiento.- se determina por la diferencia de coordenadas:

Sentido vertical:

Coordenada Y mayor = 130.02

Coordenada Y menor = -78.49

$\Delta Y = 51.53$

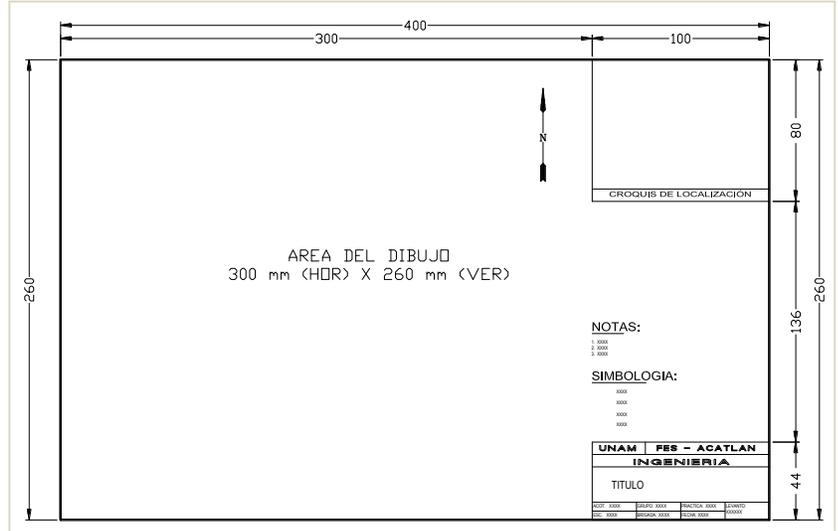
Sentido horizontal:

Coordenada X mayor = 100.00

Coordenada X menor = -54.98

$\Delta X = 45.02$

Espacio papel.- Ejemplo para un formato doble carta 400 X 260 mm con un área útil para la planta topográfica de 300 X 260 mm.



Para definir la escala analizamos los sentidos horizontal y vertical, empleando las dimensiones del terreno y las correspondientes graficas.

Formula:

$$E = \frac{L}{l}$$

Horizontal:

$$L = 45.02 \text{ m}$$

$$l = 300 \text{ mm} = 0.30 \text{ m}$$

$$E_h = 45.02/0.30 = 150.1$$

Vertical:

$$L = 51.53 \text{ m}$$

$$l = 300 \text{ mm} = 0.26 \text{ m}$$

$$E_v = 51.53/0.26 = 198.2$$

Para la definición de la escala empleamos el mayor valor obtenido, en este caso el del sentido vertical; La escala topográfica más cercana es 1:200, pero esta escala implica que los vértices extremos en sentido vertical estén localizados prácticamente en el margen, entonces emplearemos la escala 1 : 250

Cuadrícula de coordenadas.- es el reticulado que representa gráficamente el sistema de coordenadas en el dibujo, por convención el intervalo de la cuadrícula es de 10 cm gráficos; por lo que la extensión “L” del terreno se determina considerando la escala calculada y el intervalo gráfico de la cuadrícula.

Datos:

$$E = 250$$

$$l = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

Formula: $L = E \cdot l$

Sustituyendo valores:

$$L = 250 \cdot 0.10 \text{ m} = 25 \text{ m}$$

10 cm de dibujo equivalen a 25 m del terreno, así nuestra cuadrícula será de 25 X 25 m.

Dibujo de la Planta Topográfica

Independientemente del método de dibujo a emplear, si es tradicional o asistido por computadora CAD, la planta topográfica debe considerar:

- La cuadrícula de coordenadas y sus valores numéricos en los extremos inferior e izquierdo del dibujo,
- La localización de los vértices por coordenadas,
- Si trata de los linderos del predio, los lados de la poligonal incluyendo la distancia y el rumbo, así como la acotación de los ángulos en cada vértice.
- El norte de referencia, indicado por medio de un símbolo en el ángulo superior izquierdo o derecho del dibujo, y
- La simbología necesaria para representar los accidentes del terreno.

Cuadro de Construcción

El cuadro de construcción de la poligonal incluye las coordenadas de los vértices, la distancia y el rumbo de los lados, y la superficie.

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	100.0000	100.0000
1	2	N 34°17'18" W	36.333	2	130.0186	79.5317
2	3	S 55°04'18" W	29.941	3	112.8760	54.9842
3	4	S 26°08'07" E	38.298	4	78.4936	71.8543
4	1	N 52°36'58" E	35.422	1	100.0000	100.0000
SUPERFICIE = 1,208.147 m²						

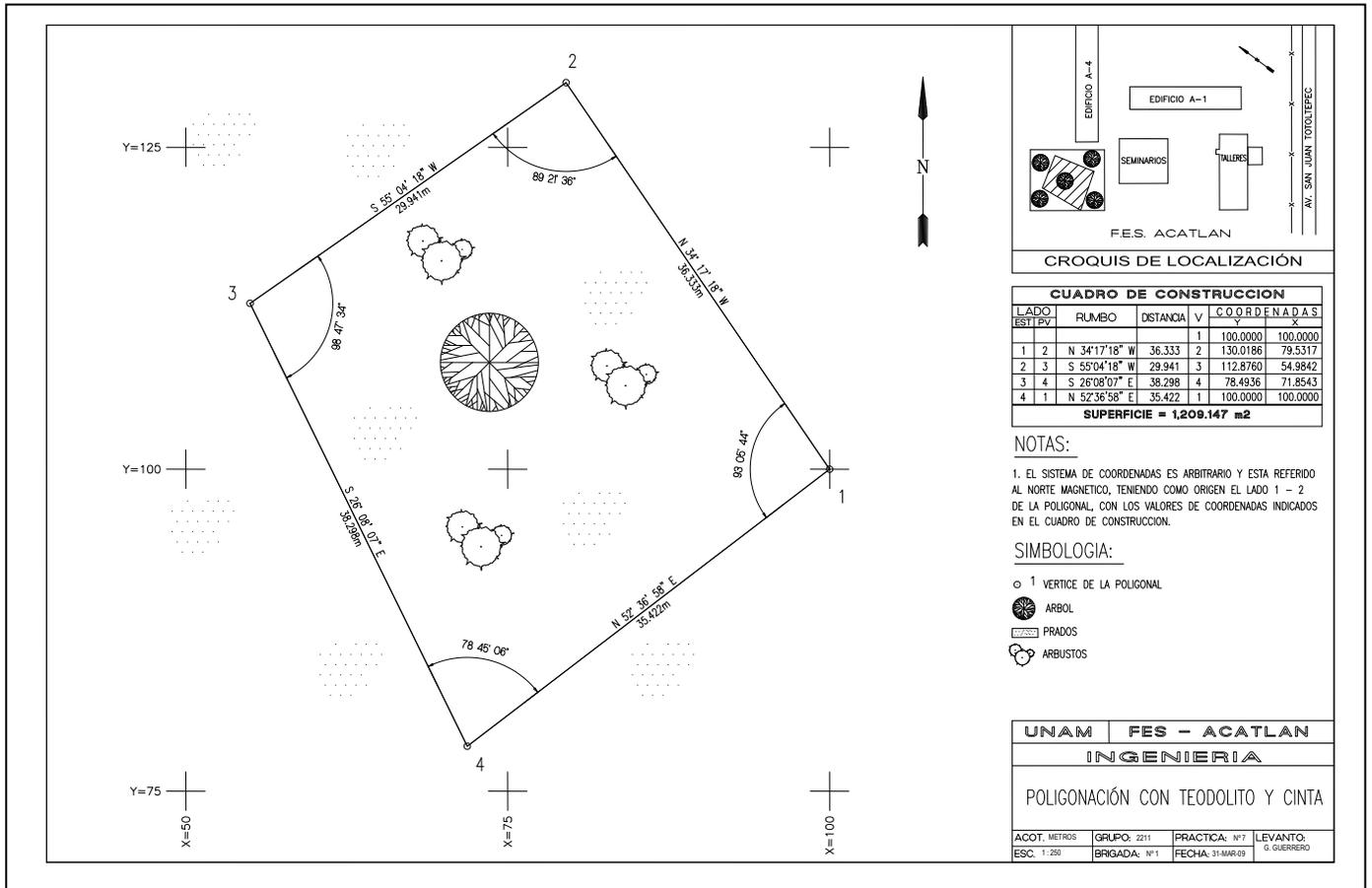
Notas

Las notas de un plano topográfico dibujado por coordenadas deben incluir la siguiente información:

- El origen del sistema de coordenadas, indicando cual vértice o punto fue del que se partió y cuáles son sus coordenadas.
- El norte o meridiana de referencia, indicando si se trata del norte magnético, astronómico o convencional.
- Las notas particulares necesarias para cada trabajo.

Simbología y Abreviaturas

Los detalles naturales o artificiales debidos a la intervención del hombre se representan por medio de símbolos, así mismo las palabras significativas pueden sustituirse por abreviaturas para optimizar el espacio disponible de dibujo, por lo cual debe introducirse en el plano el código de significados para la correcta interpretación de los usuarios del plano. Ver catalogo anexo de simbología y abreviaturas.



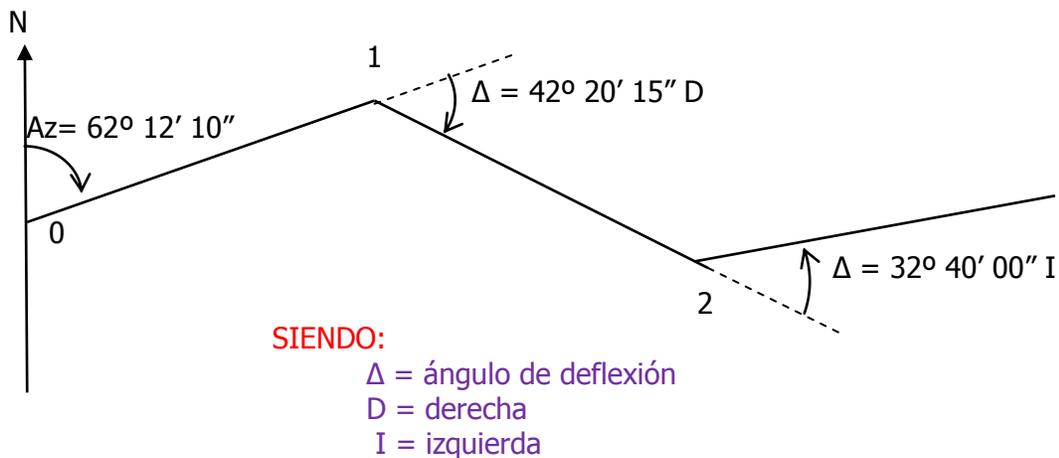
Dibujo por coordenadas con los datos del cálculo electrónico de datos, para su ejecución con CivilCAD, ver información en "Taller de CivilCAD".

5.6 Poligonación por el Método de Deflexiones

Cuando dos rectas se unen en un punto formando un ángulo, se entiende por deflexión el ángulo que forma con la prolongación de una de estas rectas con la otra.

La deflexión puede ser hacia la derecha de la recta prolongada o bien hacia la izquierda. En el primer caso la deflexión se considera positivo y se designa por la letra D; y en el segundo caso la deflexión es negativa y se designa por la letra I.

Cuando se aplica este método es indispensable tener como en el anterior el azimut de un lado de la poligonal, para calcular a partir de él y de las deflexiones, los azimuts de todos los lados de la poligonal. Este método se usa en el trazo y localización de vías de comunicación (carreteras, ferrocarriles, canales, etc.).



Solo con fines didácticos se aplica este método en el levantamiento de poligonales cerradas. En este caso la comprobación angular se obtiene sumando las deflexiones positivas y las negativas. La suma algebraica entre positivas y negativas debe ser igual a 360° . Lo que sobre o falte de esta cantidad será el error de cierre angular que debe ser menor o igual a la tolerancia angular, la cual se determina por la formula ya establecida.

La condición geométrica del cierre angular del polígono se expresa de la siguiente manera:

La suma algebraica de deflexiones derechas e izquierdas debe ser igual a 360° .

$$\left| \sum \text{Deflexiones (+)} + \sum \text{Deflexiones (-)} \right| = 360^\circ 00' 00''$$

Trabajo de Campo.

Comprende las operaciones iniciales para el método de medida directa de ángulos indicadas.

Una vez centrado y nivelado el instrumento y orientado el lado inicial de la poligonal, la forma de operar en cada una de las estaciones para tomar las deflexiones es la siguiente:

1. Se ponen en coincidencia los ceros del micrómetro y del círculo horizontal y se fija el movimiento particular.
2. Se da al anteojo vuelta de campana y queda en posición inversa.
3. Con el movimiento general se dirige el anteojo a visar la estación de atrás y se fija dicho movimiento.
4. Nuevamente se da al anteojo vuelta de campana, quedando ahora en posición directa y señalando la prolongación del lado anterior.
5. Con el movimiento particular se dirige el anteojo a visar la estación de adelante y se hace la lectura de la deflexión.

Para evitar la propagación de errores de la línea de colimación, se procede midiendo la deflexión en cada vértice dos veces, una visando la estación de atrás en posición inversa y otra en posición directa del anteojo, el valor más probable de la deflexión medida será el promedio de ambas lecturas.

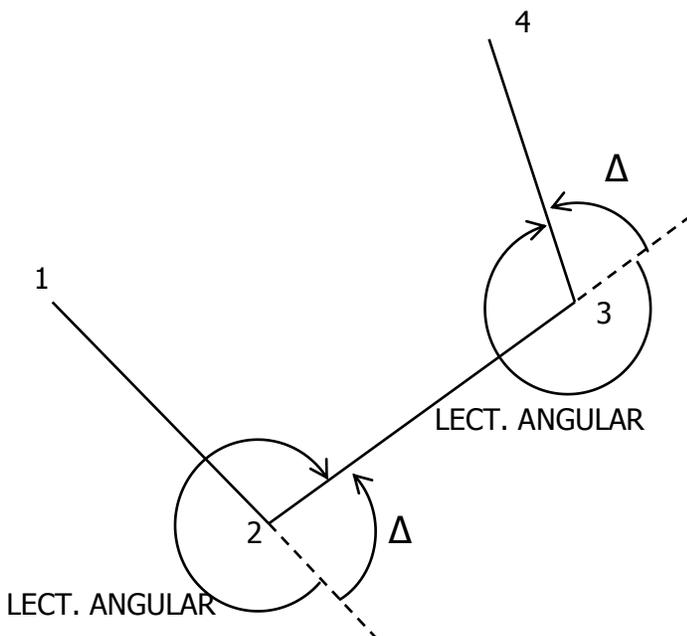
La deflexión cuyo valor este comprendida entre 0° y 180° es positiva y su valor es igual a la lectura hecha. Si la lectura está comprendida entre 180° y 360° la deflexión es negativa y su valor es igual a la diferencia entre 360° y la lectura hecha.

$$0^\circ < \text{LECTURA ANGULAR} < 180^\circ \rightarrow \Delta (+); \Delta = \text{LECTURA ANGULAR}$$
$$180^\circ < \text{LECTURA ANGULAR} < 360^\circ \rightarrow \Delta (-); \Delta = 360^\circ - \text{LECTURA ANGULAR}$$

Todos los demás datos que se toman en el campo son los mismos que en el método de medida directa de ángulos.

El registro de campo se lleva como se indica en el ejemplo siguiente:

LEVANTAMIENTO CON TRANSITO Y CINTA POR EL MÉTODO DE DEFLEXIONES						SITIO: ACATLAN, MÉX. FECHA: 11-MAR-09 LEVANTO: GONZALO GUERRERO
LADO		POSICIÓN	Δ	DISTANCIA	NOTAS	
EST	PV					
0	1	D	—	150,300	S / VARILLA	<p style="text-align: center;">CROQUIS</p> <p style="text-align: center;">Az 0-1 = 62°20' 40"</p>
1	0	—	—	150,304	S / TROMPO	
	2	D	50° 10' 05" D	165,350		
		I	50° 10' 15" D			
		PROM	50° 10' 10" D			
2	1	—	—	165,360	S / MOJONERA	
	3	D	68° 44' 50" I	120,355		
		I	68° 44' 40" I			
		PROM	68° 44' 45" I			
3	2	—	—	120,382	S / MOJONERA	
	4	D	68° 34' 40" I	180,653		
		I	68° 34' 40" I			
		PROM	68° 34' 40" I			



Obtención de Deflexiones Izquierdas

LECT. ANG. EN 2 = 291° 15' 10"

$\Delta = 360^\circ - 291^\circ 15' 10'' = 68^\circ 44' 50'' \text{ I}$

LECT. ANG. EN 3 = 302° 25' 20"

$\Delta = 360^\circ - 302^\circ 25' 20'' = 68^\circ 34' 40'' \text{ I}$

Trabajo de Gabinete

Este método solo difiere de lo expuesto con anterioridad para el método de medida directa de ángulos, en la manera de calcular los azimuts de los lados de la poligonal.

"El azimut de un lado se obtiene sumando algebraicamente la deflexión al azimut del lado anterior". Si la deflexión es negativa y mayor que el azimut se le agregan a este 360° para que la resta resulte positiva.

$$\text{Az LADO } n = \text{Az LADO }_{n-1} + \Delta_n$$

Ejercicio.- Dado el azimut del lado 0-1 del registro de campo anterior, calcula los azimuts de los lados 1-2, 2-3 y 3-4:

Solución:

Az 0-1=	62° 20' 40"
$\Delta_1 =$	50° 10' 15"
Az = 1-2=	112° 30' 55"
$\Delta_2 =$	-68°44' 45"
Az = 2-3=	43° 46' 15"
	360° 00' 00"
	403° 46' 45"
$\Delta_3 =$	-68°34' 40"
Az 3-4=	335° 11' 35"

Ejercicio.- Con los datos del registro de campo siguiente, determina:

- el error angular,
- la tolerancia angular, si el aparato usado es de 10" de aproximación.
- la corrección angular,
- las deflexiones corregidas,
- cálculo de azimuts,
- cálculo de las proyecciones,
- el error lineal,
- la tolerancia lineal (precisión esperada de 1/5000),
- la precisión,
- las proyecciones corregidas,
- las coordenadas de los vértices, dando al vértice inicial las coordenadas y=100, x=100
- la superficie.

LEVANTAMIENTO CON TRANSITO Y CINTA POR EL MÉTODO DE DEFLEXIONES EN TERRENO PLANO						SITIO: ACATLAN, MÉX. FECHA: 13-MAR-09 LEVANTO: GONZALO GUERRERO
EST	PV	POSICIÓN	Δ	DISTANCIA	NOTAS	
A	E	—	—	51,019	S / TROMPO	<p style="text-align: center;">CROQUIS</p>
	B	d	103° 14' 04" I	50,800		
		I	103° 14' 00" I			
		PROM	103° 14' 02" I			
B	A	—	—	50,802	S / MOJONERA	
	C	d	68° 47' 03" I	35,760		
		I	68° 46' 59" I			
		PROM	68° 47' 01" I			
C	B	—	—	35,764	S / MOJONERA	
	D	d	59° 44' 00" I	30,832		
		I	59° 44' 04" I			
		PROM	59° 44' 02" I			
D	C	—	—	30,828	S / VARILLA	
	E	d	64° 50' 06" I	33,776		
		I	64° 50' 00" I			
		PROM	64° 50' 03" I			
E	D	—	—	33,784	S / TROMPO	
	A	d	63° 25' 05" I	51,023		
		I	63° 24' 55" I			
		PROM	63° 25' 00" I			

Solución:

a) el error angular **EA** es igual al valor absoluto de la suma algebraica de deflexiones menos la condición angular, que para una poligonal cerrada por deflexiones es igual a una suma de 360°.

b) la tolerancia angular **TA** se calcula considerando para este caso una aproximación $a=10''$ y un número de vértices $n=5$.

Haciendo la comparativa entre el error angular **EA** y la tolerancia angular **TA**, se puede observar que el error es menor que la tolerancia, por tanto: el levantamiento se acepta.

c) la corrección angular **C**. En este caso se confiere el mismo grado de ponderación a las mediciones angulares, para su distribución en segundos enteros, se aplicaran correcciones de 1" y 2" alternando para completar los ocho requeridos; la corrección se aplica con signo positivo para sustraer la corrección a la sumatoria, que en este caso tiene signo negativo.

d) las deflexiones corregidas se obtienen sumando la corrección a las deflexiones observadas.

e) **cálculo de azimuts.** El azimut de un lado se obtiene sumando algebraicamente la deflexión al azimut del lado anterior; Nótese que el azimut del lado BC requiere que se le sumen 360° para que la resta de la siguiente deflexión no resulte negativa.

CALCULO DE AZIMUTS	
	OPERACIONES
Az AB =	71° 13' 55"
ΔB =	-68° 47' 00"
Az BC =	2° 26' 55"
	+360° 00' 00"
	+362° 26' 55"
ΔC =	-59° 44' 00"
Az CD =	302° 42' 55"
ΔD =	- 64° 50' 02"
Az DE =	237° 52' 53"
ΔE =	- 63° 24' 58"
Az EA =	174° 27' 55"
ΔA =	- 103° 14' 00"
Az AB =	71° 13' 55" Ok

Lugar: <u>Acatlán, Mex.</u>										
Fecha <u>15-Mar-09</u>										
Aparato: <u>Rossbach TH210</u>										
LADO	DISTANCIA	Δ	C	Δ	AZIMUTES	PROYECCIONES SIN CORREGIR				
						EST	P.V.	L	OBSERVADAS	COMPENSADAS
A	B	50,801	-103°14'02"	+2"	-103°14'00"	71°13'55"	16,345		48,1	
B	C	35,762	-68°47'01"	+1"	-68°47'00"	2°26'55"	35,729		1,528	
C	D	30,830	-59°44'02"	+2"	-59°44'00"	302°42'55"	16,663			25,939
D	E	33,780	-64°50'03"	+1"	-64°50'02"	237°52'53"		17,96		28,61
E	A	51,021	-63°25'00"	+2"	-63°24'58"	174°27'55"		50,783	4,921	
SUMAS:		202,194	360°00'08"			SUMAS:	68,737	68,743	54,549	54,549
CONDICIÓN ANGULAR = = 360°						Y = L COS Az				
EA = Σ Δ - CONDICIÓN ANGULAR = 360°00'08" - 360° = 8"						X = L SEN Az				
TA = ± a √ n = ± 10" √ 5 = 22"						Ey = Σ YN - Σ YS = 68,737-68,743 = -0,006 m				
EA < TA ∴ EL LEVANTAMIENTO						Ex = Σ XE - Σ XW = 54,549-54,549 = 0				
(X) SE ACEPTA; () DEBE REPETIRSE						EL = √ Ey ² + Ex ² = √ (0,006) ² = 0,006 m				
C = EA / n = 8" / 5 Est : 3 est. 2" (6") y 2 est de 1" (2") = 8" (decremento)										

Az Lado n = Δn + Az Lado n-1

f) **cálculo de las proyecciones**, se determinan aplicando las formulas correspondientes o empleando la función de rectangulares (REC) de la calculadora.

El formato para introducción de los datos es el siguiente:

Shift Rec Rec (Distancia, Azimut)

Ejemplo para el lado AB: Shift Rec Rec (50.801, 71°13'55") =

Y= 16.345 positiva, por tanto la proyección es Norte
 X = 48.010 Positiva, por tanto la proyección es Este

Los valores de las proyecciones deben invertirse por estar trabajando al eje "Y" como eje de referencia; es decir que el primer valor se toma como proyección "Y", y el segundo como proyección "X". En algunas calculadoras que despliegan solo una línea de datos, la segunda coordenada se obtiene reclamando la memoria F, con *Alpha F*.

Se sugiere al estudiante determinar los siguientes valores haciendo uso de la función de rectangulares con la calculadora.

g) el error lineal, h) la tolerancia lineal (para una precisión esperada de 1/5000), e i) la precisión. Se aplican las formulas correspondientes incluidas en el formato.

$Y = L \cos Az$				$TL = \sum L / 5000 = 202,194 / 5000 = 0,040 r$
$X = L \sin Az$				$EL < TL$
$Ey = \sum YN - \sum YS = 68,737 - 68,743 = -0,006 m$			\therefore	EL LEVANTAMIENTO
$Ex = \sum XE - \sum XW = 54,549 - 54,549 = 0$				(X) SE ACEPTA; () DEBE REPETIRSE
$EL = \sqrt{Ey^2 + Ex^2} = \sqrt{(0,006)^2} = 0,006 m$				$P = 1 / (\sum L / EL) = 1 / (202,194 / 0,006)$
				$P = 1 / 33699$

j) **las proyecciones corregidas**, se determinan primero los factores de corrección K_y y K_x ; notese que en el caso de las proyecciones horizontales "X" no hay error ($Ex = 0$), por lo que $K_y = 0$. Estos factores de corrección se multiplican por las correspondientes proyecciones sin corregir; K_y por las proyecciones verticales N y S; K_x por las proyecciones horizontales E y W. los resultados obtenidos se colocan en la columna de correcciones, el signo de las correcciones está en función de las sumas de las proyecciones, las cuales se requiere que sean iguales.

Factores de corrección	$Ky = Ey / (\sum YN + \sum YS) = 0,006 / (66,737 + 68,743) = 4,364 \times 10^{-5}$
	$Kx = Ex / (\sum XE + \sum XW) = 0$

Correcciones y Proyecciones Corregidas

LADO		PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS			
EST	P.V.	+ N	- S	+ E	-W	Y	X	+ N	- S	+ E	-W
A	B	16,345		48,1		+0,001	0	16,346		48,100	
B	C	35,729		1,528		+0,001	0	35,73		1,528	
C	D	16,663			25,939	+0,001	0	16,664			25,939
D	E		17,96		28,61	-0,001	0		17,959		28,610
E	A		50,783	4,921		-0,002	0		50,781	4,921	
SUMAS:		68,737	68,743	54,549	54,549		SUMAS:	68,740	68,740	54,549	54,549

k) las coordenadas de los vértices, dando al vértice inicial **A** las coordenadas $y=100, x=100$. Las coordenadas se calculan a partir de los valores iniciales, sumando algebraicamente las proyecciones corregidas de los lados. Nótese que para determinar las coordenadas de **B** el lado AB tiene una proyección positiva al norte de 16.346, entonces se suma este valor al de la coordenada "Y" del vértice **A**. entonces no debe sumarse la cantidad de 35.730, ya que esta proyección corresponde al lado BC.

LADO		PROYECCIONES CORREGIDAS				VERT.	COORDENADAS	
EST	P.V.	+ N	- S	+ E	-W		Y	X
A	B	16,346		48,100		A	100,000	100,000
B	C	35,73		1,528		B	116,346	148,1
C	D	16,664			25,939	C	152,076	149,628
D	E		17,959		28,610	D	168,74	123,689
E	A		50,781	4,921		E	150,781	95,079
SUMAS:		68,740	68,740	54,549	54,549	A	100,000	100,000



Igual Ok



Igual Ok

l) la superficie. Se determina por productos cruzados (notación de determinantes) y por fórmula para comprobar el resultado. Se recuerda que en el caso de cálculo por productos cruzados, se debe considerar la repetición del primer vértice en la última línea de coordenadas. Para el cálculo por fórmula no se quiere de esta circunstancia, por lo que la repetición del primer vértice en la última posición, ya no se considera en el cálculo por fórmula.

La superficie también se determina mediante el Diseño Asistido por Computadora.

VERT.	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS		Yn - Yn-1	Xn-1 + Xn	DOBLES SUPERFICIES	
	Y	X	↙ (+)	↗ (-)			(+)	(-)
A	100,000	100,000		11634,6000	-50,781	195,079		9906,3067
B	116,346	148,1	14810,0000	22522,4556	16,346	248,1	4055,4426	
C	152,076	149,628	17408,6193	25248,2287	35,73	297,728	10637,8214	
D	168,74	123,689	18810,1284	18649,9511	16,664	273,317	4554,5545	
E	150,781	95,079	16043,6305	9507,9000	-17,959	218,768		3928,8545
A	100,000	100,000	15078,1000					
		SUMAS:	82150,4782	87563,1354		SUMAS:	19247,8185	13835,1612
			87563,1354				13835,1612	
		2S =	5412,6572	m ²		2S =	5412,6573	m ²
		S =	2706,329	m ²		S =	2706,329	m ²

En la siguiente figura se presenta la planilla de cálculo completa.

PLANILLA DE CALCULO

Lugar: Acatlán, Mex.
Fecha: 15-Mar-09

Lievanb: Gonzalo Guerrero
Cálculo: Manuel Pallmer

Aparato: Rossbach TH210

LADO	P.V.	DISTANCIA L	Δ OBSERVADAS	C	Δ COMPENSAS	PROYECCIONES SIN CORREGIR			CORRECCIONES			PROYECCIONES CORREGIDAS			VERT.	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS		X _{n-1} + X _n	Y _n - Y _{n-1}	X _{n-1} + X _n	DOBLES SUPERFICIES	
						+N	-S	+E	-W	Y	X	-W	+E	-S		+E	-W	Y	X				(+)	(-)
A	B	50.801	-103°4'02"	+2°	-103°14'00"	16.345	16.346	46.100	-46.100	+0.001	0	16.346	46.100	A	100.000	100.000	1634.6000	1634.6000	195.079	-50.781	195.079	9906.3067		
B	C	35.762	-68°47'01"	+1°	-68°47'00"	35.729	35.730	1.528	1.528	+0.001	0	35.730	1.528	B	116.346	148.100	14810.0000	22522.4556	248.1	16.346	248.1	4055.4426		
C	D	30.830	-59°44'02"	+2°	-59°44'00"	16.663	16.664	25.939	25.939	+0.001	0	16.664	25.939	C	152.076	149.628	17408.6193	25248.2287	257.728	35.73	257.728	10637.8214		
D	E	33.780	-64°50'03"	+1°	-64°50'02"	17.860	17.860	28.610	28.610	-0.001	0	17.860	28.610	D	188.740	123.689	18810.1284	18649.9511	273.317	16.664	273.317	4554.5545		
E	A	51.021	-63°25'00"	+2°	-63°24'58"	50.763	50.763	4.921	4.921	-0.002	0	50.761	4.921	E	150.781	95.079	16043.6305	9507.9000	218.768	-17.959	218.768	3928.8545		
SUMAS:		202.194	360°00'08"			68.737	68.743	54.549	54.549			68.740	54.549	A	100.000	100.000	82150.4782	87563.1354	SUMAS:			19247.8185	13835.1612	

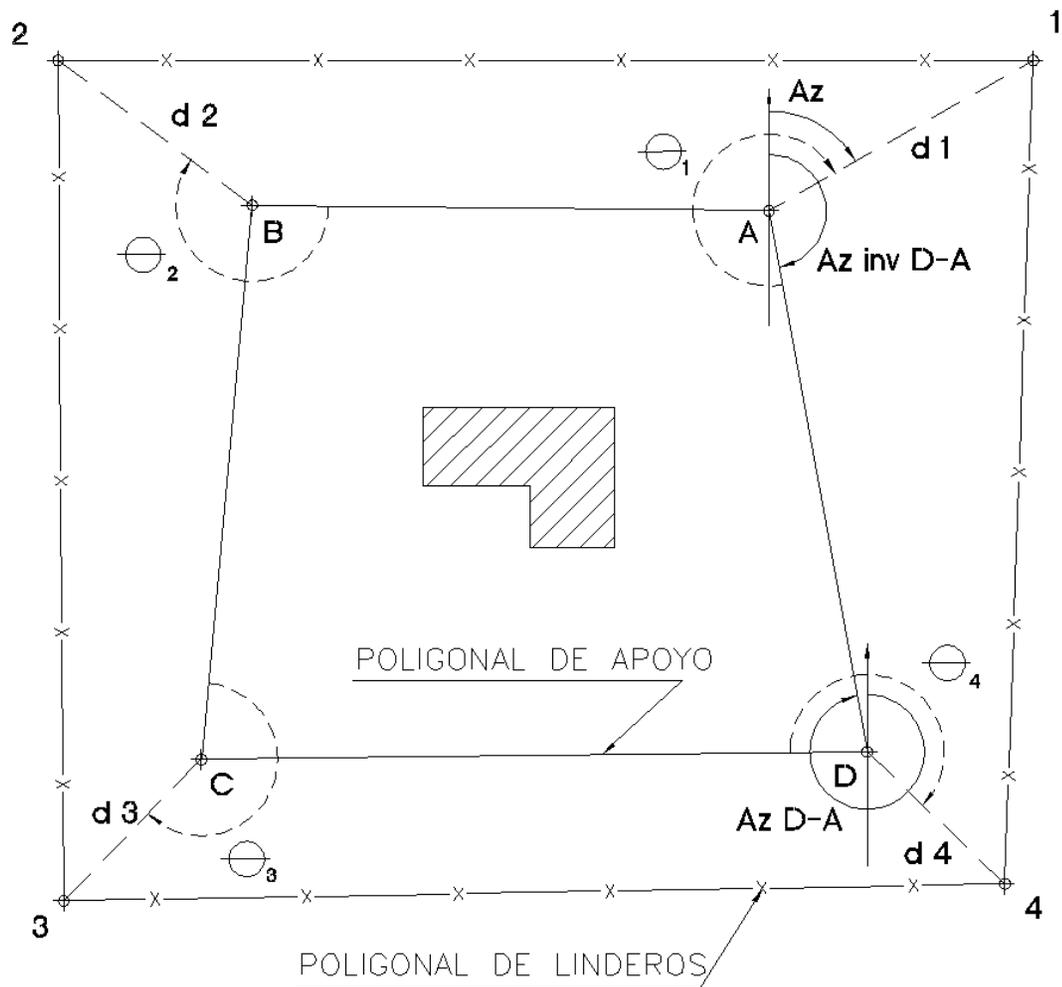
CONDICIÓN ANGULAR = 360°
 EA = Σ Δ - CONDICIÓN ANGULAR = 360°00'08" - 360° = 8"
 TA = ± a √ n = ± 10° √ 5 = 22°
 EA < TA ELLEVANTAMIENTO (X) SE ACEPTA; () DEBE REPETIRSE
 C = EA / n = 8" / 5 Est: 3 est. 2' (6") y 2 est de 1' (2") = 8" (decremento)
 Az LADO n = Δ_n + Az Lado n-1

Y = L COS Az
 X = L SEN Az
 E_y = Σ Y_n - Σ Y_S = 68.737 - 68.743 = -0.006 m
 E_x = Σ X_E - Σ X_W = 54.549 - 54.549 = 0
 EL = √ E_y² + E_x² = √ (0.006)² + 0 = 0.006 m
 TL = Σ L / 5000 = 202.194 / 5000 = 0.040 m
 EL < TL EL LEVANTAMIENTO (X) SE ACEPTA; () DEBE REPETIRSE
 Ky = E_y / (Σ Y_N + Σ Y_S) = 0.006 / (66.737 + 68.743) = 4.364 x 10⁻⁵
 Kx = E_x / (Σ X_E + Σ X_W) = 0
 P = 1 / (Σ L / EL) = 1 / (202.194 / 0.006) = 0
 P = 1 / 33699

5.7 Levantamiento De Una Poligonal De Vértices Inaccesibles Por Medio De Radiaciones Desde Una Poligonal De Apoyo.

Concepto del método de radiaciones. El levantamiento por radiaciones consiste en localizar desde la poligonal de apoyo puntos característicos del terreno sin tener que hacer estación en ellos, es decir sin colocar el aparato en dichos puntos.

Este método radica en que desde una poligonal de apoyo, obtenemos la dirección y distancia a los puntos de interés; para obtener su dirección medimos el ángulo correspondiente en relación a un lado de nuestro polígono de apoyo y la distancia se mide del vértice donde se hace estación al punto radiado, con estos datos se determinan las coordenadas de los puntos radiados.



SIENDO: d=DISTANCIA ; θ =ANGULO

Levantamiento de una poligonal de linderos desde una poligonal de apoyo

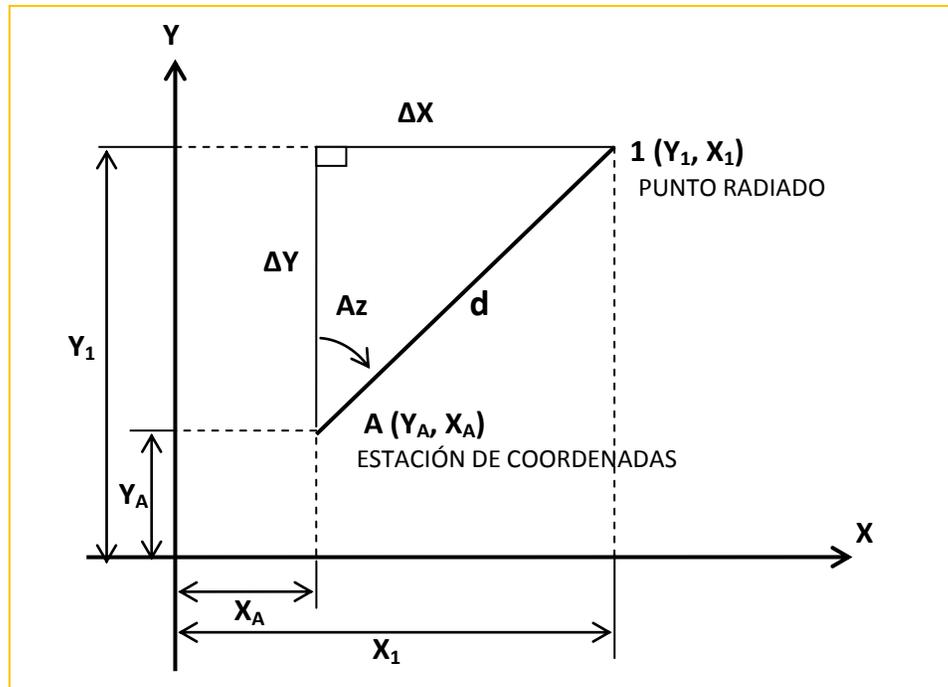
Para la localización del lindero 1, el lado base de la poligonal es D-A, el ángulo se mide haciendo estación en A y visado a D en $0^\circ 00' 00''$; La distancia se mide de A hacia 1.

El azimut de la radiación A-1 es igual al Azimut inverso del lado 4-1 más el ángulo de la radiación θ_1 .

Generalizando:

El azimut de una radiación cualquiera se obtiene sumando al Azimut inverso del lado base, el ángulo horizontal de la radiación.

Coordenadas De Las Radiaciones. Se determinan a partir de sus proyecciones ΔY y ΔX , las cuales se suman algebraicamente a las coordenadas del vértice de estación.



Formulas Para El Cálculo De Coordenadas De Las Radiaciones.

Az Radiación = Az Inv Lado Base + θ Radiación

$$\text{COS } Az = \frac{\Delta Y}{d} \quad ; \text{ Entonces: } \Delta Y = d \text{ COS } Az$$

$$\text{SEN } Az = \frac{\Delta X}{D} \quad ; \text{ Entonces: } \Delta X = d \text{ SEN } Az$$

$$Y_1 = Y_A + \Delta Y$$

$$X_1 = X_A + \Delta X$$

Ejercicio.- con los datos del registro de campo siguiente, calcula:

- 1.- las coordenadas de la poligonal de apoyo,
- 2.- las coordenadas de las radiaciones,
- 3.- mediante el cálculo inverso a partir de coordenadas; los rumbos, las longitudes de los lados y los ángulos internos del predio, y
- 4.- la superficie del predio

LEVANTAMIENTO CON TRANSITO Y CINTA POR EL MÉTODO DE MEDIDA DIRECTA DE ÁNGULOS					SITIO: ACATLÁN, MÉX. FECHA: 04-ABR-09 LEVANTO: GONZALO GUERRERO
LADO		θ	DISTANCIA	NOTAS	
EST	PV				
A	D	0° 00' 00"	—	S / MOJONERA	<p style="text-align: center;">CROQUIS</p>
	B	101° 02' 02"	31,962		
	1	243° 00' 05"	23,600	LINDERO	
B	A	0° 00' 00"	—	S / VARILLA	
	C	92° 30' 01"	49,959		
	2	236° 05' 15"	20,460	LINDERO	
C	B	0° 00' 00"	—	S / ROCA	
	D	101° 55' 02"	47,700		
	3	206° 16' 08"	18,900	LINDERO	
D	C	0° 00' 00"	—	S / MOJONERA	
	A	64° 33' 01"	62,932		
	4	210° 02' 03"	23,200	LINDERO	
	5	357°05' 15"	38,356	ÁRBOL	

Solución:

1.- Cálculo de las coordenadas de la poligonal de apoyo.

Se resuelve a continuación la planilla de cálculo hasta las coordenadas, ya que en este caso no es de interés el cálculo de la superficie; la superficie que se va a determinar posteriormente es la de la poligonal de linderos.

CALCULO DE COORDENADAS																			
LADO		DISTANCIA	ANGULOS OBSERVADOS	C	ANGULOS COMPENSADOS	AZIMUTES	PROYECCIONES SIN CORREGIR			CORRECCIONES			PROYECCIONES CORREGIDAS			VERT.	COORDENADAS		
EST	P.V.	L					+N	-S	+E	-W	Y	X	+N	-S	+E	-W		Y	X
A	B	31.962	101°02'02"	-2"	101°02'00"	62°20'40"	14.835		28.310		-0.001	+0.004	14.834		28.314		A	100.000	100.000
B	C	49.959	92°30'01"	-1"	92°30'00"	334°50'40"	45.221			21.236	-0.004	-0.003	45.217			21.233	B	114.834	128.314
C	D	47.7	101°55'02"	-2"	101°55'00"	256°45'40"		10.924		46.432	+0.001	-0.007		10.925		46.425	C	160.051	107.081
D	A	62.932	64°33'01"	-1"	64°33'00"	141°18'40"		49.122	39.338		+0.004	+0.006		49.126	39.344		D	149.126	60.656
SUMAS:		192.553	360°00'06"		360°00'00"	SUMAS:	60.056	60.046	67.648	67.668		SUMAS:	60.051	60.051	67.658	67.658	A	100.000	100.000
CONDICIÓN ANGULAR : $180^\circ (n \pm 2) = 180^\circ (2) = 360^\circ$														TL = $\Sigma L / 5000 = 192.553 / 5000 = 0.039 \text{ m}$					
EA = Σ ANGULAR - CONDICIÓN ANGULAR = $360^\circ 00'06'' - 360^\circ = 6''$														EL < TL					
TA = $\pm a \sqrt{n} = \pm 10'' \sqrt{4} = \pm 20''$																			
EA < TA ∴ EL LEVANTAMIENTO																			
(X) SE ACEPTA; () DEBE REPETIRSE																			
C = EA / n = $6'' / 4 \text{ Estaciones} = 2 \text{ Est. de } 2'' (4'') \text{ y } 2 \text{ Est. de } 1'' (2'') = 6''$																			
AZ LADO n = AZ INV LADO n-1 + θ_n																			
K _y = E _y / ($\Sigma YN + \Sigma YS$) = $0.010 / (60.056 + 60.046) = 8.326 \times 10^{-5}$																			
K _x = E _x / ($\Sigma XE + \Sigma XW$) = $0.020 / (67.648 + 67.668) = 1.478 \times 10^{-4}$																			

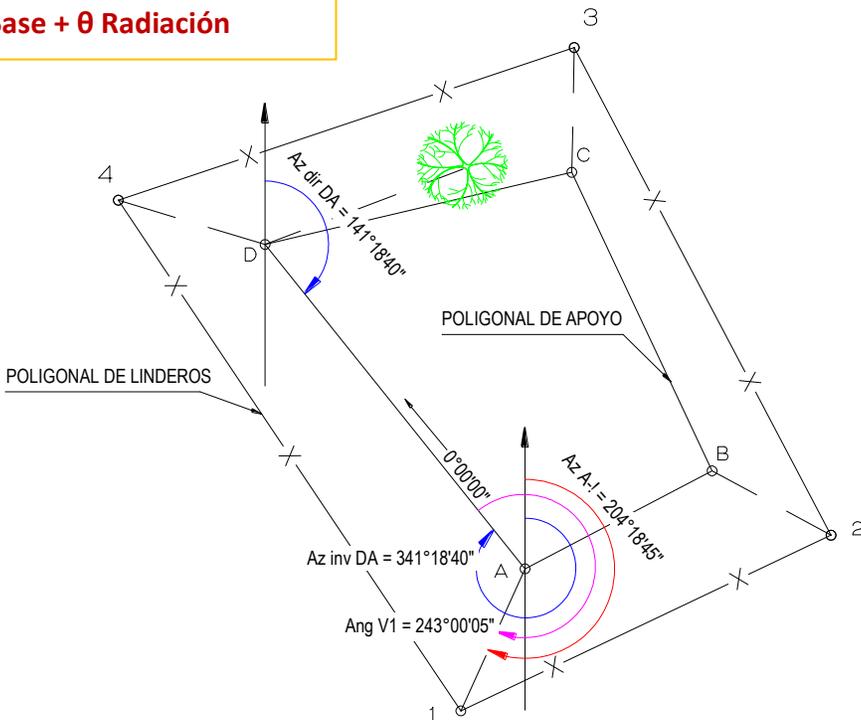
2.- Coordenadas de la Radiaciones.

Sea el vértice 1 la radiación cuyas coordenadas determinaremos inicialmente como ejemplo; Este vértice 1 fue localizado desde la estación **A**, el punto visado atrás en ceros fue el punto **D**. de la planilla de cálculo conocemos el azimut directo D-A. como se puede apreciar en la siguiente figura, el azimut de la radiación A-1 es igual al azimut inverso del lado D-A más el ángulo de A hacia 1.

Formula Para el Cálculo de Azimut de una Radiación:
Az Radiación = Az Inv Lado Base + θ Radiación

Calculo del Az de la Radiación A-1:

$$\begin{aligned} \text{Az dir DA} &= 141^{\circ}18'40'' \\ &+ 180^{\circ}00'00'' \\ \text{Az inv DA} &= 321^{\circ}18'40'' \\ + \text{Ang V1} &= 243^{\circ}00'05'' \\ &564^{\circ}18'45'' \\ &- 360^{\circ}00'00'' \\ \text{Az Radiación A-1} &= 204^{\circ}18'45'' \end{aligned}$$



Calculo de las proyecciones ΔY y ΔX:

Datos:
 Distancia A-1 = 23.600 m
 Az A-1 = 204°18'45''

$$\Delta Y_1 = 23.600 (\text{Cos } 204^{\circ}18'45'') = -21.507$$

$$\Delta X_1 = 23.600 (\text{Sen } 204^{\circ}18'45'') = -9.716$$

Calculo de las coordenadas Y, X:

Datos:
 Coordenadas de A: Y = 100.000, X = 100.000
 Proyecciones A-1: ΔY₁ = -21.507, ΔX₁ = -9.716

$$Y_1 = 100.000 - 21.507 = \mathbf{78.493}$$

$$X_1 = 100.000 - 9.716 = \mathbf{90.284}$$

Formulas Para El Cálculo De Coordenadas De Las Radiaciones.

$$\text{COS Az} = \frac{\Delta Y}{d} \quad ; \text{Entonces: } \Delta Y = d \text{ COS Az}$$

$$\text{SEN Az} = \frac{\Delta X}{D} \quad ; \text{Entonces: } \Delta X = d \text{ SEN Az}$$

$$Y_1 = Y_A + \Delta Y$$

$$X_1 = X_A + \Delta X$$

Para sistematizar la aplicación de las formulas para el cálculo de las coordenadas de las radiaciones se puede utilizar una tabla como la siguiente:

Se determinan primero los azimuts inversos de los lados que se tomaron como base para las radiaciones, los resultados se colocan en la columna Az; para obtener los azimuts de las radiaciones se suma a este valor el ángulo de la radiación correspondiente, como desde una estación pueden observarse muchas radiaciones, el valor del azimut inverso del lado base permanece constante y se suman los “n” angulos observados, tal situación se puede observar en el vértice D desde donde se observaron las radiaciones 4 y 5, esta última radiación fue un árbol y solo se representara en el plano sin considerarse para los linderos.

El cálculo de las proyecciones de las radiaciones se puede realizar por formula, pero se sugiere emplear la función de rectangulares “Rec” : Rec (distancia, Azimut), los resultados se colocan de acuerdo con el signo correspondiente, de manera similar al de la planilla de cálculo.

Las coordenadas de las radiaciones se determinan a partir de las coordenadas de la poligonal de apoyo, indicando inicialmente las coordenadas de la estación y sumando algebraicamente las proyecciones. Como desde una sola estación se pueden observar muchas radiaciones, cuando sea este el caso, las coordenadas de la estación se toman como constantes y se suman algebraicamente a sus valores las proyecciones de cada una de las radiaciones, tal situación se puede observar en el cálculo de las coordenadas del punto 5.

CALCULO DE COORDENADAS DE LAS RADIACIONES													
LADO		DISTANCIA	ANGULO	Az	PROYECCIONES				PUNTO	COORDENADAS		CALCULO DE LOS AZIMUTS INVERSOS	
EST	PV		θ		+ N	- S	+ E	-W		Y	X	Az dir	
A	D	_____	0°00'00"	321°18'40"					A	100,000	100,000	Az dir D-A =	141°18'40°
													+180°00'00"
	1	23,600	243°00'05"	204°18'45"		21,507		9,716	1	78,493	90,284	Az inv D-A =	321°18'40"
													= Az A-D
B	A	_____	0°00'00"	242°20'40"					B	114,834	128,314	Az dir A-B =	62°20'40"
	2	20,46	236°05'15"	118°25'55"		9,741	17,992		2	105,093	146,306		+180°00'00"
												Az inv A-B =	242°20'40"
													= Az B-A
C	B	_____	0°00'00"	154°50'40"					C	160,051	107,081		
	3	18,9	206°16'08"	1°06'48"	18,896		0,367		3	178,947	107,448	Az dir B-C =	334°50'40"
													-180°00'00"
D	C	_____	0°00'00"	76°45'40"					D	149,126	60,656	Az inv B-C =	154°50'40"
	4	23,200	210°02'03"	286°47'43"	6,704			22,210	4	155,830	38,446		
	5	38,356	357°59'03"	74°44'43"	10,092		37,005		5	159,218	97,661	Az dir A-B =	256°45'40"
													-180°00'00"
												Az inv C-D =	76°45'40"
													= Az D-C
Az RAD = Az INV LADO BASE + θ					Δ Y = d COS Az				Y₁ = Y_A + ΔY				
					Δ X = d SEN Az				X₁ = X_A + ΔX				

El cálculo de coordenadas de las radiaciones también se puede realizar con software de cálculo (hoja de Excel) o de Diseño Asistido por Computadora.

Ver un ejemplo de aplicación del cálculo de radiaciones con una hoja de Excel en capítulo 7.3

3,4.- Calculo inverso a partir de coordenadas y de la superficie

Mediante el cálculo inverso a partir de coordenadas se determinan los rumbos, las longitudes de los lados y los ángulos internos del predio, la superficie se determina y comprueba por dos métodos de cálculo, en este caso por productos cruzados y formula.

LADO		ÁNGULO	DISTANCIA	RUMBO	VERT.	COORDENADAS		PRODUCTOS CRUZADOS		Yn - Yn-1	Xn-1 + Xn	DOBLES SUPERFICIES		
EST	P.V.					Y	X	↘ (+)	↗ (-)			(+)	(-)	
1	2	98°26'04"	62,016	N64°36'04"E	1	78,493	90,284		9488,2164	-77,337	128,730		9955,5920	
2	3	87°38'53"	83,453	N27°45'03"W	2	105,093	146,306	11483,9969	26181,0198	26,600	236,590	6293,2940		
3	4	99°13'44"	72,771	S71°28'41"W	3	178,947	107,448	11292,0327	16743,6218	73,854	253,754	18740,7479		
4	1	74°41'19"	93,103	S33°50'00"E	4	155,830	38,446	6879,7964	3017,7419	-23,117	145,894		3372,6316	
					1	78,493	90,284	14068,9557						
						SUMAS:		43724,7816	55430,5999			SUMAS:	25034,0419	13328,2236
								55430,5999	←			13328,22361	←	
$d = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$				$Rbo = \tan^{-1} \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right)$		2S =		11705,8183	m ²	2S =		11705,8183	m ²	
(Y ₁ , X ₁):		COORDENADAS EST				S =		5852,909	m ²	S =		5852,909	m ²	
(Y ₂ , X ₂):		COORDENADAS PV												

Se sugiere aprovechar el listado de coordenadas y las memorias de la calculadora, haciendo:

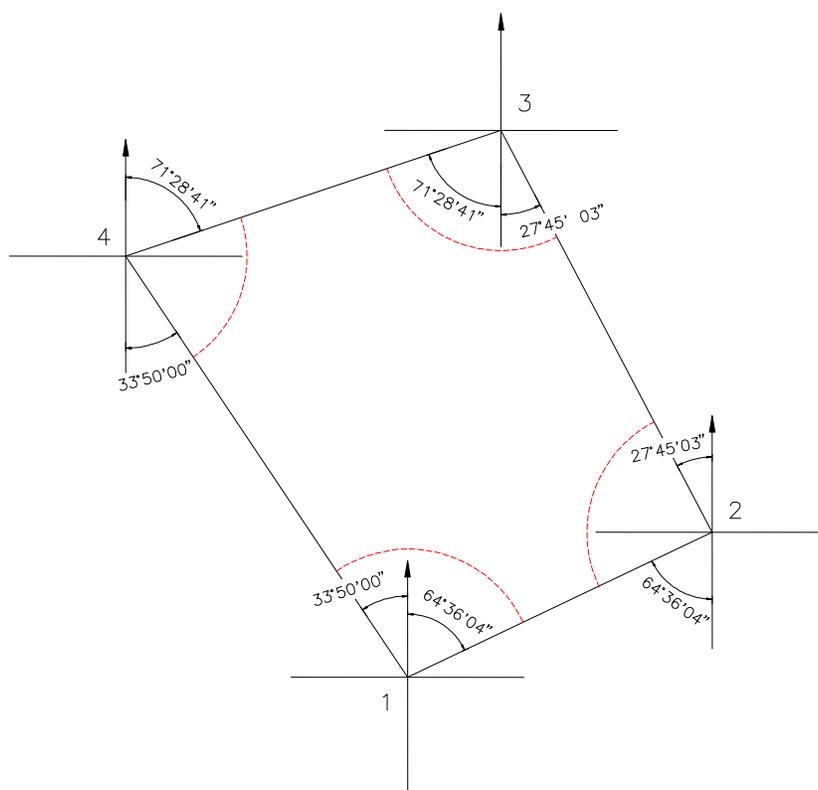
Y₂ - Y₁ Guardar valor en memoria **Y**
 X₂ - X₁ Guardar valor en memoria **X**

Las formulas originales se reducen a:

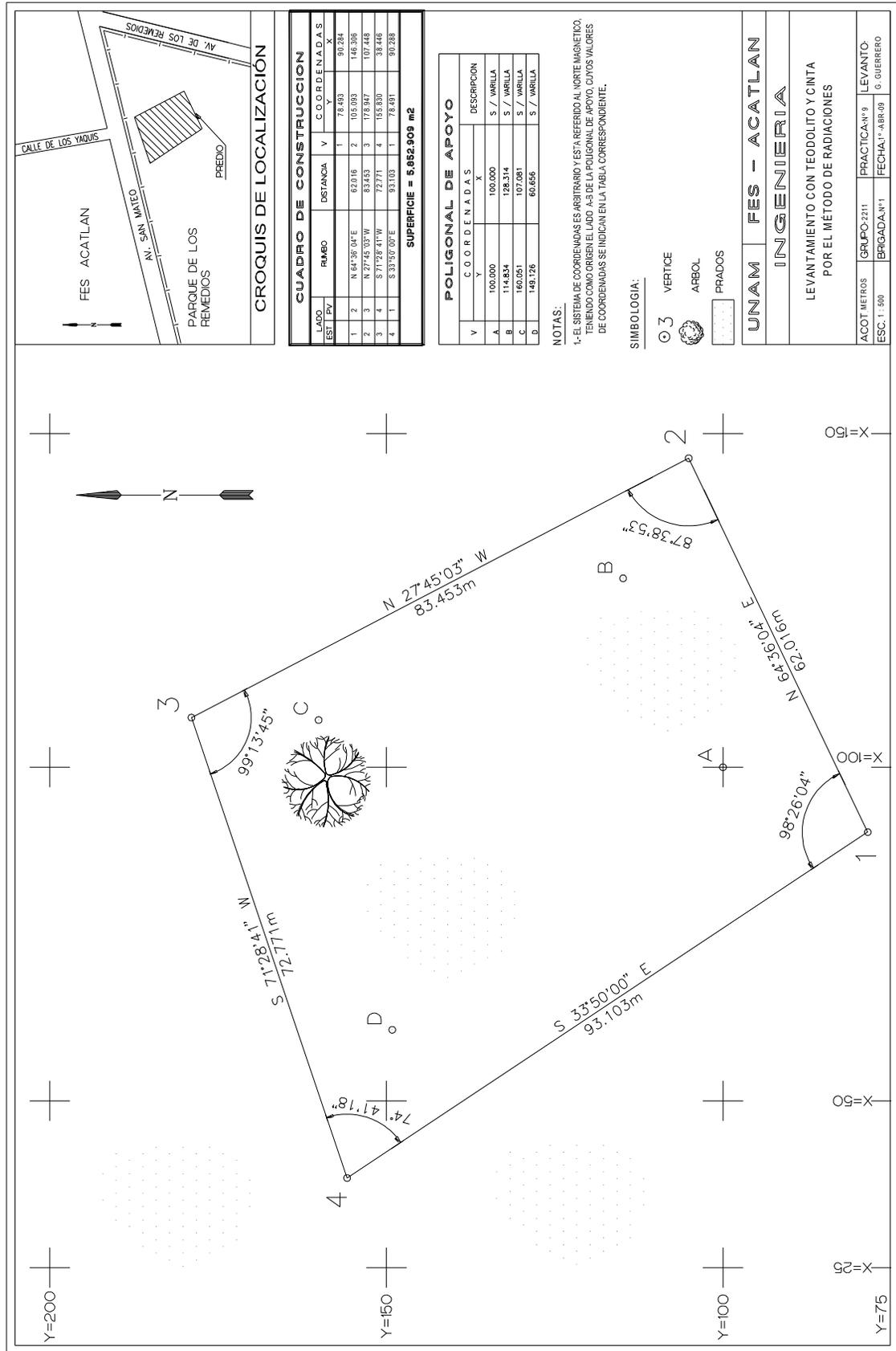
$d = \sqrt{Y^2 + X^2}$
 $Rbo = \tan^{-1} (X \div Y)$

Cálculo de ángulos

Angulo	Operaciones	Cálculo
1	$33^{\circ}50'00'' + 64^{\circ}36'04'' =$	$98^{\circ} 26' 04''$
2	$180^{\circ} - 64^{\circ}36'04'' - 27^{\circ}45'03'' =$	$87^{\circ} 38' 53''$
3	$27^{\circ}45'03'' + 71^{\circ}28'41'' =$	$99^{\circ} 13' 44''$
4	$180^{\circ} - 71^{\circ}28'41'' - 33^{\circ} 50' 00'' =$	$74^{\circ} 41' 19''$



Dibujo.- El dibujo de la planta topográfica corresponde a la poligonal de linderos, de la poligonal de apoyo se localizan los vértices y una tabla con los valores de sus coordenadas.



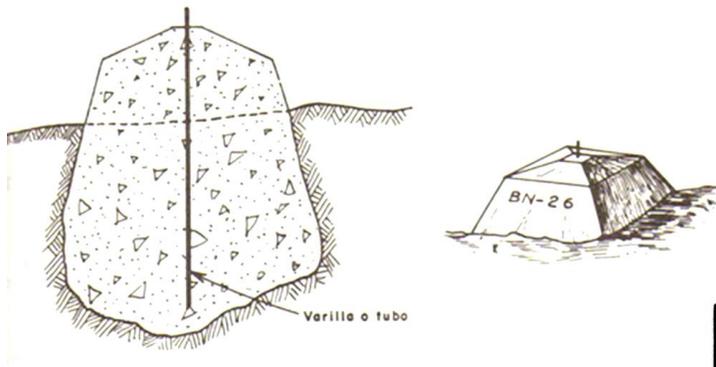
6. ALTIMETRÍA

La altimetría es la parte de la topografía que tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Las alturas de los puntos se toman con relación a un plano de comparación, ya sea existente o definido por nosotros, el plano de comparación más común es el nivel medio del mar.

Se llaman cotas, elevaciones y niveles a las alturas de los puntos sobre un plano de comparación

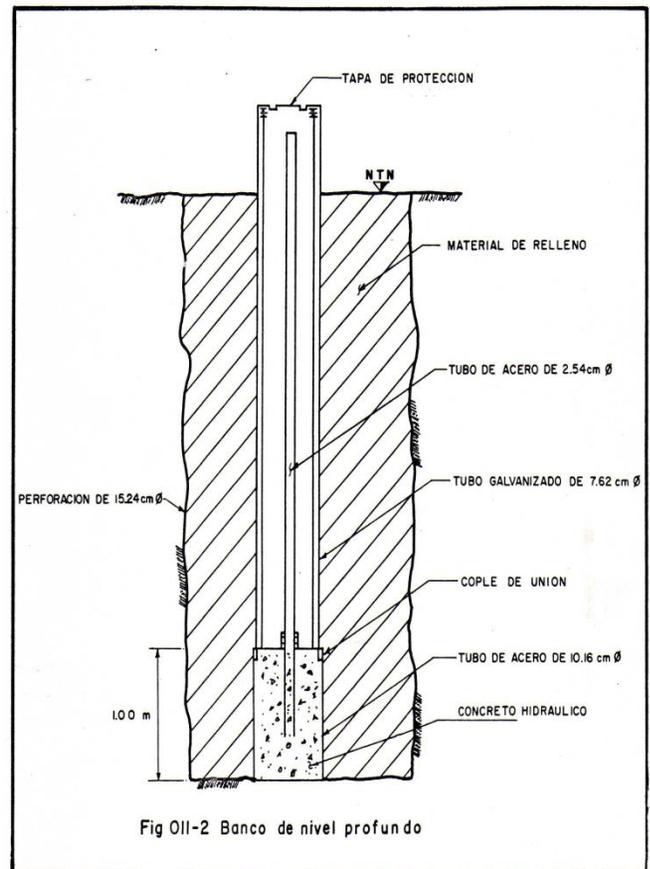
Para tener puntos de referencia y de control a fin de determinar las cotas de los puntos del terreno, se escogen o construyen puntos fijos, notables e invariables en lugares estratégicos, estos puntos se llaman *Bancos de Nivel* (BN) y su cota se determina respecto a otros bancos conocidos o se les asigna una cota arbitraria o convencional, según sea el caso.



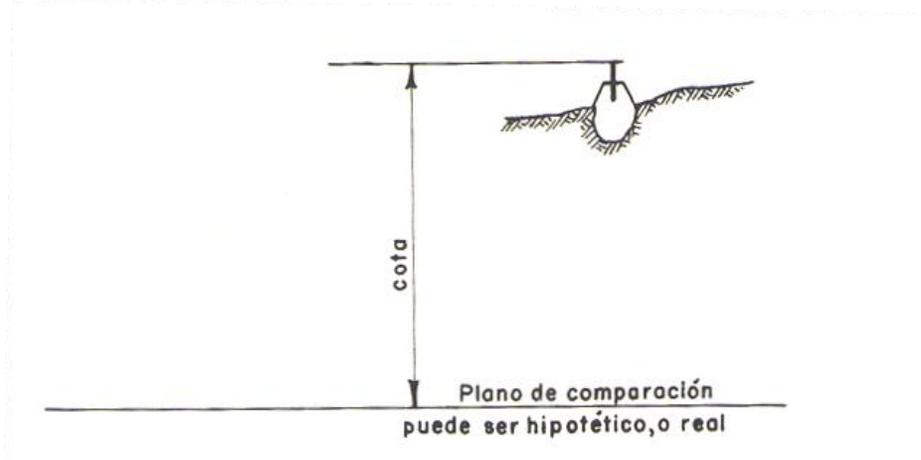
Los bancos de nivel que se construyen, son generalmente de concreto, consisten en mojoneras con una varilla al centro que define el punto de elevación y además permite que cuando se use, se pueda colocar una regla graduada (estadal) para tomar lecturas.

Debido a los asentamientos diferenciales generados básicamente por la extracción de agua del subsuelo, en la ciudad de México y su zona conurbada, el control vertical de las obras de ingeniería vitales como la obra metro y el sistema de drenaje profundo se controlan mediante *Bancos de Nivel Profundos*.

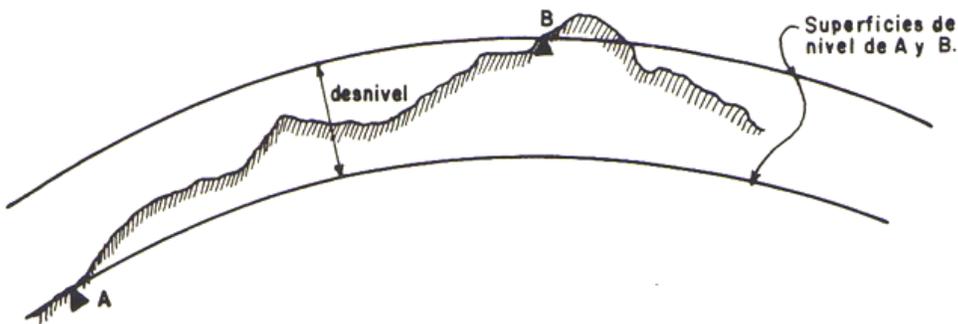
Estos bancos consisten en realizar un barreno hasta el estrato resistente, colocar una camisa mediante un tubo de acero y una varilla de pulgada al centro.



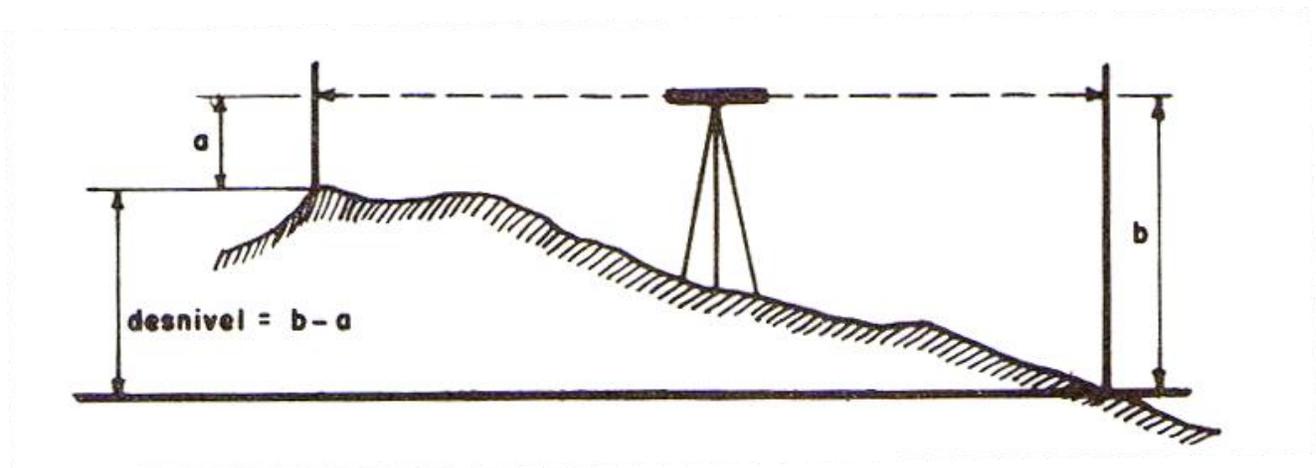
Solo en extensiones cortas el plano de comparación se considera como un plano, siendo realmente una superficie de nivel.

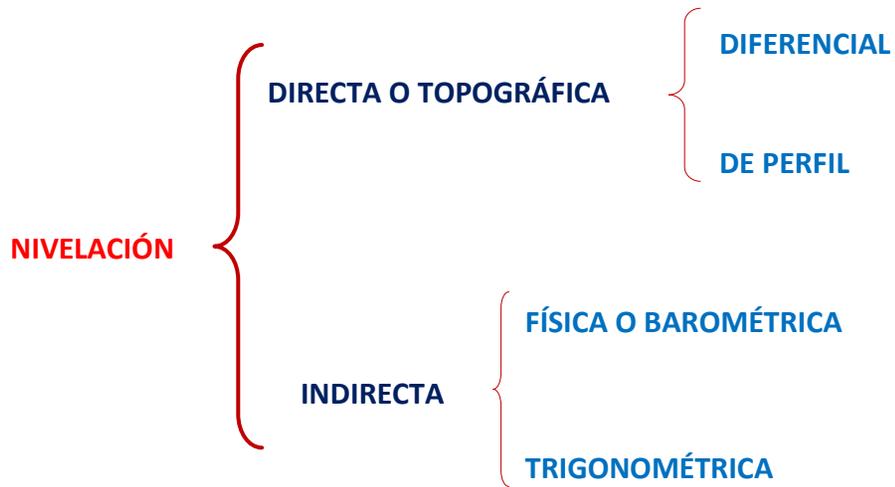


Se entiende por *superficie de nivel* a aquella que en todos sus puntos es normal a la dirección de la gravedad. Entonces el desnivel entre dos puntos será la diferencia de alturas entre las superficies de nivel de dichos puntos.



Las diferencias de alturas y las cotas de los puntos del terreno se obtienen mediante nivelación.





La nivelación directa o topográfica

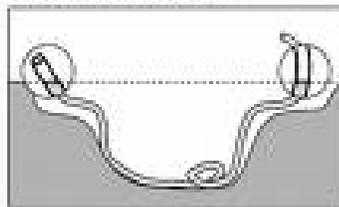
Es la que se ejecuta con los aparatos llamados niveles, de los cuales hay varios tipos empleados en los trabajos de ingeniería: de albañil, fijos o topográficos y de mano.

Niveles de albañil

Niveles de regla



Nivel de manauera



Nivel circular



Niveles topográficos

Nivel Fijo o Nivel Montado



Clisímetro

Nivel de Mano



La nivelación indirecta

Es la que se vale de la medición de algunos elementos auxiliares para obtener los desniveles y las cotas. Ejemplos de este tipo de nivelación es la nivelación barométrica, basada en la medida de la presión atmosférica que cambia según las altitudes de los lugares y la nivelación trigonométrica, basada en la obtención de los desniveles a partir de cálculos trigonométricos a partir de distancias y ángulos verticales.



Barómetro o Aneroide

Nivelación barométrica.

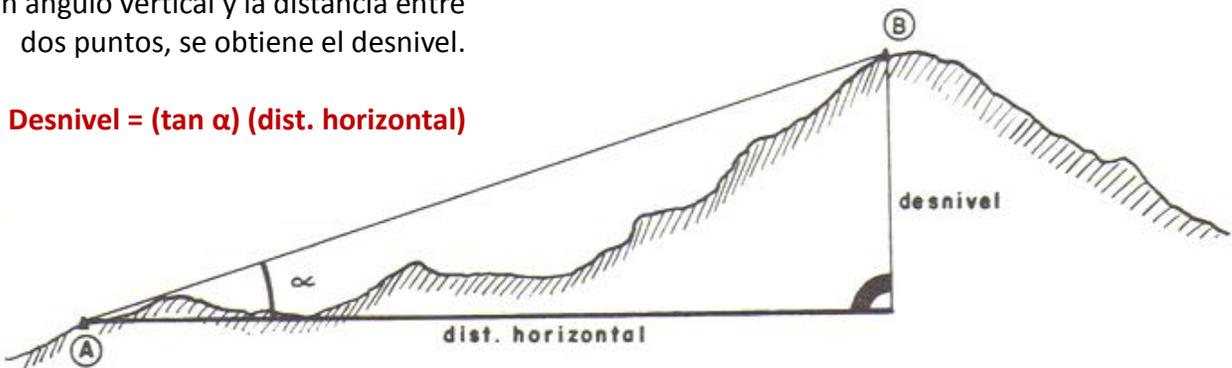
La diferencia de altura entre dos puntos puede medirse de manera aproximada, según sus posiciones relativas bajo la superficie de la atmosfera en relación con el peso del aire, o sea la presión atmosférica, esta presión se determina por medio de un barómetro.

Los barómetros utilizados en topografía son instrumentos portátiles, los cuales se calibran previamente en un banco de nivel de cota conocida.

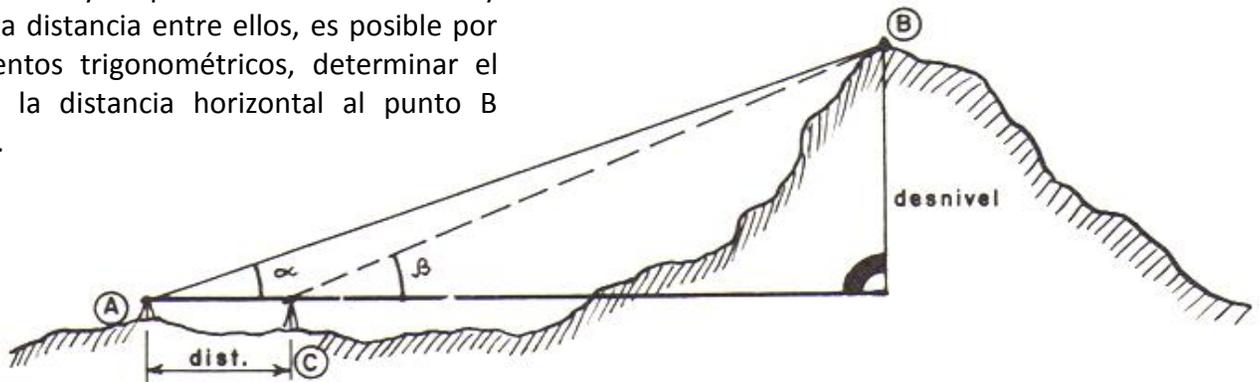
Nivelación trigonométrica

Con un ángulo vertical y la distancia entre dos puntos, se obtiene el desnivel.

Desnivel = (tan α) (dist. horizontal)



Si no se conoce la distancia o es difícil medirla, mediante la observación de dos ángulos verticales, en A y C que este al mismo nivel y midiendo la distancia entre ellos, es posible por procedimientos trigonométricos, determinar el desnivel y la distancia horizontal al punto B observado.



6.1 Equipo Topográfico utilizado en levantamientos altimétricos

Niveles Fijos o Topográficos

Estos aparatos se llaman fijos o “montados” porque se fijan sobre un tripie. Consisten esencialmente de un anteojo y un nivel de burbuja que van unidos a una barra la cual puede girar alrededor de un eje que se coloca en posición vertical por medio de los tornillos niveladores.

Los niveles tienen un tornillo de presión y otro tangencial. La instalación del nivel es fácil porque se hace en el lugar que convenga al operador y no sobre un determinado punto, razón por la cual las patas de los tripies de los niveles generalmente no son ajustables.



Nivel tradicional tipo Dumpy



Nivel Automático Wild NA2



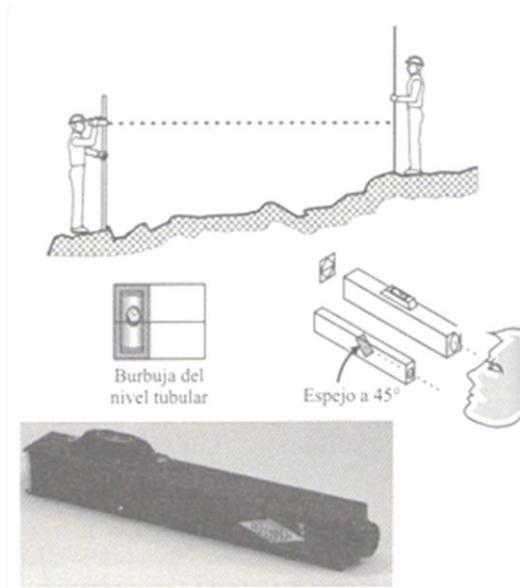
Nivel electrónico Topcon



Placa micrométrica para nivel automático de estima de 0.1 mm de aproximación

El Nivel de Mano

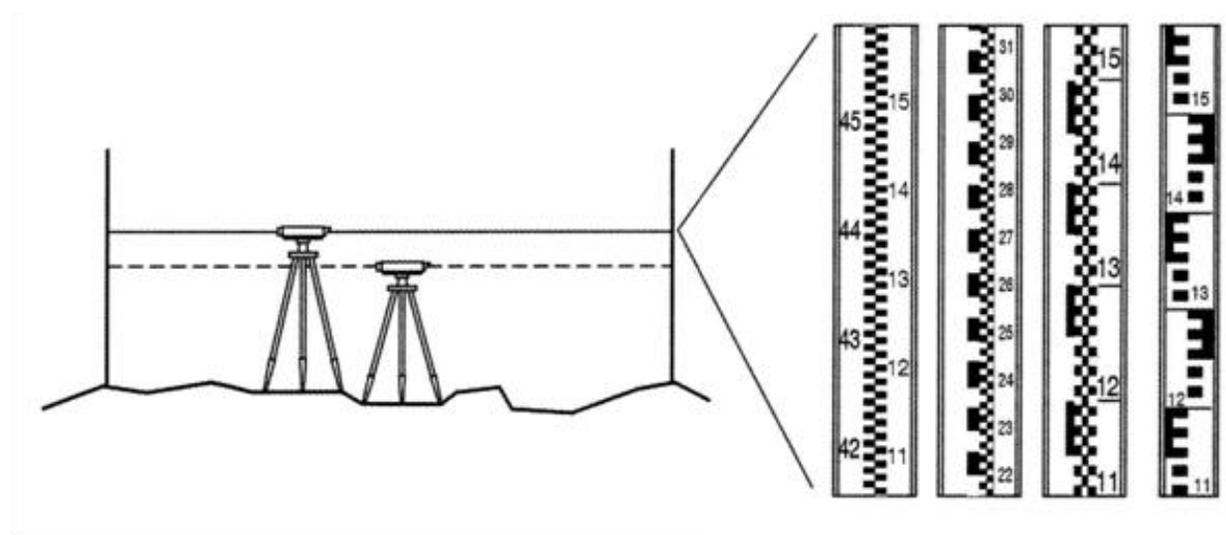
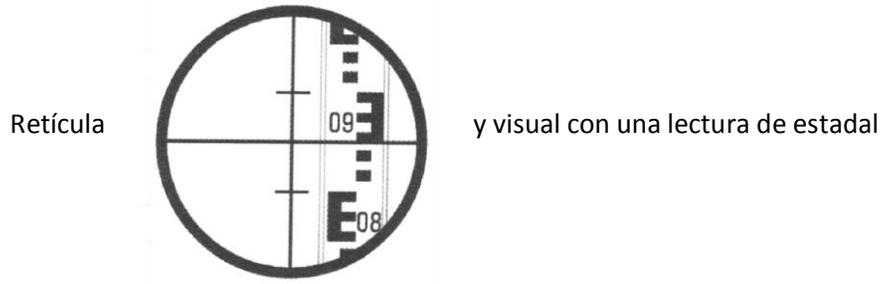
Es un instrumento portátil, consistente en un tubo de aproximadamente 15 cm de longitud que sirve de antejo, donde se encuentra montado un nivel de burbuja para la horizontabilidad del tubo. La burbuja se refleja por un prisma dentro del campo visual del antejo, burbuja debe estar al centro al momento de hacer la lectura en el estadal, el cual no debe colocarse a grandes distancias (mayores a 20 m) porque el nivel no tiene aumento; se utiliza este instrumento en nivelaciones rápidas de poca precisión y en secciones transversales.



la

Estadales

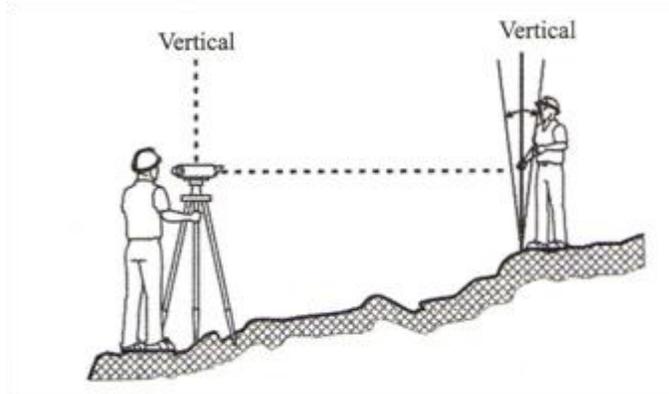
Son reglas graduadas de madera o metal de 2, 3, 4, 5 ó 6 metros de largo. Existen muchos modelos, para diferentes aplicaciones, su uso general es para ser utilizados en la nivelación topográfica, colocándolos verticalmente sobre los puntos a nivelar de tal manera que puedan hacerse lecturas en su superficie.



Diferentes modelos de estadal

Errores En La Nivelación

Error por no estar vertical el estadal, para evitar este error se balancea el estadal (bombeo) para que el observador tome la mínima lectura, o se utiliza un nivel de estadal.



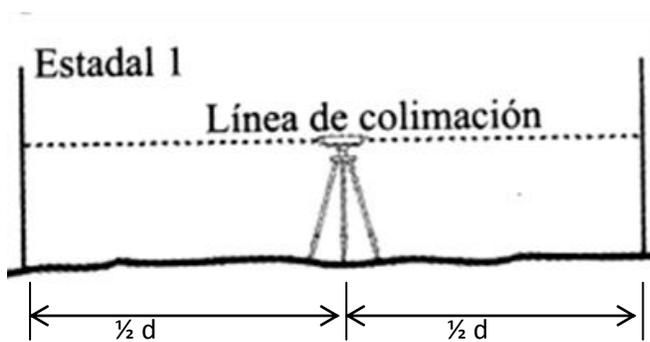
Bombeo del estadal



Niveles de estadal

Error por reverberación, se produce por el efecto de la refracción de los rayos luminosos del sol al subir el aire caliente que está en contacto con el suelo. Para evitar estos efectos, se recomienda no leer menos de 1m en el estadal.

Error por curvatura y refracción atmosférica, son los efectos de la curvatura terrestre debido a que los rayos luminosos del sol son desviados por la refracción atmosférica, aunque en distancias cortas, menores a 100 m este error no es apreciable, para evitar que se haga acumulativo conviene al ir trabajando mantener distancias iguales en las visuales atrás y adelante.



Estadal 2

Para restringir los errores por curvatura y refracción atmosférica, se recomienda colocar el instrumento a la mitad de la distancia entre los estadales. De esta manera también disminuimos el error por desviación de la línea de colimación.

Impacto del error por curvatura y refracción en las nivelaciones:

Corrección por Curvatura y Refracción (CCR) en metros:
Siendo K = longitud de la visual en Km.

CCR = 0.067 K²

Ejemplo: para una visual de 100 m el error por curvatura y refracción es de:

Formula: CCR = 0.067 K²

K = 100 m = 0.1 Km

CCR = 0.067 (0.1)² ;

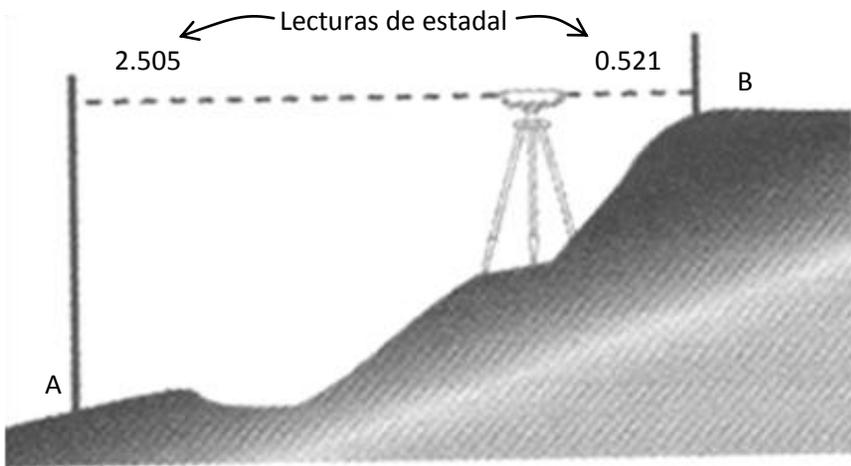
CCR = 0.00067 m

6.2 Nivelación Diferencial

La **nivelación diferencial** tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos, generalmente bancos de nivel.

La nivelación diferencial puede ser simple o compuesta, según si se hace una sola puesta de aparato o varias puestas a fin de determinar el desnivel entre dos puntos.

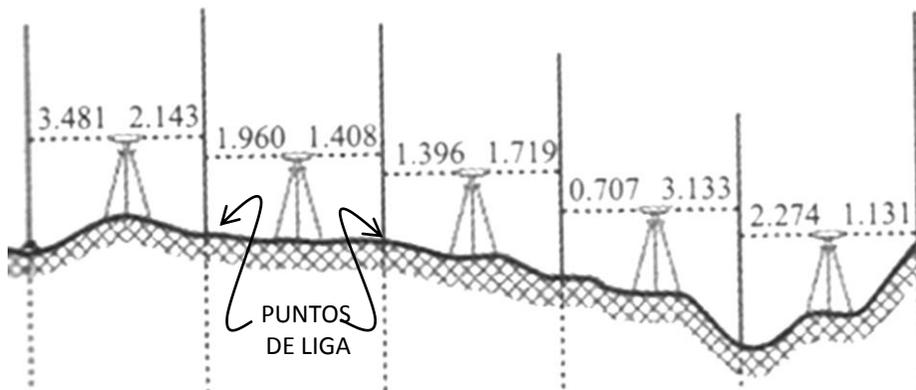
Nivelación simple, cuando los extremos de la línea por nivelar están separados por una distancia no mayor de 200 m y el desnivel entre los mismos no excede de la longitud del estadal, se puede determinar el desnivel entre los extremos de la línea haciendo solamente una estación con el instrumento.



Ejemplo de una nivelación diferencial simple, con una sola puesta de instrumento se obtiene la diferencia de alturas entre dos puntos del terreno.

El desnivel h entre el punto A y el B es: $h = 2.505 - 0.521 = 1.984 \text{ m}$

Nivelación Compuesta, Cuando los puntos a nivelar estén muy distantes, existan obstáculos intermedios o el desnivel entre los mismos excede de la longitud del estadal, el desnivel se obtiene repitiendo la operación cuantas veces sea necesario, utilizando puntos intermedios llamados puntos de liga (PL).

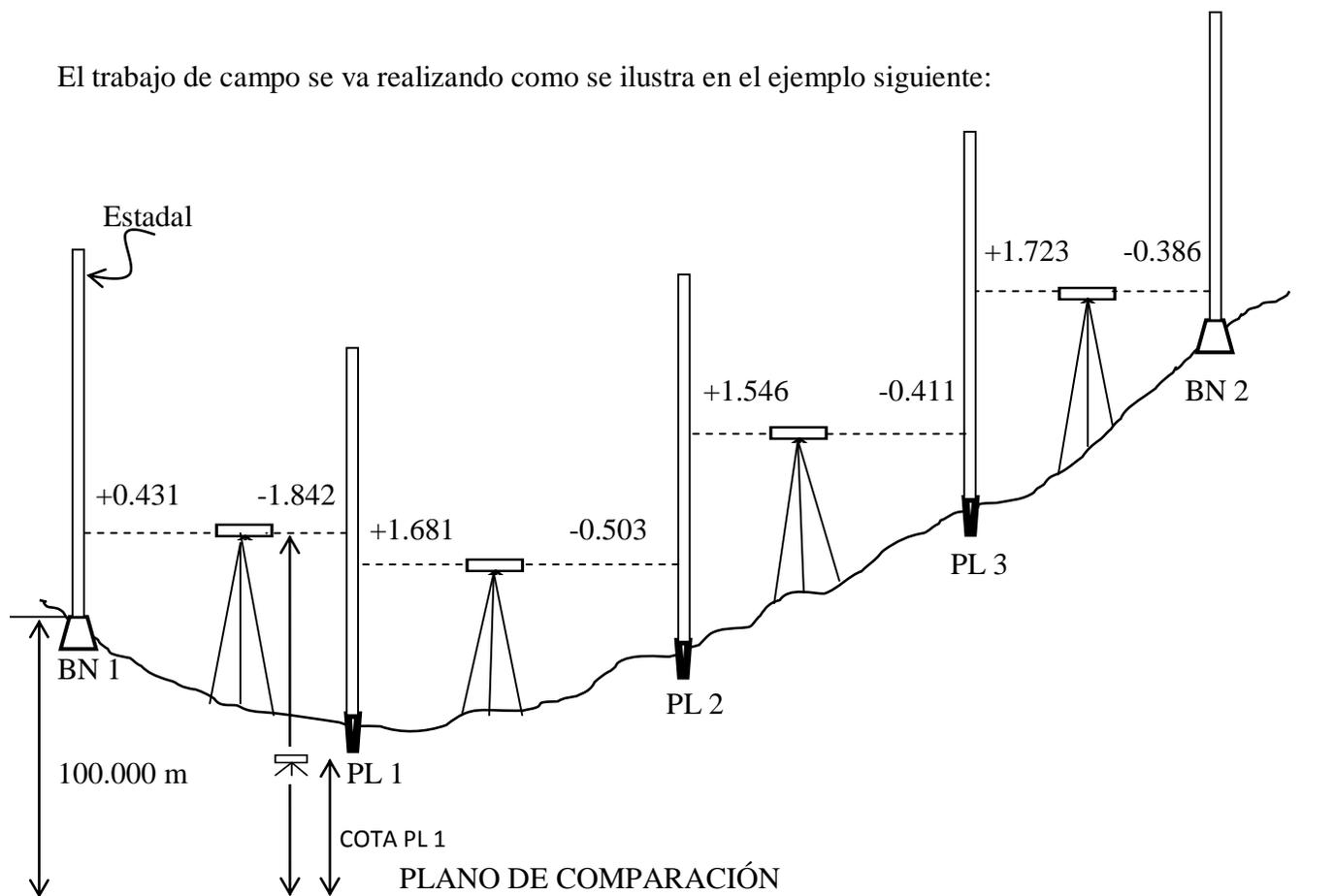


La nivelación se va llevando así por la mejor ruta posible, hasta llegar al punto final. Como los PL ligan una posición del aparato con la siguiente, deben ser puntos fijos, invariables, cuando menos mientras se cambia el aparato a la siguiente posición para leer atrás al mismo PL.

Los PL deben establecerse en puntos fijos, o colocarse sobre estacas con clavos o grapas, nunca deben colocarse sobre el terreno natural, pues no se garantiza su inmovilidad.

Ejemplo de una nivelación diferencial compuesta.- dado el Banco de Nivel N° 1 (BN1) de cota arbitraria 100.000 m, se requiere determinar la cota del Banco de Nivel N° 2 (BN2), el cual está localizado a 500 m de distancia del BN1.

El trabajo de campo se va realizando como se ilustra en el ejemplo siguiente:



El Banco de Nivel 1 (BN 1) es un punto inamovible de cota conocida y el BN 2 es el Banco del cual se va a determinar su cota o elevación.

Se coloca un estadal sobre el BN 1 y se establece el primer punto de liga (PL 1) por la ruta más conveniente hacia el BN 2, sin que sea necesario que sea en línea recta, el nivelador coloca al instrumento tentativamente al centro de la distancia entre estadales, hace la lectura atrás en el estadal colocado en el BN 1 y la anota en el registro en la columna de (+), posteriormente se hace la lectura adelante en el estadal colocado en el PL 1 y anota la lectura en la columna de (-); tanto el estadalero de atrás como el nivelador se trasladan a nuevas posiciones en la ruta hacia el BN 2, mientras el estadalero ubicado en el PL 1 permanece en su lugar.

El nivelador instala el instrumento entre el PL 1 que ahora esta atrás y el nuevo PL 2 que estará adelante, hace las lecturas de estadal atrás al PL 1 y adelante al PL 2, llevando así la secuencia de la nivelación hasta obtener la lectura del BN 2.

El cálculo de la nivelación puede disponerse en la página izquierda de la libreta, partiendo de la cota conocida del BN 1 obsérvese como al sumar la lectura de atrás obtenemos la correspondiente cota de altura de instrumento y al restar la lectura de adelante obtenemos la cota del PL 1.

En una nivelación diferencial la comprobación del cálculo o comprobación aritmética se realiza de la manera siguiente:

Se efectúan las sumas de las lecturas (+) y de las lecturas negativas (-), la diferencia entre ambas sumatorias se debe ser igual a la diferencia de la cota de llegada menos la cota de partida.

La anotación de los datos de campo y el cálculo se muestran en la siguiente figura:

NIVELACIÓN DIFERENCIAL DE IDA					ACATLAN, MÉX. 23-ABR-08
PV	+	\sum	-	COTAS	OPERACIONES
BN-1	0,431	100,431		100,000	COTA BN 1= 100,000
PL-1	1,681	100,270	1,842	98,589	+ 0,431
PL-2	1,546	101,313	0,503	99,767	\sum = 100,431
PL-3	1,723	102,625	0,411	100,902	- 1,842
BN-2			0,386	102,239	COTA PL 1 = 98,589
					+ 1,681
SUMAS	5,381		3,142		\sum = 100,27
					- 0,503
COMPROBACIÓN ARITMETICA					COTA PL 2 = 99,767
					+ 1,546
LECT (+)=	5,381				\sum = 101,313
LECT (-)=	3,142				- 0,411
h=	2,239	m			COTA PL 3 = 100,902
					+ 1,723
COTA BN-2 (LLEGADA)=		102,239			\sum = 102,625
COTA BN-1 (SALIDA)=		100,000			- 0,386
	h=	2,239	m		COTA BN 2= 102,239

6.3 Comprobación de las nivelaciones

La nivelación como todo trabajo topográfico debe comprobarse. La comprobación de una nivelación es otra nivelación, esta se efectúa preferentemente por el método de ida y regreso, ya sea que se utilicen los mismos o diferentes puntos de liga.

Tolerancia para nivelaciones por el método de ida y regreso

Se obtiene aplicando la siguiente formula

$$T = \pm 0.01 \sqrt{K}$$

Donde:

T = tolerancia en la nivelación en metros

K = doble de la distancia recorrida en la nivelación en km.

NIVELACIÓN DIFERENCIAL DE REGRESO					OPERACIONES
PV	+		-	COTAS	
BN-2	0,377	102,616		102,239	
PL-3	0,402	101,305	1,713	100,903	COTA DE LLEGADA = 100,002 m
PL-2	0,493	100,262	1,536	99,769	COTA DE PARTIDA = 100,000 m
PL-1	1,832	100,423	1,671	98,591	ERROR Eh = 0.002 m
BN-1			0,421	100,002	
					K = 2 (500 m) = 1000 = 1 Km
SUMAS	3,104		5,341		$T = \pm 0.01 \sqrt{K} = \pm 0.01 \sqrt{1,0} = \pm 0.010 \text{ m}$
COMPARACIÓN ARITMETICA					Eh < T ; SE ACEPTA LA NIVELACIÓN
LECT (+)=	3,104				DESNIVEL PROMEDIO
LECT (-)=	5,341				
h2=	-2,237	m			h PROMEDIO = $\frac{2,239 + 2,237}{2} = 2,238 \text{ m}$
COTA BN-1 (LLEGADA)=		100,002		IGUALES OK	
COTA BN-2 (SALIDA)=		- 102,239			COTA BN-1 = 100.000 m
	h2 =	-2,237	m		DESNIVEL PROMEDIO = + 2.238 m
					COTA BN-2 = 102.238 m

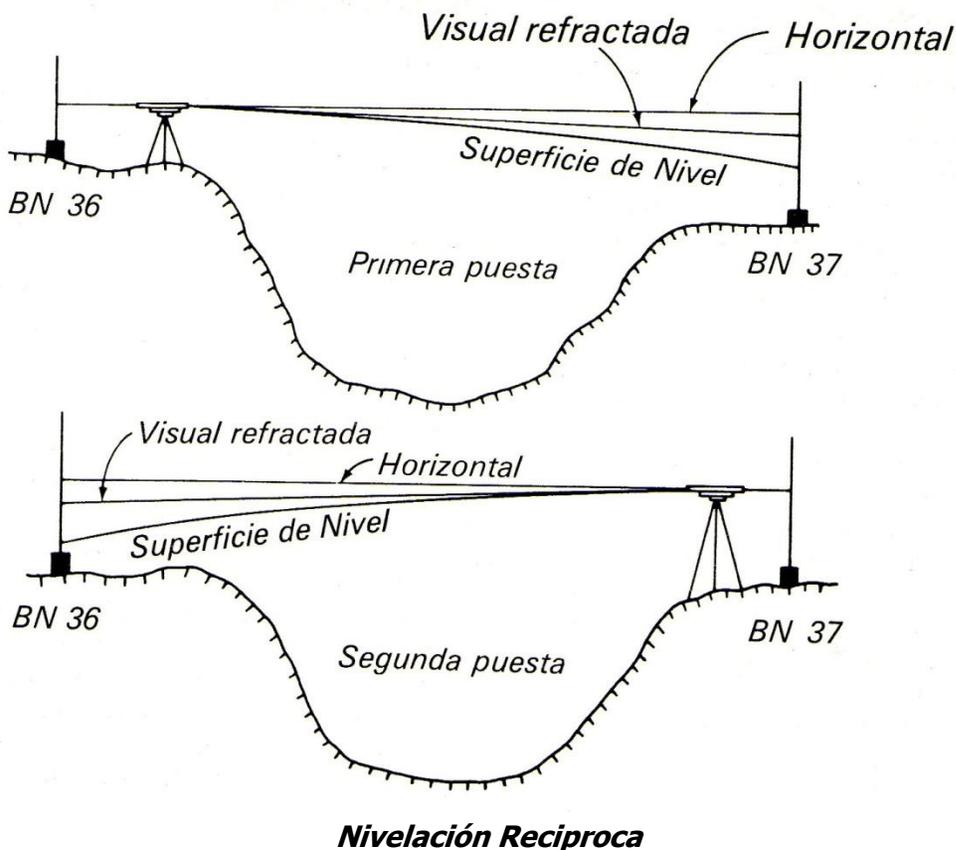
Para la nivelación de regreso se realiza la comprobación aritmética para verificar el cálculo; se determina el error *Eh* de la nivelación determinado la diferencia entre la cota de llegada menos la cota de partida, el cual se compara con la tolerancia T, que se calcula aplicando la formula correspondiente.

Como se tienen dos nivelaciones (ida y regreso) se tienen dos desniveles, el desnivel promedio es el desnivel más probable entre los bancos, el cual se suma algebraicamente a la cota del BN 1 (emplear el signo correspondiente al desnivel de BN 1 hacia BN2). Obsérvese que la cota del BN 1 es la de partida y no se debe alterar su valor.

Nivelación Reciproca

Cuando en una nivelación se cruza un cuerpo de agua, una hondonada o algún accidente o zona que no permita situar el instrumento en el punto medio entre estadales, es necesario emplear visuales más largas que las comúnmente permisibles, en tales circunstancias, los efectos por curvatura, refracción y desajuste del instrumento, requieren de un procedimiento especial llamado nivelación reciproca.

En la siguiente figura se ilustra una situación, donde se conoce la elevación del BN 36 y se desea obtener la del BN 37. En la primera puesta de instrumento, se toma una lectura hacia atrás al BN 36 y otra adelante al BN 37, se supone que la diferencia de estas lecturas esta afectada por curvatura, refracción y error de colimación del instrumento. En la segunda puesta de instrumento, al otro lado del obstáculo, se toma una visual hacia atrás al BN 36 y otra hacia adelante al BN 37. Como la lectura más larga desde la margen izquierda fue una lectura hacia adelante, y desde la margen derecha fue una lectura hacia atrás, se concluye que la media de las dos diferencias de lecturas es el desnivel correcto entre los bancos de nivel. Esta conclusión es válida si la refracción permaneció constante.



Ejercicio.- En la nivelación reciproca correspondiente a la figura anterior, la elevación del BN 36 es 226.427 m, se requiere determinar la cota del BN 37; si los datos de la nivelación reciproca son los que se indican en los siguientes registros:

Primera Puesta

PV	+	↖		COTAS
BN 36	1,442			226,427
BN 37			1,911	

Segunda Puesta

PV	+	↖	-	COTAS
BN 36	1,795			226,427
BN 37			2,326	

Calculando las nivelaciones:

Primera Puesta

PV	+	↖	-	COTAS
BN 36	1,442	227,869		226,427
BN 37			1,911	225,958

Segunda Puesta

PV	+	↖	-	COTAS
BN 36	1,795	228,222		226,427
BN 37			2,326	225,896

Por lo que la elevación del BN 37 es el valor más probable de las cotas calculadas:

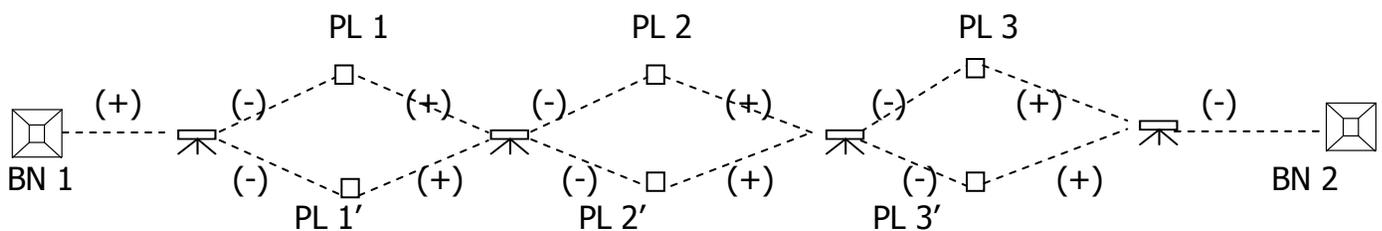
$$\text{Cota BN 37} = \frac{225.958 + 225.896}{2} = \mathbf{225.927 \text{ m}}$$

Otros Procedimientos De Nivelación Diferencial

El procedimiento de ida y regreso, es el más indicado para el establecimiento de redes de nivelación, existen otros procedimientos de nivelación empleados cuando por diversas circunstancias no se quiere regresar al punto de partida. Estos procedimientos son:

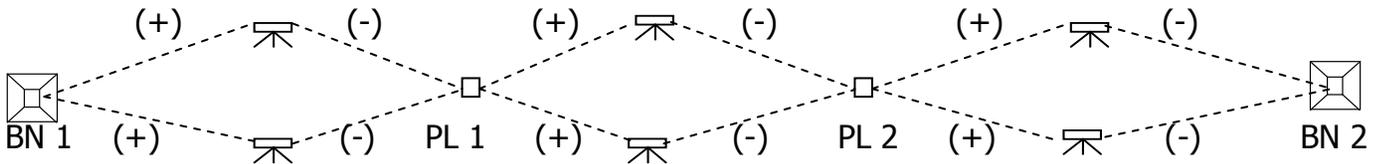
Nivelación por doble punto de liga

En este procedimiento se llevan dos nivelaciones simultáneamente, trabajando con dos series de puntos de liga, de tal manera que se aproveche la misma puesta de instrumento en ambas series de observaciones, pero con diferentes lecturas de estadal. La secuencia de una nivelación entre un Banco de Nivel de cota conocida (BN 1) y otro de cota por determinar (BN 2), se muestra en el siguiente esquema.



Nivelación por doble altura de aparato

Al igual que en el procedimiento anterior, también en este se llevan dos nivelaciones simultaneas, solo que con los mismos puntos de liga, y con diferentes alturas de instrumento. La secuencia de una nivelación por doble altura de aparato entre un Banco de Nivel de cota conocida (BN 1) y otro de cota por determinar (BN 2), se muestra en el siguiente esquema.



Como al efectuar la comprobación de una nivelación realizada por doble punto de liga o por doble altura de aparato, se obtienen dos valores para el desnivel total, el valor más probable es el promedio de los dos resultados o media aritmética. El error se determina haciendo la diferencia entre el valor más probable y las nivelaciones realizadas, este error no debe ser mayor a la tolerancia obtenida por medio de las expresiones indicadas en la siguiente tabla:

Tolerancias En Nivelaciones Topográficas Comunes

NIVELACIONES	TOLERANCIAS, EN METROS
IDA Y REGRESO	$T = 0.01 \sqrt{K}$
DOBLE PUNTO DE LIGA	$T = 0.015 \sqrt{K}$
DOBLE ALTURA DE APARATO	$T = 0.02 \sqrt{K}$

Siendo K = doble de la distancia recorrida en Km

c) Valor más probable para la cota del BN 2

Cota BN 2 = $\frac{116.110 + 116.106}{2}$; Cota BN 2 = 116.108 m

d) Error en la nivelación

E = 116.110 – 116.106; E = 0.004 m

e) Tolerancia

Formula:

$T = \pm 0.015 \sqrt{K}$

Distancia = 290 m

Sustituyendo valores:

K = 2 (290) = 580 m

K = 0.580 Km

$T = 0.015 \sqrt{0.580} = 0.011 \text{ m}$

Como $E < T$; se acepta la nivelación

EJERCICIO.- Para Establecer el BN B se corrió una nivelación diferencial por doble altura de aparato a partir del BN A de cota 2195.568 m; obteniéndose los datos de los registros siguientes; si la distancia entre bancos es de 500 m. Determina:

- Las cotas de los PL(s) y del BN B,
- Comprueba el cálculo de las cotas,
- Cotas promedio de los puntos de liga,
- Cota más probable para el BN B
- El error en la nivelación,
- La tolerancia, indicando si se acepta o no la nivelación.

1ª posición

PV	+			COTAS
BN A	0,911			
PL-1	1,894		2,406	
PL-2	0,524		2,700	
PL-3	0,91		1,996	
BN B			2,502	

2ª posición

PV	+		-	COTAS
BN A	0,343			
PL-1	1,632		1,840	
PL-2	0,412		2,454	
PL-3	1,006		1,880	
BN B			2,592	

Cálculo

a) *Cotas de los PL(s) y del BN 2;* para evitar el manejo de muchas cifras en el cálculo, se omiten las cifras correspondientes a las centenas y millares, las cuales deben adicionarse en los resultados finales.

1ª posición

PV	+			COTAS
BN A	0,911	96,479		2295,568
PL-1	1,894	95,967	2,406	94,073
PL-2	0,524	93,791	2,700	93,267
PL-3	0,91	92,705	1,996	91,795
BN B			2,502	90,203

SUMAS 4,239 9,604

2ª posición

PV	+		-	COTAS
BN A	0,343	95,911		2195,568
PL-1	1,632	95,723	1,840	94,071
PL-2	0,412	93,681	2,454	93,269
PL-3	1,006	92,807	1,880	91,801
BN B			2,592	90,215

SUMAS 3,413 8,766

b) *Comprobación aritmética*

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Lect (+)} &= 4.239 \\ \Sigma \text{ Lect (-)} &= \underline{9.604} \\ h_1 &= - 5.365 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota BN 2} &= 90.203 \\ - \text{Cota BN 1} &= \underline{95.568} \\ h_1 &= - 5.365 \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Lect (+)} &= 3.413 \\ \Sigma \text{ Lect (-)} &= \underline{8.766} \\ h_1 &= - 5.353 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota BN 2} &= 90.215 \\ - \text{Cota BN 1} &= \underline{95.568} \\ h_1 &= - 5.353 \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

c) *Cotas promedio de los puntos de liga*

$$\text{Cota Promedio} = \frac{\text{Cota 1ª Posición} + \text{Cota 2ª Posición}}{2}$$

$$\text{Cota PL1} = \frac{94.073 + 94.071}{2} = 94.073 \quad ; \quad \text{Cota PL1} = \mathbf{2194.073 \text{ m}}$$

$$\text{Cota PL2} = \frac{93.267 + 93.269}{2} = 93.268 \quad ; \quad \text{Cota PL2} = \mathbf{2193.268 \text{ m}}$$

$$\text{Cota PL3} = \frac{91.795 + 91.801}{2} = 91.798 \quad ; \quad \text{Cota PL3} = \mathbf{2191.798 \text{ m}}$$

d) *Cota más probable para el BN B*

$$\text{Cota BN B} = \frac{90.203 + 90.215}{2} = 90.209 \quad ; \quad \text{Cota más probable BN B} = \mathbf{2190.209 \text{ m}} \quad (\text{incorporamos todas las cifras})$$

e) *Error*

$$E = 90.215 - 90.203 = \mathbf{0.012 \text{ m}}$$

f) *Tolerancia*

Distancia = 500 m
 K= 2 (500) = 1000 m
 K = 1 Km

Sustituyendo valores:

$$T = 0.02 \sqrt{1} = 0.020 \text{ m}$$

Como $E < T$; se acepta la nivelación

6.4 Nivelación de Perfil

La nivelación de perfil tiene por objeto determinar las cotas de puntos a distancias conocidas sobre un eje de trazo para obtener el perfil de ese trazo. El trazo sobre el terreno y las distancias entre los puntos se marcan de antemano. La obtención de perfiles del terreno posibilita al diseñador la definición de niveles de proyecto.

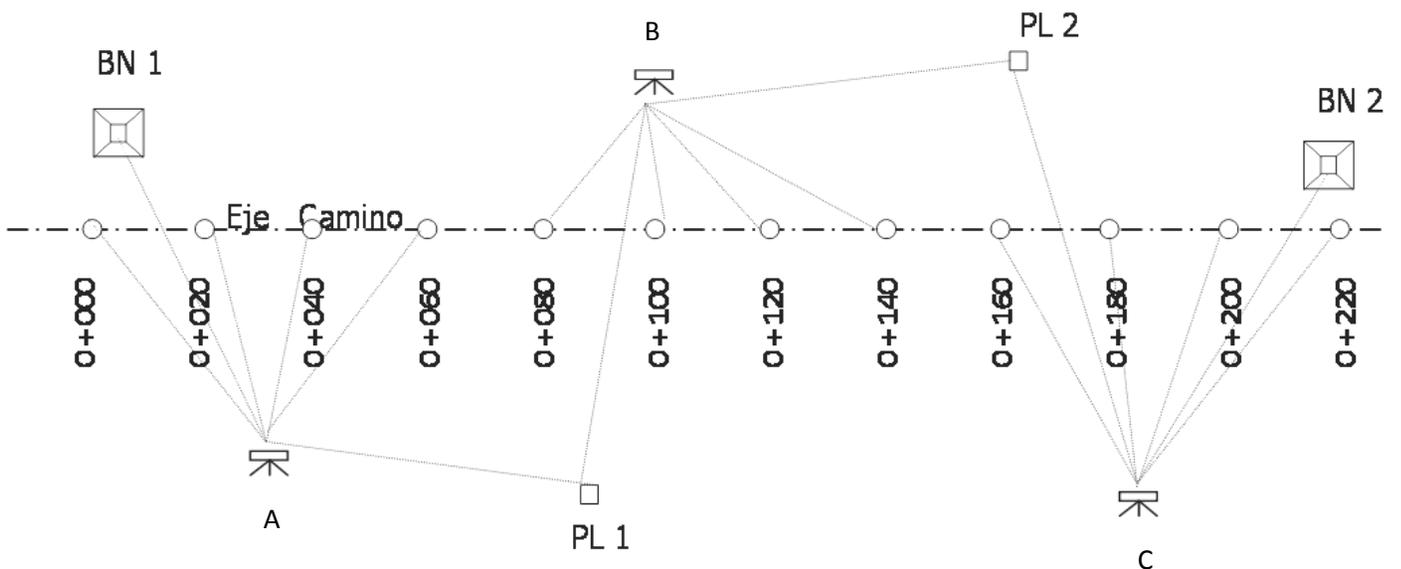
Por convención y facilidad las distancias entre los puntos se toman iguales, según el modulo que convenga, 20 m en vías de comunicación (caminos, ferrocarriles, canales, etc), aunque esta modulación puede ser de 2, 5, 10 m, etc. según se requiera en cada caso en particular.

La nivelación de perfil es semejante en su procedimiento a la diferencial y deben seguirse las mismas indicaciones y precauciones.

La diferencia estriba en que en cada posición del aparato entre los puntos de liga, se toman también lecturas en los puntos de trazo establecidos, estas lecturas se toman al centímetro, a diferencia de los PL's y BN's que son para el control de la nivelación y las lecturas se hacen al milímetro y bombeando el estadal.

Los PL'S pueden ser puntos del trazo si reúnen los requisitos para ello.

La secuencia de los trabajos de campo se indica en el ejemplo siguiente.



El desarrollo de la longitud de un trazo se expresa por medio del kilometraje, el cual se establece en el terreno por medio de puntos cada 20 m.

Nomenclatura del Kilometraje.- sea la estación 6 + 020.353
 ↖ N° de Km ↗ Fracción de Km

Cuando se requiere conocer el perfil del terreno siguiendo la trayectoria de un eje, se colocan estacas alineadas con teodolito a intervalos regulares (20 m por lo general), el punto de partida o principio se define como la estación 0 + 000, las estaciones colocadas cada 20 m se denominan estaciones completas.

Tomando como base la figura anterior, si se requiere obtener el perfil del eje del tramo de camino (puede ser el eje central longitudinal de una edificación, de un desarrollo habitacional o turístico, etc), se procede como sigue:

Se coloca el instrumento en un lugar conveniente A y el estadal en el BN 1 de cota 142.813 y se toma la lectura (+ 2.807 m), luego se toman las lecturas de estadal en las estaciones sucesivas a lo largo del trazo, estas lecturas (2.73,1.96, 1.58, etc) se llaman lecturas intermedias y para separarlas de los puntos de control (BN 's y PL's) se anotan en la columna de Lecturas intermedias (L I) del registro de campo.

Cuando desde la posición de aparato ya no pueden tomarse más lecturas de estaciones intermedias, se establece el PL 1 y se hace la lectura de - 1.382 para determinar su cota. El estadalero permanece en ese punto y se traslada el instrumento hacia una nueva posición B, desde donde se hace la lectura de estadal del PL 1 (+2.006), se realizan las lecturas intermedias que sean posibles, hasta que se tenga que establecer el PL 2, para cambiar el aparato, de esta manera se lleva la secuencia hasta cerrar en el BN 2.

Para ilustrar lo anterior se plantea el siguiente ejercicio.

Ejercicio. Con los datos del registro de nivelación siguiente, calcula:

- a. Las cotas de los PL'S,
- b. Hacer la comprobación aritmética,
- c. El error y la tolerancia si la cota establecida para el BN 2 es 144.909,
- d. Las cotas de las estaciones del trazo, y
- e. Dibuja el perfil del tramo nivelado a escalas horizontal 1: 1000, vertical 1:100.

NIVELACIÓN DE PERFIL						ACATLAN, EDO. DE MEX. 05-May-08
P.V.	+		-	L.I.	COTAS	NOTAS
BN-1	2,807				142,813	
0+000				2,73		
0+020				1,96		
0+040				1,58		
0+060				1,43		
PL-1	2,006		1,382			
0+080				2,10		
0+100				1,94		
0+120				1,81		
0+140				0,23		
PL-2	1,913		1,708			
0+160				1,74		
0+180				1,62		
0+200				1,89		
0+220				1,95		
BN-2			1,542			

Cálculo

a) Cotas de los PL'S.

Se procede a calcular la nivelación de control (PL's y BN's)

NIVELACIÓN DE PERFIL						ACATLAN, EDO. DE MEX. 05-May-08
P.V.	+		-	L.I.	COTAS	NOTAS
BN-1	2,807	145,620			142,813	Cota BN 1= 142,813
0+000				2,73	142,89	+ 2,807
0+020				1,96	143,66	 145,620
0+040				1,58	144,04	- 1,382
0+060				1,43	144,19	Cota PL 1 = 144,238
PL-1	2,006	146,244	1,382		144,238	+ 2,006
0+080				2,10	144,14	 146,244
0+100				1,94	144,30	- 1,708
0+120				1,81	144,43	Cota PL 2 = 144,536
0+140				0,23	146,01	+ 1,913
PL-2	1,913	146,449	1,708		144,536	 146,449
0+160				1,74	144,71	- 1,542
0+180				1,62	144,83	Cota BN 2 = 144,907
0+200				1,89	144,56	
0+220				1,95	144,50	
BN-2			1,542		144,907	
Sumas	6,726		4,632			

b). Comprobación aritmética

Σ Lect (+) = 6.726

Σ Lect (-) = 4.632

$h_1 = 2.094$ m

Cota BN 2 = 144.907

- Cota BN 1 = 142.813

$h_1 = 2.094$ **Ok**

c). Error y Tolerancia

Error = Cota BN 2 (definitiva) – Cota calculada para el BN 2

Error = 144.909 m – 144.907 m ; E = 0.002 m

Tolerancia

Formula:

$T = \pm 0.01 \sqrt{K}$

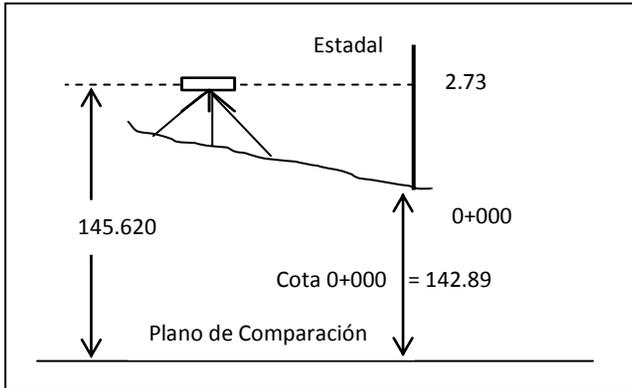
Distancia = 220 m
 K= 220 m (solo ida)
 K = 0.22 Km

Sustituyendo valores:

$$T = \pm 0.01 \sqrt{0.22} = \pm 0.005$$

Como $E < T$; se acepta la nivelación

d). Cotas de las estaciones del trazo

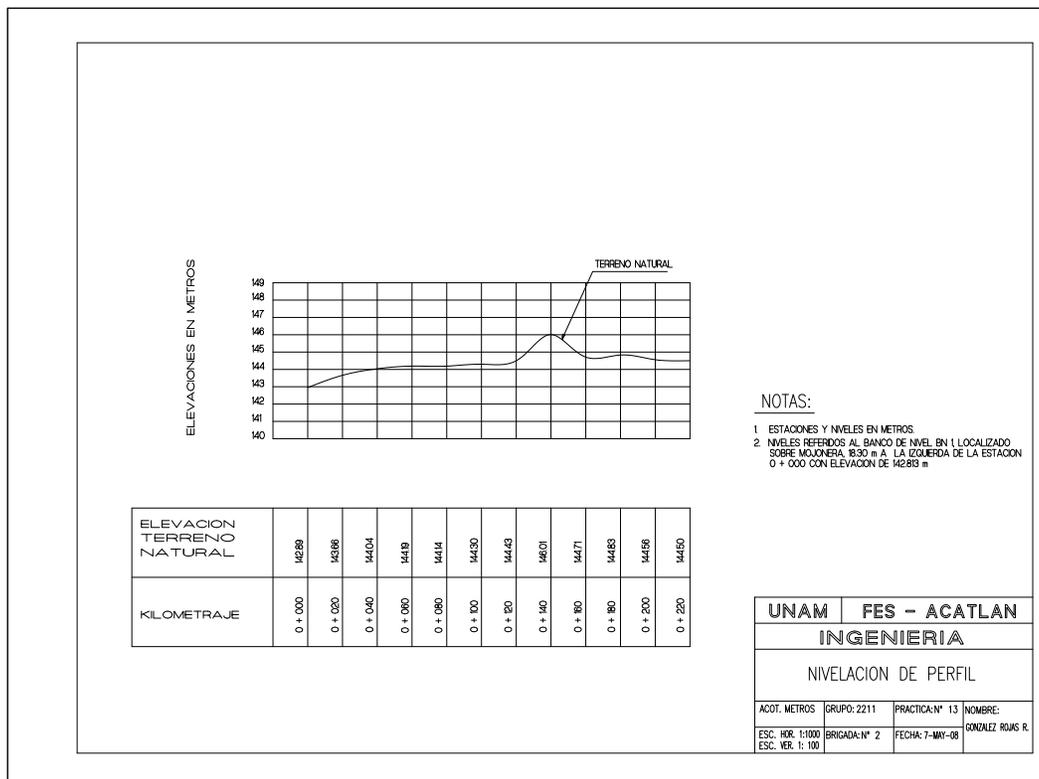


Las cotas se determinan en base a la altura de aparato, la cual permanece constante para el grupo de estaciones que fue nivelado desde una misma puesta de instrumento. Para la primera puesta de aparato se tiene:

145.62	145.62	145.62	145.62
<u>-2.73</u>	<u>-1.96</u>	<u>-1.58</u>	<u>-1.43</u>
142.89	143.66	144.04	144.19

e). Dibujo del perfil del tramo nivelado a escalas horizontal 1: 1000, vertical 1:100.

En el dibujo de perfiles de terreno natural, se utiliza una escala vertical 10, 5 ó 2 veces mayor que la escala horizontal para mostrar el desnivel del terreno, el cual no se apreciaría si se dibujara a la misma escala horizontal y vertical. En la siguiente figura se muestra la disposición y contenido de un perfil, nótese que este dibujo no contiene croquis de localización, el cual se indica en los planos de planta.

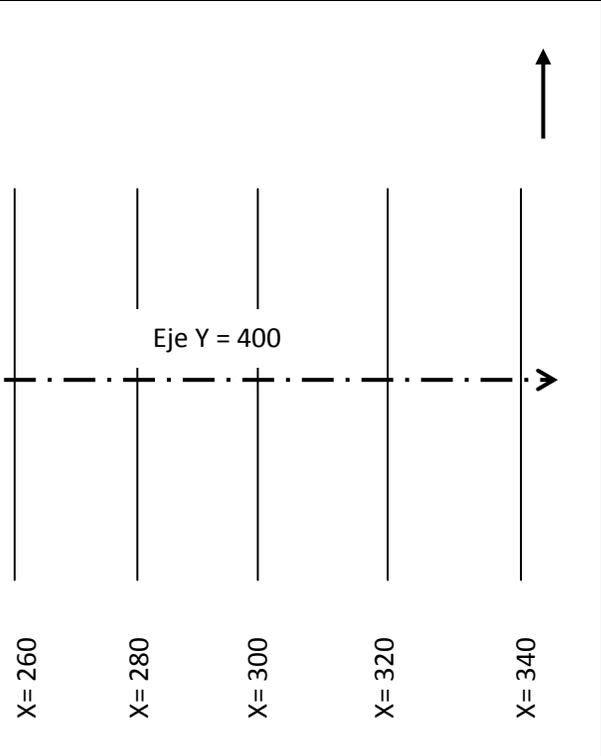


6.5 Seccionamiento Transversal

Las secciones transversales son perfiles tomados transversalmente al eje de un proyecto. Se levantan con propósitos de configuración, de construcción, volúmenes de terracerías y otros.

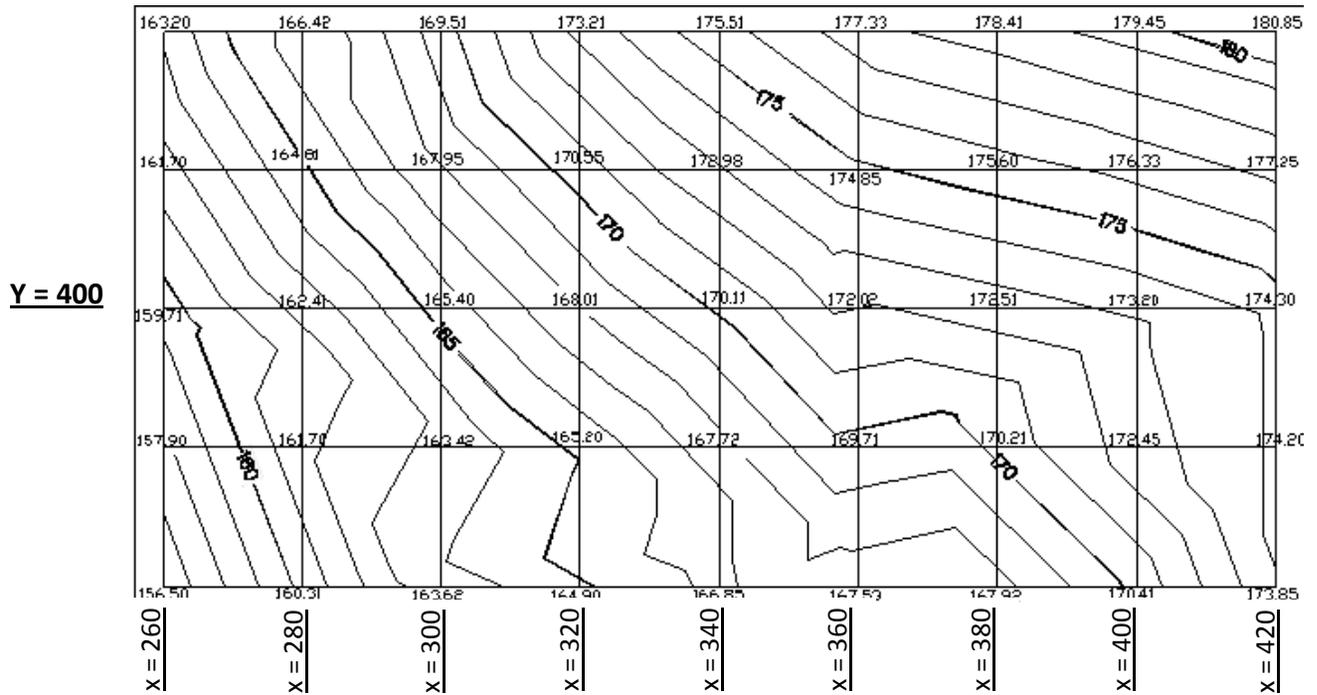
Las secciones se nivelan posteriormente a la nivelación de perfil. Consisten en hacer lecturas en líneas normales al eje del trazo, a cada 20 m y en los puntos intermedios donde se requiera. El punto de cota conocida es la estación y las secciones se extienden a la derecha y a la izquierda del eje hasta cubrir la extensión requerida. Si existiera la necesidad de algún cambio de aparato para para cubrir la distancia necesaria, se establecen puntos de liga.

Para la configuración de predios se traza un eje cada 20 m en la localización de una coordenada horizontal (dirección E-W franca) o vertical (dirección N-S franca) y se obtienen las secciones nivelando puntos cada 20 m y adicionalmente donde se requiera. El resultado es que se tendrá una retícula de puntos nivelados como base de la configuración, que es la representación del relieve del terreno por medio de curvas de nivel.

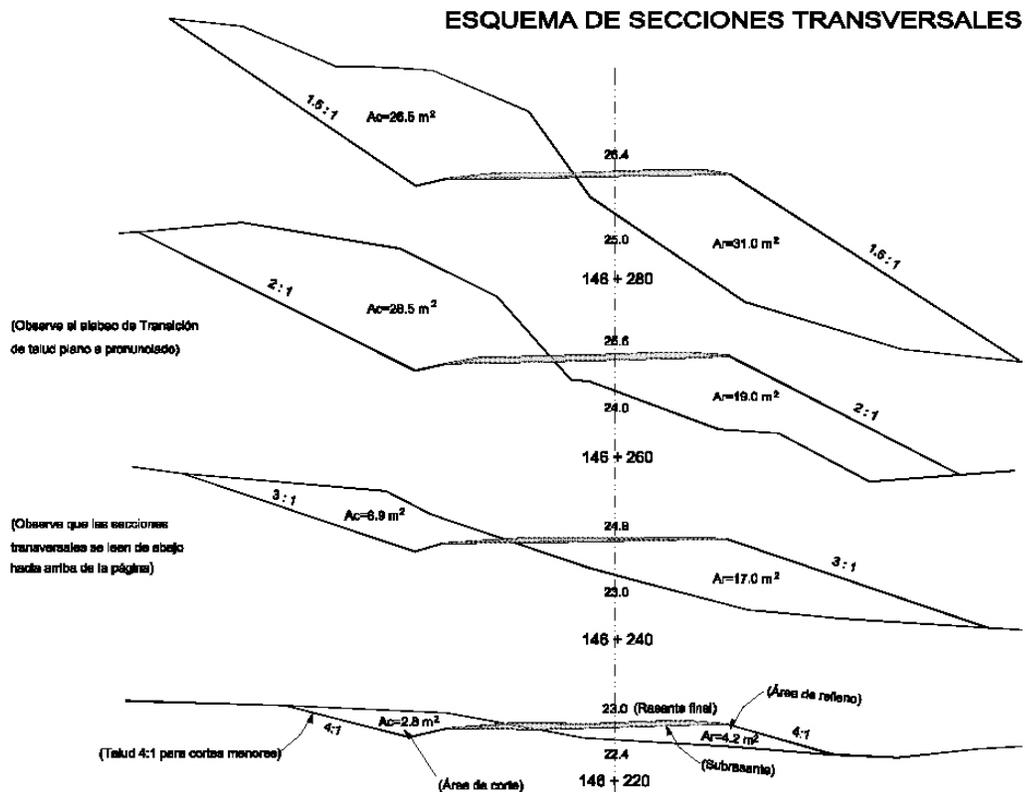
SECCIONES TRANSVERSALES						ACATLAN, EDO. DE MEX. 05-May-09	
P.V.	+		-	L.I.	COTAS	CROQUIS Y NOTAS	
SECCIÓN X = 260							
EJE	3,840	163,554			159,714		
Y 420				1,852	161,702		
Y 440				0,350	163,204		
EJE	1,162	160,876			159,714		
Y 380				2,976	157,900		
Y 360				4,381	156,495		
SECCIÓN X = 280							
EJE	3,501	165,913			162,412		
Y 420				1,103	164,810		
PL 1	2,802	167,956	0,759		165,154		
Y 440				1,541	166,415		
EJE	1,356	163,768			162,412		
Y 380				2,072	161,696		
Y 360				3,458	160,310		

Aplicaciones de las secciones transversales

Configuración de predios



Secciones transversales de construcción de un camino



6.6 Configuración Topográfica

En topografía la Configuración es la representación del relieve del terreno por medio de curvas de nivel.

Los planos topográficos, así como las cartas topográficas, no solo muestran los detalles naturales y artificiales debidos a la acción del ser humano, también muestran el relieve del terreno, o sea su altura y por ello constituyen un elemento indispensable en el proyecto de obras de ingeniería y arquitectura en donde se requiera tomar en consideración la forma del terreno.

Clasificación de los accidentes del terreno

Para representar un terreno y comprender su representación debemos conocer primero su clasificación dependiendo de su estructura, su naturaleza o su producción.

Terreno llano: Es aquel que presenta pendientes suaves.

Terreno sinuoso u ondulado: Es aquel formado por elevaciones y depresiones de pequeña importancia. Son pendientes que permiten el acceso en todas las direcciones.

Terreno quebrado: Tiene elevaciones y depresiones de mayor importancia, de difícil acceso, existiendo puntos por los que se puede atravesar con facilidad.

Terreno escarpado o montañoso: Presenta bruscos cambios de pendiente y cortados frecuentes. Sus laderas son abruptas y a veces inaccesibles.

Según la naturaleza lo clasificaremos en:

Terreno compacto: Es el que presenta un suelo firme.

Terreno pedregoso: El que presenta en zonas o en su totalidad piedras o terreno suelto.

Terreno blando: El que presenta poca consistencia en su terreno.

Terreno arenoso: El que presenta amplias zonas de arena y dunas (desiertos).

Terreno pantanoso: Es la zona de terreno donde el agua por no correr libremente se estanca formando cieno y barro.

Accidentes del terreno. Los principales accidentes del terreno son los siguientes:

a) elevaciones.

Montaña: Gran elevación del terreno que destaca sobre el que le rodea, su parte más alta es la cima. Si esta es alargada se denomina cresta y si es puntiaguda se denomina pico.

Monte: Pequeña elevación del terreno, respecto al que le rodea. Si tiene forma alargada se llama loma. Cuando sus laderas tienen mucha pendiente se le denomina cerro y si está aislado se llama otero.

Laderas o vertientes: Son las superficies laterales de cada elevación.

b) depresiones

Vaguada: Es la intersección por su parte inferior de dos vertientes o laderas opuestas.

Barranco: Es una vaguada cuyas vertientes presentan terreno escarpado.

Collado: Es una depresión entre dos divisorias, si es de fácil acceso se denomina puerto. Si es largo y estrecho, garganta y si es muy profundo cañón o desfiladero.

Valle: Es un terreno más o menos llano, comprendido entre dos divisorias, por el cual normalmente discurre un curso de agua.

Río: Es una corriente de agua de mayor o menor importancia. El terreno por donde discurren sus aguas se denomina cauce o lecho. Cuando solo circula en tiempos de lluvias se llama torrentera.

Confluencia: Es el punto de unión de dos cursos de agua.

Vado: Es el lugar de un río o arroyo por donde se puede cruzar a pie o en vehículo.

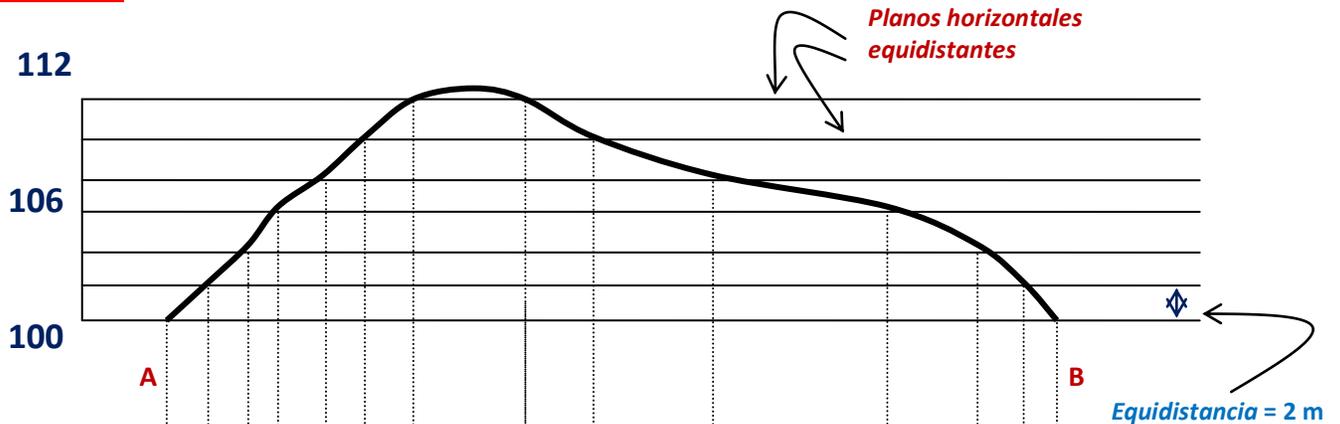
Hoya: Es una depresión de terreno respecto al que le rodea. Si la hoya tiene agua permanente y es de grandes dimensiones, se llama lago. Y si es de pequeñas dimensiones se llama charca.

Costa: Es la franja de terreno colindante con el mar. Si es baja y arenosa se llama playa. Y si es abrupta y escarpada se llama acantilado.

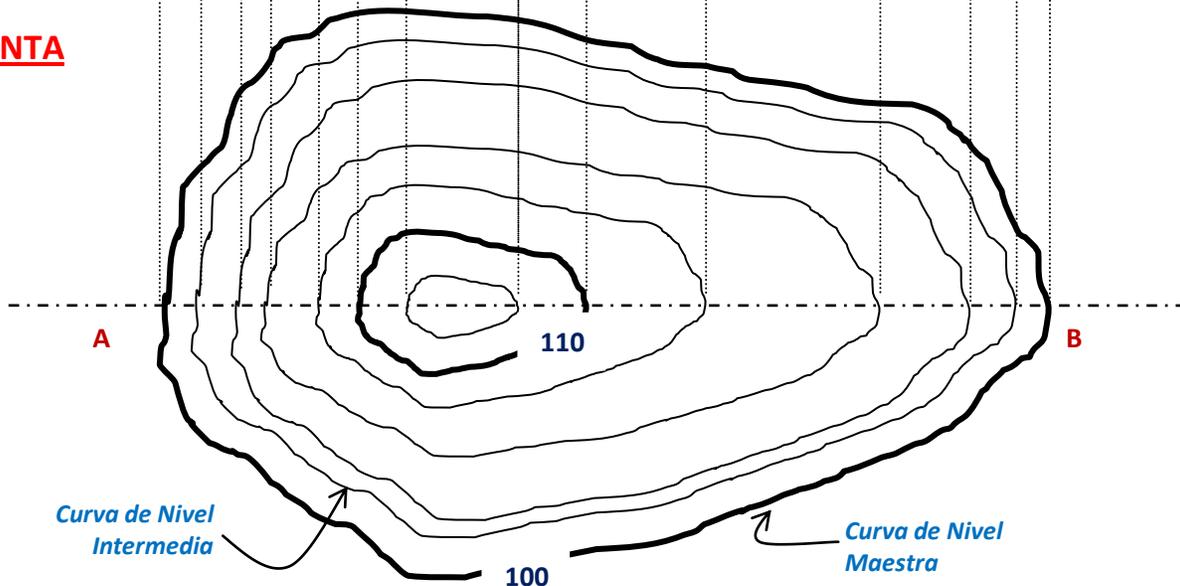
Curvas de nivel

Si se supone un terreno cualquiera cortado por una serie de planos paralelos al de comparación y equidistantes entre si, estos planos determinan en sus intersecciones con el terreno una serie de curvas que reciben el nombre de curvas de nivel.

ELEVACIÓN



PLANTA



Definiciones.

Curva de Nivel. Es la representación en proyección horizontal de una línea que une puntos de igual cota.

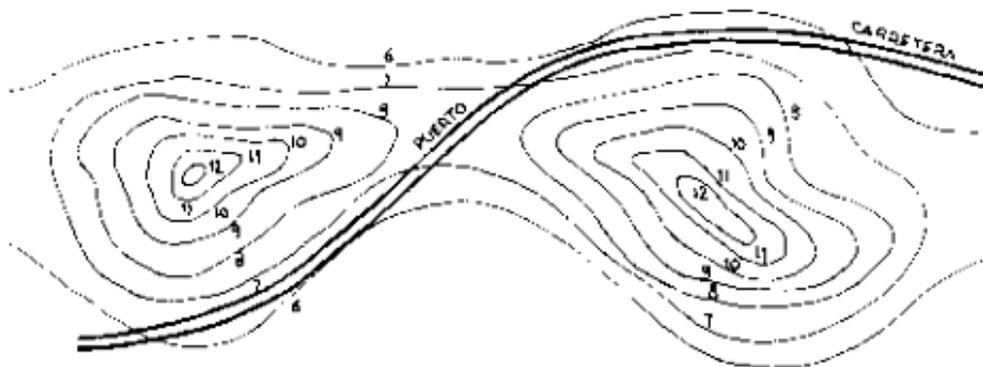
Equidistancia. Es la separación vertical que existe entre dos curvas de nivel consecutivas, depende de la escala del dibujo y de la pendiente del terreno.

Curvas de Nivel Maestras. Son las quintas curvas a las que se indica cota o elevación.

Curvas de Nivel Intermedias. Son las comprendidas entre las curvas maestras y se representan con menor calidad de línea.

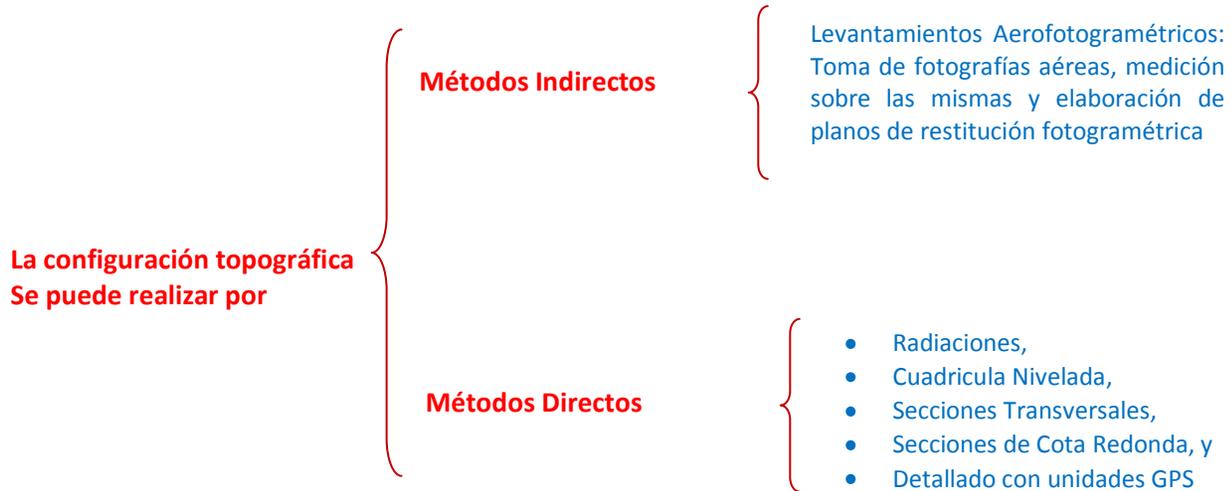
Características de las Curvas de Nivel

1. Toda curva debe cerrar sobre sí misma. Esto puede ocurrir dentro del área levantada o fuera de ella y por tanto, no aparecer en el plano.
2. Una curva no puede ramificarse en otras de la misma cota.
3. Las curvas no se pueden juntar o cruzar porque representan contornos de diferente cota en el terreno.
4. Las curvas solo se cruzan entre sí en el caso de una caverna o de un peñasco en voladizo.
5. una curva sola no puede quedar entre otras dos de mayor o menor cota.
6. La distancia horizontal entre dos curvas de nivel consecutivas es inversamente proporcional a la pendiente.
7. Las curvas igualmente espaciadas indican pendiente uniforme.
8. Si el espaciamiento entre las curvas es amplio la pendiente es suave, si es muy estrecho la pendiente es fuerte y si las curvas llegan a quedar sobrepuestas indicara un acantilado.
9. Las curvas concéntricas y cerradas representan una elevación ó una depresión, según que las cotas vayan creciendo o decreciendo hacia el centro, respectivamente.
10. Las curvas son perpendiculares a las líneas de máxima pendiente y tienden a ser paralelas a las corrientes.
11. Las curvas en las divisorias de las aguas son cóncavas hacia la parte más alta mientras que en los arroyos o vaguadas son convexas.

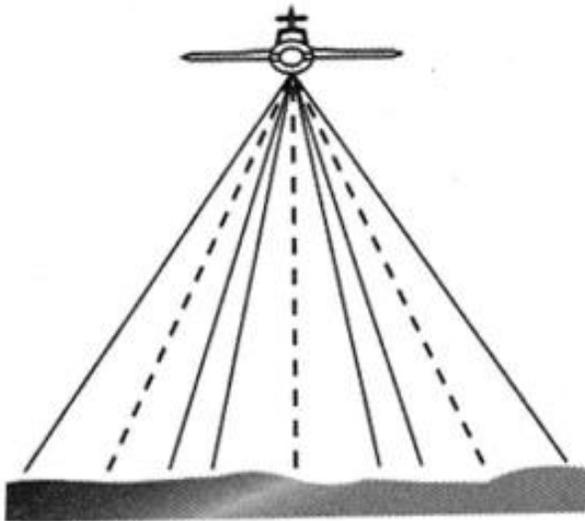


Las características de las curvas de nivel nos ayudan a interpretar los planos topográficos, en la figura se aprecia un puerto, en el diseño de caminos es punto obligado en la localización de la ruta.

MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO PARA LA CONFIGURACIÓN TOPOGRÁFICA.



Fotogrametría es la ciencia de obtener medidas por medio de la fotografía, pasando de la proyección cónica del objeto fotografiado a la proyección ortogonal por medio de la restitución. Los levantamientos Aerofotogramétricos tienen su especial aplicación en el levantamiento de grandes extensiones de terreno.



Fotografía Aérea



Toma Aérea de una zona urbana

En este curso nos ocuparemos de los métodos directos o de superficie.

Especificaciones Para El Levantamiento Topográfico

Antes de iniciar un levantamiento deben definirse las especificaciones técnicas de precisión que deben cumplirse para satisfacer con los requerimientos señalados en el alcance de nuestro trabajo. Estas especificaciones son las que marcan la pauta para definir el método y el equipo a emplear.

ESPECIFICACIONES PARA LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS					
ACTIVIDAD	CLASIFICACIÓN	PRECISIÓN	MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO	EQUIPO TOPOGRÁFICO	OBSERVACIONES
CONTROL HORIZONTAL	TERCER ORDEN CLASE I	1: 10,000	POLIGONACIÓN G P S	EQUIPO DE MEDICIÓN ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS (MED) G P S	ESTACIONES TOTALES Y DISTANCIÓMETROS, TEODOLITOS ÓPTICOS O ELECTRÓNICOS; GPS ESTÁTICO
	TERCER ORDEN CLASE II	1: 5,000	POLIGONACIÓN G P S	TRANSITO Y CINTA. G P S	TRÁNSITOS DE LIMBO VISIBLE Y TEODOLITOS ÓPTICOS; GPS ESTÁTICO
CONTROL VERTICAL	TERCER ORDEN CLASE ÚNICA	TOLERANCIA EN mm $T = 12 \sqrt{K}$ CIRCUITO EN Km.	NIVELACIÓN DIFERENCIAL DE IDA Y REGRESO	NIVEL AUTOMÁTICO O BASCULANTE	NIVEL DE INGENIERO AUTOMÁTICO, O ELECTRÓNICO
LEVANTAMIENTO DE DETALLE Y CONFIGURACIÓN	TERCER ORDEN CLASE I	± 1.0 Cm EN POSICIÓN Y ELEVACIÓN RESPECTO A LA ESTACIÓN.	RADIACIONES; OBTENCIÓN DE COORDENADAS X,Y,Z SIMULTÁNEAMENTE; G P S CINEMÁTICO	EQUIPO (MED) MEDICIÓN ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS G P S	ESTACIONES TOTALES Y DISTANCIÓMETROS ACOPLADOS A TEODOLITOS ÓPTICOS O ELECTRÓNICOS; GPS CINEMÁTICO
	TERCER ORDEN CLASE II	± 10 Cm EN POSICIÓN ± 2.0 Cm EN ELEVACIÓN RESPECTO A LA ESTACIÓN	RADIACIONES: TRANSITO Y CINTA, TRANSITO Y ESTADÍA; CUADRICULA, SECCIONES TRANSVERSALES; G P S CINEMÁTICO	TRANSITO Y CINTA, ESTADÍA, NIVEL G P S	TRÁNSITOS DE LIMBO VISIBLE Y TEODOLITOS ÓPTICOS; GPS CINEMÁTICO

La clasificación está de acuerdo a las *Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos y Topográficos*, Secretaria de Hacienda y Crédito Público; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Los métodos de levantamiento, equipo y observaciones son propuestos por el autor.

La clasificación de tercer orden clase I se emplea para los proyectos locales de desarrollo, levantamientos topográficos e hidrográficos y proyectos de ingeniería. La categoría de tercer orden clase II se emplea para los levantamientos en áreas de valor medio a bajo del suelo, en predios rústicos o urbanos.

Podemos considerar que por su amplia aplicación en la práctica profesional la poligonación es el sistema de control más eficaz para los levantamientos topográficos que tengan por finalidad el diseño de obras civiles o arquitectónicas de diverso tipo.

Cuando se trata de la configuración de pequeños predios, menores a 5 Has, el control topográfico, puede realizarse simultáneamente al levantamiento de detalles; para el caso de extensiones mayores, los trabajos se desarrollaran conforme se indica en la siguiente secuencia.

Etapas del control topográfico por medio de poligonación para la configuración de predios:

1. Recopilación de Información Previa
2. Reconocimiento del Terreno
3. Localización de las Poligonales de Apoyo
4. Dibujo del Croquis
5. Orientación de un Lado del Polígono de Apoyo Respecto de la Meridiana Magnética o Astronómica
6. Medición de Ángulos y Distancias de la Poligonal de Apoyo
7. Nivelación de la Poligonal de Apoyo
8. Comprobación Angular
9. Determinación del error de cierre de las nivelaciones
10. Cálculo del Apoyo Topográfico.

Cálculo del Apoyo Topográfico.- El apoyo topográfico horizontal y vertical deberá ser ajustado antes de iniciar los trabajos de configuración y detalle. A continuación se hará una descripción general de esta fase del trabajo en virtud de que ya se trataron los temas correspondientes a poligonación y nivelación.

El cálculo del apoyo topográfico, comprende las operaciones siguientes:

1. Se compensan los circuitos de nivelación realizados para obtener la elevación de las estaciones de las poligonales principal y secundarias que se hayan establecido.
2. Cálculo de las coordenadas de los vértices de la poligonal principal y circuitos de poligonación secundaria.

**Métodos de Levantamiento de Detalle y Relleno
Para la Configuración de Predios**

Para elaborar un plano topográfico se requiere conocer la posición y elevación de algunos puntos del terreno convenientemente elegidos; la forma de obtener esos datos necesarios es lo que diferencia a los métodos de configuración de predios:

- A. Método de radiaciones,
- B. Método de la cuadrícula nivelada,
- C. Método de secciones transversales,
- D. Método de secciones de cota redonda, y
- E. Detallado con unidades GPS.

A. Método De Radiaciones (Polar)

1. Concepto del Método de Radiaciones

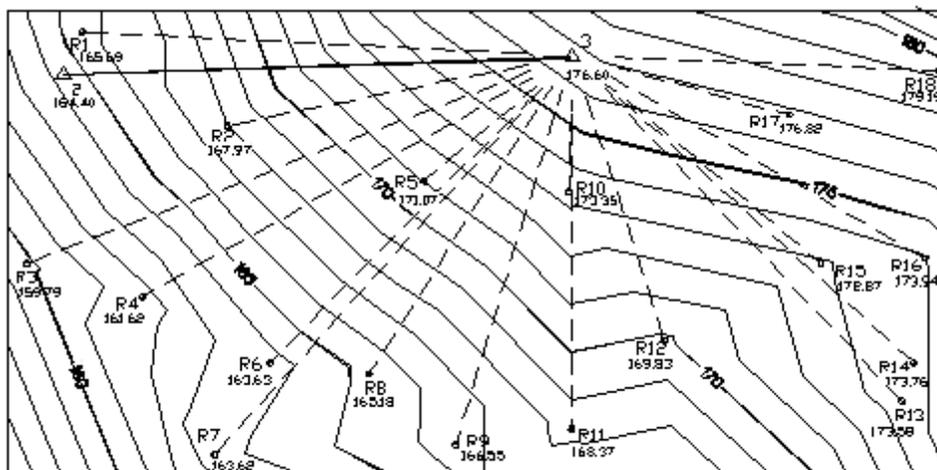
Este es el método que actualmente tiene más aplicaciones en el campo de la topografía para la configuración de predios. Es el complemento ideal de la poligonación, por tanto cuando determinemos emplear este método de configuración, el apoyo topográfico idóneo es el establecido por medio de poligonales de apoyo, aunque pueden emplearse otros procedimientos para establecer el apoyo topográfico como el sistema GPS y posteriormente hacer la configuración y detalle por radiaciones.

El procedimiento de configuración por este método consiste en que partiendo del apoyo topográfico establecido, podemos localizar puntos característicos del terreno "radiando", es decir obteniendo su dirección y distancia; para obtener su dirección medimos el ángulo correspondiente en relación a un lado de nuestro polígono de apoyo.

Este método se puede utilizar en combinación con otros; por radiaciones podemos localizar los detalles o instalaciones existentes como árboles, linderos, postes, servicios y obras de infraestructura en general y emplear para la configuración del terreno otro procedimiento.

2. Radiaciones con Estación Total

El método de radiaciones es la mejor opción para configuración cuando se emplean instrumentos de medición electrónica de distancias como distanciómetros y estaciones totales y alcanza su máxima eficiencia cuando se cuenta con dispositivo de registro de datos. Inicialmente se cargan en la memoria del instrumento los valores coordenados de las estaciones de control, ya con el aparato centrado y nivelado en la estación respectiva, se asignan las coordenadas previamente cargadas a la estación que corresponda; se orienta el instrumento acimutalmente respecto a la estación de atrás, se mide la altura de aparato y del reflector, registrándose estos datos en la memoria del instrumento y ya se está en posibilidad de radiar los detalles a medir registrándose los datos de coordenadas automáticamente al hacer una observación, la cual toma unos cuantos segundos. La ventaja de la estación total no termina ahí, en gabinete mediante el software de topografía se procesa la información obtenida y se procede a la elaboración del dibujo.



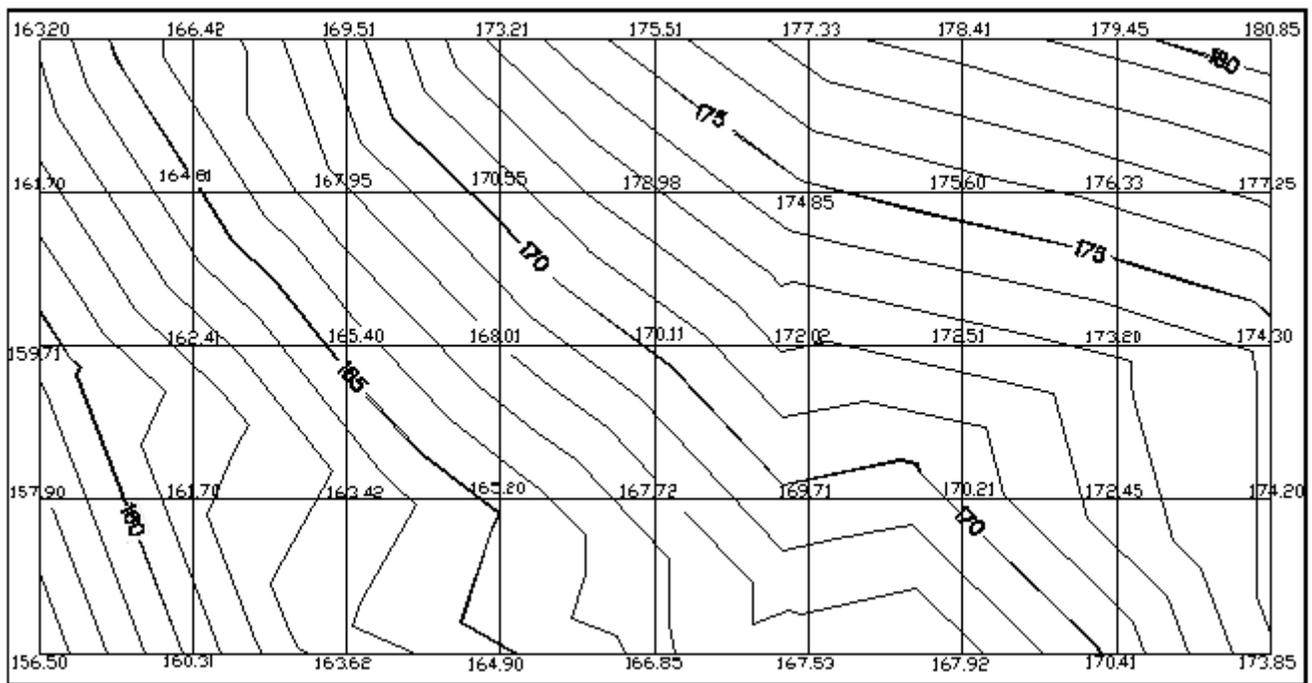
Método de Radiaciones

Apoyados en el lado base 2-3, desde la estación 3 se levantan por radiaciones puntos característicos del terreno para generar la configuración del relieve del terreno por medio de curvas de nivel.

B. Método de la Cuadrícula Nivelada

Consiste en una cuadrícula equidistante por lo regular a cada 20 metros, la cual se traza, se estaca en el terreno y se nivela para obtener la elevación de los puntos de la retícula; Es común que la cuadrícula coincida con las veintenas de los valores coordenados en ambos ejes, este sistema de cuatro puntos de coordenadas, por una densidad de 400 m² (20 X 20m) es la base sobre la que pueden posteriormente dibujarse las curvas de nivel.

Este método fue muy utilizado hasta antes del surgimiento del uso masivo de la computación para los diseños civiles que tenían que ver con el movimiento de tierras, ya que posibilitaba la elaboración de la planta topográfica y el dibujo de las secciones transversales de manera directa, para el posterior cálculo de las estimaciones de volumen. En la actualidad en el campo productivo, esa ventaja se ha desvanecido con métodos de campo más rápidos como el de radiaciones realizadas con equipo de medición electrónica y procesamiento de datos y software de cálculo y dibujo.



Método de la Cuadrícula Nivelada

C. Método de Secciones Transversales

Este método consiste en localizar uno o más polígonos de apoyo que nos permitan cubrir la zona a levantar y después se obtienen los perfiles o secciones del terreno, transversales a los lados del polígono, cubriendo el área requerida. Las secciones pueden hacerse con el espaciamiento que convenga, entre más cerrado se haga el seccionamiento, menos detalles se escapan y más fiel resulta la representación del terreno. En términos generales es convención utilizar un espaciamiento de 20 metros, pudiendo adicionar secciones intermedias cuando se requiera en los cambios de pendiente.

La secuencia del trabajo es la siguiente:

1. Los polígonos de apoyo se trazan, colocando trompos cada 20 metros y adicionalmente según se requiera en los cambios de pendiente.
2. Se nivela el perfil de los polígonos para obtener las cotas de todos los puntos.
3. Se levantan las secciones transversales en todos y cada uno de los puntos del polígono

En general las secciones son normales al polígono, pero en ciertos casos se requiere de secciones adicionales en algún punto intermedio o en cierta dirección, para fijar detalles importantes o cubrir vacíos que quedan en los vértices.

Las secciones transversales pueden levantarse con nivel fijo cuando el ancho de la zona por configurar es grande y el terreno sin fuertes pendientes para no tener que hacer cambios de posición del aparato que hacen tardada la operación, en estos casos de fuerte pendiente transversal es más conveniente el nivel de mano porque abrevia el tiempo de campo. Los puntos que se van nivelando se procura que tengan un espaciamiento igual a 20 metros en terrenos con pendiente uniforme y en cada cambio de pendiente según se requiera.



Método de Secciones Transversales

D. Método de Secciones de Cota Redonda

Consiste en localizar en el terreno una serie de puntos con la misma elevación, se procede al igual que para el caso del método de secciones transversales, solo que para este caso a la hora de obtener las secciones transversales, lo que buscamos es encontrar los puntos de cota cerrada inmediatos.

Pudiéndose levantar también con nivel fijo o con nivel de mano, este método es utilizado en el estudio de vías de comunicación, donde interesa el estudio de una franja de terreno definida por el trazo preliminar para el posterior diseño del eje de trazo definitivo. Por esta razón, es más común el utilizar nivel de mano ya que no vamos a configurar un ancho considerable de terreno, por lo regular en estos casos una franja de 50 metros a cada lado del eje es suficiente para cubrir los requerimientos de información; por los errores que se van acumulando al medir las distancias y al nivelar, lo conveniente es utilizar este método a un máximo de 100 metros de distancia del polígono.

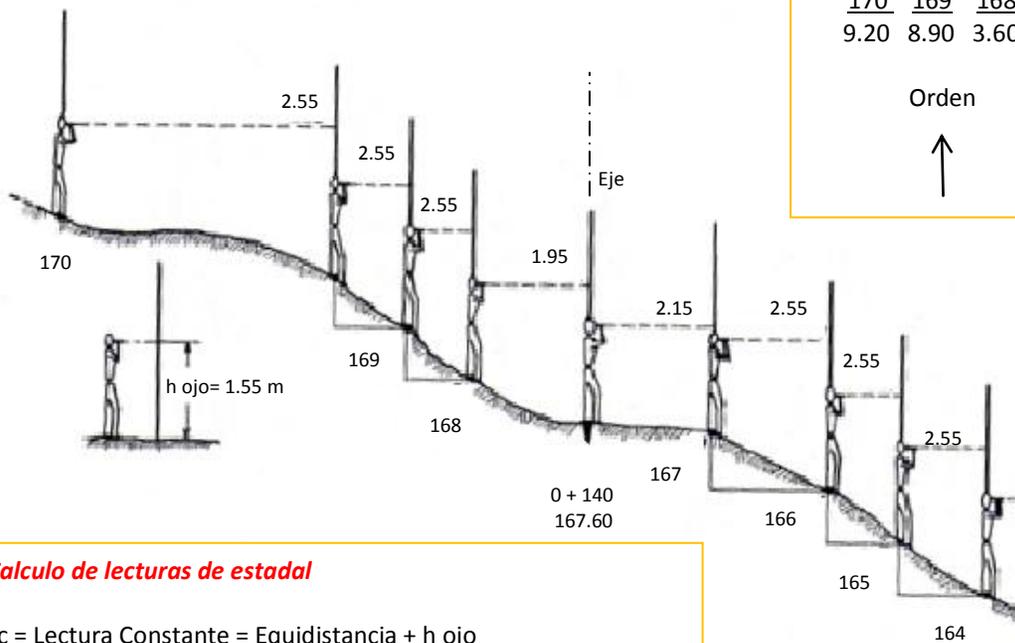
El primer paso es el trazo, el cual se establece por medio de una poligonal de apoyo, la cual se estaca a cada 20 m; se nivela el trazo mediante el procedimiento de nivelación de perfil para determinar la cota de todas las estaciones de 20 metros; se levantan las secciones en cada estación.

Para obtener las secciones de cota cerrada del terreno existen dos situaciones, según si el terreno es ascendente o descendente, en cualquier circunstancia el seccionador estará por arriba del estadal, El seccionador, después de medir la altura que hay a su ojo, calculara lo que debe leer en el estadal, si va ascendiendo, el se aleja hasta hacer la lectura correcta; si el terreno es descendente, el estadal es el que se va alejando hasta obtener la lectura esperada. Se mide la distancia que se alejo el estadal y se anotan los datos *cota – distancia* en forma de fracción.

La secuencia de los trabajos se va llevando como se indica en las siguientes figuras:

Configuración por secciones de cota redonda

El seccionador siempre está arriba del estadal leyendo las lecturas calculadas.



Registro de secciones de cota redonda

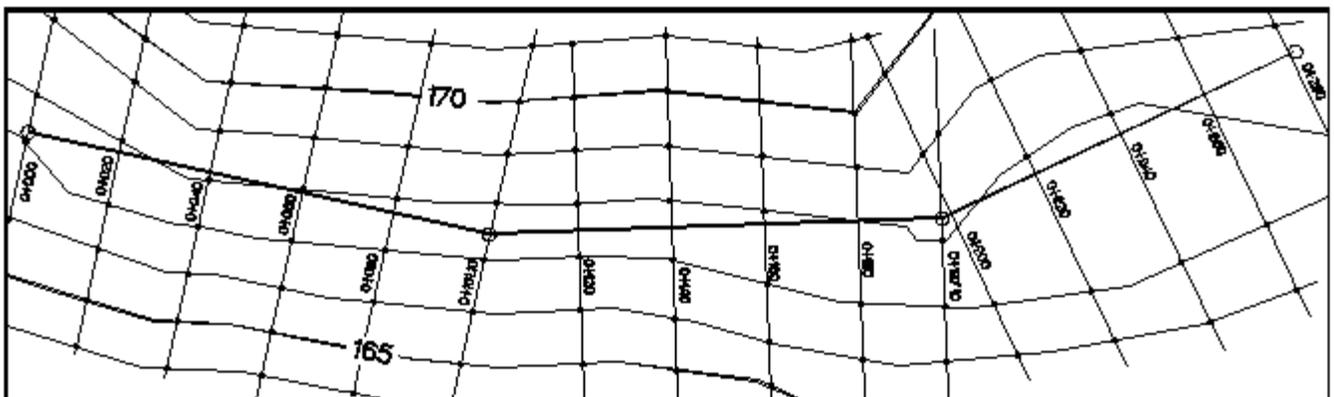
Izquierdas	Eje	Derechas
170	167.60	166
9.20	0+140	9.65
169		165
8.90		9.80
168		
3.60		
Orden	Distancia parcial al eje	
	167.50	
	0+120	

Calculo de lecturas de estadal

Lc = Lectura Constante = Equidistancia + h ojo
 Para una equidistancia de 1m:
 $Lc = 1.00 + 1.55 = 2.55 \text{ m}$

1ª cota cerrada ascendente (168)
 $h \text{ parcial} = \text{cota cerrada} - \text{cota estación} = 168 - 167.60 = 0.40 \text{ m}$
 $LE = \text{lect. de estadal} = h \text{ parcial} + h \text{ ojo} = 0.40 + 1.55 = 1.95 \text{ m}$

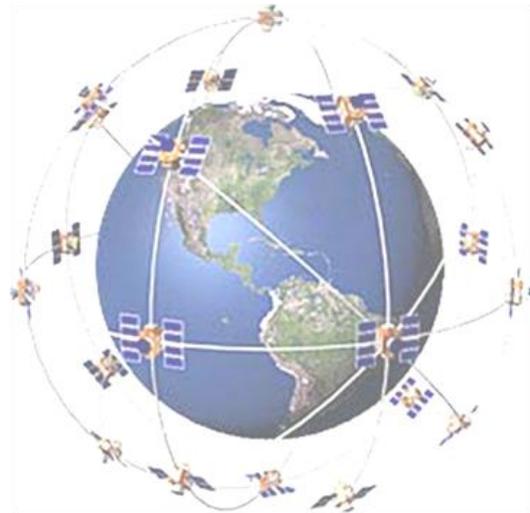
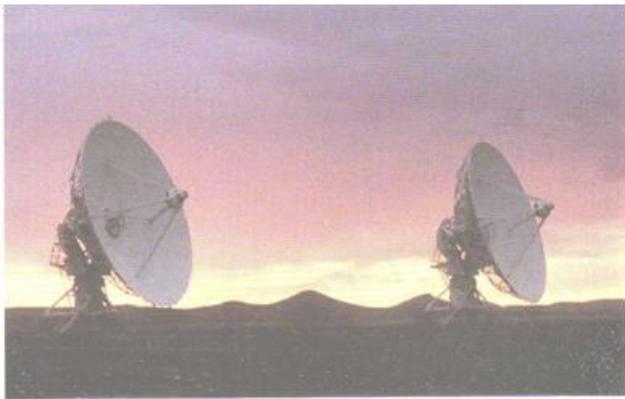
1ª cota cerrada descendente (167)
 $h \text{ parcial} = \text{cota estación} - \text{cota cerrada} = 167.60 - 167 = 0.60 \text{ m}$
 $LE = \text{lect. de estadal} = h \text{ parcial} + h \text{ ojo} = 0.60 + 1.55 = 2.15 \text{ m}$



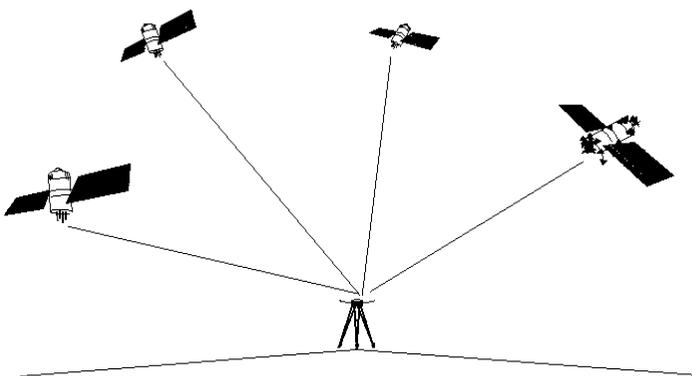
Dibujo de la Configuración por el Método de Secciones de Cota Redonda

E. Detallado Con Unidades GPS

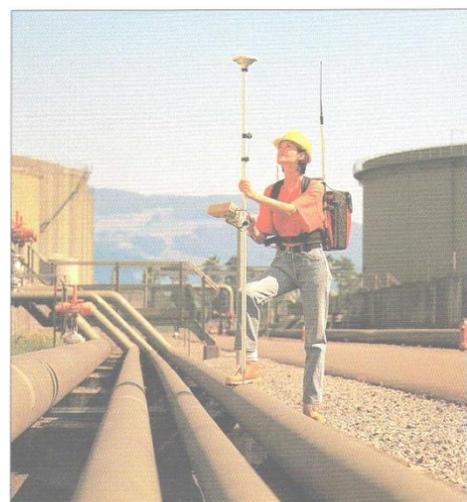
El Sistema de Posicionamiento Global **GPS** por sus iniciales en ingles, es un procedimiento nuevo de levantamiento basado en la recepción de satélites, lo cual permite la determinación de posiciones de puntos sobre la tierra. En la actualidad el desarrollo de equipos más pequeños y portátiles, así como un costo más accesible y el diseño de procedimientos más refinados como Levantamientos GPS “Cinemáticos” y “Cinemáticos en Tiempo Real” son convenientes para levantamientos topográficos. Con cualquiera de esos procedimientos, se pueden determinar las posiciones de puntos en cualquier lugar en que se coloque un receptor. Sin embargo es necesario que la antena del receptor esté libre de obstáculos respecto a los satélites, así que el GPS no es apropiado para la localización directa de árboles grandes, o bajo cobertura vegetal densa, edificios altos u otros objetos que interfieran con los satélites.



Constelación de Satélites para el Sistema de Posicionamiento Global



GPS Estático



GPS Cinemático

Precisión de los levantamientos con GPS. Con GPS estático se pueden alcanzar precisiones de 1:50,000 hasta 1: 100'000,000 dependiendo del equipo y procedimiento empleado.

Aplicación de los Levantamientos con GPS:

- Control topográfico,
- Navegación, y
- Levantamientos en zonas despejadas, complicadas o inaccesibles por otros métodos.

La aplicación de los levantamientos con GPS para proyectos de arquitectura e ingeniería esta en el establecimiento del apoyo topográfico, a partir del cual se pueden realizar los levantamientos de detalle. Por lo que se puede subcontratar el servicio (compra de vértices GPS) a compañías que suministren el servicio de GPS estático para alta precisión; en caso de pequeños predios el posicionamiento puede realizarse con GPS portátil de aproximación métrica (de 1 a 3 metros).

Interpolación de Curvas de Nivel

Para obtener la localización de las curvas de nivel a partir de los puntos dibujados, tenemos que interpolar las elevaciones requeridas a partir de la cota de dichos puntos. Esta interpolación puede hacerse por estimación, por cálculo, por métodos gráficos y con software de topografía.

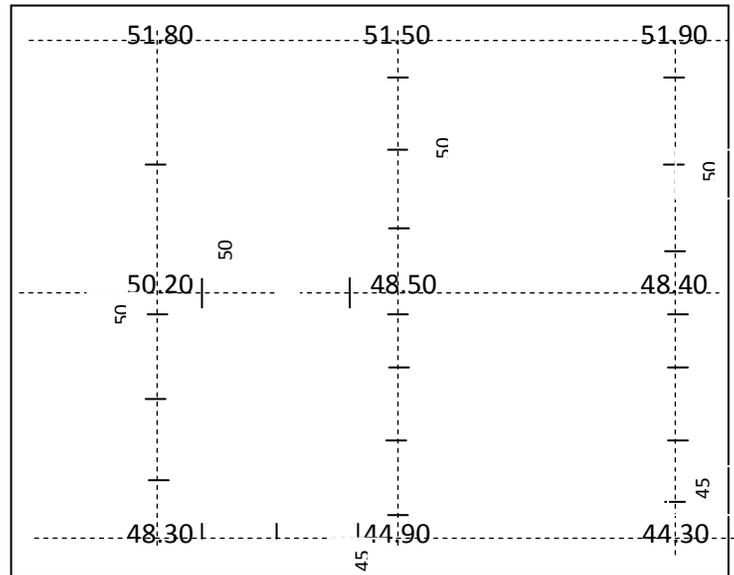
En los casos descritos, lo que se obtienen son solo algunos puntos de una curva de nivel determinada, esta curva la dibujaremos a mano uniendo los puntos obtenidos. Las curvas de nivel siguen trayectorias regulares, excepto en casos de afloramientos rocosos, por tanto son líneas redondeadas dependiendo de la regularidad de las formas del terreno. El dibujar con cuidado cada quinta curva generalmente ayudará a dar forma apropiada a las otras, ya que se utilizan como guías para trazar las intermedias, estas quintas curvas se conocen como maestras y se representan en el dibujo con una línea de más calidad.

Por estimación.- Se utiliza este método para obtener configuraciones aproximadas, cuando no se requiere de precisión, en trabajos preliminares o de factibilidad y cuando la escala del plano es intermedia o pequeña.

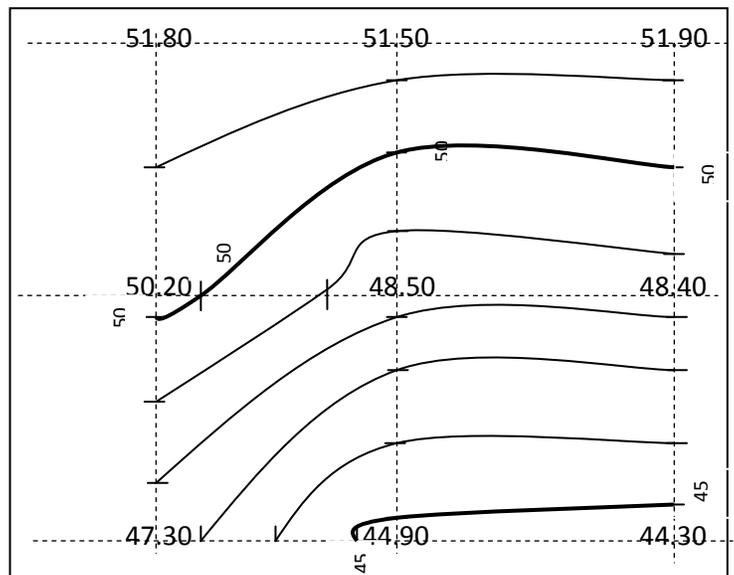
Ejercicio.- por estimación determina los puntos de paso de las curvas de nivel a equidistancias de un metro entre las cotas indicadas, considerando al punto decimal como la localización del punto; genera la configuración uniendo los puntos de igual cota.

51.80	51.50	51.90
50.20	48.50	48.40
48.30	44.90	44.30

Localización a estima de los puntos de paso de las curvas de cota cerrada.



Dibujo de las curvas de nivel a mano alzada, las curvas maestras se localizan primero y sirven de guía para las intermedias.



Por cálculo.- Se utiliza este método cuando se trabaja el dibujo tradicional a mano y se requiere exactitud. Consiste en determinar por interpolación entre dos puntos de cota conocida, la distancia de paso de las curvas de nivel en relación uno de los puntos conocidos, en función de la pendiente.

Ejercicio.- Determina por cálculo los puntos en que las curvas de nivel de cotas 102,104, 106, 108, 110 y 112 cortan a la línea 1- R₁ ; con los siguientes datos:

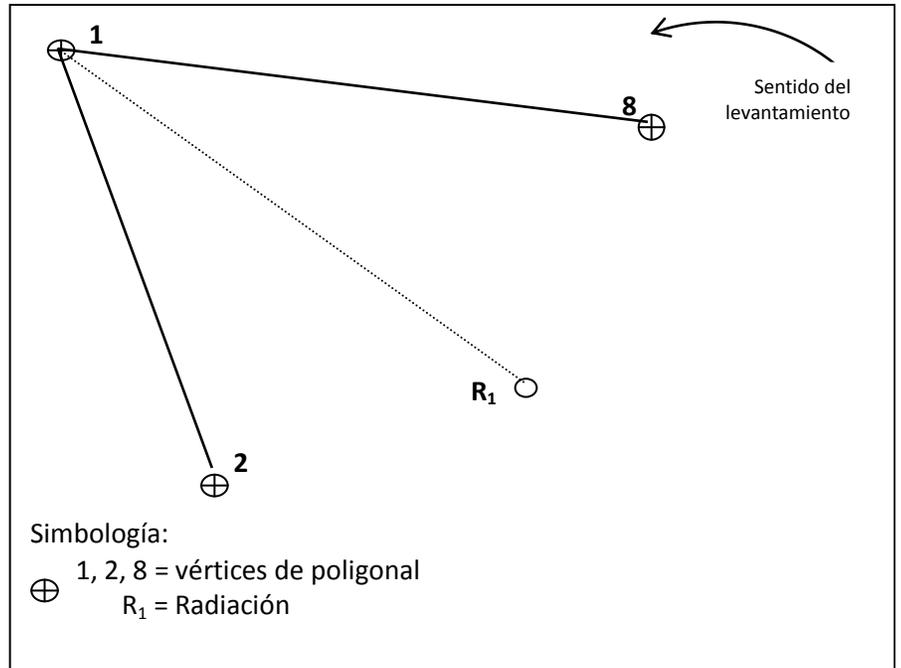
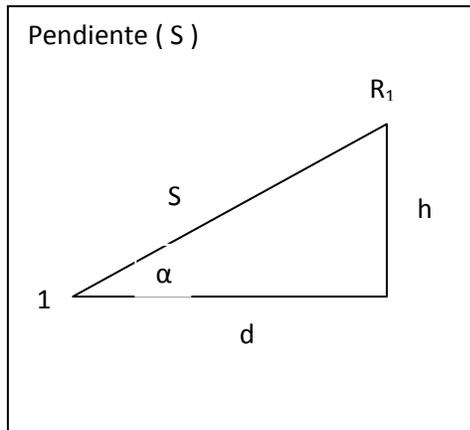
Datos:

Cota de 1 = 100.500 m

Cota de R₁ = 112.280 m

Distancia 1 – R₁ = 162.069 m

Equidistancia = 2 m



$$h = \text{Cota } R_1 - \text{Cota vértice 1} ; h = 112.280 - 100.500 ; h = 11.780 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente } S = \tan \alpha = h / d = 11.780 / 162.069 ; S = 0.07269 \text{ (pendiente unitaria)}$$

Como: $S = h / d ; d = h / S$ para el cálculo de las distancias parciales

Si tomamos como punto de referencia al vértice 1, el primer desnivel parcial sera:

$$h_1 = \text{Cota } 102 - \text{Cota } 100.500$$

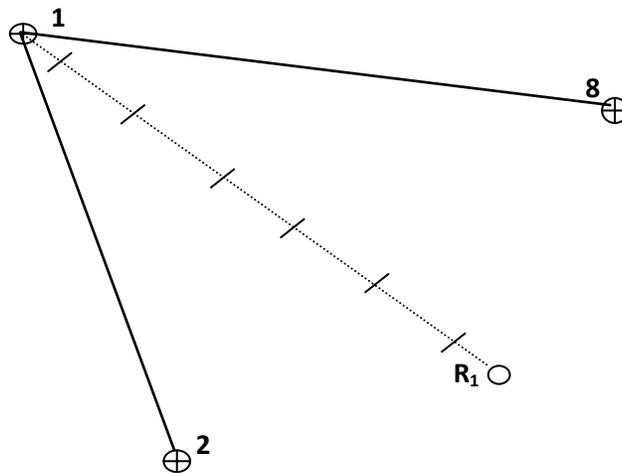
Como la equidistancia es de 2m los desniveles parciales h_n tendrán ese mismo valor de 2m.

Formula: $d = h / S$

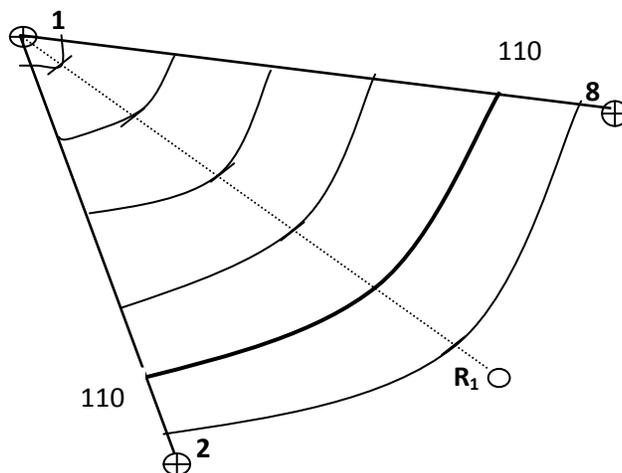
Paso de la curva	Cálculos	Distancia parcial	Distancia desde Est 1
102	$d_1 = 1.50 / 0.0727$	20.637	20.637
104	$d_2 = 2.00 / 0.0727$	27.516	48.153
106	$d_3 = 2.00 / 0.0727$	27.516	75.669
108	$d_4 = 2.00 / 0.0727$	27.516	103.185
110	$d_5 = 2.00 / 0.0727$	27.516	130.701
112	$d_6 = 2.00 / 0.0727$	27.516	158.217
cierre	$d_7 = 0.28 / 0.0727$	3.852	162.069

Normalmente se omite el registro de los cálculos, llevando la secuencia indicada se hace uso de las memorias de la calculadora para conservar los valores constantes (pendientes) y pasar de las distancias obtenidas al empleo del escalímetro para ubicar a escala sobre el dibujo los puntos de paso calculados.

Localización con escalímetro de los puntos de paso de las curvas de nivel

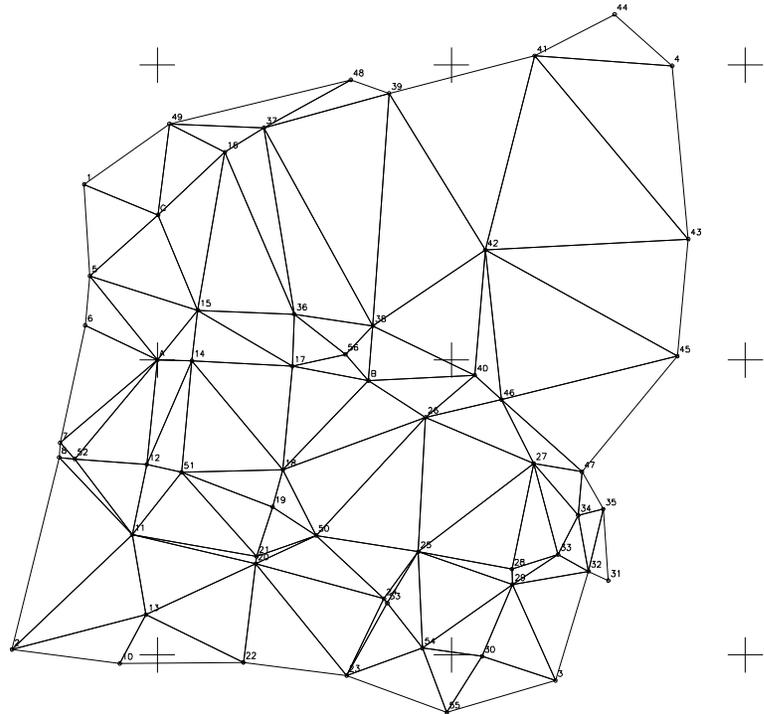


Dibujo de las curvas de nivel, para efectos del ejercicio, los puntos de paso entre los lados 1 – 8, 1 – 2 se suponen determinados previamente.

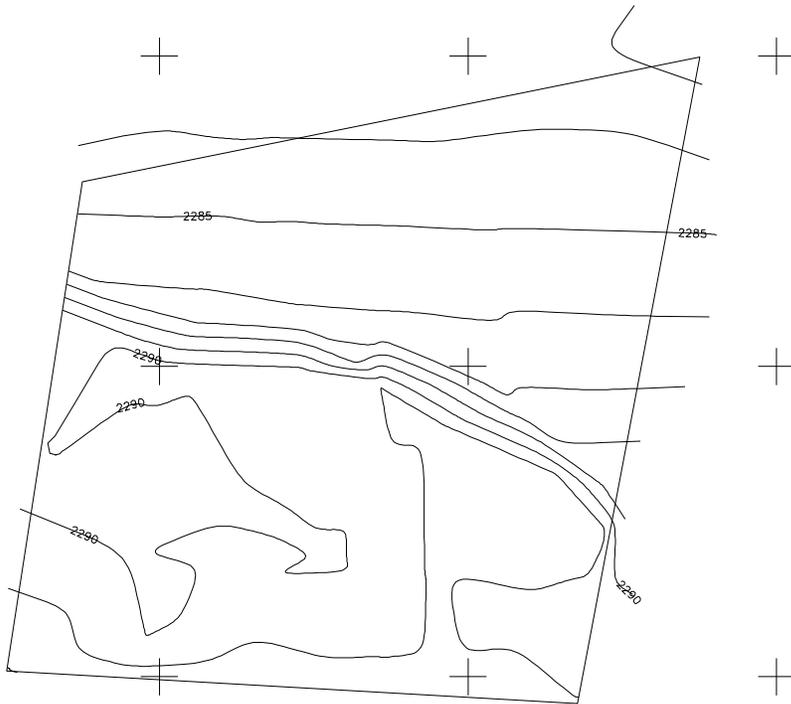


Interpolación de curvas de nivel mediante software de topografía. Esta realiza mediante una rutina conocida como “triangulación” contenida en los programas con aplicaciones de topografía; se realiza posterior al vaciado de los puntos levantados, consiste en la generación de una red de triángulos, cuyos lados representan las líneas de interpolación para las curvas de nivel; estas líneas pueden ser modificadas para que las interpolaciones resultantes sean lo más representativas del terreno. La rutina permite definir para la generación de curvas de nivel la equidistancia, la curvatura y el color.

Triangulación

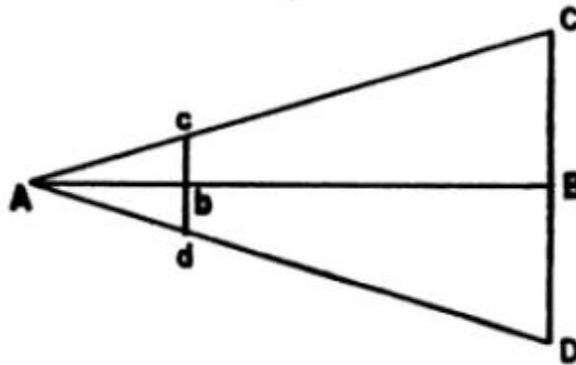


Configuración



$$\frac{AB}{Ab} = \frac{CD}{cd}$$

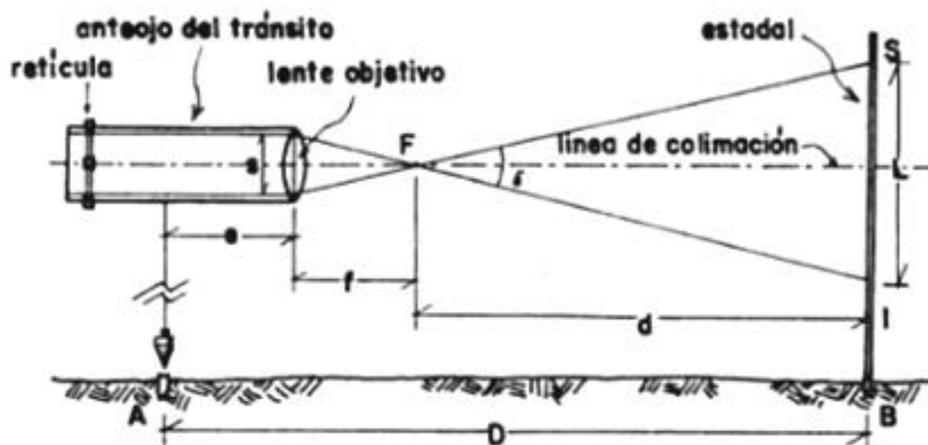
$$AB = \frac{Ab}{cd} CD$$



Quedando determinada **AB** si se conocen **Ab**, **cd** y **CD**.

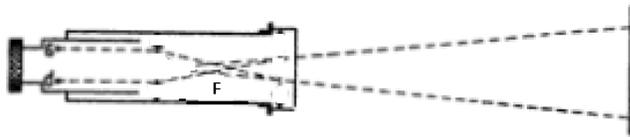
Como **AB** es la distancia que se desea medir y **CD** es la parte de estadal comprendida entre los hilos **c** y **d** de la retícula y la relación **Ab/cd** es una constante del aparato.

La Estadia Simple



En terreno plano, el procedimiento empleado para la medición de distancias se conoce con el nombre de estadia simple. En este caso las visuales dirigidas al estadal se consideran horizontales. Este caso se ilustra en la figura anterior; donde:

- A = estación
- B = punto visado
- D = distancia de la estación A al punto visado B
- e = distancia entre el centro del instrumento (en el eje azimutal) y el centro de la lente objetivo
- f = distancia focal de la lente objetivo
- d = Distancia entre el foco de la lente objetivo y el estadal
- s = separación de los hilos estadimétricos
- F = Foco principal de la lente objetivo o punto analítico
- δ = ángulo diastimométrico
- L = distancia interceptada sobre el estadal por los hilos estadimétricos



Telescopio de enfoque interno

En la actualidad los aparatos (tránsitos, teodolitos y niveles) son de enfoque interno, es decir, tienen el foco principal central. La fórmula para determinar la distancia es:

$$D = LC \quad (1)$$

Donde:

D = Distancia

L = Diferencia de lecturas leídas en el estadal estadal (HS – HI)

C = Constante grande del instrumento, por lo general igual a 100.

Ejemplo 1.- determina la distancia estadimétrica entre la estación y el punto visado con los siguientes datos:

C = 100

HS = 2.504

HI = 0.612

Formula:

$$D = LC$$

Solución: $L = H_s - H_i = 2.504 - 0.612 = 1.892$

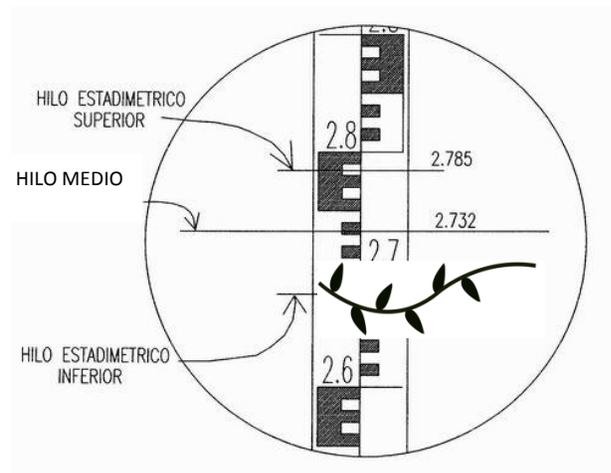
$$D = 1.892 (100) = 189.2 ; \quad \mathbf{D = 189.2 \text{ m}}$$

Ejemplo 2.- determina la distancia estadimétrica entre la estación y el punto visado con los datos de la siguiente figura:

La lectura en el hilo inferior no se puede observar, los hilos son equidistantes, por lo que $L = 2(HS - HM)$

$$L = 2 (2.785 - 2.732) = 0.106$$

$$D = LC = 0.106 (100) = 10.6 \text{ m}$$



Ejemplo 3.- determina la distancia entre la estación y el punto visado cuando se tienen los siguientes datos:

$$HS = 1.565$$

$$HI = 1.000$$

Formula:

$$D = LC$$

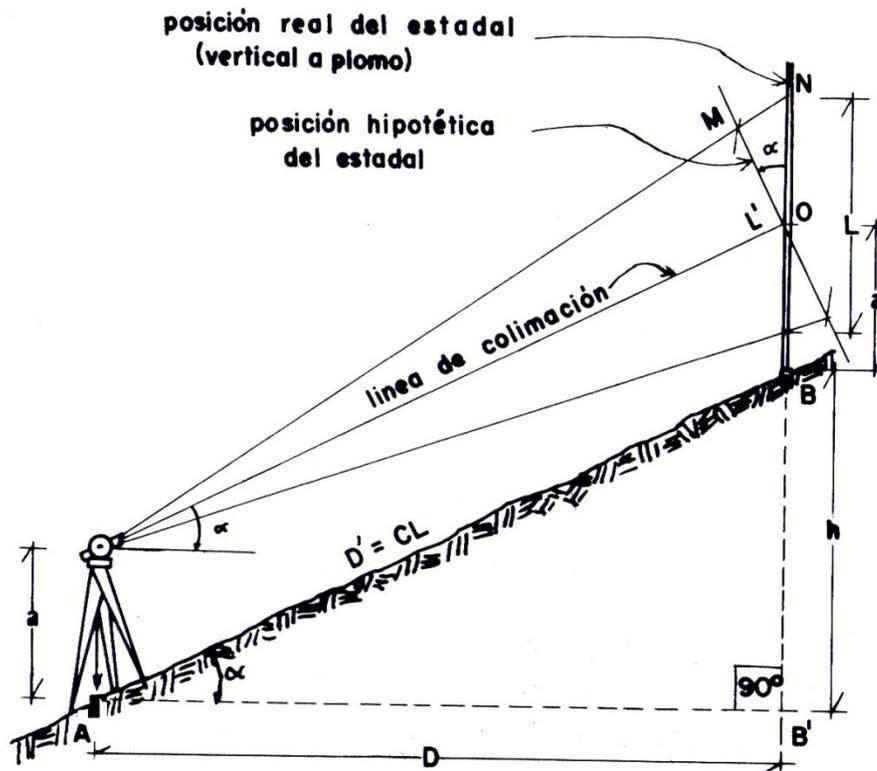
$$\text{Solución: } L = 1.565 - 1.000 = 0.565$$

$$D = 0.565 (100) = 56.5 \text{ m}$$

Para simplificar el trabajo con estadia, es más conveniente llevar el hilo inferior a una lectura de un metro, de esta forma el cálculo de la distancia es inmediato, ya que solo hay que restar a la lectura del hilo superior un metro y multiplicar por 100.

Estadia Compuesta

En terreno inclinado las mediciones con estadia permiten determinar la distancia y el desnivel entre la estación y el punto visado. Adicionalmente a las lecturas de estadal en este caso se requiere también de medir la altura de aparato y de llevar el hilo medio de la retícula a esta lectura de estadal para medir el ángulo vertical.



De la figura:

- A = estación
- B = punto visado
- D' = distancia inclinada, entre el instrumento y el estadal.
- D = distancia horizontal ó reducida al horizonte, del centro del instrumento al estadal.
- h = desnivel entre los puntos A y B.
- α = ángulo vertical ó de inclinación del terreno.
- a = altura del aparato en la estación.
- L' = lectura que se tomaría en el estadal si éste pudiera sostenerse normal a la visual, en el punto B.
- L = lectura que se toma en el estadal colocado en posición vertical, a plomo.

Si pudiera tomarse la lectura L' , la distancia inclinada sería:

$$D' = C L' \text{ ----- (1)}$$

En el triangulo rectángulo ABB' , por trigonometría, se tiene:

$$D = D' \cos \alpha = (C L') \cos \alpha \text{ ----- (2)}$$

Se puede considerar sin error apreciable que el triangulo OMN es rectángulo, por tanto:

$$L' = L \cos \alpha \text{ ----- (3) sustituyendo el valor de } L' \text{ en (2)}$$

$$D = CL \cos^2 \alpha \text{ ----- (II)}$$

Para obtener el desnivel entre la estación y el punto visado, del triangulo rectángulo ABB' , por trigonometría, se obtiene:

$$h = D' \sen \alpha = (C L') \sen \alpha = C (L \cos \alpha) \sen \alpha$$

$$h = C L \sen \alpha \cos \alpha \text{ ----- (III)}$$

Formulas de la Estadia Compuesta:

$$D' = C L \text{ ----- (I) Distancia Inclinada}$$

$$D = CL \cos^2 \alpha \text{ ----- (II) Distancia Horizontal}$$

$$h = C L \sen \alpha \cos \alpha \text{ ----- (III) Desnivel}$$

El ángulo vertical α que interviene en las formulas esta medido considerando 0° en el horizonte.

Ejemplo.- Calcula la distancia y el desnivel entre la estación y el punto visado, con los siguientes datos:

- Hs = 2.870
- HI = 1.000
- Altura de aparato = 1.45
- Angulo vertical observado = +4°10'00"
- C = 100

Solución:

Distancia horizontal

$$L = 2.870 - 1.000 = 1.870 \text{ m}$$

$$D = L C \cos^2 \alpha = 1.870 (100) \cos^2 4^\circ 10' 00'' = 186.013$$

$$D = 186.01 \text{ m}$$

Desnivel

$$h = C L \sin \alpha \cos \alpha = 187.0 \sin 4^\circ 10' 00'' \cos 4^\circ 10' 00'' = + 13.551$$

$$h = +13.55 \text{ m}$$

Instrucciones para emplear el método de la estadia:

1. Medir la altura del aparato con cinta, del punto de estación al eje de alturas del aparato.
2. Colocar siempre el estadal en posición vertical.
3. Determinar el intervalo de estadia colocando el hilo inferior en un metro completo sobre el estadal y leer aproximando hasta el milímetro el hilo superior.
4. Al medir el ángulo vertical visar con el hilo medio a una altura en el estadal igual a la de la altura que tiene el aparato en la estación.
5. Tomar el intervalo de estadia y el ángulo vertical adelante y atrás en cada estación de transito.

Modelo de registro de campo

LEVANTAMIENTO CON TEODOLITO DE 10'' Y ESTADIA.					21 may 09 Acatlán, Méx
EST	PV	θ	Φ	L	CROQUIS Y NOTAS
I _{1.530}	4	0°00'00''	-----	-----	Az 4 - 1 = 35° 25' 10''
	R ₁	25°10'30''	-2°35'10''	1.186	
	R ₂	63°36'52''	+3°25'20''	1.263	Cota Est 1 = 125.523 m
	R ₃	95°45'15''	+5°30'00''	1.893	

Θ = Ángulo horizontal
 Φ = Ángulo vertical
 L = Diferencia de lecturas de estadal (Hs-HI)

La altura de aparato (1.53) está indicada como subíndice en el vértice 1 de estación.

7.2 Levantamientos Taquimétricos Con Estación Total

Generalidades:

La Estación Total es un aparato topográfico electro-óptico, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica e informática; o sea que la Estación Total es un aparato de medición que incorpora la óptica, la electrónica y el manejo automático de la información por medio de procesamiento.

La Estación Total tiene incorporada la medición electrónica de distancias (MED o EDM) que está basada en las propiedades de una onda electromagnética propagada en el medio atmosférico, y en la medición de su fase. El instrumento que realiza esta medición es el distanciómetro, que generalmente va acoplado o incorporado dentro de la Estación Total.

Una estación total está constituida esencialmente por las características generales del instrumento universal de la topografía: el Teodolito o Transito y además consta de una pantalla de cristal liquido, batería de alimentación, teclado alfanumérico, distanciómetro, calculadora, software de aplicación, registro en formato electrónico y funciones que permiten exportar los datos directamente a programas de dibujo y diseño por computadora.



En la actualidad las distintas tareas del campo de la topografía se realizan casi exclusivamente con el instrumento electro-óptico llamado Estación Total. Además de facilitar el trabajo del operador, los microprocesadores de las estaciones totales pueden realizar numerosos tipos de cálculos. Las capacidades varían según los diferentes instrumentos, pero algunos cálculos estándar son:

- Obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias;

- Corrección electrónica de distancias medidas por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura;
- Correcciones por curvatura y refracción de elevaciones determinadas por nivelación trigonométrica,
- Reducción de las distancias a sus componentes horizontal y vertical;
- Cálculo de elevaciones de puntos a partir de las componentes de distancias verticales (las cuales se complementan con entradas por medio del teclado de las alturas del instrumento y del reflector);
- Cálculo de las coordenadas de los puntos del levantamiento a partir de las componentes de distancia y ángulo horizontales (que se complementa con entrada por medio del teclado de las coordenadas de la estación ocupada y de un acimut de referencia);
- Correcciones en los ángulos horizontales y verticales medidos cuando hay de por medio vanos errores instrumentales;
- Levantamiento y grabado de coordenadas de los puntos radiados en la memoria interna del aparato para su posterior vaciado a una PC y su posterior empleo en cálculo, dibujo y diseño;
- Cálculo de Áreas en campo de los predios levantados;
- Replanteo o trazo en campo de las condiciones de proyecto; en gabinete se pre cargan a la estación los puntos de coordenadas que se desean localizar en campo, ya en el sitio los puntos pre cargados se buscan en la memoria para ser localizados en el terreno por medio de la aplicación función replanteo.

Ventajas de la Estación Total:

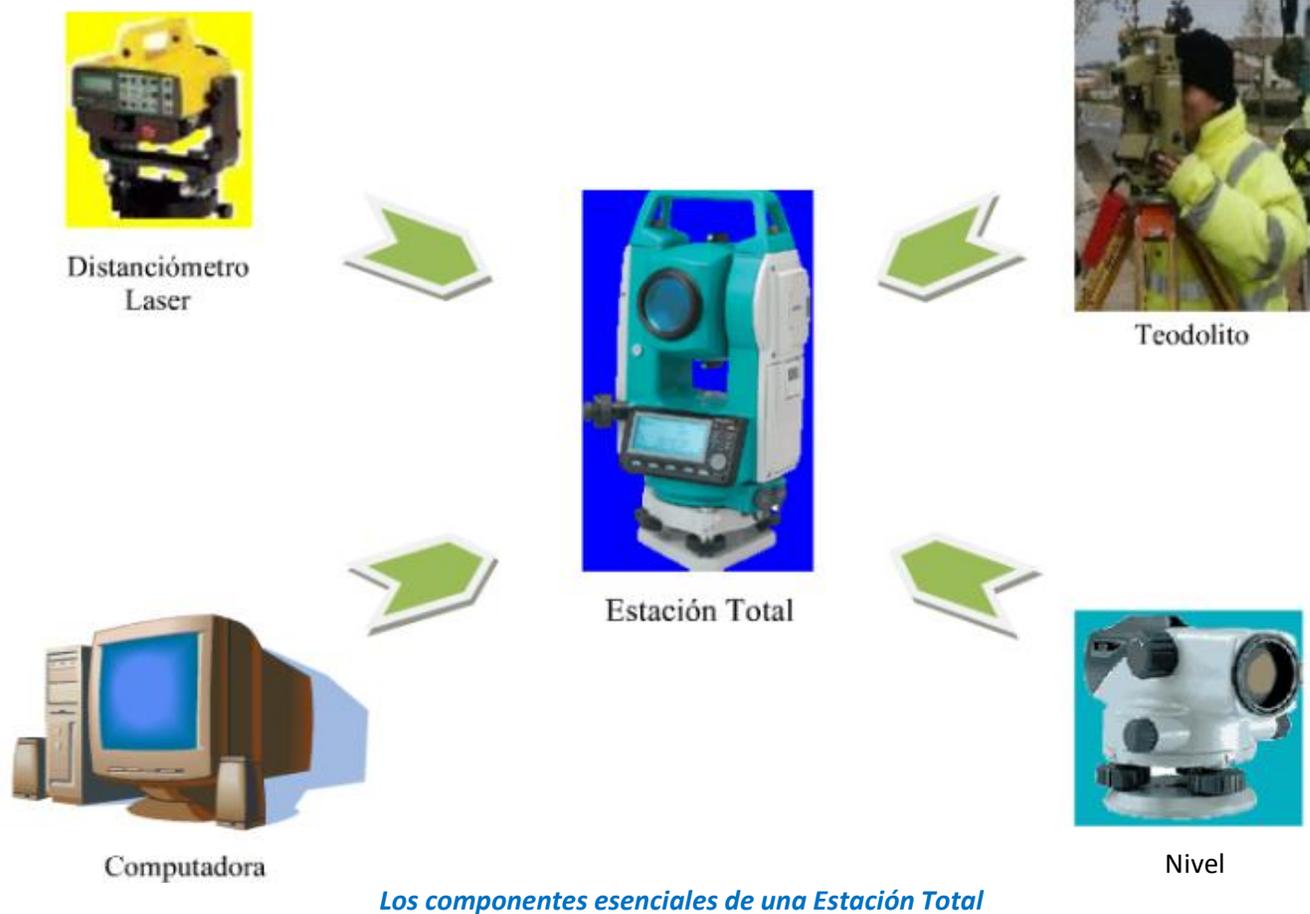
La tecnología incluida en estos aparatos electrónicos digitales modernos, controlados por microprocesadores. Proporciona varias ventajas importantes en los levantamientos topográficos como son:

- Los círculos puede centrarse instantáneamente apretando simplemente un botón, o bien, pueden inicializarse a cualquier valor con un teclado (esto es muy útil para fijar un azimut de referencia para una lectura hacia atrás);
- Los ángulos pueden medirse en valores crecientes, ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha;
- Los ángulos medidos por repetición pueden sumarse para proporcionar el total, aun cuando la marca de 360° se haya pasado una o varias veces;
- Las equivocaciones al leer ángulos, distancias o coordenadas se reducen considerablemente con el registro electrónico;
- La velocidad de operación se incrementa y el costo de producción de esos instrumentos es altamente competitivo.

Los Levantamientos con Estación Total

Los levantamientos taquimétricos permiten la medición rápida de la información de campo, ahora con la precisión y la aplicación de otras funciones como la conectividad a procesadores de cómputo. Estas posibilidades han simplificado algunos métodos de levantamiento, por ejemplo el esquema: *Trazo – nivelación – secciones* para los trabajos de configuración con equipo convencional: teodolito, cinta, nivel y estadales, se ve superado por la Estación Total y la aplicación del Método de Radiaciones.

Esta ventaja se explica en el hecho que la Estación Total reúne las ventajas de cuatro componentes esenciales: Un teodolito, un distanciómetro, un nivel y una computadora.



Trabajos en el levantamiento con estación total

La ejecución de un levantamiento con estación total requiere de una secuencia de actividades que consideren el apoyo topográfico, el levantamiento de detalle y la transferencia de datos. A continuación se indican las actividades más relevantes:

Levantamiento de la Poligonal de Apoyo. Esta se puede realizar por el método de medida directa de ángulos (internos o externos), se recomienda emplear el registro electrónico de datos y elaborar el registro de campo para llevar las notas y croquis correspondientes. El apoyo topográfico puede consistir en una o varias poligonales de apoyo, cerradas o ligadas en sus extremos.

Calculo de las poligonales de apoyo. Se efectúa el cálculo de la *planilla de cálculo*, el objetivo es determinar las coordenadas de los vértices del apoyo topográfico. Este cálculo se realiza con algún software de aplicación o mediante una hoja de Excel.

Nivelación de las poligonales de apoyo topográfico. Para fines de configuración se emplean los desniveles geométricos obtenidos del levantamiento con la estación, para cada lado se obtienen desniveles promedio. Se determinan las cotas a partir de la elevación de origen, se determina el error y se determinan las correcciones en función de las distancias.

Otra posibilidad para dar cota a los vértices de las poligonales de apoyo es por nivelación diferencial.

Precarga de las coordenadas de la poligonal de apoyo a la memoria interna de la estación. Obtenidas las coordenadas de la poligonal de apoyo, estas se cargan a la memoria interna de la estación con el propósito de utilizarlas durante el levantamiento de detalles, lo cual ahorra tiempo y evita errores en campo.

Levantamiento de detalles por coordenadas. Para el levantamiento de detalles, la puesta en estación y orientación del instrumento se emplean las coordenadas del apoyo topográfico previamente introducidas a la memoria. Los detalles se levantan por radiaciones, aunque los detalles se pueden levantar por ángulo y distancia, lo más recomendable es emplear la función de coordenadas y el registro electrónico del instrumento.

Volcado de datos a la PC. Mediante los dispositivos de transferencia (software y hardware) se puede establecer conectividad con el procesador de una PC a fin de exportar los puntos de coordenadas levantados. En México por su extensa aplicación la transferencia se hace hacia AutoCAD y CivilCAD.

Aplicación de sistemas de diseño asistido por computadora CAD. El manejo de la información en PC requiere de del software apropiado: por lo general AutoCAD y CivilCAD de esta forma se maximizan las ventajas, procediéndose en forma inmediata al dibujo y diseño, dando por resultado la generación de planos digitales.

Trazo o replanteo. En obra para propósitos de construcción apoyados en los vértices de control topográfico, se pueden localizar los puntos de diseño previamente cargados en la memoria interna, de esta forma se realiza el replanteo de las condiciones de proyecto en campo.

Puesta en Estación y Orientación

Se define un sistema de coordenadas tridimensional, éste puede ser convencional (arbitrario) o bien absoluto (UTM).

Para la estación:

No (Norte) = eje de las Y
Eo (Este) = al eje de las X
Zo (Altura o elevación) = al eje Z

Levantamiento Por Radiaciones, obteniendo coordenadas de los detalles radiados.

Memoria interna - procesamiento de la información – aplicación del método de radiaciones

La Estación Total SOKKIA SET 630RK

Especificaciones:

Medición de ángulos horizontales y verticales:

Unidades de ángulo: Grados/Gon/Mil (seleccionable)
Visualización mínima en pantalla: 1"

Precisión angular del SET630RK: 6"

Tiempo de medición: Menos de 0,5 segundos

Modo de medición angular:

Ángulo horizontal: Derecha/izquierda (seleccionable)

Ángulo vertical: Cenit/Horizontal/Horizontal $\pm 90^\circ$ / % (seleccionable)

Medición de distancias:

Rango de medición en las distancias:

Con Lámina reflectante RS50N-K: 1,3 a 300 m

Con Prisma estándar AP01AR X 1:

1,3 a 3,000 m (condiciones atmosféricas normales)

1,3 a 4,000 m (buenas condiciones)

Sin reflexión (sin prisma) 0,3 a 150 m

Modo de medición seleccionable:

Medición precisa (simple/repetida/promedio)

Medición rápida (simple / repetida)

Seguimiento

Precisión en la medición de distancias:

I. Con prisma

Medición precisa: $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm

Medición rápida (simple): $\pm (5 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm

II. Con lámina reflectante

Medición precisa: $\pm (3 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm

Medición rápida (simple): $\pm (6 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm

III. Sin lamina

Medición precisa:

$\pm(3 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm (de 0.3 a 100 m)

$\pm(5 + 10 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$ (de 100 a 150 m)

Medición rápida (simple):

$\pm(6 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$ (de 0.3 a 100 m)

$\pm(8 + 10 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$ (de 100 a 150 m)

Tiempo de medición:

Medición precisa: 1,7 seg + cada 0,9 seg.

Medición rápida (simple): 1,4 seg.

Medición de seguimiento: 1,4 seg. + cada 0,3 seg.

Corrección atmosférica:

Rango de entrada de temperatura: - 30 a 60°C (en incrementos de 1°C)/

- 22 a 140°F (en incrementos de 1°F)

Rango de entrada de presión 500 a 1.400 hPa (incrementos de 1 hPa)

375 a 1.050 mmHg (incrementos de 1 mmHg)

Ayudas Para La Operación De La Estación Total

Para obtener las capacidades necesarias en la operación de la Estación, se cuenta con los siguientes materiales en el blog:

- Manual del Operador (formato pdf) del fabricante
- Software de Transferencia (Pro Link 1.1)
- Demo para la transferencia electrónica de datos
- Guía rápida de la estación total
- Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total

7.3 Ejemplo de un Levantamiento Topográfico con Estación Total

A continuación se plantea el levantamiento y desarrolla el cálculo y dibujo de un levantamiento que se realice en el Parque los Remedios. Se parte una **situación problemática supuesta**: Un requerimiento de las autoridades municipales de Naucalpan para desarrollar un proyecto ecológico en la fracción oriente del Parque.

Desde la planeación y el reconocimiento, pasando por el levantamiento en sí, el cálculo, hasta la edición del plano correspondiente trataremos de apegarnos a la práctica profesional de la topografía. Es decir al uso de equipo y software que fructifican en mayor precisión y rapidez en los trabajos.

Levantamiento Topográfico del Parque los Remedios Sección la Hoja Naucalpan, Estado de México.

Alcance de Trabajo.

El alcance de los trabajos de topografía comprende las siguientes actividades:

I. Objetivo.

El H. Ayuntamiento de Naucalpan en base al Plan Municipal de Desarrollo Urbano planea el diseño y construcción de una reserva ecológica que incluirá la integración de hábitat para especies de aves en peligro de extinción. Requiriéndose de la información topográfica de la zona noreste de la Sección la Hoja, la cual comprende aproximadamente 6 Has.

II. Requerimientos

Los requerimientos del levantamiento topográfico de detalle son los siguientes:

1. Establecimiento de apoyo topográfico.
2. El deslinde del predio.
3. Representación del relieve del terreno por medio de curvas de nivel a equidistancias verticales de un metro.
4. La localización de instalaciones existentes, tales como edificios, fosas, luminarias, caminos de servicio, etc. queda pendiente para una segunda etapa.

III. Trabajos de campo

1. Reconocimiento
2. Localización geográfica de un vértice (latitud, longitud y altitud) y en coordenadas UTM Datum WGS 84, así como el establecimiento de una línea de azimut referida al norte astronómico.
3. Levantamiento de las poligonales de apoyo.
4. Levantamiento de detalle para obtener la configuración por medio de curvas de nivel a equidistancias verticales de un metro.
5. El levantamiento de las instalaciones y servicios existentes queda pendiente para una segunda etapa.

IV. Trabajos de gabinete

Todos los cálculos y dibujos estarán referidos al mismo sistema de coordenadas y nivel de referencia establecido en el posicionamiento. Estos trabajos se realizarán con el software de aplicación siguiente:

Cálculos: Excel

Dibujo: AutoCAD y CivilCAD

V. Procedimientos

1. Reconocimiento. Imágenes satelitales obtenidas con Google Earth, Carta Topográfica y reconocimiento físico del sitio.
2. Localización geográfica (latitud, longitud) de un vértice y en coordenadas UTM. Se realizará con GPS, así mismo se determinará con altímetro su elevación SNMM.
3. Levantamiento de las poligonales de apoyo. Se localizará y levantará una poligonal cerrada, levantada por el método de medida directa de ángulos. Así mismo se establecerán los circuitos de poligonales de enlace necesarios para densificar el apoyo topográfico.
4. Levantamiento de detalle. Se realizará por el método de radiaciones desde vértices de las poligonales de apoyo.
5. Levantamiento de las instalaciones y servicios existentes. Se realizará por el método de radiaciones desde vértices de las poligonales de apoyo, las secciones de elementos, construcciones existentes, alturas, diámetros de tubería, etc. serán medidos con cinta.

VI. Precisión

- 1.- Posicionamiento. Con una precisión en localización y elevación de ± 3 m.
- 2.- Altimetría. Para las poligonales de apoyo ± 1.0 cm en elevación; para los puntos radiados ± 2.0 cm en elevación.
- 3.- Planimetría. Todos los cierres analíticos con una precisión mínima de 1 /10,000

VII. Equipo

1. Posicionamiento. GPS marca Magellan, modelo Tritón 500
2. Planimetría y altimetría. Estación Total Marca Sokkia modelo SET 630RK

VIII. Lista de planos y documentos a entregar

1. Memoria de cálculo en archivo electrónico de *Word 2007*.
2. Un plano de la planta topográfica, formato 24' X 36' (61 x 91 cm) en archivo electrónico de AutoCAD versión 2009.

Ejecución:

Reconocimiento.- previo al trabajo de campo se obtuvo la imagen satelital de la zona para identificar el sitio del levantamiento y planear las actividades de campo. El reconocimiento del sitio se realizo de manera conjunta con todos los participantes en el levantamiento para definir criterios, identificar los linderos, establecer los vértices de la poligonal de apoyo y poligonales secundarias de enlace.



Imagen satelital del sitio

Levantamiento.- Se localizo una poligonal de apoyo la cual se levanto por el método de medida directa de ángulos internos y se establecieron vértices auxiliares de apoyo por radiaciones, no requiriéndose de circuitos de poligonales de enlace.

REGISTRO DE CAMPO.- a continuación se indica el registro de campo del apoyo topográfico.

POLIGONAL DE APOYO POR EL MÉTODO DE MEDIDA DIRECTA DE ÁNGULOS CON ESTACIÓN TOTAL SOKKIA 630RK DE 6".					SITIO: LOS REMEDIOS, NAUCALPAN, EDO. DE MÉX. FECHA: 18 - MAYO - 09 LEVANTO: GRUPOS. 2211 Y 2261
EST- PV	DISTANCIA	ÁNGULO	DESNIVEL	NOTAS	CROQUIS Y NOTAS
A _{1.540} - G	124.035	0° 00' 00"	+ 0.212	SOBRE / PIJA	
B	98.525	94° 08' 06"	+ 15.193		
A1	42.101	164° 36' 45"	+ 0.403	S / PIJA	
A2	25.201	85° 09' 35"	+ 4.277	S / PIJA	
A3	65.793	14° 44' 40"	+ 4.673	S / PIJA	
B _{1.478} - A	98.523	0° 00' 00"	- 14.424	S / PIJA	
C	165.400	93° 29' 01"	- 2.280		
B1	31.465	204° 01' 15"	+ 0.195	S / PIJA	
B2	75.131	46° 47' 45"	- 1.704	S / PIJA	
B3	74.528	95° 36' 25"	- 0.705	S / PIJA	
B4	140.493	93° 56' 05"	+ 1.597	S / PIJA	
C _{1.515} - B	165.380	0° 00' 00"	+ 3.140	S / TROMPO	
D	161.022	185° 48' 13"	- 0.541		
C1	30.828	101° 49' 55"	+ 0.395	S / TROMPO	
C2	73.393	184° 38' 10"	- 0.185	S / ROCA	
C3	52.707	65° 19' 55"	+ 0.685	S / TROMPO	
D _{1.557} - C	161.044	0° 00' 00"	+ 1.252	S / PIJA	
E	231.985	108° 48' 55"	- 14.292		
E _{1.633} - D	232.005	0° 00' 00"	+ 14.762	S / PIJA	
F	110.905	53° 25' 10"	+ 0.408		
E1	18.508	19° 30' 08"	+ 1.334	S / PIJA	
F _{1.440} - E	110.895	0° 00' 00"	+ 0.294	S / PIJA	
G	204.890	175° 49' 10"	+ 3.528		
G _{1.563} - F	204.880	0° 00' 00"	- 2.760	S / PIJA	
A	124.029	188° 31' 11"	+ 0.465		

Coordenadas **UTM** del vértice "A":
 N = 2 154 174.0000
 E = 474 366.0000
 Huso 14, Zona E ; DATUM WGS 84
 Altitud del vértice "A" = 2295.000 m
 Presión atmosférica = 543 mmHg
 Datos obtenidos con GPS métrico:
Magellan Triton 500

Az Magnético A-B = 181° 03' 05"
 Declinación Magnética 5° 41' Este.
 Az Astronómico = 181° 03' 05" + 5° 41' = **186° 44' 05"**

En todas las observaciones la altura del prisma fue de 1.900 m; corregir los desniveles obtenidos, las alturas de aparato están indicadas como subíndices de los vértices de estación en la columna **EST**.

Cálculo del Apoyo Topográfico:

Poligonal de Apoyo

Para calcular la poligonal de apoyo mediante la hoja de Excel, procedemos a calcular las distancias promedio, verificamos el cierre angular, compensamos angularmente y determinamos los azimuts de los lados de la poligonal a partir del azimut conocido.

Cálculo de distancias promedio y azimuts								
Lado		Distancias			Ángulo s/c	CA	Ángulo Corr.	Az
Est	PV	Directa	Inversa	Promedio				
A	B	98,525	98,523	98,524	94° 08' 06"	+ 2"	94° 08' 08"	186° 44' 05"
B	C	165,400	165,380	165,390	93° 29' 01"	+ 2"	93° 29' 03"	100° 13' 08"
C	D	161,022	161,044	161,033	185° 48' 13"	+ 2"	185° 48' 15"	106° 01' 23"
D	E	231,985	232,005	231,995	108° 48' 55"	+ 2"	108° 48' 57"	34° 50' 20"
E	F	110,905	110,895	110,900	53° 25' 10"	+ 2"	53° 25' 12"	268°15' 32"
F	G	204,890	204,880	204,885	175° 49' 10"	+ 2"	175° 49' 12"	264° 4' 44"
G	A	124,029	124,035	124,032	188° 31' 11"	+ 2"	188° 31' 13"	272°35' 57"
					899° 59' 46"		900° 00' 00"	

$Ta = \pm 6'' \sqrt{7} = \pm 16''$ Cond. Ang. = $180^\circ \times 5 = 900^\circ$
 $EA < Ta$; Se acepta el levantamiento $EA = 899^\circ 59' 46'' - 900^\circ = - 14''$
 $CA = 14'' / 7 = 2''$

Con estos datos pasamos a la planilla de cálculo, la cual se proporciona como referencia y apoyo a los presentes apuntes.

PLANILLA DE CALCULO

LUGAR: _____ LOS REMEDIOS NAUCALPAN, EDO DE MÉXICO
 FECHA: 23-May-09
 LEVANTO: _____ GRUPOS 2211 Y 2261 FES ACATLAN, 2009-2
 CALCULO: _____ ING. M. ZAMARRIPA

LADO	PV	EST	DISTANCIA	AZIMUT		PROYECCIONES SIN CORREGIR		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		VERTICE	COORDENADAS		PRODUCTOS							
				G	M	S	NORTE(+), SUR(-)	ESTE(+), OESTE(-)	NORTE-SUR	ESTE-OESTE	NORTE(+), SUR(-)		ESTE(+), OESTE(-)	Y	X	↓	↑					
A	B	186	98,524	44	5	-97,8442	-11,5542	0,0257	0,0003	-97,8185	-11,5539	A	2154174,0000	474366,0000								
B	C	100	165,390	13	8	-29,3417	162,7664	0,0077	0,0043	-29,3340	162,7708	B	2154076,1815	474354,4461	1021842014662,330	1021820601914,840						
C	D	106	161,033	106	1	-44,4490	154,7770	0,0117	0,0041	-44,4373	154,7811	C	2154046,8475	474517,2169	1022146234652,900	1021781699305,090						
D	E	34	231,995	50	20	190,4126	132,5320	0,0499	0,0035	190,4625	132,5355	D	2154002,4102	474671,9980	1022465720873,820	1022111228878,560						
E	F	268	110,900	15	32	-3,3695	-110,8488	0,0009	0,0029	-3,3686	-110,8459	E	2154192,8727	474804,5335	1022730109460,910	1022535034950,790						
F	G	264	204,885	4	44	-21,1357	-203,7919	0,0055	0,0054	-21,1302	-203,7865	F	2154189,5041	474693,6876	1022581758582,460	1022818942494,740						
G	A	272	124,032	35	57	5,6247	-123,9044	0,0015	0,0033	5,6261	-123,9011	G	2154168,3739	474489,9011	1022141164758,120	1022570129139,930						
													A	2154174,0000	474366,0000	1021864234836,640	1022133808238,300					
SUMAS													1096,759	-0,1029	-0,0239	0,1029	0,0239	0,0000	0,0000	0,0000	7155771237827,190	7155771344922,240

$E_y = -0,102866$
 $E_x = -0,0238833$
 $K_y = 0,0002623$
 $K_x = 0,0000265$

$TL = \frac{E_L}{5000} = 0,2194$
 $EL = 0,1056$

PRECISIÓN = 1 / 10385,76

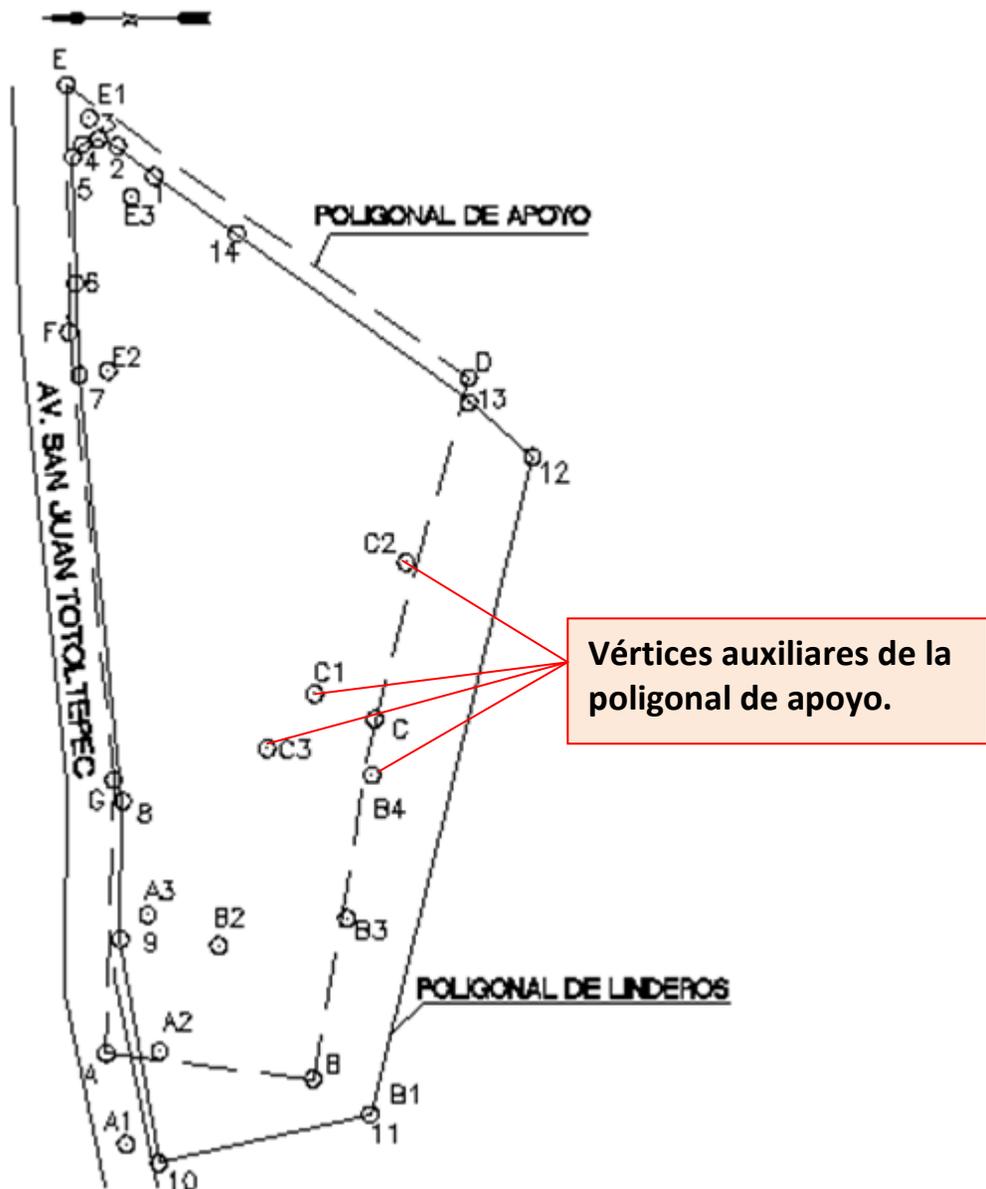
EL < TL
 EL LEVANTAMIENTO
 SE ACEPTA

SUP. = 53547,527 m²

Cálculo de las coordenadas de los vértices auxiliares del apoyo topográfico.

Para densificar el apoyo topográfico, es decir establecer vértices de poligonal donde se requieran para el levantamiento de detalle; se radiaron puntos desde la poligonal de apoyo, para obtener sus coordenadas nos apoyaremos en una hoja de Excel, la cual está a disposición en el blog.

Nótese que como estrategia se emplearon caracteres alfabéticos (letras) para la poligonal de apoyo, números para la poligonal de linderos y a los vértices secundarios de la poligonal de apoyo se les asigno un carácter alfanumérico, indicando primeramente la letra del vértice desde donde se observaron y después un número consecutivo.



Calculo de cotas de la poligonal de apoyo y vértices auxiliares.

Calculo de cotas de la poligonal de apoyo. Se cuenta con una nivelación taquimétrica reciproca, es decir que se obtuvieron desniveles según el sentido de recorrido, adelante y atrás, por lo que se tienen dos desniveles para cada par de vértices, el valor más probable será el desnivel a considerar en el cálculo. Como salimos del un punto y llegamos o cerramos en el mismo, tenemos un circuito cerrado, lo que significa que podemos determinar el error de cierre y aplicar las compensaciones correspondientes.

Calculada la poligonal de apoyo y apoyándonos en las cotas correspondientes, se calculan los desniveles promedio de los vértices radiados y se determinan su cotas.

SITIO: LOS REMEDIOS NAUCALPAN, EDO DE MÉXICO**FECHA: 23-May-09****CALCULO DE LOS DESNIVELES PROMEDIO**

LADO		H APARATO	H PRISMA	DESNIVEL S/ CORR	DESNIVEL COOR	DESNIVEL PROM	SIGNO
EST	PV						
A	B	1,540	1,900	15,193	14,833	14,840	(+)
B	A	1,478	1,900	-14,424	-14,846		
B	C	1,478	1,900	-2,280	-2,702	2,729	(-)
C	B	1,515	1,900	3,140	2,755		
C	D	1,515	1,900	-0,541	-0,926	0,918	(-)
D	C	1,557	1,900	1,252	0,909		
D	E	1,557	1,900	-14,292	-14,635	14,565	(-)
E	D	1,633	1,900	14,762	14,495		
E	F	1,633	1,900	0,408	0,141	0,154	(+)
F	E	1,440	1,900	0,294	-0,166		
F	G	1,440	1,900	3,528	3,068	3,083	(+)
G	F	1,563	1,900	-2,760	-3,097		
G	A	1,563	1,900	0,465	0,128	0,138	(+)
A	G	1,540	1,900	0,212	-0,148		

CALCULO DE COTAS

EST	PV	DESNIVEL PROM	COTAS S/CORR	LONGITUD	CORRECCIÓN	DESNIVEL CORR	COTAS COOR	VERTICE
A	B	14,840	2295,000	98,524		14,840	2295,000	A
B	C	-2,729	2309,840	165,390		-2,729	2309,840	B
C	D	-0,918	2307,111	161,033		-0,918	2307,111	C
D	E	-14,565	2306,193	231,995	-0,001	-14,566	2306,193	D
E	F	0,153	2291,628	110,900		0,153	2291,627	E
F	G	3,083	2291,781	204,885	-0,001	3,082	2291,780	F
G	A	0,138	2294,864	124,032		0,138	2294,862	G
A			2295,002				2295,000	A

SUMA: 1096,759

Eh = COTA LLEGADA - COTA SALIDA = 0,002

FACTOR DE CORRECCIÓN C = Eh / Σ LADOS

DESNIVELES Y COTAS DE LOS VÉRTICES AUXILIARES

LADO		H APARATO	H PRISMA	DESNIVEL S/ CORR	DESNIVEL COOR	COTAS	VERTICE
EST	PV						
A						2295,000	A
	A1	1,540	1,900	0,403	0,043	2295,043	A1
	A2	1,540	1,900	4,277	3,917	2298,917	A2
	A3	1,540	1,900	4,673	4,313	2299,313	A3
	B	1,540	1,900	15,193	14,833	2309,833	B

OK

LADO		H APARATO	H PRISMA	DESNIVEL S/ CORR	DESNIVEL COOR	COTAS	VERTICE
EST	PV						
B						2309,840	B
	B1	1,478	1,900	0,195	-0,227	2309,613	B1
	B2	1,478	1,900	-1,704	-2,126	2307,714	B2
	B3	1,478	1,900	-0,705	-1,127	2308,713	B3
	B4	1,478	1,900	1,597	1,175	2311,015	B4
	C	1,478	1,900	-2,280	-2,702	2307,138	C

OK

LADO		H APARATO	H PRISMA	DESNIVEL S/ CORR	DESNIVEL COOR	COTAS	VERTICE
EST	PV						
C						2307,111	C
	C1	1,515	1,900	0,395	0,01	2307,121	C1
	C2	1,515	1,900	-0,185	-0,57	2306,541	C2
	C3	1,515	1,900	0,685	0,3	2307,411	C3
	D	1,515	1,900	-0,541	-0,926	2306,185	D

OK

LADO		H APARATO	H PRISMA	DESNIVEL S/ CORR	DESNIVEL COOR	COTAS	VERTICE
EST	PV						
E						2291,627	E
	E1	1,633	1,900	1,334	1,067	2292,694	E1
	F	1,633	1,900	0,408	0,141	2291,768	F

OK

Resumen del Apoyo Topográfico.- como resultado de los cálculos de coordenadas y cotas se tiene el listado de las coordenadas x,y,z de todos los vértices del apoyo topográfico.

VERTICE	X	Y	Z
A	474366,0000	2154174,0000	2295,000
B	474354,4461	2154076,1815	2309,840
C	474517,2169	2154046,8475	2307,111
D	474671,9980	2154002,4102	2306,193
E	474804,5335	2154192,8727	2291,627
F	474693,6876	2154189,504	2291,780
G	474489,9011	2154168,374	2294,862
A1	474324,9433	2154164,681	2295,043
A2	474366,9855	2154148,818	2298,917
A3	474428,8017	2154154,387	2299,313
B1	474338,3556	2154049,142	2309,613
B2	474414,8645	2154120,839	2307,714
B3	474427,2518	2154060,252	2308,713
B4	474492,5102	2154050,17	2311,015
C1	474528,7906	2154075,42	2307,121
C2	474588,1569	2154028,031	2306,541
C3	474504,0654	2154097,887	2307,411
E1	474789,4957	2154182,083	2292,694

Para el posterior dibujo empleando AutoCAD y CivilCAD, es necesario convertir esta información que fue generada en Excel a formato **txt** de *block de notas*, sin título en las columnas y en un orden de coordenadas (x,y,z ó y,x,z) que tendrá que solicitarse cuando se importe el archivo desde CivilCAD.

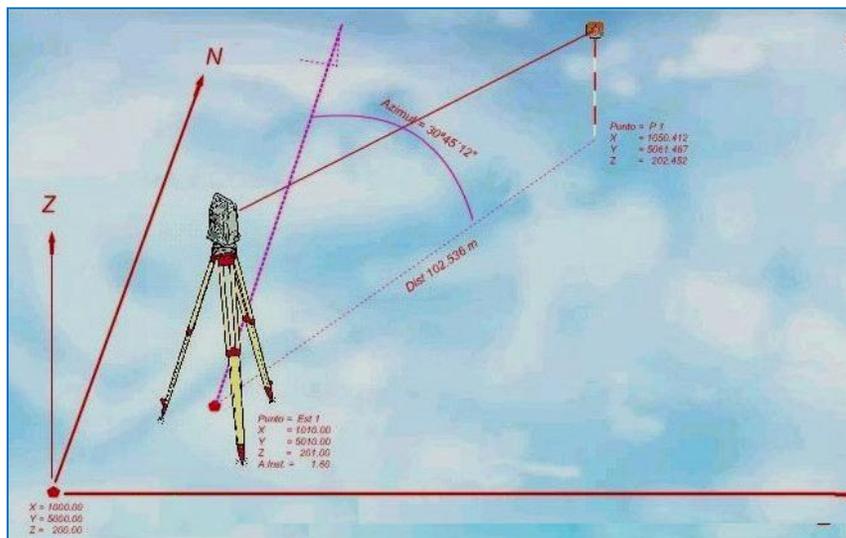
Base de datos del apoyo topográfico para Civil Cad

A	474366.0000	2154174.0000	2295.000
B	474354.4461	2154076.1815	2309.840
C	474517.2169	2154046.8475	2307.111
D	474671.9980	2154002.4102	2306.193
E	474804.5335	2154192.8727	2291.627
F	474693.6876	2154189.5040	2291.780
G	474489.9011	2154168.3740	2294.862
A1	474324.9433	2154164.6810	2295.043
A2	474366.9855	2154148.8180	2298.917
A3	474428.8017	2154154.3870	2299.313
B1	474338.3556	2154049.1420	2309.613
B2	474414.8645	2154120.8390	2307.714
B3	474427.2518	2154060.2520	2308.713
B4	474492.5102	2154050.1700	2311.015
C1	474528.7906	2154075.4200	2307.121
C2	474588.1569	2154028.0310	2306.541
C3	474504.0654	2154097.8870	2307.411
E1	474789.4957	2154182.0830	2292.694
E2	474674.9810	2154173.1780	2292.631
E3	474753.8830	2154162.1110	2293.959

Levantamiento de detalle y transferencia de la información a la PC

Carga de coordenadas a la estación total. Terminado el cálculo de las poligonales de apoyo, en gabinete se procede a cargar la información de coordenadas a la estación total, esto para realizar las puestas de estación y realizar la orientación azimutal haciendo uso del software de la estación, con lo cual se hace más eficiente el levantamiento y se deja todo dispuesto para el levantamiento por coordenadas. Ver ejercicio 3 del Aprendizaje 9 en **Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total**.

Levantamiento de detalle del terreno. Este se realiza por el método de radiaciones, levantando la información por coordenadas y haciendo uso del registro electrónico de la estación. Debe configurarse la estación para que la información consista en: N° de punto, coordenadas X,Y,Z y código de descripción. Ver Aprendizaje 10 en **Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total**.



Levantamiento de detalles por radiaciones, obteniendo sus coordenadas

Transferencia de la información a la PC. La información del levantamiento almacenada en el registro de la estación total se transfiere o exporta a la computadora, esto se hace por medio del cable interface que interconecta a la estación con la PC, para realizar lo anterior se debe contar con el software de transferencia del fabricante a fin que también se convierta a información a un tipo de archivo compatible con AutoCAD o CivilCAD, para el caso de las estaciones marca Sokkia el software requerido es el **Pro LINK**. Ver Aprendizaje 11 en **Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total**.



Transfiriendo datos a la computadora

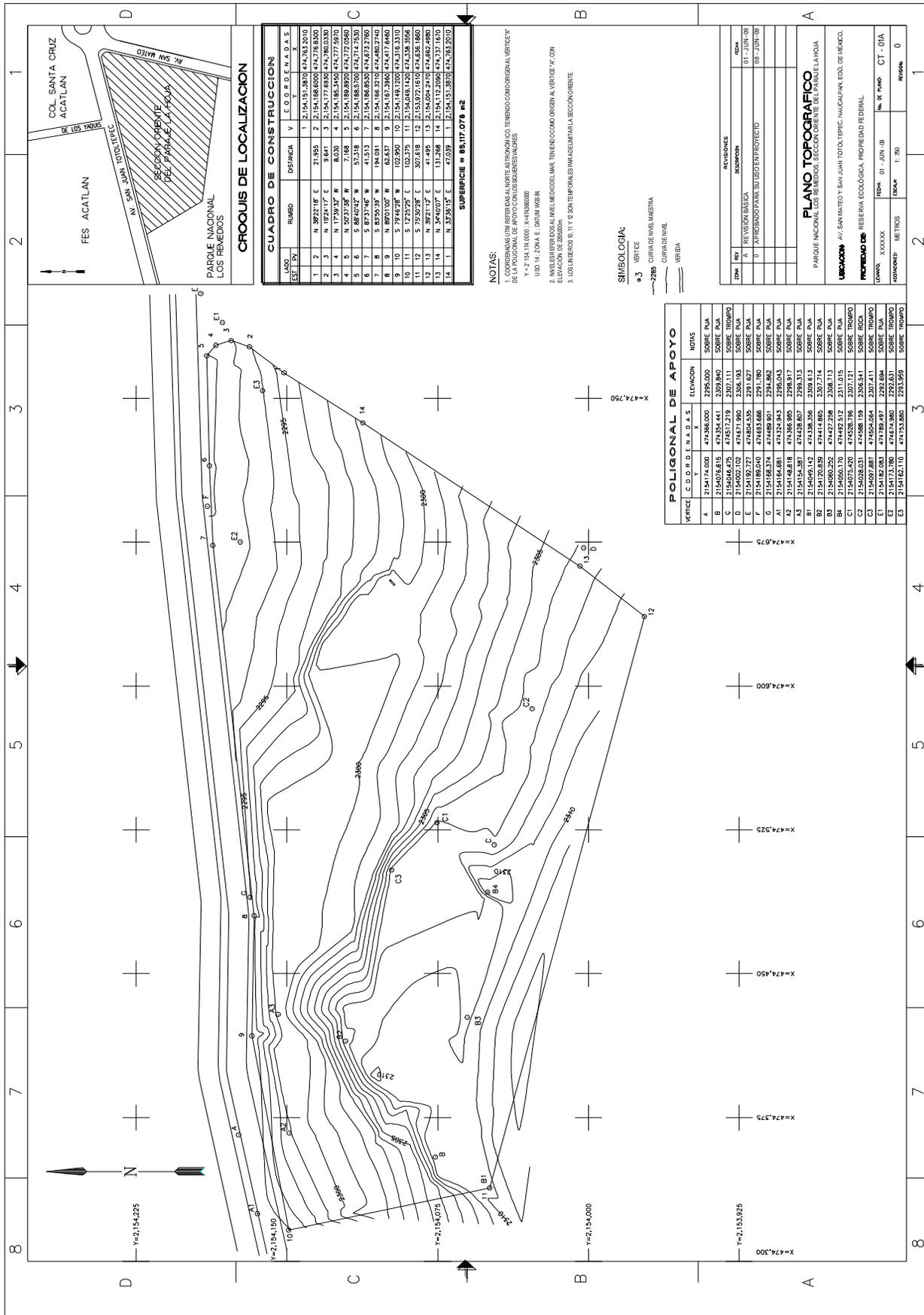
Base de datos del levantamiento de detalle

1	474763.2010	2154151.3870	2295.4850	LINDERO
2	474776.8300	2154168.6000	2293.8360	LINDERO
3	474780.0330	2154177.6930	2292.8510	LINDERO
4	474777.5970	2154185.3450	2292.0720	LINDERO
5	474772.0560	2154189.8920	2291.5500	LINDERO
6	474636.1860	2153972.1610	2308.8980	LINDERO
7	474610.5400	2154020.6440	2306.2340	TN
8	474658.8400	2153999.2010	2306.8130	TN
9	474662.4980	2154004.2470	2306.4480	LINDERO
10	474654.1270	2154017.8500	2305.7770	TN
11	474661.0980	2154027.2940	2305.0300	TN
12	474653.2730	2154020.9740	2305.6530	TN
13	474650.3800	2154013.4570	2306.1650	TN
14	474659.5460	2154029.6250	2304.8430	TN
15	474646.7020	2154034.3010	2304.4450	TN
16	474634.4250	2154017.4870	2306.2770	TN
17	474630.1020	2154010.5490	2306.7810	TN
18	474616.8790	2153985.9440	2308.5550	TN
19	474596.9060	2154001.5990	2308.4320	TN
20	474601.6740	2154020.7760	2306.7830	TN
21	474605.1120	2154029.6600	2306.3030	TN
22	474608.6410	2154038.6830	2305.1650	TN
23	474615.4090	2154054.0280	2303.6920	TN
24	474624.9520	2154070.8260	2301.5510	TN
25	474616.6970	2154073.2140	2301.6830	TN
26	474625.6390	2154088.0190	2300.8160	TN
27	474637.2420	2154084.0400	2300.9730	TN
28	474641.7730	2154109.6140	2300.7470	TN
29	474660.7690	2154099.1150	2298.9150	TN
30	474621.1020	2154118.4880	2300.5280	TN
31	474655.2930	2154098.4000	2301.0110	TN
32	474616.6900	2154105.0000	2300.6580	TN
33	474612.2940	2154099.3630	2299.5400	TN
34	474602.8810	2154074.5180	2301.7960	TN
35	474589.6640	2154055.1520	2304.1320	ESQUINA
36	474578.8500	2154040.6070	2306.5310	ESQUINA
37	474576.2940	2154035.7100	2306.2240	POSTE
38	474574.0200	2154031.5700	2306.4310	TN
39	474568.8910	2154023.7970	2307.4170	TN
40	474562.0400	2154015.4140	2308.3630	TN
41	474540.1730	2154008.0960	2309.7090	TN
42	474555.4600	2154034.0200	2306.5330	TN
43	474555.9370	2154043.2120	2305.9370	TN
44	474566.6560	2154038.5190	2306.2610	TN
45	474518.2220	2154052.1570	2307.3010	TN
46	474519.5580	2154027.1820	2308.9220	TN
47	474511.4480	2154009.4030	2311.3110	TN
47B	474590.4480	2154178.1930	2293.6400	TN
49	474638.8520	2154183.2150	2292.8220	TN
50	474673.2760	2154186.8530	2292.6240	LINDERO
51	474603.6430	2154147.7000	2295.6810	TN
52	474714.7530	2154188.5700	2291.8190	LINDERO
53	474596.9130	2154145.6530	2296.0420	TN
54	474773.4350	2154188.5970	2292.4690	TN

55	474606.9920	2154136.8850	2299.9140	TN
56	474772.1280	2154163.5760	2294.4220	TN
57	474619.0140	2154140.4010	2296.3040	TN
58	474737.1670	2154112.2090	2298.2620	LINDERO
59	474621.6780	2154132.2070	2300.2130	TN
60	474723.1570	2154092.6430	2299.8840	TN
61	474633.6150	2154121.4580	2300.5680	TN
62	474711.8080	2154076.7960	2300.9950	TN
63	474640.5490	2154128.0500	2296.7770	TN
64	474703.0140	2154084.7020	2299.7720	TN
65	474650.9200	2154140.9290	2295.5190	TN
66	474684.1770	2154093.2620	2298.8660	TN
67	474665.8830	2154137.6490	2295.3930	TN
68	474668.6590	2154096.4810	2298.7620	TN
69	474646.7280	2154123.5720	2296.9710	TN
70	474658.1840	2154108.2560	2298.5270	TN
71	474643.1280	2154115.9540	2300.6850	TN
72	474655.3450	2154101.9630	2300.8420	TN
73	474660.1440	2154152.8100	2294.1280	TN
74	474688.5460	2154147.7070	2294.7560	TN
75	474636.3730	2154165.0080	2293.9910	TN
76	474705.8110	2154135.1190	2295.5130	TN
77	474625.8350	2154173.2300	2293.3810	TN
78	474716.6080	2154146.6190	2295.2640	TN
79	474721.3740	2154162.5980	2293.4440	TN
80	474762.9140	2154167.1880	2293.4340	TN
81	474712.5180	2154176.2730	2292.4670	TN
82	474702.0010	2154185.1220	2292.0710	TN
83	474316.3310	2154149.1200	2295.8880	LINDERO
84	474316.3250	2154149.1320	2295.8860	TN
85	474328.0000	2154125.9540	2299.5710	TN
86	474325.2310	2154117.0100	2301.0030	TN
87	474329.8560	2154091.4580	2303.2950	TN
88	474322.5390	2154104.8970	2301.2220	TN
89	474335.2990	2154068.7050	2306.7980	TN
90	474338.4710	2154057.3690	2309.6810	TN
91	474339.8770	2154036.5400	2311.6670	TN
92	474318.2350	2154032.9450	2310.9400	TN
93	474365.3940	2154044.8780	2311.6320	TN
94	474364.8050	2154055.8300	2309.5300	TN
95	474362.5990	2154073.6200	2309.8060	TN
96	474352.8780	2154072.9520	2309.8770	TN
97	474361.7220	2154079.4400	2309.5620	TN
98	474345.5420	2154074.6900	2309.5170	TN
99	474358.8540	2154088.6870	2304.7470	TN
100	474341.6150	2154079.7160	2305.3400	TN
101	474359.5930	2154107.1490	2302.3360	TN
102	474330.8660	2154103.9830	2301.4350	TN
103	474366.4460	2154106.2390	2302.5780	TN
104	474369.8570	2154101.8150	2305.6760	TN
105	474378.5600	2154090.8580	2306.8910	TN
106	474385.6310	2154092.6620	2309.7430	TN
107	474381.7280	2154073.2300	2309.5540	TN
108	474381.5830	2154061.5060	2309.3060	TN
109	474383.1540	2154044.1580	2311.4780	TN
110	474416.0900	2154063.2060	2308.8000	TN

111	474422.7860	2154048.4930	2310.7000	TN
112	474413.3200	2154096.1840	2309.7570	TN
113	474396.7280	2154107.8320	2310.1210	TN
114	474385.3240	2154118.7430	2302.6400	TN
115	474431.5560	2154120.6820	2308.4410	TN
116	474429.5710	2154096.4670	2309.1550	TN
117	474433.6750	2154106.3940	2308.5480	TN
118	474428.0500	2154074.4720	2309.9790	TN
119	474517.2170	2154046.8480	2307.1110	TN
120	474489.7550	2154053.4980	2307.8110	TN
121	474482.9860	2154033.1130	2309.7070	TN
122	474497.5410	2154080.8270	2307.9400	TN
123	474496.0030	2154098.5850	2307.3860	TN
124	474467.6050	2154102.8100	2307.7930	TN
125	474501.6620	2154108.1990	2301.5290	TN
126	474472.4360	2154117.9770	2300.8830	TN
127	474513.5700	2154133.4540	2299.3740	TN
128	474477.8290	2154140.2760	2299.5120	TN
129	474515.0490	2154155.7340	2299.1570	TN
130	474476.4380	2154155.8040	2299.4070	TN
131	474533.9660	2154158.9320	2299.2240	TN
132	474456.1500	2154157.0350	2299.1120	TN
133	474547.6550	2154126.2310	2299.1110	TN
134	474524.6440	2154097.5120	2301.5470	TN
135	474516.1500	2154087.2470	2307.2060	TN
136	474527.2970	2154071.9110	2307.2400	TN
137	474534.4660	2154071.7630	2306.3090	TN
138	474516.4240	2154068.6110	2307.5930	TN
139	474550.3110	2154077.1340	2304.1180	TN
140	474569.6530	2154080.8830	2302.4660	TN
141	474412.5190	2154135.9550	2300.2090	TN
142	474410.3450	2154156.0160	2299.1510	TN
143	474417.1020	2154150.6730	2299.3680	TN
144	474418.8590	2154162.2550	2295.8280	TN
145	474417.6460	2154167.3960	2295.1580	LINDERO
146	474455.2200	2154147.6990	2299.2950	TN
147	474480.2740	2154166.3210	2295.9590	LINDERO
148	474478.5100	2154156.0260	2299.3770	TN
149	474480.2070	2154163.9800	2295.8490	TN
150	474466.2750	2154144.8390	2299.3330	TN
151	474510.7350	2154155.6240	2299.2400	TN
152	474537.6960	2154158.7140	2299.2500	TN
153	474525.4490	2154130.3890	2299.3430	TN
154	474523.9280	2154147.5920	2299.7380	TN
155	474561.1230	2154122.5620	2299.1550	TN
156	474422.4810	2154031.3416	2312.7500	TN
B1	474338.3556	2154049.1420	2309.6130	LINDERO

Dibujo.- Con la base de datos del apoyo topográfico y del levantamiento de detalle, se procede a la elaboración del dibujo. Ver para dibujo de un plano de configuración *Aprendizaje 7 en Aprendizajes de CivilCAD y Estación Total.*



CROQUIS DE LOCALIZACION

LINEA EST. PUNTO	RUMBO	DISTANCIA	V	E	C	D	E	N	A	D	A	S	X	Y
1	N. 82°21'18" E	21.965	2	2154.151	38.910	474.763	80.010							
2	N. 82°21'17" E	9.841	3	2154.168	60.000	474.776	830.000							
3	N. 17°35'35" W	8.030	4	2154.177	69.850	474.780	833.000							
4	N. 82°20'35" W	5.708	5	2154.185	34.500	474.777	829.000							
5	N. 82°20'35" W	5.708	6	2154.188	37.000	474.776	824.000							
6	S. 82°33'48" W	41.513	7	2154.188	65.500	474.833	726.000							
7	S. 82°35'38" W	194.091	8	2154.186	33.010	474.800	740.000							
8	N. 80°01'00" W	66.637	9	2154.167	39.600	474.817	646.000							
9	S. 79°46'28" W	102.900	10	2154.149	130.000	474.816	831.000							
10	S. 12°25'25" E	102.375	11	2154.045	125.000	474.838	858.000							
11	N. 82°21'17" E	41.495	12	2154.004	24.000	474.862	888.000							
12	N. 82°21'17" E	41.495	13	2154.004	24.000	474.862	888.000							
13	N. 82°21'17" E	41.495	14	2154.112	209.000	474.837	670.000							
14	N. 33°48'15" E	47.039	1	2154.151	38.910	474.763	80.010							

SUPERFICIE = 85,117 078 m²

NOTAS:

- COORDENADAS MITI REFERIDAS AL NORTE ASTRONÓMICO, TENIENDO COMO ORIGINAL VERTICE "V" DE LA POLIGONAL DE APOYO CON LAS SIGUIENTES LEYENDAS:
 Y = 2154.151 (MIDIO) X = 474.800 (MIDIO)
- INCLINACIONES AL INCLINÓMETRO, TENIENDO COMO ORIGEN AL VERTICE "V" CON USO "H" ZONA E, GRADUADA.
- LOS MUEBOS 3, 11 Y 13 SON TEMPORALES PARA DELIMITAR LA SECCION ORIENTE.

SIMBOLOGIA:
 +3 VERTICE
 -298 CURVA DE NIVEL MAESTRA
 --- CURVA DE NIVEL
 --- VEREDA

POLIGONAL DE APOYO

VERTICE	C	D	D	E	N	A	D	A	S	X	Y	NOTAS
A	2154177.000	474986.000	2295.000	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
B	2154078.815	474974.610	2293.890	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
C	2154002.102	474671.980	2306.034	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
D	2154180.040	474804.535	2291.627	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
E	2154168.040	474683.686	2291.780	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
F	2154168.374	474489.901	2291.862	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
A1	2154168.681	474325.843	2295.043	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
A2	2154168.818	474248.807	2293.315	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
A3	2154168.948	474178.356	2308.813	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
B1	2154058.142	474388.356	2308.813	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
B2	2154120.839	474411.865	2307.714	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
B3	2154066.252	474427.258	2308.713	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
B4	2154050.170	474492.512	2311.015	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
C1	2154075.820	474258.736	2307.121	5088	TRIUMPO							5088 TRIUMPO
C2	2154092.887	474460.024	2307.411	5088	TRIUMPO							5088 TRIUMPO
C3	2154092.887	474460.024	2307.411	5088	TRIUMPO							5088 TRIUMPO
E1	2154162.083	474389.497	2292.684	5088	P.M.A.							5088 P.M.A.
E2	2154173.780	474674.980	2292.631	5088	TRIUMPO							5088 TRIUMPO
E3	2154162.110	474324.880	2293.959	5088	TRIUMPO							5088 TRIUMPO

PLANO TOPOGRAFICO

PARQUE NACIONAL LOS REMEDIOS, SECCION ORIENTE DEL PARQUE LA HOJA

UBICACION: AV. SAN JUANITO Y SAN JUANITO, TEPIC, NAGUALPAN, EDO. DE JALISCO.

PROYECTO DE: RESERVA ECOLÓGICA, PROPIEDAD FEDERAL.

FECHA: 01 - JUN - 08

NO. DE PLANO: CT - 01A

ESCALA: 1:50

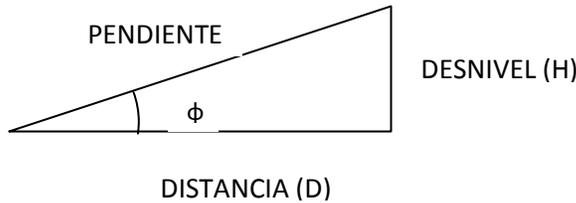
REVISOR: 0

Dibujo del plano topográfico

8. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA EL ESTUDIO DE VÍAS TERRESTRES

Vía Terrestre es el medio que sirve para llevar algo de un lugar a otro, personas, fluidos, mercancías, flujo eléctrico, etc.

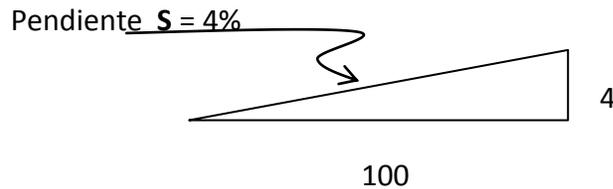
Las vías de comunicación terrestre se estudian en forma semejante y su principal diferencia es la pendiente que se les pueda dar para salvar los accidentes topográficos. La pendiente es la razón del desnivel entre la distancia, es igual a la función tangente del ángulo vertical formado respecto de la horizontal.



$$\text{Pendiente} = \text{Tan } \phi = \frac{H}{D}$$

Multiplicado el cociente por 100, se obtiene la pendiente en porcentaje (%).

La pendiente expresada en % indica el número de unidades que sube o baja una línea por cada 100 unidades horizontales. Por ejemplo para el caso de subir 4 unidades en 100 horizontales, se tiene:



LA PENDIENTE EN LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE			
VÍA TERRESTRE	UNIDADES	PENDIENTES	NOTAS
CAMINOS	EN %	MÁXIMA ± DE 4 A 13 %	SEGÚN ESPECIFICACIONES
VÍAS DE FCC	EN %	MÁXIMA ± 2 %	
CANALES	AL MILLAR	QUE GENEREN UNA VELOCIDAD DE ENTRE 1 Y 3 m / Seg	SOLO EN DESCENSO
DUCTOS A GRAVEDAD	AL MILLAR	QUE GENEREN UNA VELOCIDAD DE ENTRE 1 Y 3 m / Seg	SOLO EN DESCENSO
DUCTOS A PRESIÓN	EN %	NO HAY RESTRICCIÓN	
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	EN %	NO HAY RESTRICCIÓN	

Así tenemos entonces que en Líneas de transmisión eléctrica y Tuberías a presión; no afecta la pendiente, quedando sujetas a ciertas especificaciones, su trazo se hace prácticamente en línea recta del origen al destino, o a veces siguiendo otras vías de comunicación para facilitar su vigilancia y conservación.

En los caminos carreteros, la pendiente máxima será de 4 a 13%, según el tipo de camino, (autopista, camino vecinal, etc.). En ferrocarriles la pendiente máxima es del 2%. En canales las pendientes son muy suaves, para no perder altura y para que el agua conserve una velocidad menor a 3 m/seg., por lo que las pendientes se dan generalmente en unidades de millar, en lugar de por ciento y obviamente, solo en descenso.



Vías de Ferrocarril



Caminos



Canales



Líneas de Transmisión

Planeación De Las Vías Terrestres.

Por las vías de comunicación de que se dispone es que el hombre se comunica con sus semejantes, al estudio de los factores políticos, socioeconómicos, que solucionan globalmente los problemas de una zona con la influencia de una vía de comunicación, es lo que podemos llamar planeación. Los factores que se toman en consideración en este estudio los podemos dividir en dos grupos:

Aquellos que producen beneficios para elevar el nivel de vida de una región: inventario de los recursos naturales de la zona; incremento en la producción agrícola, ganadera, industrial y turística; prevención del incremento de la población, mediante estadísticas de población, habitación, comercio, actividad industrial, etc.

Aquellos que nos ayuden a realizar las obras de mantenimiento con el menor costo posible: Descripción de la topografía de la franja de terreno donde se pretende alojar la vía de comunicación. Elaboración de un croquis de conjunto donde aparezcan todos los lugares y puntos obligados, auxiliándose para ello de cartas, fotografías aéreas, imágenes satelitales, etc. de la región; clasificación geológica de los estratos localizados en la ruta probable; estimación del tránsito circulante y tendencia de su incremento futuro; determinación del tipo y sección de la vía de comunicación que satisfaga los requisitos mencionados y la elaboración de un presupuesto del costo de la obra.

Estudio De Una Vía Terrestre

Tomamos de base para el estudio de una vía terrestre a los caminos.



Las vías de comunicación elevan integralmente el nivel de vida de una región

Definición de Camino.

Se acostumbra decir camino o carretera indistintamente, la diferencia esencial es que el camino es una vía de comunicación que intercomunica a zonas rurales; la carretera es aquella destinada a mover gran cantidad de tránsito en forma controlada. En este curso utilizaremos el término genérico de camino para referirnos indistintamente a camino o carretera. Un camino es una faja de terreno, especialmente adaptado sobre la superficie terrestre, que reúne las condiciones de anchura, alineamiento, pendiente y superficie necesarias para permitir la circulación o rodamiento de los vehículos para los cuales fue proyectado.

Clasificación de los Caminos.

Para proyectar un camino deben tenerse los elementos suficientes que justifiquen y determinen las características geométricas del mismo. Un elemento determinante es su capacidad de tránsito, lo que permite clasificar los caminos por la cantidad de vehículos que transitarán por él.

Tipo A . Para un T.D.P.A. de mas de 3000 vehículos, equivalente a un T.H.M.A. mayor de 360.

Tipo B. Para un T.D.P.A. de 1500 a 3000, equivalente a un T.H.M.A. de 180 a 360.

Tipo C. Para un T.D.P.A. de 500 a 1500, equivalente a un T.H.M.A. de 60 a 180.

Tipo D. Para un T.D.P.A. de 100 a 500, equivalente a un T.H.M.A. de 12 a 60.

Tipo E. Para un T.D.P.A. hasta de 100, equivalente a un T.H.M.A. hasta de 12.

T.D.P.A. TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL

T.H.M.A. TRANSITO HORARIO MÁXIMO ANUAL

Según su función, los caminos se pueden clasificar como:

Autopistas. Para el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito y carga entre ciudades; de 4 carriles o más; especificaciones de diseño para una velocidad de proyecto de 80 Km/h o mayor.

Primer Orden. Caminos de dos carriles para alto volumen de tránsito y carga entre poblaciones, especificaciones de diseño para una velocidad de proyecto de 70 Km/h

Segundo Orden. Caminos de dos carriles para bajo volumen de tránsito y carga entre poblaciones, especificaciones de diseño para una velocidad de proyecto de 60 Km/h

Caminos Vecinales. Caminos rurales con muy bajo volumen de tránsito entre poblaciones pequeñas, pueden ser de tercería, las especificaciones de diseño para una velocidad de proyecto de 40 Km/h.

Clasificación Técnica Oficial

Las normas geométricas de los caminos clasificados, varían según la topografía del terreno que se atraviese, considerándose las siguientes características:

1. Terreno Plano (hasta un 4 % de pendiente)
2. Lomerío (hasta un 15 % de pendiente)
3. Montañoso (mas de un 15 % de pendiente)

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes clasifica a los caminos en la siguiente forma:

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA													
		E		D		C		B		A					
		HASTA 100		100 a 500		500 a 1500		1500 a 3000		MAS DE 3000					
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Veh/dia	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	80	90	100	110
TERRENO MONTAÑOSO LOMERIO PLANO	-														
VELOCIDAD DE PROYECTO	Km/h	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	100	225	270	315	180	225	270	315
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	75	60	30	17	11	75	55	425	325	275
CURVAS	K	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20
	CRESTA	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20
VERTICALES	COLUMPIO	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20
	LONGITUD MINIMA	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	40	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9	7	-	6	-	8	6	5	-	5	4	4	3	-
PENDIENTE MAXIMA	%	13	10	7	12	9	6	8	7	5	7	6	4	6	4
LONGITUD CRITICA	m	VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4		VER FIG. No 004.4	
ANCHO DE CALZADA	m	40	VER FIG. No 004.4		6.0	VER FIG. No 004.4		6.0	VER FIG. No 004.4		7.0	VER FIG. No 004.4		4.2	4.4
ANCHO DE CORONA	m	4.0	VER FIG. No 004.4		6.0	VER FIG. No 004.4		7.0	VER FIG. No 004.4		9.0	VER FIG. No 004.4		7.0	7.0
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-	VER FIG. No 004.4		-	VER FIG. No 004.4		0.5	VER FIG. No 004.4		1.0	VER FIG. No 004.4		2.5	3.0
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-	VER FIG. No 004.4		-	VER FIG. No 004.4		-	VER FIG. No 004.4		-	VER FIG. No 004.4		3.0	3.0
BOMBEO	%	3	VER FIG. No 004.4		3	VER FIG. No 004.4		2	VER FIG. No 004.4		2	VER FIG. No 004.4		2	2
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10	VER FIG. No 004.4		10	VER FIG. No 004.4		10	VER FIG. No 004.4		10	VER FIG. No 004.4		10	10
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO	%	VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5	
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5		VER TABLA No 004-5	

TABLA 002-1 CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS

Definiciones:

Velocidad de proyecto.- velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.

Distancia de visibilidad de parada.- distancia de seguridad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de marcha sobre pavimento mojado, vea un objeto en su trayectoria y pueda detener su vehículo antes de llegar a él.

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	VELOCIDAD DE MARCHA km/h	R E A C C I O N		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO m	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		TIEMPO seg	DISTANCIA m			CALCULADA m	PARA PROYECTO m
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

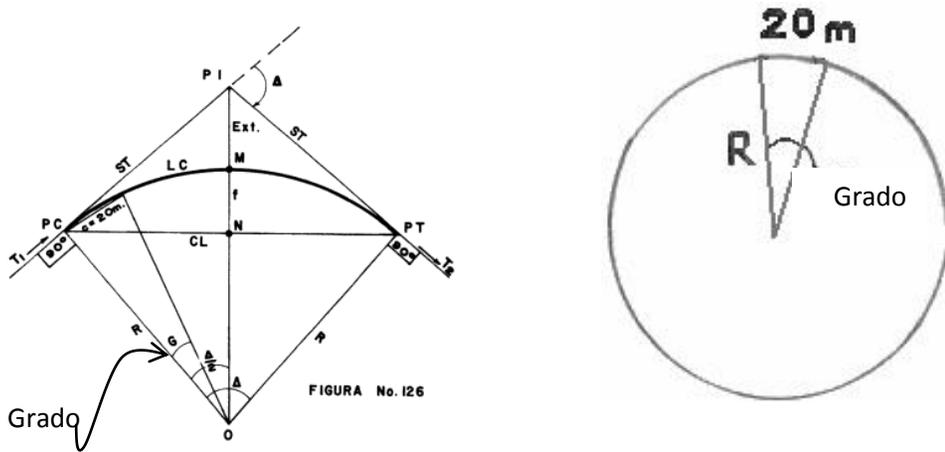
TABLA 003-1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Distancia de visibilidad de rebase.- distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario se haga visible al iniciarse la maniobra. Se determina con la expresión:

$$D_r = 4.5 V$$

Donde: D_r = Distancia de visibilidad de rebase en metros.
 V = Velocidad de proyecto en Km / hr

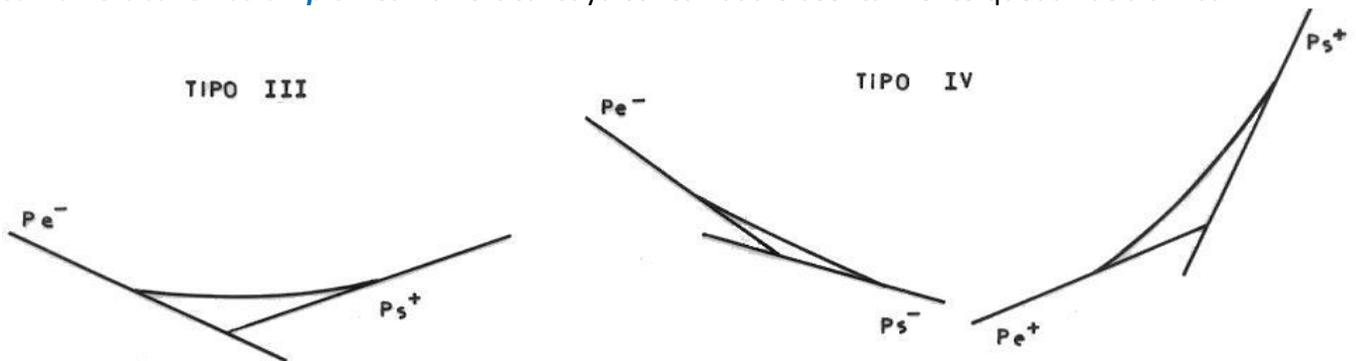
Grado de curvatura.- ángulo subtendido por un arco de circunferencia de 20 m de longitud.



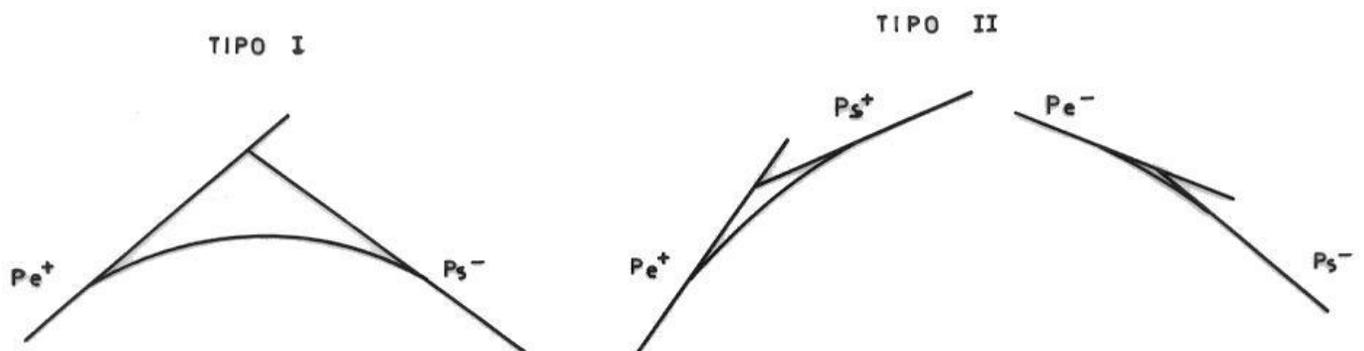
Grado máximo de curvatura.- Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima.

Curva vertical.- Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.

Curva vertical en columpio.- curva vertical cuya concavidad o asentamiento queda hacia arriba.



Curva vertical en cresta.- curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.



Pendiente gobernadora.- es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.

Pendiente máxima.- es la mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda la longitud crítica correspondiente.

Longitud crítica.- es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor a la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.

Hombro.- en sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por esta y el talud interior de la cuneta.

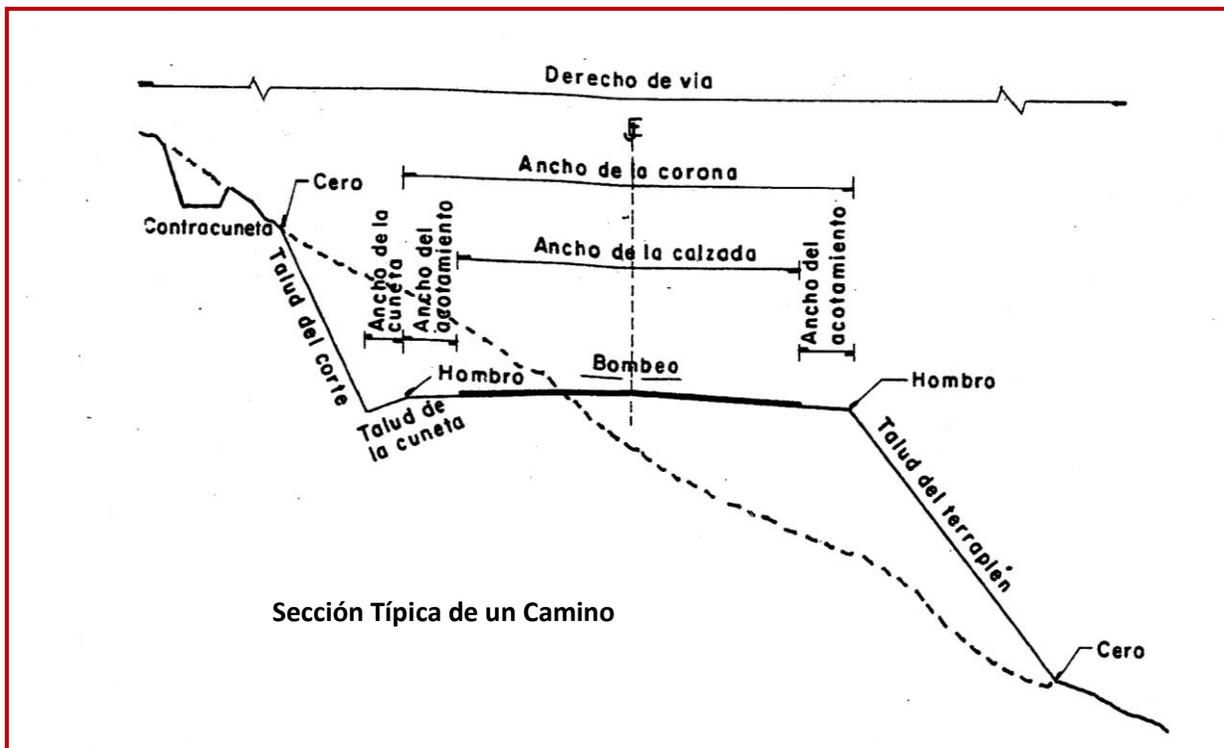
Ancho de corona.- Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.

Calzada.- parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

Acotamiento.- faja de seguridad contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o en su caso de la guarnición de la banqueteta o de la faja separadora.

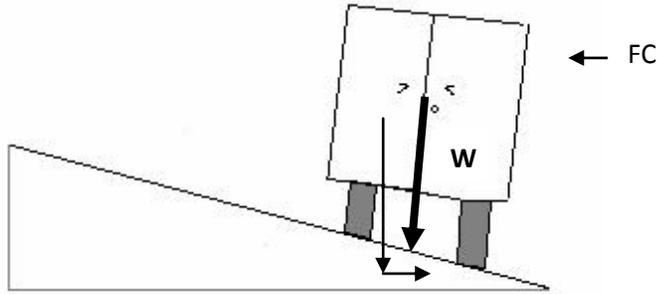
Faja separadora central.- es la zona que se dispone para precaver que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles de sentido contrario.

Bombeo.- pendiente transversal descendente en la corona o subcorona a partir de su eje y hacia ambos lados en tangente horizontal.



Elementos de la sección transversal de un camino

Sobreelevación.- pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga.



Sobreelevación máxima.- pendiente transversal máxima que se da a la corona. En nuestro país la sobreelevación máxima es del 10%.

Ampliación en curva.- incremento del ancho de la corona y de la calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.

Transición.- distancia que se utiliza para pasar de la sección en tangente a la sección en curva circular y viceversa.

Etapas del Estudio Topográfico de un Camino

- 1.- Localización de Ruta. Consiste en la definición de los puntos obligados, que son los lugares por donde debe pasarse.
- 2.- Trazo Preliminar. Es la poligonal abierta que une los puntos obligados.
- 3.- Configuración de una franja de terreno. Es la planta topográfica del trazo preliminar, con curvas de nivel.
- 4.- Proyecto definitivo en gabinete. Consiste en :
 - a) Trazo (alineamiento horizontal)
 - b) Perfil (alineamiento vertical)
 - c) Sección transversal.
- 5.- Replanteo o trazo en campo. Es el establecimiento en campo de las condiciones de proyecto.

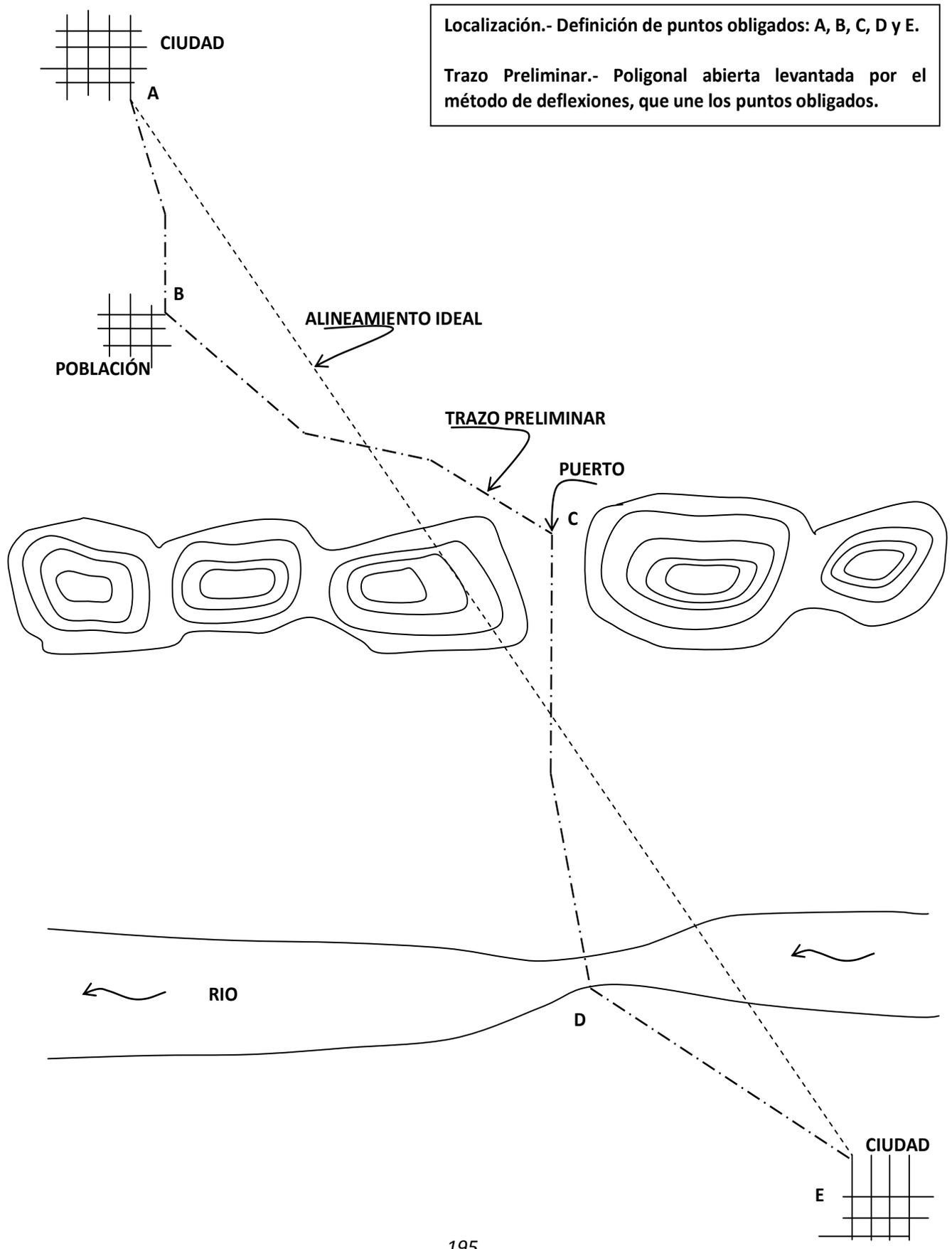
1.- Localización de la ruta entre los puntos obligados

Con los elementos obtenidos en los estudios previos de la planeación se procede a definir los puntos de origen y destino, así como a ligar todos aquellos puntos o poblados que se consideren obligados, determinando así la ruta general.

El ideal en el proyecto de una vía de comunicación, es que esta fuera recta del origen al destino; pero al tener que salvar accidentes topográficos, es necesario buscar los lugares más factibles para salvarlos, estos lugares por donde debe pasarse para llegar al punto final son los puntos obligados; estos puntos son los puertos en las serranías, poblaciones intermedias, puentes al cruzar ríos, etc. La localización de la ruta se puede realizar mediante reconocimiento sobre cartas o planos topográficos existentes.

2.- Trazo Preliminar

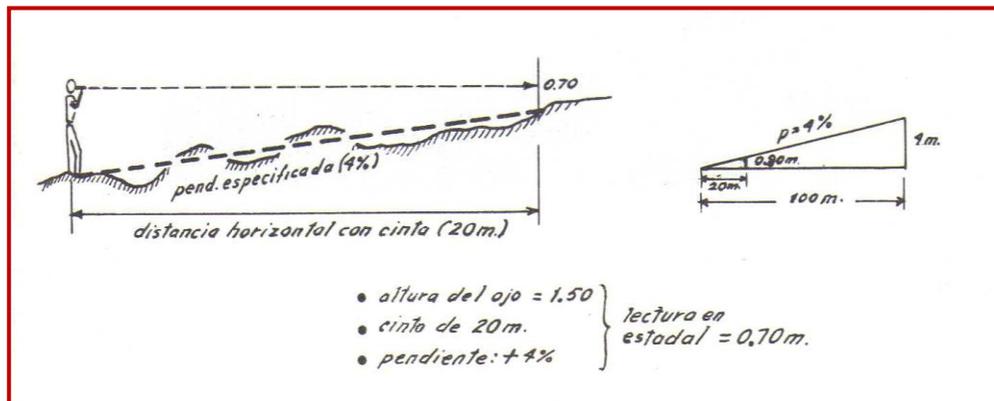
1, 2).- Localización de Ruta y Trazo Preliminar de un camino



Se procede ligando los puntos obligados en el terreno mediante una poligonal de apoyo que se denomina trazo preliminar, la cual se va llevando por los lugares más adecuados cuando el terreno es plano y cuando se encuentran cuestas y la pendiente del terreno es mayor a la máxima permisible, es preciso desarrollar el trazo para subir el desnivel requerido, alargándolo para conservar la pendiente la cual debe ser menor o igual que la máxima permisible. En este caso es necesario ir buscando esa pendiente, lo cual se conoce como localizar la línea a pelo de tierra, lo cual se hace de la siguiente manera:

Con nivel de mano, cinta y estadal. Conocida la altura del ojo del observador, se calcula lo que debe leerse en el estadal para que de acuerdo a la longitud de la cinta, este suba o baje la altura necesaria según la pendiente que se busca.

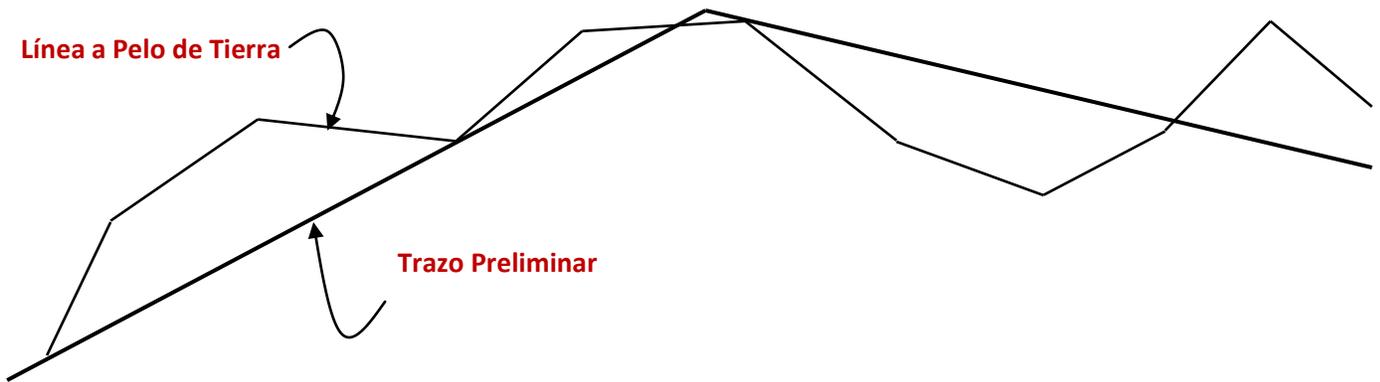
Por ejemplo si la pendiente que se esta localizando es del 4 %, la longitud de la cinta es de 20 m y altura del ojo del observador es de 1.50 m:



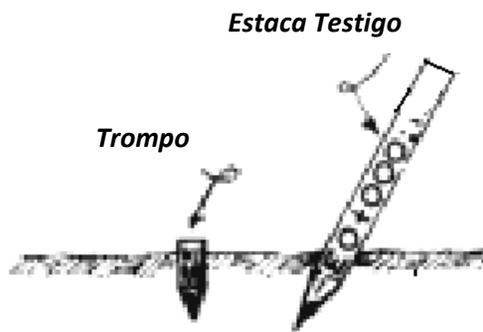
Con Clisímetro. El clisímetro es un aparato portátil que permite seguir en el terreno una pendiente definida; en el instrumento de fija la pendiente a seguir con la graduación vertical, el observador lee en el estadal la altura de su ojo, de esta manera va localizando puntos que tengan la pendiente requerida que conforman la línea a pelo de tierra.



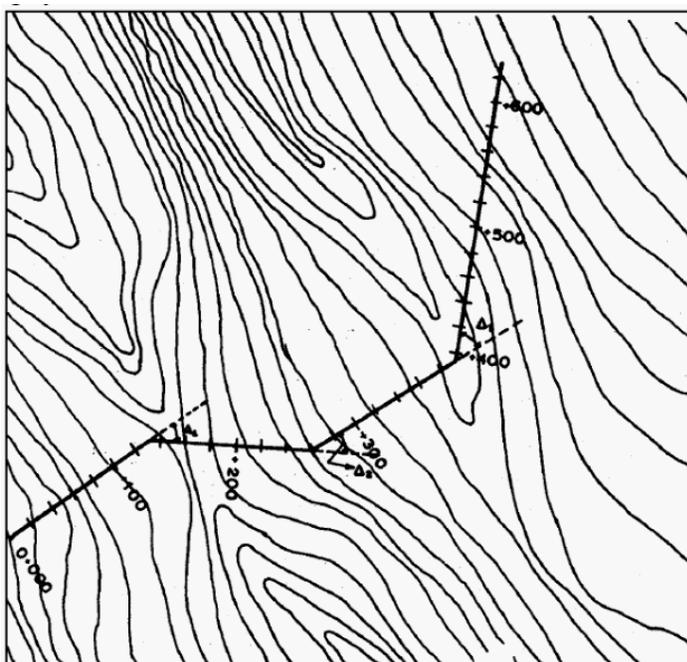
Una vez localizada la línea a pelo de tierra, como resulta muy quebrada, la poligonal del trazo preliminar se lleva localizando tangentes largas que compensen o unan la mayor parte de los puntos localizados.



El trazo preliminar se efectúa alineando trompos con el tránsito, que se colocan cada 20 m acompañando a estos de sus estacas testigo, las cuales se colocan a unos 30 cm de los trompos. Los puntos que definen el trazo como son los puntos de inflexión (PI) y puntos sobre tangente (PST) deben referenciarse, ya después servirán de apoyo para el trazo definitivo.



Punto que define el Eje del Trazo: Trompo y su Estaca Testigo indicando el Kilometraje



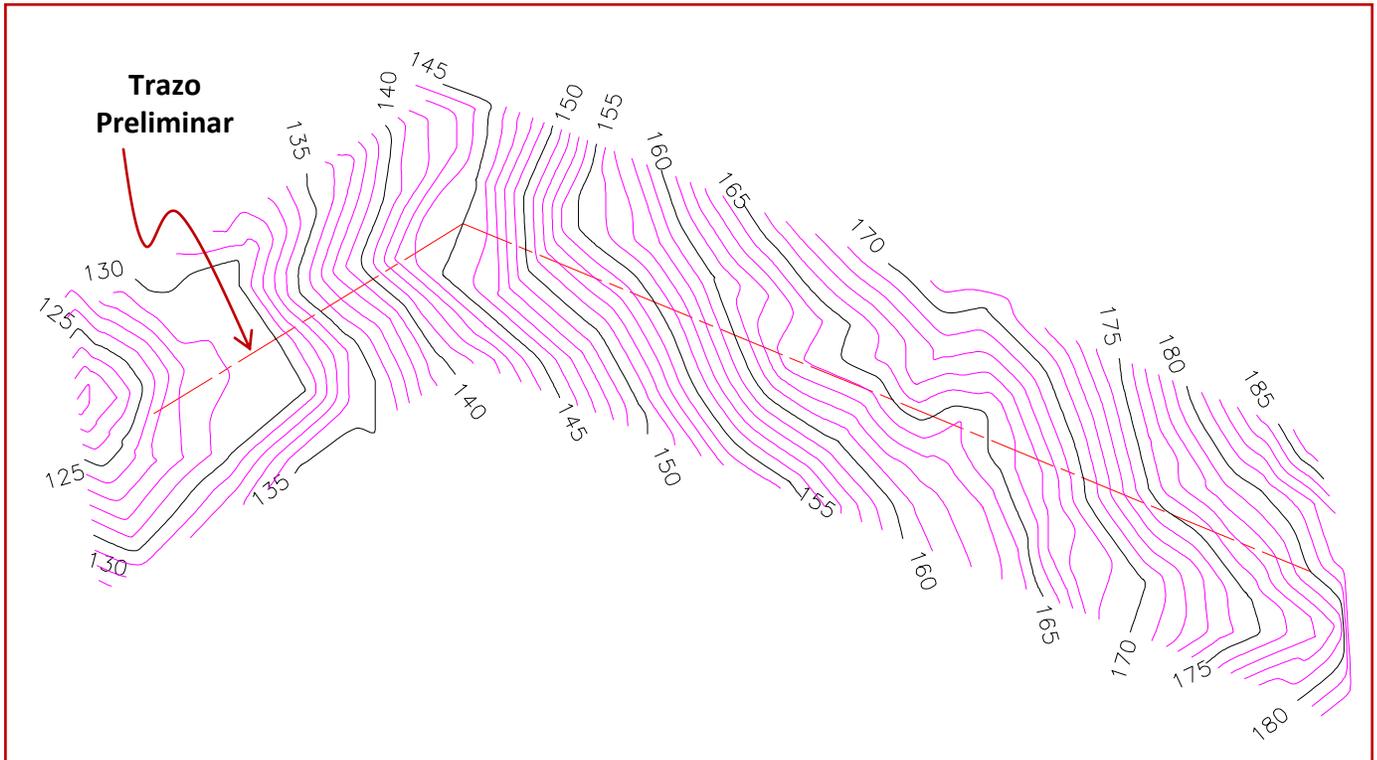
El trazo preliminar se nivela con nivel fijo mediante el procedimiento de nivelación de perfil, la nivelación se hace en circuitos de 500 m estableciendo Bancos de Nivel en lugares estratégicos.

El levantamiento del trazo preliminar, también puede realizarse mediante **Estación Total**; definidos los puntos obligados, se levantan mediante una poligonal abierta ligada en sus extremos a vértices GPS de coordenadas conocidas. La poligonal se nivela con nivel fijo, o taquimétricamente, según la importancia del camino y precisión requerida.

Poligonal del Trazo Preliminar

3.- Configuración de una franja de terreno.

Se configura una franja de terreno de 20 a 100 m (según la clasificación del camino), a uno y otro lado de la poligonal que define el trazo preliminar. El objetivo es obtener la representación del relieve del terreno por medio de curvas de nivel. La configuración puede realizarse mediante secciones transversales o mediante radiaciones con estación total.



Configuración de una Franja de Terreno

4.- Proyecto definitivo en gabinete

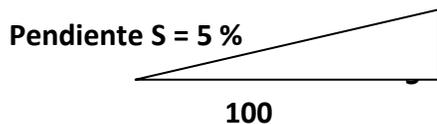
Descripción del Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino. Los elementos que lo integran son las tangentes, las curvas circulares de enlace y las curvas de transición, estas transiciones son refinamientos adicionales que deben utilizarse en algunos casos con el objeto de que el alineamiento sea compatible con las necesidades de operación de los vehículos. las transiciones se dan entre los tramos en tangente y las curvas circulares y sirven de base para dar la ampliación y sobre elevación al entrar y salir de la curva.

Trazo definitivo.

Sobre la configuración del terreno, representado por las curvas de nivel, y considerando la escala del plano, se traza la(s) línea(s) a pelo de tierra buscando rutas que sigan las mejores condiciones, siguiendo las siguientes recomendaciones:

Sobre esta franja de terreno configurado por ejemplo a una equidistancia de 2m, se determina la distancia para subir o bajar la equidistancia entre curvas con la pendiente media o gobernadora. Con esta distancia por medio de un compás (puede ser con software de diseño asistido por computadora), se pasará de una curva de nivel a otra a partir del punto de origen hasta el punto final o de destino del cambio. La unión, por medio de rectas, de los puntos definidos con el compás dará la poligonal del trazo definitivo. Se ilustra lo antes dicho en las siguientes figuras:



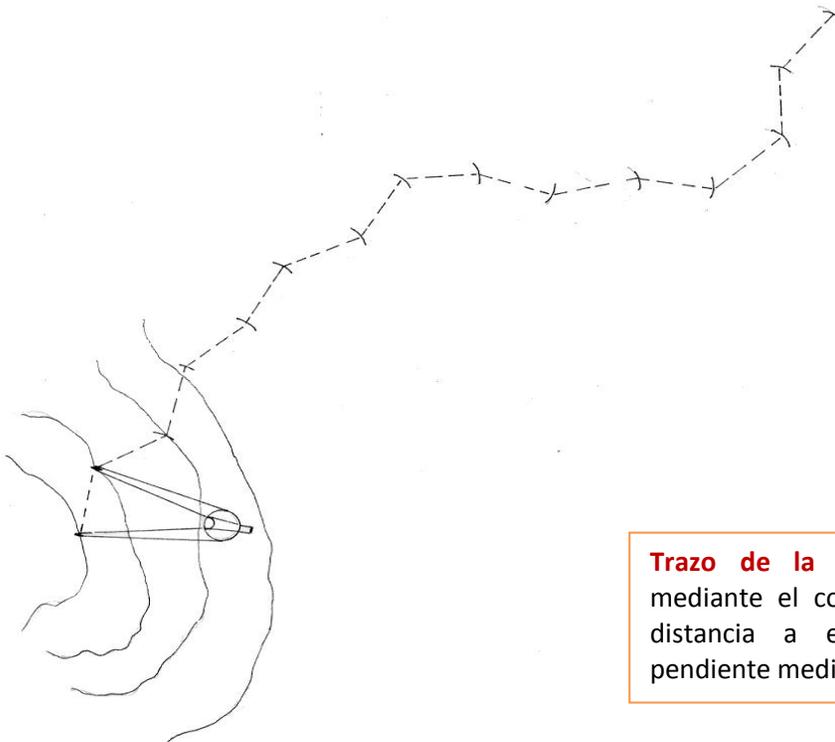
$$S = h / d ; d = h / S$$

Haciendo $h =$ equidistancia "e"
Para una equidistancia de 2 m:

$$d = 2 \text{ m} / 0.05 = 40 \text{ m}$$



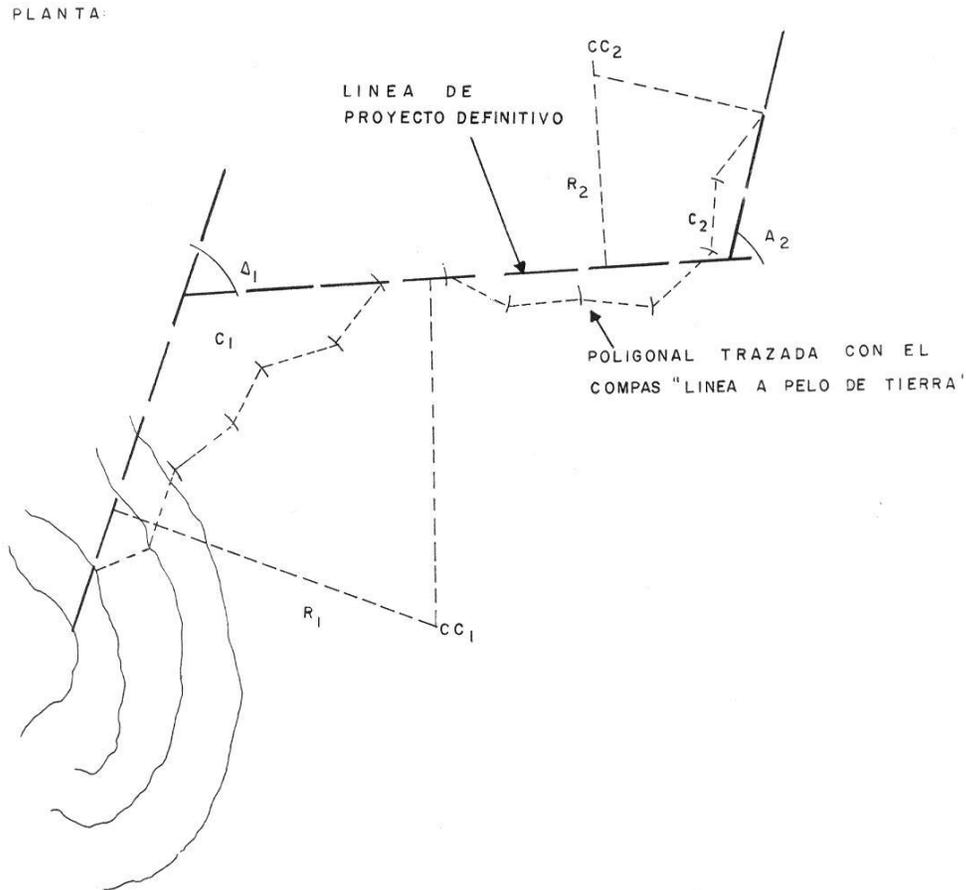
Compás abierto a una distancia de 40 m a escala



Trazo de la línea a pelo de tierra mediante el compás, este contiene una distancia a escala que genera una pendiente media.

Como puede observarse, la línea a pelo de tierra presenta muchos cambios de dirección; por lo tanto seguiremos de manera general con el trazo definitivo la "pendiente media". En estas condiciones adaptamos el trazo a fin de ajustarnos a los valores de pendiente, el número de curvas por kilómetro, el grado de curvatura, etc., correspondientes a una velocidad de proyecto fijada, así trazamos la línea definitiva en planta como se ilustra a continuación:

Sobre esta línea definitiva, trazamos los cadenamamientos a fin de ubicar a los puntos de cambio de dirección o puntos de intersección (PI) de las tangentes, con esto se pueden calcular los elementos geométricos de las curvas horizontales.

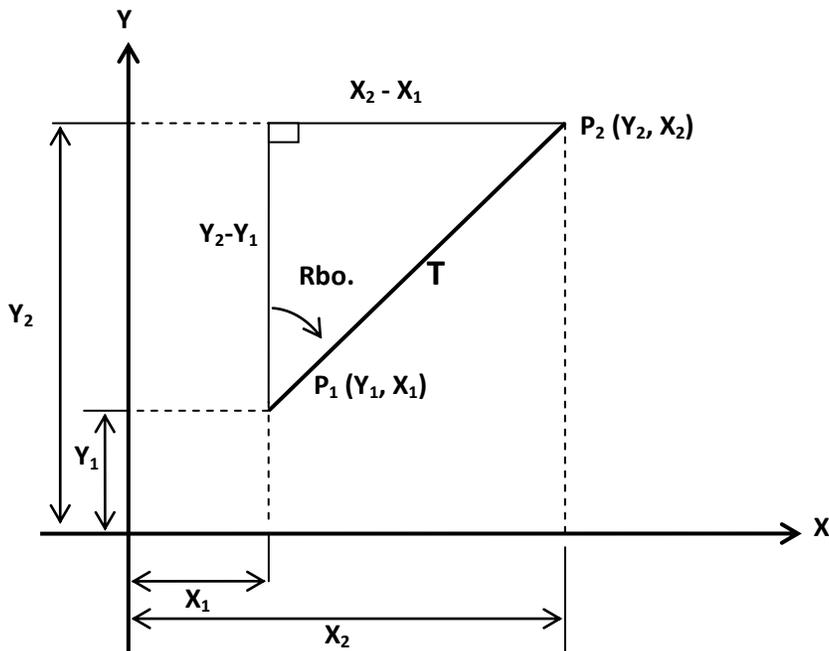


Proyecto del Alineamiento Horizontal

Tangentes del Trazo Definitivo. Son las rectas que conforman el eje del camino. En los puntos de inflexión la unión se hace mediante una curva de circular de enlace. La estrategia para un buen alineamiento es que se formen tangentes largas, con curvas de radio grande.

El diseño de las tangentes se hace en función de las coordenadas de los puntos de inflexión, de los cuales se obtienen coordenadas deduciéndolas gráficamente de la planta topográfica. Conocidas sus coordenadas se determinan las distancias, los rumbos y las deflexiones en los PI^S .

Calculo De Rumbos Y Longitudes De Las Tangentes



Cálculo de la tangente (T) y del Rumbo (Rbo);

Del triángulo rectángulo:

$$T = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

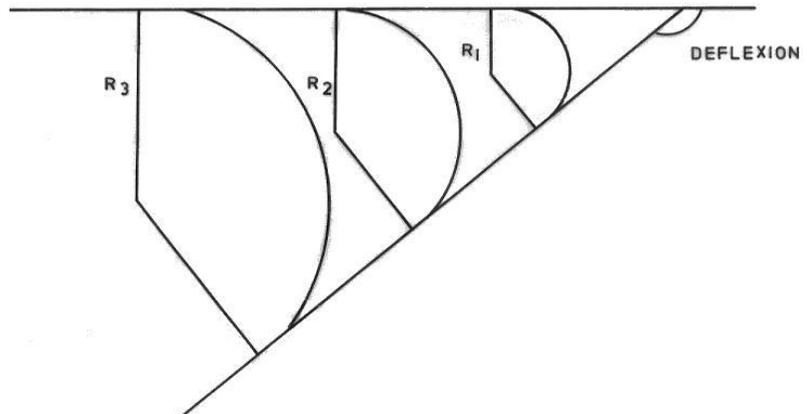
$$\tan Rbo = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \quad ; \text{Entonces:}$$

$$Rbo = \tan^{-1} \left[\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right]$$

Cuadrantes de los rumbos

- Si: $X_2 - X_1$ (+) → Este
 $X_2 - X_1$ (-) → W (oeste)
 $Y_2 - Y_1$ (+) → Norte
 $Y_2 - Y_1$ (-) → Sur

Radio de las curvas. Si hacemos varios círculos tangentes a las rectas, vemos cuál es el adecuado, ya que a menor radio la curva es más forzada y a mayor radio la curva es más tendida. El radio, "R", se elige de acuerdo a las especificaciones del caso.



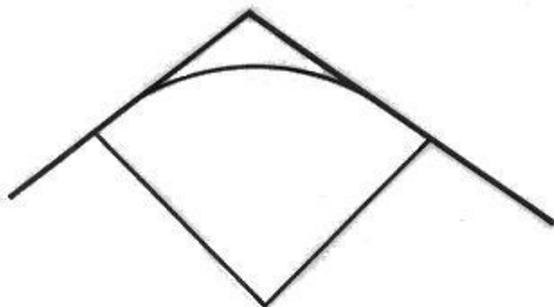
Enlaces de tangentes mediante círculos de radios R_1 , R_2 y R_3

Diseño de Curvas Circulares

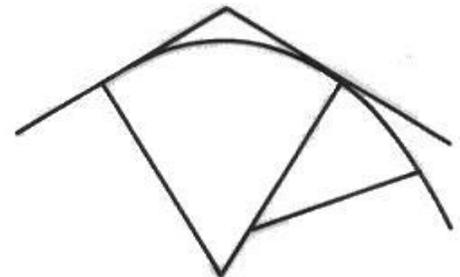
Una curva circular es un arco de círculo que une dos tangentes consecutivas y se utiliza para que el cambio de dirección en el punto de inflexión no sea brusco en un solo punto.

Se clasifican en curvas horizontales simples, compuestas inversas y de transición o espirales. Las curvas horizontales simples son las más frecuentes y se usan para caminos y canales, las compuestas e inversas también se utilizan para caminos y canales pero sólo en casos muy especiales, Las curvas espirales y de transición se emplean en ferrocarriles, Sistema de Transporte Colectivo "Metro" y, en caminos.

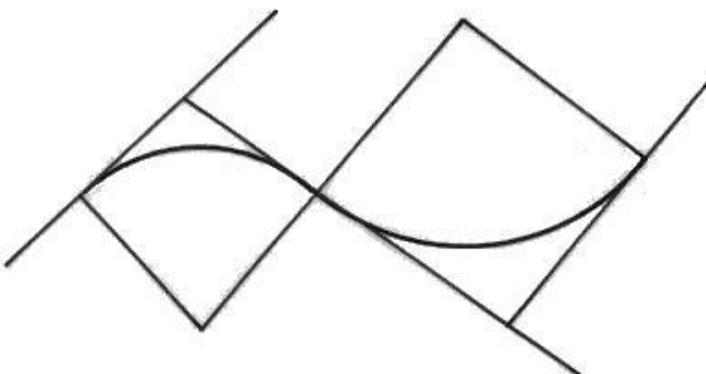
Curva horizontal simple.



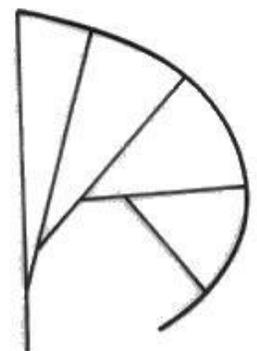
Curvas compuestas.



Curvas inversas.



Curvas de transición.



Definiciones:**Grado de la curva (G)**

Es el ángulo en el centro desde el cual se ve una cuerda de 20 m. llamada cadenamiento o cuerda unitaria; estas cuerdas unitarias pueden ser de 5, 10 o 20 m, según el Radio y/o el grado de curvatura.

Al aumentar o disminuir el grado, la curva se hace más forzada o más suave. El rango de variación del "grado de curvatura" elegido para cada proyecto, deberá considerar las especificaciones para canales, caminos o ferrocarriles. Conocido el valor de "g" o del radio "R", y del ángulo de deflexión " Δ ", podemos determinar los demás elementos de la curva.

Subtangente (ST)

Es la distancia tangencial del PI, al PC y del PI al PT

Principio de Curva (PC) y Principio de Tangente (PT)

Son los puntos de contacto o de tangencia de la curva y las tangentes de entrada y salida respectivamente.

Angulo de deflexión (D)

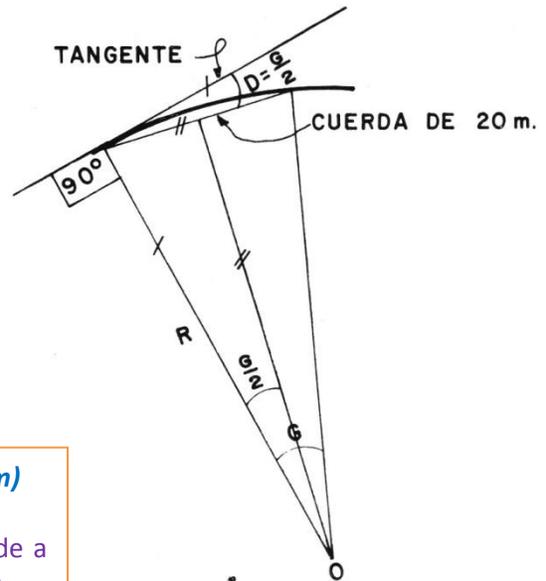
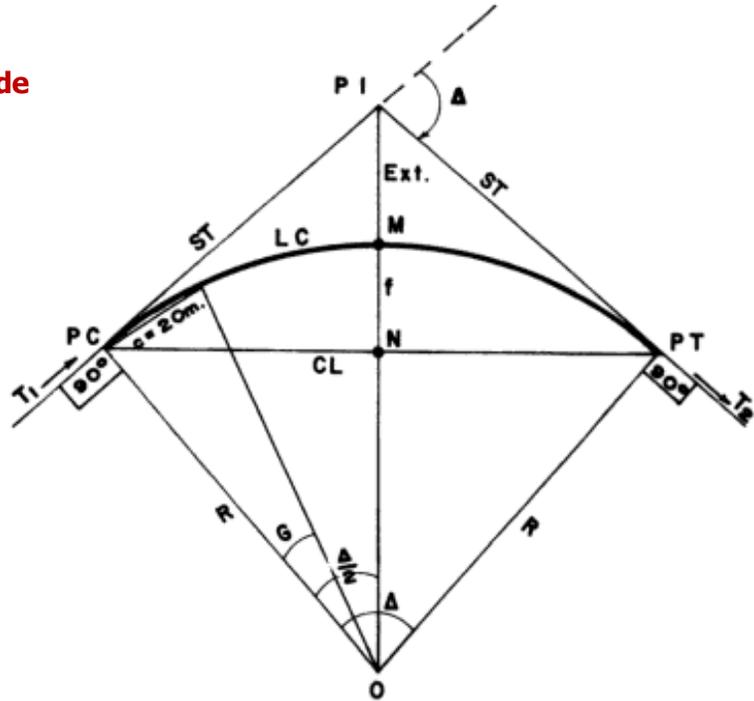
Es el ángulo formado por una tangente a la curva y una cuerda de 20 m que parten de un mismo punto y su valor es igual a la mitad del grado de la curva, es decir: $D = G / 2$

Angulo de deflexión por metro (D'm)

Es el ángulo de deflexión que corresponde a una cuerda de 1 m de longitud.

Nomenclatura de los elementos de una circular simple.

- PC = Principio de Curva
- PI = Punto de Inflexión
- PT = Principio de Tangencia
- Δ = Deflexión
- T_1 = Tangente de entrada
- T_2 = Tangente de salida
- PST = Punto sobre la tangente
- PSC = Punto sobre la curva
- ST = Subtangente
- R = Radio
- D = Ángulo de deflexión
- Dm = deflexión por metro
- C = Cuerda
- M = Punto medio de la curva
- N = Punto medio de la cuerda larga
- G = Grado de curvatura
- E = Externa
- f = Flecha
- O = Centro Curva
- LC = Longitud de la curva
- CL = Cuerda larga



Ángulo de deflexión (D) y Ángulo de deflexión por metro (Dm)

Si se designa por Dm al ángulo de deflexión que corresponde a una cuerda de 1 m, se puede establecer la siguiente igualdad:

$$\frac{Dm}{1} = \frac{G}{20} \quad \text{ó bien:}$$

$$Dm = \frac{G}{40}$$

Formulas:

$$\text{Sen } \frac{G}{2} = \frac{10}{R} \quad (\text{I})$$

$$R = \frac{1145.92}{G} \quad (\text{II})$$

$$ST = R \text{ Tan } (\Delta/2) \quad (\text{III})$$

$$LC = (\Delta/G) 20 \quad (\text{IV})$$

$$\text{Km PC} = \text{Km PI} - ST \quad (\text{V})$$

$$\text{Km PT} = \text{Km PC} + LC \quad (\text{VI})$$

$$Dm = G / 40 \quad (\text{VII})$$

Longitud de la Cuerda:

Usar cuerda de 20 m, si $G \leq 10^\circ$

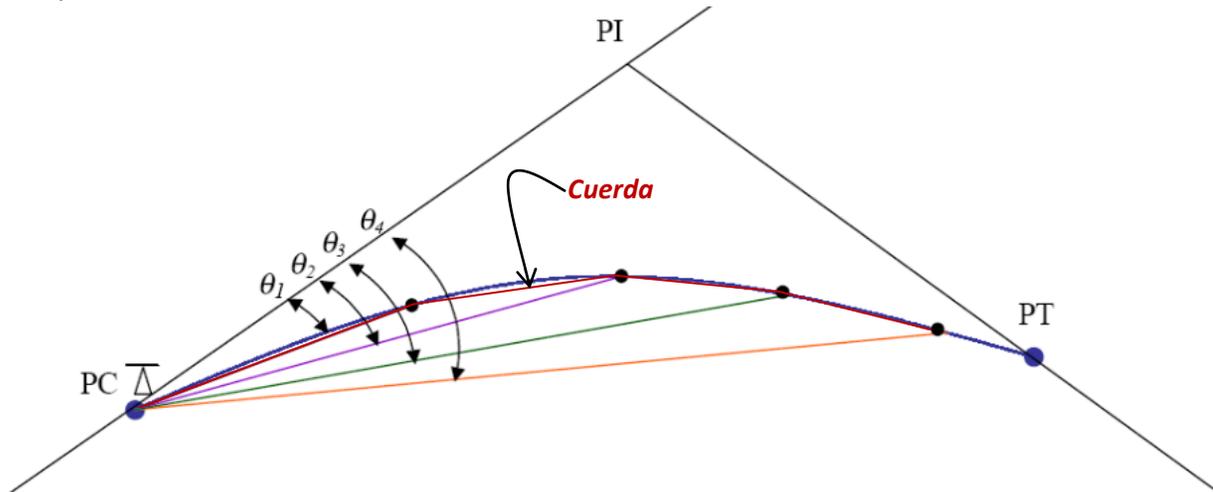
Usar cuerda de 10 m, si $10^\circ < G \leq 20^\circ$

Usar cuerda de 5 m, si $20^\circ < G \leq 40^\circ$

Formato y metodología para el cálculo de una curva circular simple:

Trazo por deflexiones:

El aparato se puede localizar en el PC, el PT o en alguna estación intermedia; en la figura siguiente se tiene la condición de aparato localizado en el PC, visando hacia el PI, a partir de ahí se van localizando una serie de cuerdas para ir estableciendo los puntos sobre curva. Para establecer cada estación se procede trazando la deflexión total calculada y con cinta se miden la longitud de la cuerda calculada, iniciando con la primera parcial desde el PC.



Ejercicio.- Calcula la siguiente curva circular para su trazo en campo.

Km PI = 3 + 525.450

Deflexión = $38^{\circ} 05' 00''$ D

Grado = 6°

Solución.- resolvemos sistematizando el cálculo en la página siguiente:

CALCULO DE UNA CURVA CIRCULAR

DATOS:

Km P.I. = 3 + 525.450

DEFLEXIÓN (Δ) = 38° 05' 00" D

GRADO (G) = 6°

$R = 1145.92 / G = 1145.92 / 6 = 190.987 \text{ m}$

$S.T. = R \text{ TAN } (\Delta / 2) = 190.987 \times \text{TAN } (19^\circ 02' 30'') = 65.917 \text{ m}$

$L.C. = (\Delta / G) \times 20 = (38^\circ 05' / 6^\circ) \times 20 \text{ m} = 126.944 \text{ m}$

Km P.I. = 3 + 525.450

- S. T. = 65.917

Km P.C. = 3 + 459.533

+ L.C. = 126.944

Km P.T. = 3 + 586.477

$D_m = G/40 = 6^\circ / 40 = 0^\circ 09' 00''$; $G = 6^\circ$, $\therefore C = 20 \text{ m}$

TABLA DE DEFLEXIONES PARA EL TRAZO DE LA CURVA

ESTACIONES	CUERDAS	DEFLEXIONES PARCIALES	DEFLEXIONES TOTALES
P.C. 3+ 459.533	-----	-----	0° 00' 00"
3 + 460	0.467	0° 04' 12"	0° 04' 12"
3 + 480	20.000	3° 00' 00"	3° 04' 12"
3 + 500	20.000	3° 00' 00"	6° 04' 12"
3 + 520	20.000	3° 00' 00"	9° 04' 12"
3 + 540	20.000	3° 00' 00"	12° 04' 12"
3 + 560	20.000	3° 00' 00"	15° 04' 12"
3 + 580	20.000	3° 00' 00"	18° 04' 12"
P.T. 3 + 586.477	6.477	0° 58' 12"	19° 02' 30" = $\Delta / 2$
LC =	126.944 m		

DEFLEXIONES PARCIALES:

$D_1 = (0^\circ 09' 00'') (0.467) = 0^\circ 04' 12''$

$D_2 = (0^\circ 09' 00'') (20) = 3^\circ 00' 00''$

$D_3 = (0^\circ 09' 00'') (6.477) = 0^\circ 58' 18''$

Ejercicio.- Con las coordenadas de los Puntos de Inflexión obtenidas del proyecto del trazo definitivo, determina:

- I. Los rumbos, la longitud de las tangentes y las deflexiones,
- II. El cálculo de las curvas hasta kilometrajes para: curva 1, G = 12°; curva 2, G = 8°
- III. El kilometraje del PF

Punto	Coordenadas	
	Y	X
PP	1400.000	1100.000
PI ₁	1750.000	1400.000
PI ₂	1500.000	1900.000
PF	1800.000	2200.000

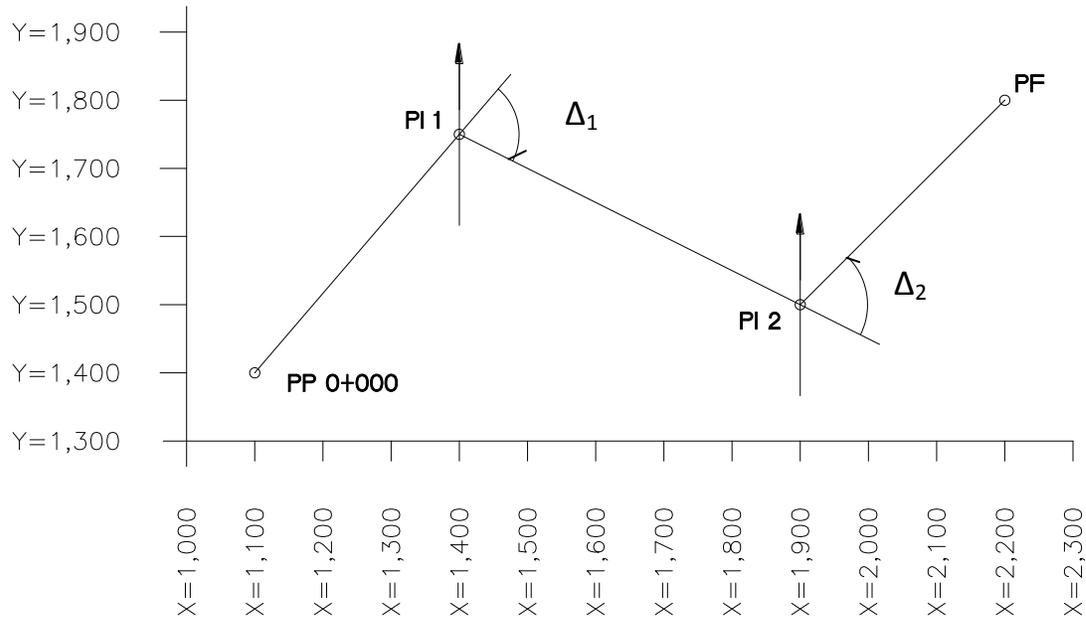
Formulas:

$$T = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

$$Rbo = \tan^{-1} \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right)$$

Solución:

Croquis



LADO	TAN Rbo = $\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1}$	Rbo = TAN ⁻¹ (Ans)	T = $\sqrt{((X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2)}$
PP - PI ₁	$\frac{1400 - 1100}{1750 - 1400} = \frac{+300}{+350} = 0.857114$	N 40°36'05" E	T ₁ = $\sqrt{(300^2 + 350^2)} = 460.977$ m
PI ₁ - PI ₂	$\frac{1900 - 1400}{1500 - 1750} = \frac{+500}{-250} = -2$	S 63°26'06" E	T ₂ = $\sqrt{(500^2 + 250^2)} = 559.017$ m
PI ₂ - PF	$\frac{2200 - 1900}{1800 - 1500} = \frac{+300}{+300} = 1$	N 45°00'00" E	T ₃ = $\sqrt{(300^2 + 300^2)} = 424.264$ m

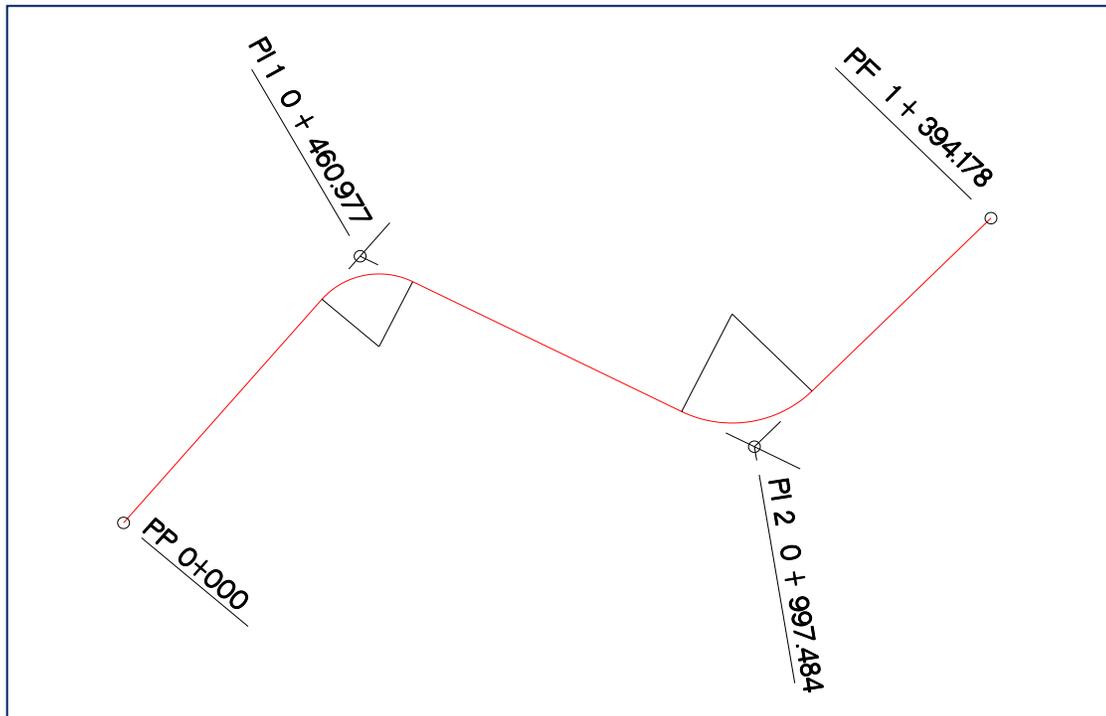
Deflexiones:

$$\Delta_1 = 180^\circ - 40^\circ 36' 05'' - 63^\circ 26' 06'' = 75^\circ 57' 49'' \text{ D}$$

$$\Delta_2 = 180^\circ - 63^\circ 26' 06'' - 45^\circ 00' 00'' = 71^\circ 33' 54'' \text{ I}$$

Para el cálculo de deflexiones analizar cada caso en particular apoyados en el croquis correspondiente.

FORMULAS	DATOS CURVA 1 G = 12° Δ = 75°57'49" D	DATOS CURVA 2 G = 8° Δ = 71°33'54" I
$R = \frac{1145.92}{G}$	$R = \frac{1145.92}{12} = 95.493 \text{ m}$	$R = \frac{1145.92}{8} = 143.240 \text{ m}$
$ST = R \text{ TAN } (\Delta/2)$	$ST = 95.493 * \text{TAN } (37^\circ 58' 54.5'') = 74.558 \text{ m}$	$ST = 143.240 * \text{TAN}(35^\circ 46' 57'') = 103.241 \text{ m}$
$LC = (\Delta/G) 20$	$LC = \frac{75.963611}{12} * 20 = 126.606 \text{ m}$	$LC = \frac{71.565}{12} * 20 = 119.292 \text{ m}$
KILOMETRAJES	Km PP = 0 + 000 $T_1 = \frac{460.977}{}$ Pl ₁ = 0 + 460.977 $- ST = \frac{74.558}{}$ Km PC = 0 + 386.419 $+ LC = \frac{126.606}{}$ Km PT = 0 + 513.025	Km PT ₁ = 0 + 513.025 $+ T_2 = \frac{559.017}{}$ $- ST_1 = \frac{74.558}{}$ Km Pl ₂ = 0 + 997.484 $- ST = \frac{103.241}{}$ Km PC = 0 + 894.243 $+ LC = \frac{178.912}{}$ Km PT = 1 + 073.155 $+ T_3 = \frac{424.264}{}$ $- ST_2 = \frac{103.241}{}$ Km PF = 1 + 394.178

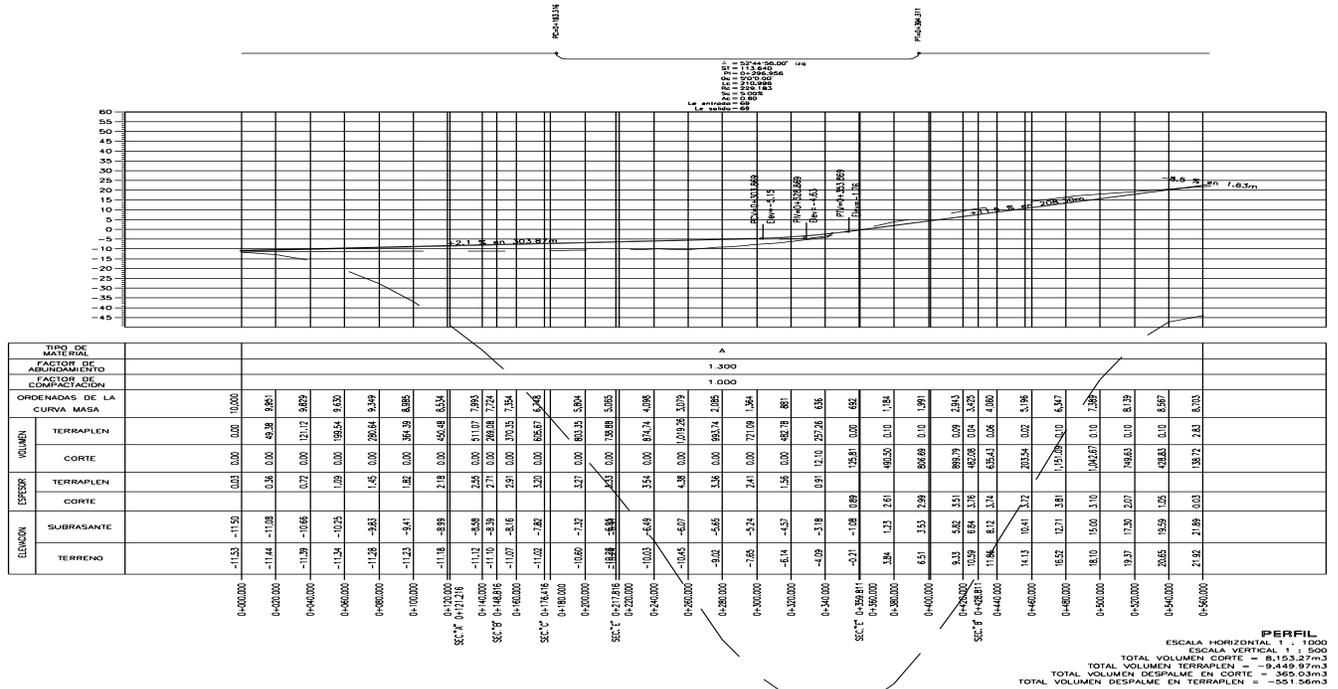


Alineamiento Horizontal

Alineamiento Vertical

Definido el Alineamiento Horizontal, se deduce el perfil del terreno natural del trazo definitivo, haciendo uso de la configuración con curvas de nivel, este perfil deducido puede ser a mano o mediante software de topografía.

Sobre el perfil de terreno natural se proyectan tangentes verticales con pendientes que estén dentro de las especificaciones de proyecto, la unión de estas tangentes verticales en los cambios de pendiente (PIV, Puntos de Inflexión Vertical) se hace por medio de curvas verticales parabólicas.

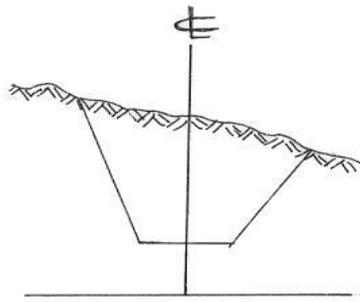


Perfil de un tramo de camino:

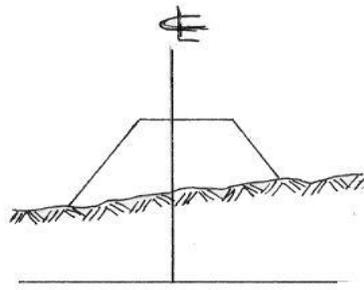
Sección Transversal

Se diseña la sección del camino para cada estación de 20 m, estas secciones se denominan secciones de construcción y contienen toda la información requerida en el aspecto geométrico transversal:

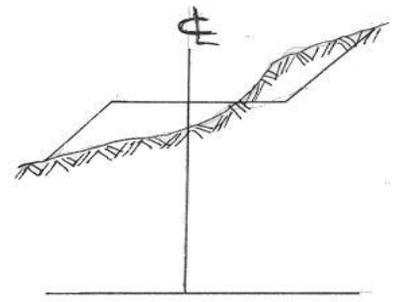
Secciones Transversales Típicas:



SECCION DE CORTE

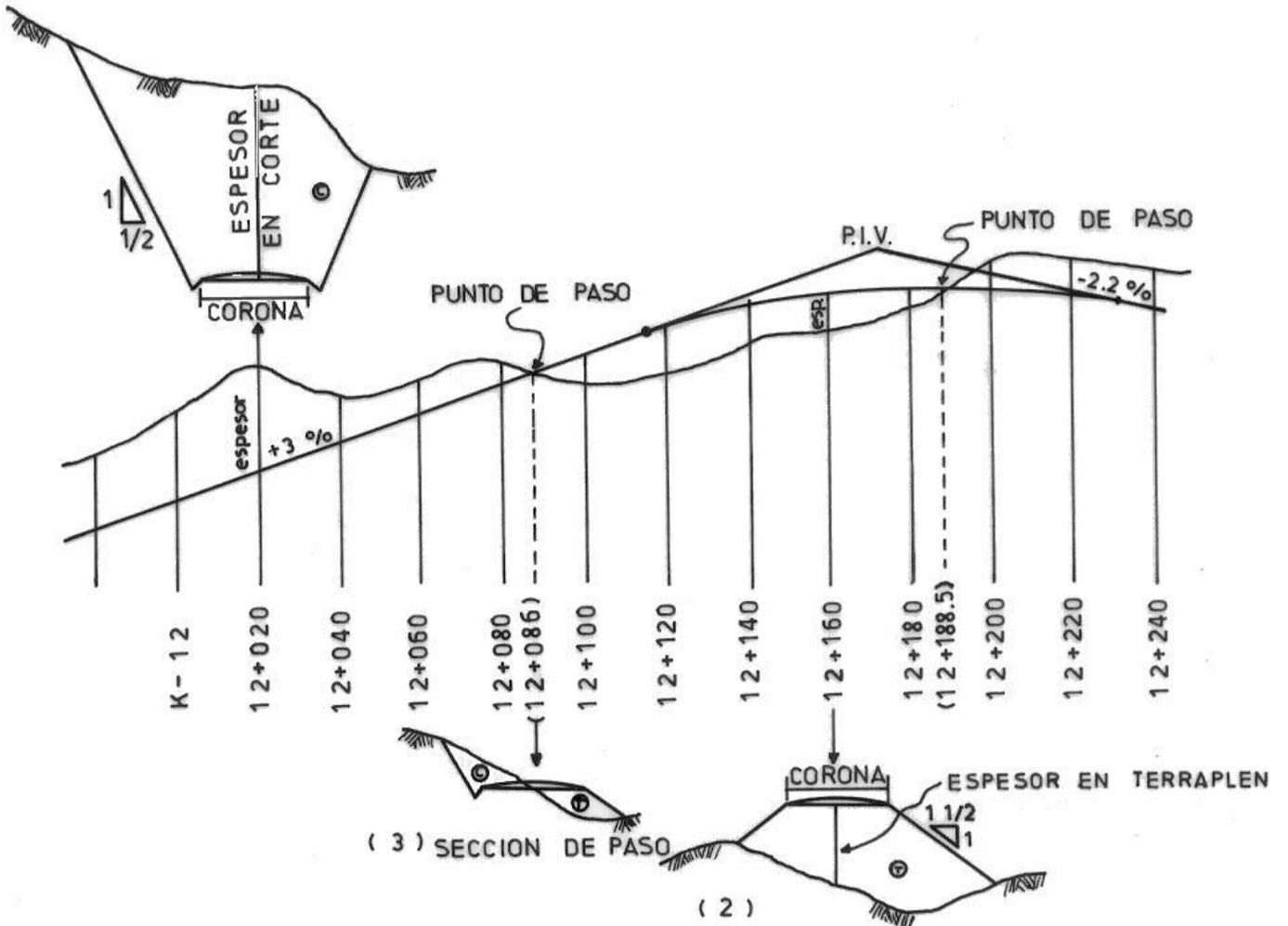


SECCION DE TERRAPLEN

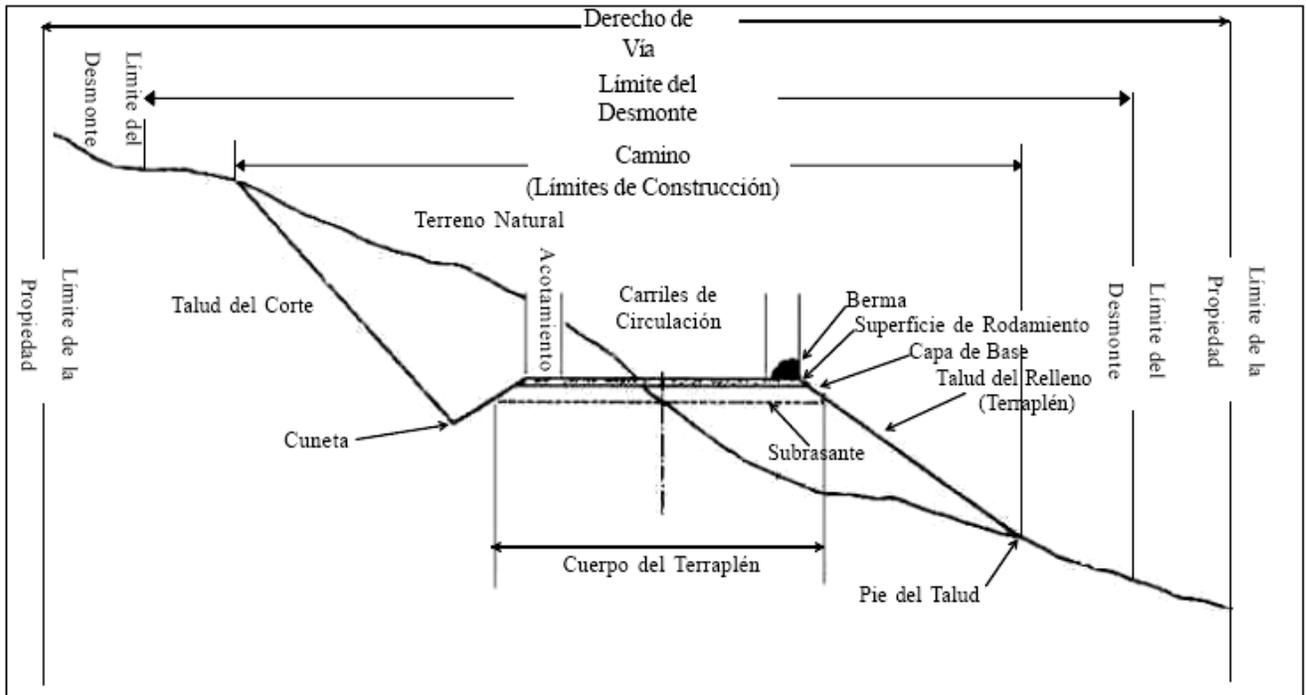


SECCION MIXTA

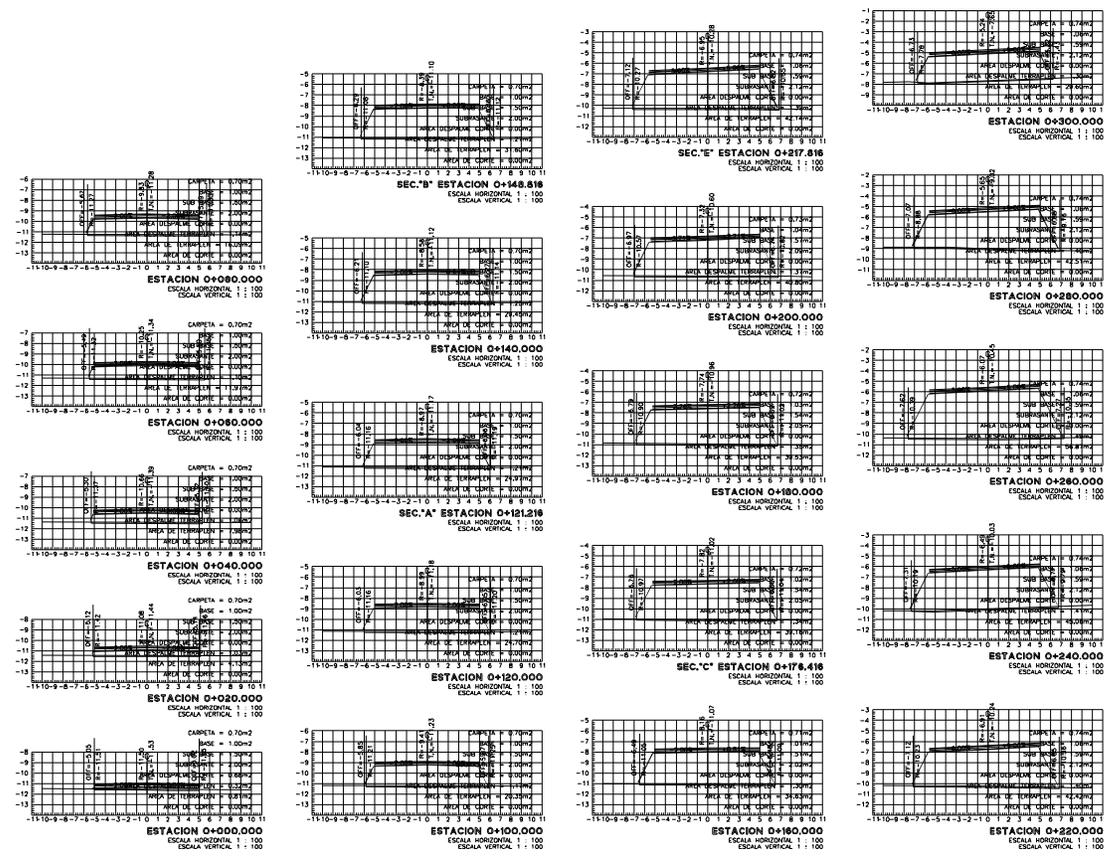
Localización de las Secciones Típicas



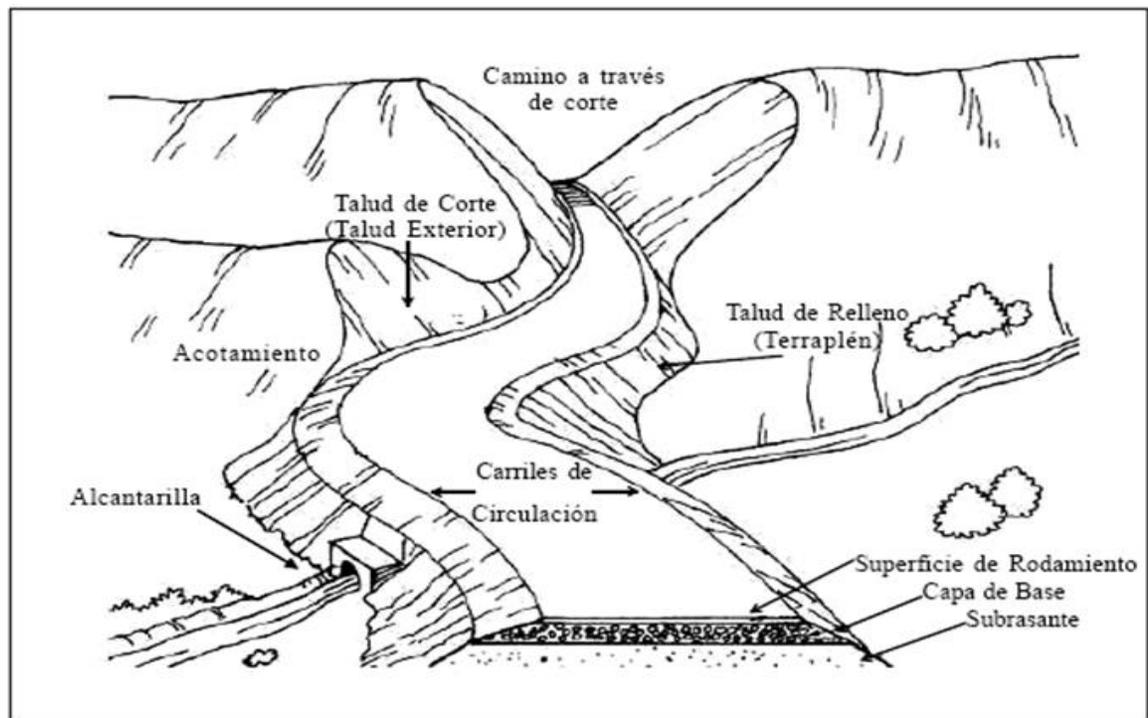
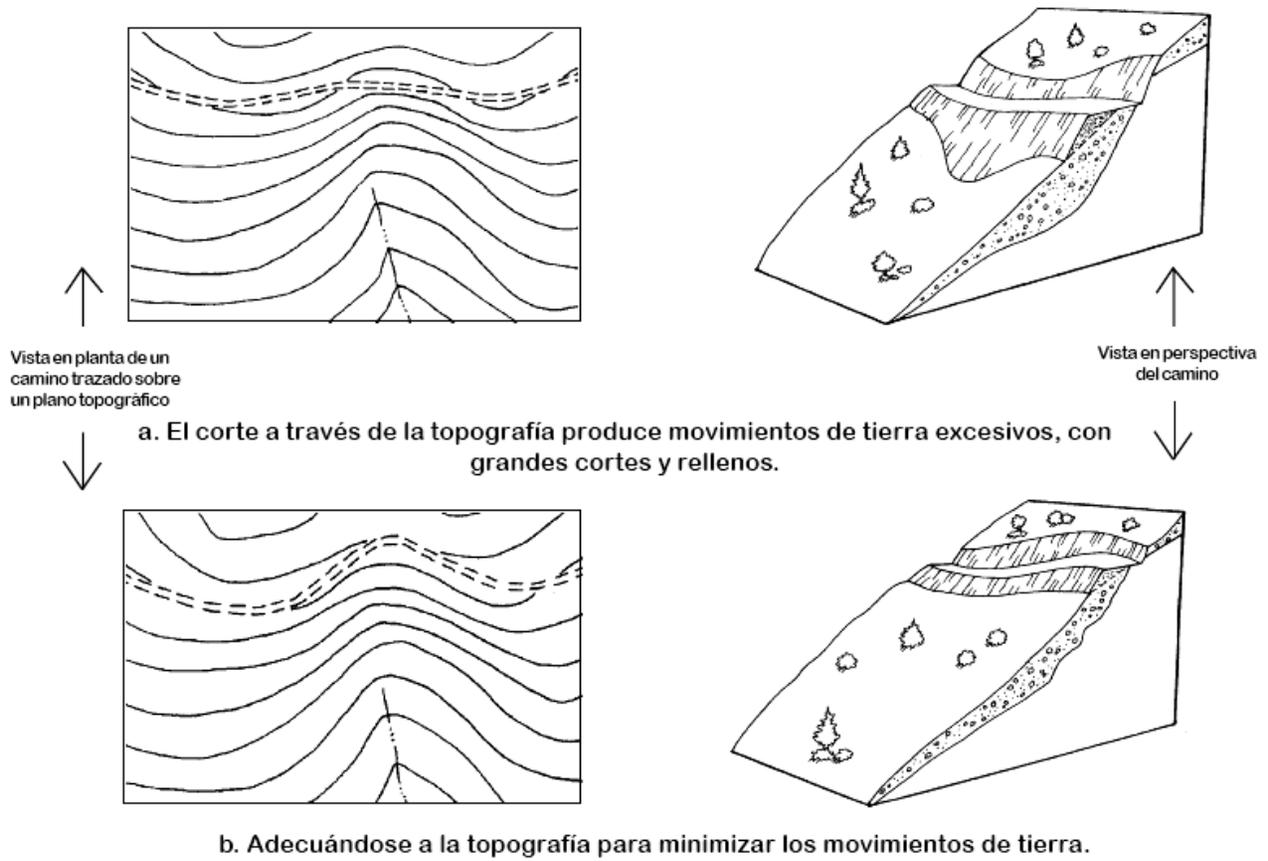
Terminología empleada en caminos para la sección transversal



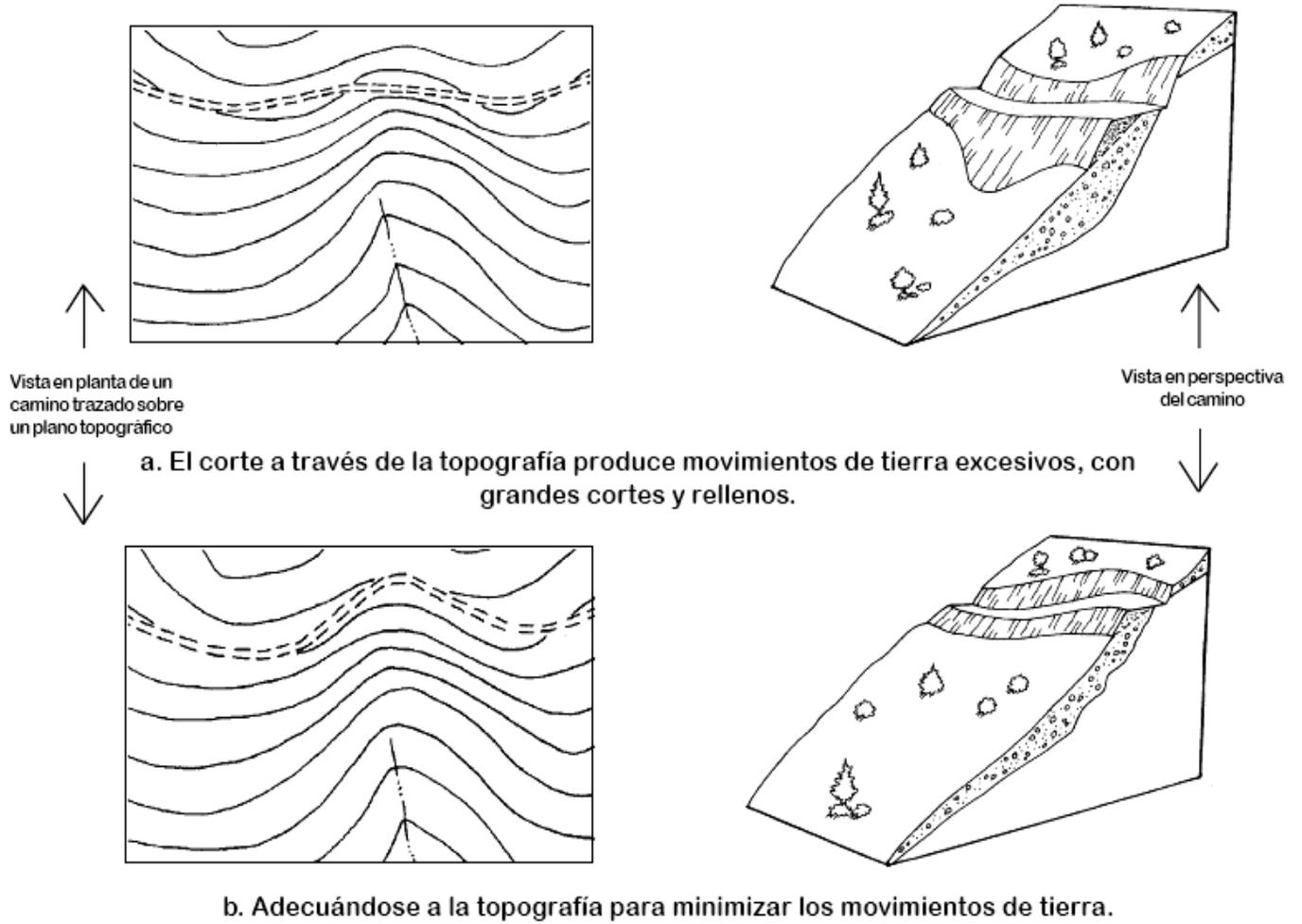
Secciones Transversales obtenidas con Civil CAD



La adecuación del proyecto a la topografía, trae como beneficios un menor impacto al entorno natural y un menor costo por movimiento de tierras.



Alteraciones del alineamiento del camino en función de la topografía



BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Topografía y sus aplicaciones. Dante Alcántara García, Ed. Patria, México 2007
- 2) Fundamentos de Topografía. Schmidt P. Milton y Rayner William H. , Ed. CECOSA, México 1990.
- 3) Curso Básico de Topografía. Fernando García Márquez, Ed. Pax, México 1994.
- 4) Topografía aplicada. Fernando García Márquez, Ed. Pax, México 1994.
- 5) Topografía. Miguel Montes de Oca, Ed. Representaciones y servicios de ingeniería, México 1974.
- 6) Topografía aplicada a la construcción. B. Austin Barry, Ed. Limusa, México 1980.
- 7) Tratamiento de errores en levantamientos topográficos. Mario Alberto Reyes Ibarra y Antonio Hernández Navarro, Edición del INEGI, México 2009.
- 8) Manual del operador, Estaciones totales Sokkia serie RK, SOKKIA CO.
- 9) CivilCAD, Guía de operación, ejercicios y apéndice. Arqcom consultoría y programación CAD.