

TOPOGRAFIA I

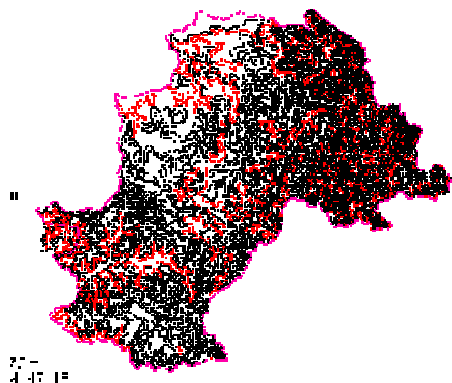


LA TOPOGRAFIA: Tiene por objeto medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para poder representar sobre un plano, a escala, su forma y accidentes.

- Es el arte de medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre.
- Medir ángulos entre rectas terrestres
- Localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados

La topografía se ocupa, principalmente, de la representación de una porción de LA TIERRA. Es una ciencia/técnica prima hermana de materias como GEODESIA, CARTOGRAFÍA, FOTOGRAMETRÍA, GIS... Un levantamiento o topografía consiste en dotar de coordenadas a puntos de la superficie para representarlas visualmente; estas coordenadas están referidas a un sistema preestablecido y determinado. Topografiar es, por tanto, diseñar un modelo semejante al terreno, con unas deformaciones y parámetros de transformación perfectamente acotados.

2.1.2



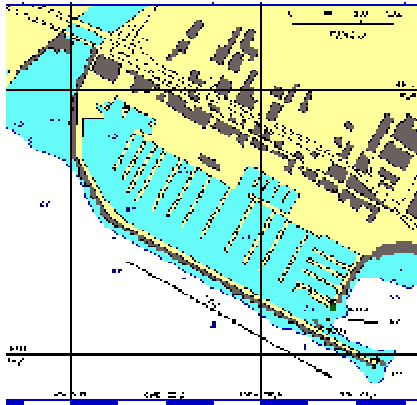
2.1.2

La topografía se emplea en porciones pequeñas de terreno, no tiene en cuenta la verdadera forma de la tierra, una elipsoide, sino la considera completamente plana.

- La geodesia se utiliza para medir grandes extensiones de tierra, por Ejem. Para confeccionar la carta de un país, departamento etc., se debe considerar la verdadera forma de la tierra y se toma como parte de la superficie de una esfera o elipsoide.

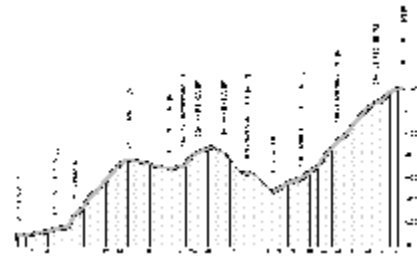
2.1.2

Con los datos tomados por el topógrafo y por medio de procedimientos matemáticos, elementales, se calculan: distancias, ángulos, direcciones, coordenadas, elevaciones, áreas, volúmenes, según lo requerido en cada caso. Lo mismo que se obtienen planos topográficos que representan fielmente todos los accidentes del terreno en estudio y que son básicos para la mayoría de los trabajos de ingeniería.



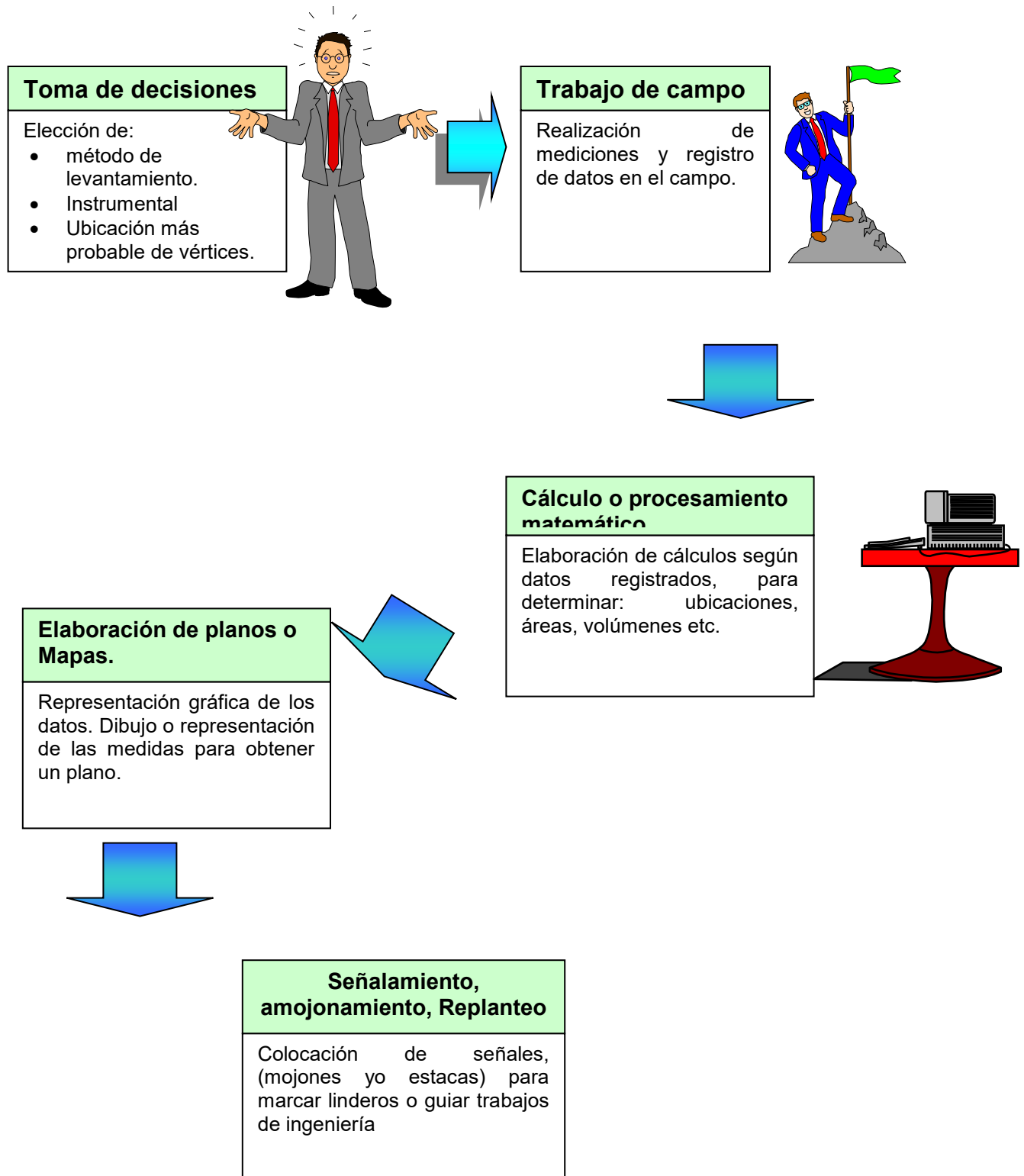
La planimetría tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de la tierra.

La altimetría tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los diferentes puntos del terreno.

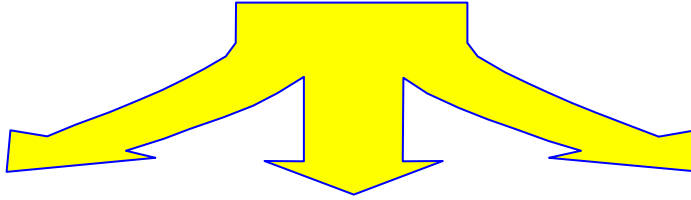


Para la elaboración del plano topográfico es necesario conocer la planimetría y la altimetría para poder determinar la posición y elevación de cada punto.

PROCESO TOPOGRÁFICO



TIPOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Topografía plana

Los procedimientos de toma de datos, procesamiento matemático y los planos no incluyen la distancia vertical

Geodesia

Es la técnica para determinar las posiciones relativas de puntos separados por grandes distancias. Y las longitudes y acimutes de líneas largas que requieren de la consideración del tamaño y forma de la tierra.

Fotogrametría

Los levantamientos fotogramétricos comprenden la utilización de datos obtenidos por la fotorestitución a partir de fotografías aéreas.

Agrimensura.

Es la técnica para establecer las delimitaciones de las propiedades, sus vértices, linderos, colindancias y áreas de los predios.. Es común que se requiera que los topógrafos que realicen este tipo de levantamientos estén registrados profesionalmente

Levantamientos para construcción

Proporcionan puntos en distancia y elevación para las obras de construcción de la ingeniería civil

Levantamientos de control

Establecen una red de señalamientos horizontales y verticales que sirven de marco de referencia para otros levantamientos.

Levantamientos orográficos o de configuración.

Sirven para elaborar planos o mapas que muestren las ubicaciones de los accidentes naturales contruidos por el hombre, junto con su relieve.

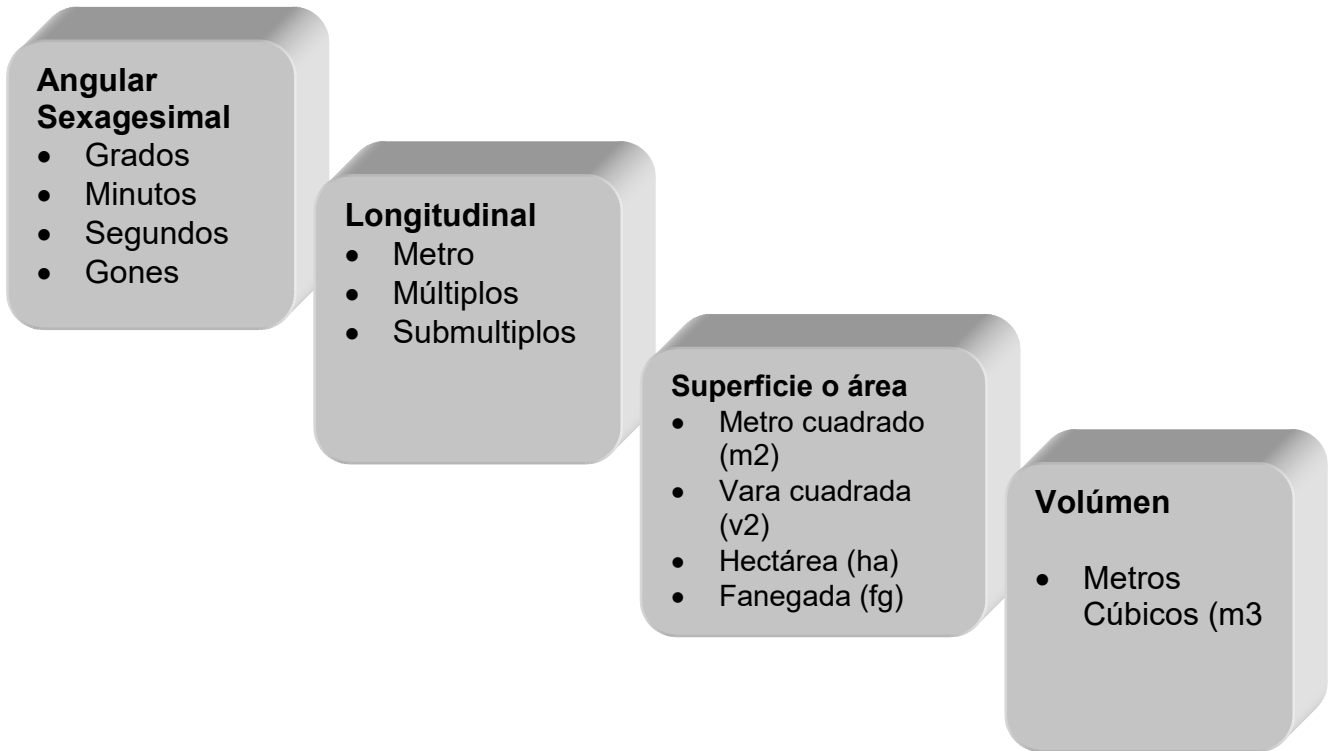
Levantamiento de vías terrestres

Son levantamiento para carreteras, vías férreas, sistemas de conducción, líneas de transmisión, canales y demás obras de gran extensión lineal.

Hidrografía.

Sirven para obtener la representación gráfica de líneas litorales y el relieve del fondo de lagos, ríos, embalses etc.

UNIDADES DE MEDIDA



MEDICIONES CON CINTA

Las cintas que se usan en la actualidad para medir están hechas de diferentes materiales, longitudes y pesos

Cintas de Tela: Están hechas de material impermeable y llevan un refuerzo de delgados hilos de acero o de bronce para impedir que se alarguen demasiado con el uso. Generalmente vienen de 10, 20 o 30 mts.



Cintas de Acero: Se emplean para mediciones de precisión. Las longitudes más comunes en que vienen son 25, 30, 50 y 100 mts. Tienen la desventaja de partirse muy fácilmente.

Cinta de Invar (Aleación de níquel y acero): Se emplean para levantamientos de alta precisión.

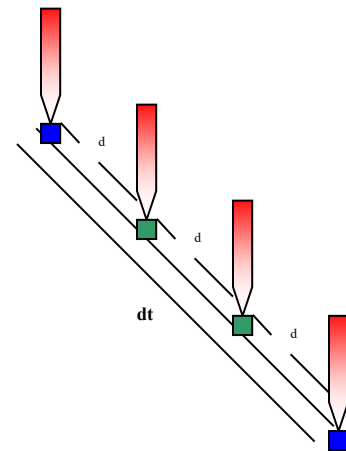


Jalones: Generalmente son varas de madera o de metal, cuya longitud oscila entre dos y tres metros; de sección circular y de una pulgada de diámetro. Están pintados de franjas de 20 cms de color blanco y rojo alternativamente. Tienen una punta de acero que se clava en el terreno. Sirven para localizar puntos o para lineamientos retos.

MEDICION DE DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS

En terreno Plano: Se coloca un jalón en cada extremo de la línea que se va a medir. Uno de los cadeneros coloca el cero de la cinta en el jalón de partida y con ayuda del otro cadenero alinea un tercer jalón a una distancia aproximadamente igual a la longitud de la cinta. Se tensiona la cinta, dejándola completamente horizontal y se registra en la libreta el valor de la medición.

Avanzan los cadeneros hasta mas o menos otra cintada, El cadenero trasero alinea nuevamente un jalón teniendo como referencia el último jalón alineado y el que está en el otro extremo de la recta. Tensionan la cinta dejándola horizontal, se registra en la libreta el valor de la nueva medida. Se repite el proceso hasta completar la totalidad de la recta a medir, La longitud de la recta (dt) será la sumatoria de las medidas parciales (d).



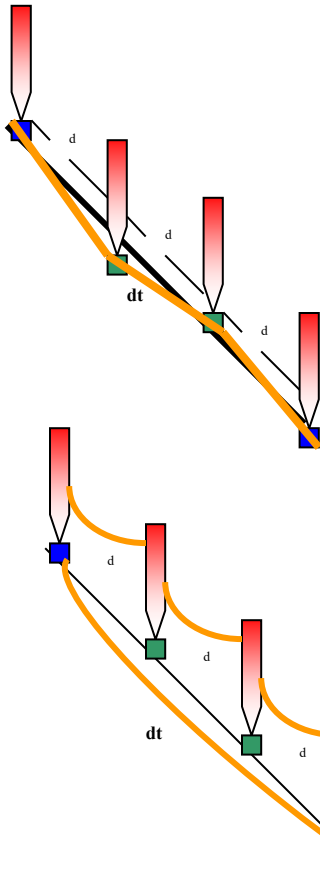
Distancia total = suma distancia parciales

$$Dt = d + d + d$$

En terreno Inclinado. Es necesario mantener siempre la cinta horizontal. Se coloca un jalón en cada extremo de la recta que se va a medir. El cadenero trasero coloca el cero de la cinta en el jalón de partida y alinea un tercer jalón a una distancia tal que permita que la cinta quede horizontal. Se tensiona la cinta y se registra en la libreta el valor de la distancia medida. Cuando se requiere de alta precisión se utiliza la plomada en lugar del jalón.

Avanzan los cadeneros hasta una distancia tal que la cinta quede horizontal, El cadenero trasero alinea nuevamente un jalón teniendo como referencia el último jalón alineado y el que está en el otro extremo de la recta. Se tensiona la cinta dejándola horizontal, se registra en la libreta el valor de la nueva medida. Se repite el proceso hasta completar la totalidad de la recta a medir, La longitud de la recta será la sumatoria de las medidas parciales.

ERRORES COMETIDOS EN LAS MEDICIONES



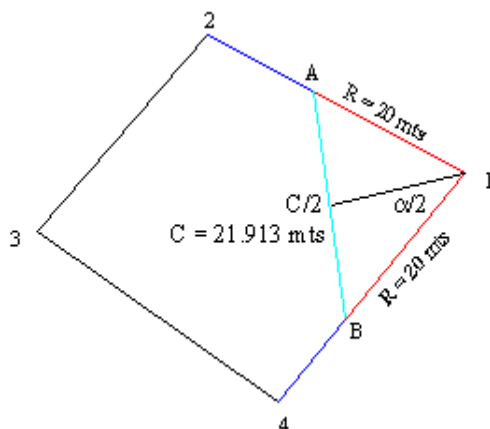
Cinta no estándar. La cinta no tiene realmente la longitud que indica. Se puede evitar patronándola en una base medida con precisión y aplicando la corrección.

Alineamiento imperfecto. Que el cadenero delantero coloque el jalón o la plomada fuera del alineamiento y entonces resulta una longitud mayor.

Falta de horizontalidad en la cinta. Esta es una de las principales fuentes de error en una medición, por tanto se debe evitar en lo posible utilizando un nivel de mano.

Que la cinta no quede recta. Debido al viento o a la presencia de obstáculos. El cadenero debe fijarse en que la cinta esté recta cuando se tensiona para hacer la lectura.

Formación de una catenaria. Debido al peso propio de la cinta. Se evita aplicando tensión o realizando medidas más cortas.



Medición de un ángulo con cinta. Se colocan jalones (plomadas) en el punto de partida y en los extremos de las líneas a la cual se le va a medir el ángulo (Puntos 1, 2 y 4). Se alinea un jalón a 20 mts desde 1 hacia 2 y desde 1 hacia 4 (radio). El radio puede variar según las condiciones del terreno. Se mide la distancia horizontal A-B. (Cuerda).

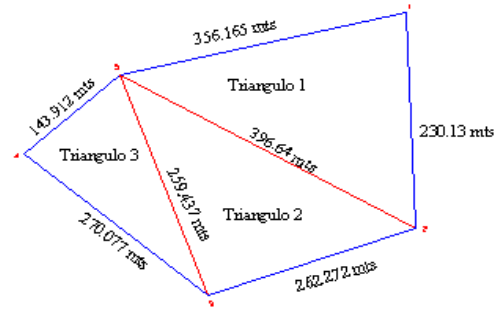
En la gráfica $\text{Seno de } \alpha/2 = (C/2)/R = C/2R$
 $\alpha = 2 \text{ arc Seno } (C/2R) = 2 \text{ arc Seno } (21.913/(2 \cdot 20)) = 2 \cdot 33.2179 = 66^\circ 26' 1''$.

LEVANTAMIENTO DE UN LOTE CON CINTA

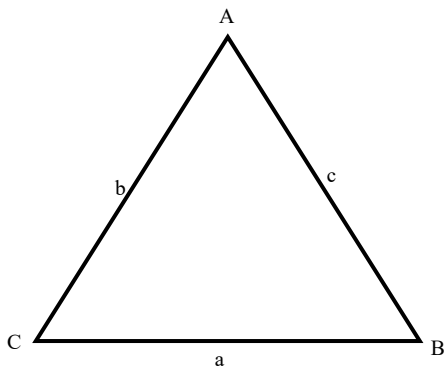
Se utiliza en el levantamiento topográfico de lotes en los cuales no se exige demasiada precisión. Los lotes deben ser de forma regular.

Método 1. Midiendo los lados y diagonales.

- Materialización de los puntos linderos del lote (vértices).
- Se coloca un Jalón (plomada) en el vértice de partida y otro en el segundo vértice. (Alineamiento recto del primer lado).
- Se mide la distancia horizontal del primer lado (alineando jalones a una distancia tal que siempre quede la cinta completamente horizontal, la distancia depende de sí el terreno es plano o inclinado).
- Se repite este procedimiento para medir todos los lados del lote.
- Definir desde qué vértice se van a medir las diagonales para formar una red de triángulos. (Para facilitar la toma de la distancia, sin obstáculos).
- Se ubican los jalones en los vértices correspondientes a la diagonal a medir y se toma la distancia horizontal de cada una de las diagonales, siguiendo el procedimiento ya descrito.



Ejemplo 1



Se emplea la formula del semiperímetro (s) para el cálculo del área de los triángulos. Esta dice: El semiperímetro (expresado en unidades lineales) es la semisuma de los lados:

$$s = (a+b+c)/2$$

De donde a, b, y c corresponden a los lados de un triángulo.

El área total será la sumatoria del área de los triángulos.

Area(expresada en la unidad de medida utilizada, al cuadrado Ejm. M²) =

$$\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Area =

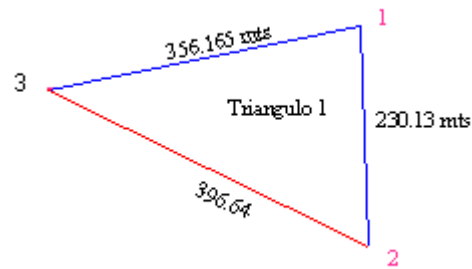
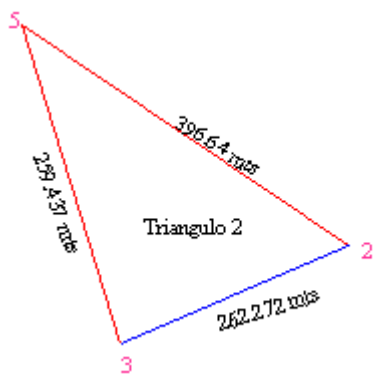
En el triángulo 1 del ejemplo 1 el valor del semiperímetro es:

$$s = (356.165 + 230.130 + 396.640) / 2 = 491.468 \text{ mts}$$

Aplicando la fórmula del semiperímetro para el cálculo del área de un triángulo se tiene:

$$A = \sqrt{s(s - 356.165)(s - 230.13)(s - 396.64)}$$

$$A = \sqrt{491.468(491.468 - 356.165)(491.468 - 230.13)(491.468 - 396.64)} \quad A = 40594.847 \text{ m}^2$$



Se sigue el mismo procedimiento para el cálculo del área del triángulo 2:

$$S = (396.64 + 262.272 + 259.437) / 2 = 459.175 \text{ mts}$$

$$A = \sqrt{459.175(459.175 - 396.64)(459.175 - 262.272)(459.175 - 259.437)}$$

$$A = 33605.256 \text{ m}^2$$

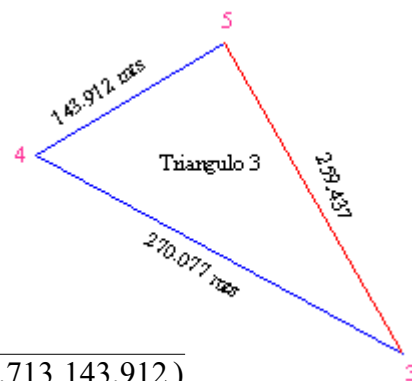
Se sigue el mismo procedimiento para el cálculo del área del triángulo 3:

$$S = (259.437 + 270.077 + 143.912) / 2$$

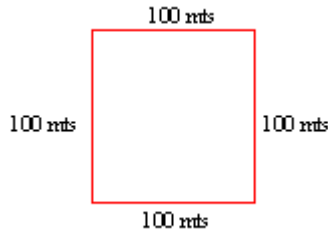
$$S = 336.713 \text{ mts}$$

$$A = \sqrt{336.713(336.713 - 259.437)(336.713 - 270.077)(336.713 - 143.912)}$$

$$A = 18283.585 \text{ m}^2$$



El área total del lote ejemplo 1 es igual a la suma de las áreas de los triángulos que lo conforman. Las unidades en que se expresa el área depende, en Colombia, de la zona o región en la cual se está trabajando. En los Llanos Orientales, Santanderes, Costa Atlántica se utiliza la hectárea (ha) y metro cuadrado como unidad de área. En regiones como Boyacá y Nariño se utiliza la fanegada (fa) y metro cuadrado como unidad de área.



Una hectárea corresponde al área de un cuadrado de 100 metros de lado, es decir, a 10.000 m².

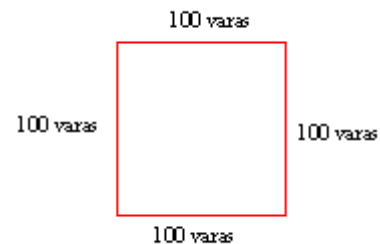
$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2.$$

Una fanegada (fa) corresponde al área de un cuadrado de 100 varas de lado, es decir, a 10.000 v²

$$1 \text{ fa} = 10.000 \text{ v}^2.$$

$$1 \text{ v} = 0.8 \text{ m}$$

$$1 \text{ fa} = 6.400 \text{ m}^2.$$



Teniendo en cuenta estos conceptos el área total del ejemplo 1 es:

$$AT = \text{Area triángulo 1} + \text{área triángulo 2} + \text{área triángulo 3}$$

$$AT = 40594.847 \text{ m}^2 + 33605.256 \text{ m}^2 + 18283.585 \text{ m}^2$$

$$\underline{AT = 92483.688 \text{ m}^2}$$

El área total expresada en hectáreas y metros cuadrados es:

$$AT = 92483.688 \text{ m}^2 * 1 \text{ ha} / 10000 \text{ m}^2 = 9.2483688 \text{ ha} = 9 \text{ ha} + 0.2483688 \text{ ha}$$

$$AT = 9 \text{ ha} + 0.2483688 \text{ ha} * 10000 \text{ m}^2 / 1 \text{ ha} = \underline{9 \text{ ha} + 2483.688 \text{ m}^2}$$

Por lo tanto,

$$AT = 92483.688 \text{ m}^2 = 9 \text{ ha y } 2483.688 \text{ m}^2.$$

El área total expresada en fanegadas y metros cuadrados es:

$$AT = 92483.688 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ fa} / 6400 \text{ m}^2 = 14.451 \text{ fa} = 14 \text{ fa} + 0.451 \text{ fa}$$

$$AT = 14 \text{ fa} + 0.451 \text{ fa} \cdot 6400 \text{ m}^2 / 1 \text{ fa} = 14 \text{ fa} + 2886.4 \text{ m}^2$$

$$AT = \underline{14 \text{ fa y } 2886.4 \text{ m}^2}$$

Cuando existen obstáculos que no permiten medir la distancia de una o más diagonales se emplea el método 2: **midiendo los lados y los ángulos del polígono.**

Método 2: Midiendo los lados y los ángulos del polígono.

- Materialización de los puntos lindero o vértices del lote.
- Colocando jalones (plomadas) en el punto de partida, segundo punto y último punto, se obtienen dos alineamientos rectos.
- Alinear jalón a 20 mts desde el punto uno hacia el punto dos (radio).
- Alinear jalón a 20 mts desde el punto uno hacia el último punto (radio).
- Medir la distancia horizontal entre los dos jalones alineados desde el punto hacia el punto dos y el último (cuerda).
- Alinear jalones y medir la distancia horizontal entre los puntos 1 y 2.
- Alinear jalones y medir la distancia horizontal entre los puntos 1 y último.
- Colocar jalones en los puntos 1, 2 y 3.
- Alinear jalón a 20 mts desde el punto 2 hacia el punto 1. (radio)
- Alinear jalón a 20 mts desde el punto 2 hacia el punto 3. (radio).
- Medir la cuerda
- Medir la distancia horizontal entre los puntos 2 y 3.
- Repetir el procedimiento hasta haber medido todos los ángulos y distancias del polígono.

CARTERA TOPOGRÁFICA.

Sirve para registrar los datos de campo y datos de cálculo de oficina. Con estos datos y utilizando un formato de papel adecuado, escuadras y escala, se realiza un gráfico para obtener un plano del terreno. Para calcular el área, sobre el plano, se trazan las diagonales desde uno de los vértices formando triángulos y utilizando la formula del semiperímetro.

PTO	R	C	ANGULO INTERNO	LONGITUD
1	20	35.669	83° 26' 54''	105.3
2	20	28.241	70° 26' 46''	127.398
3	20	18.426	49° 27' 59''	87.235
4	20	36.68	274° 57' 30''	102.953
5	20	14.261	39° 15' 18''	124.086

Con los valores del radio y la cuerda y utilizando la formula: $\alpha = 2 \cdot \arcsen(C/2R)$, se calcula el valor del ángulo interno para cada vértice.

Utilizando la fórmula del semiperímetro para el cálculo del área de un triángulo se tiene:

Para el triángulo T 1

$$s = (105.30 + 204.724 + 124.086) / 2 = 217.055 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{217.055 (217.055 - 105.30) (217.055 - 204.724) (217.055 - 124.086)}$$

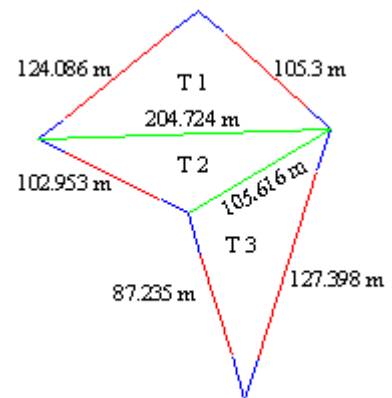
$$\text{Area} = 5273.35 \text{ m}^2$$

Para el triángulo T 2

$$s = (204.724 + 105.616 + 102.953) / 2 = 206.646 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{206.646 (206.646 - 204.724) (206.646 - 105.616) (206.646 - 102.953)}$$

$$2040.089 \text{ m}^2$$



Area =

Para el triángulo T 3

$$s = (105.616 + 127.398 + 87.235) / 2 = 160.124 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{160.124(160.124 - 105.616)(160.124 - 127.398)(160.124 - 87.235)}$$

$$\text{Area} = 4562.924 \text{ m}^2$$

$$\text{Area total (At)} = \text{Area T 1} + \text{Area T 2} + \text{Area T 3}$$

$$At = 5273.35 \text{ m}^2 + 2040.089 \text{ m}^2 + 4562.924 \text{ m}^2 = 11876.363 \text{ m}^2$$

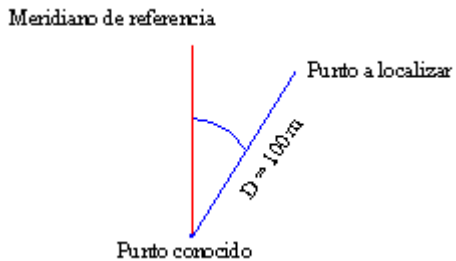
$$At = 11876.363 \text{ m}^2 * 1 \text{ fa} / 6400 \text{ m}^2 = 1.856 \text{ fa} = 1 \text{ fa} + 0.856 \text{ fa}$$

$$At = 1 \text{ fa} + 0.856 \text{ fa} * 6400 \text{ m}^2 / 1 \text{ fa} = 1 \text{ fa y } 5476.363 \text{ m}^2$$

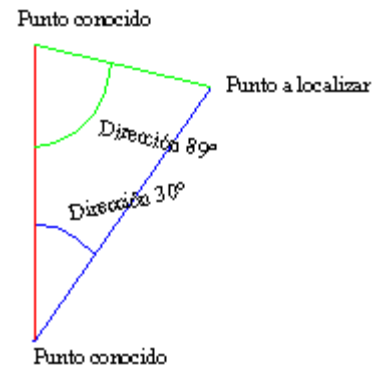
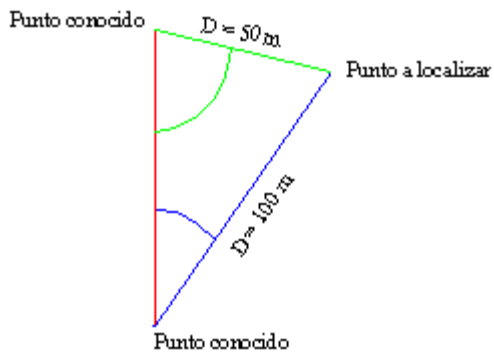
ANGULOS Y DIRECCIONES

La principal finalidad de la Topografía es la localización de puntos. Un punto se puede localizar si se conoce:

- Dirección y distancia a partir de un punto conocido.

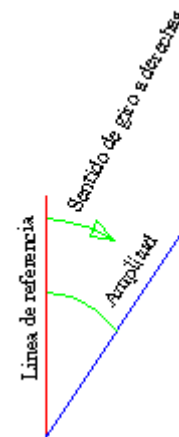


- Dirección desde dos puntos conocidos

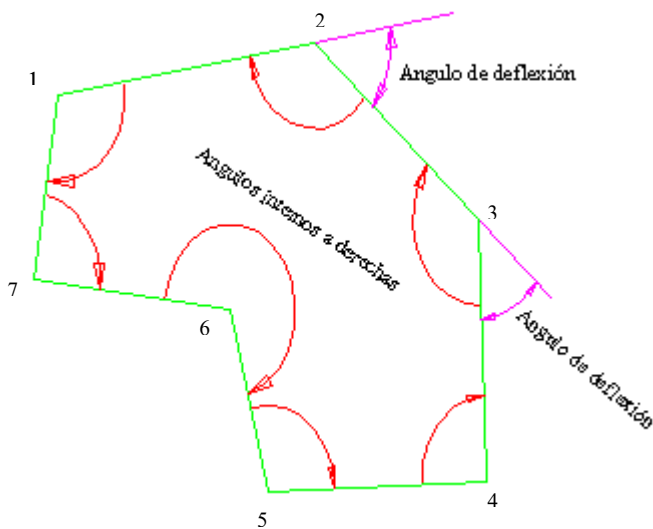


- Distancias desde dos puntos conocidos.

- Hay tres conceptos básicos que determinan un ángulo:
 1. La línea de referencia;
 2. Sentido de giro y
 3. La amplitud (Valor del ángulo).



Los ángulos horizontales que se miden frecuentemente en topografía son: Ángulos interiores, ángulos a la derecha y ángulos de deflexión.

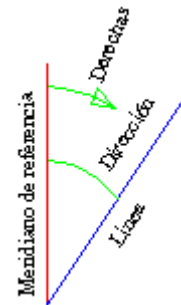
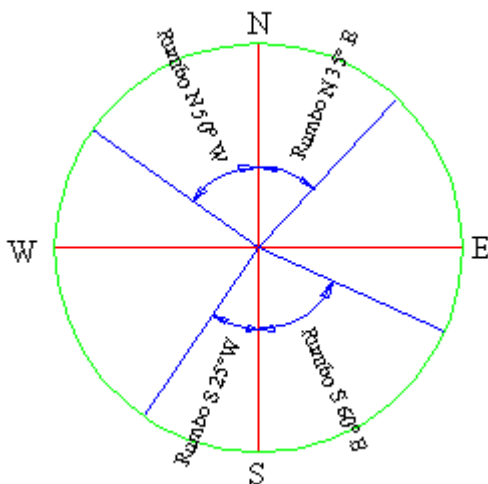


Los ángulos interiores son los ángulos horizontales que quedan dentro de un polígono cerrado.

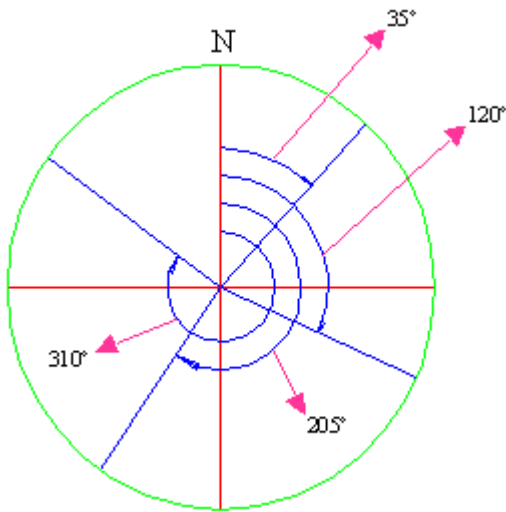
El ángulo de deflexión de una línea es el ángulo horizontal medido entre la línea y la prolongación de la anterior.

Los ángulos a la derecha hacen referencia al sentido de medida del valor del ángulo, derechas o izquierdas. En topografía normalmente los ángulos se miden a derechas, es decir, en sentido de las manecillas del reloj.

Se llama dirección de una recta, el ángulo horizontal medido desde esa recta y otra que se toma como referencia a la que se llama meridiano de referencia. Si se toma como referencia la recta que pasa por los polos (N – S) geográficos de la tierra se denomina **meridiano verdadero**, si es la recta que pasa por los polos magnéticos **se denomina meridiano magnético**, si la recta es arbitraria se denomina **meridiano arbitrario**.



Rumbo de una línea es el ángulo horizontal comprendido entre un meridiano de referencia y la línea. Varía entre 0 – 90°. Para su notación se indica el cuadrante en que se encuentra con la letra N o la S presidiendo el valor numérico del ángulo, y la letra E o la W enseguida de dicho valor eje. N 45° E. La dirección de la misma línea pero en sentido contrario se llama **contra rumbo** y es igual al rumbo pero en el cuadrante opuesto. Eje. Contra rumbo S 45° W.

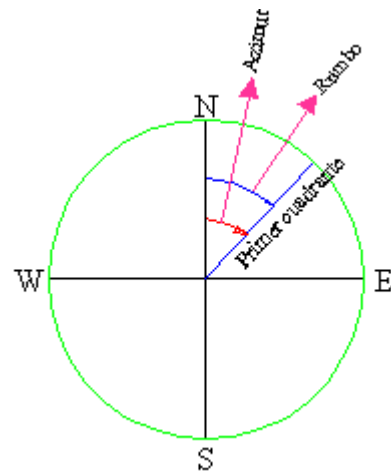
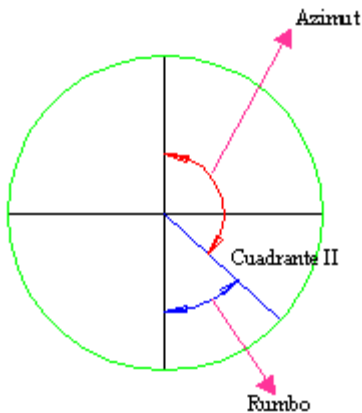


Azimut es el ángulo horizontal medido, en sentido de las manecillas del reloj, desde la norte y una línea, varía entre 0° y 360° . Como siempre se mide desde el meridiano norte para su notación no necesita letras para identificarlo. Eje 205. **El contra Azimut** es la dirección, en sentido opuesto, de una línea.

Para transformar rumbos en Azimut se debe tener en cuenta:

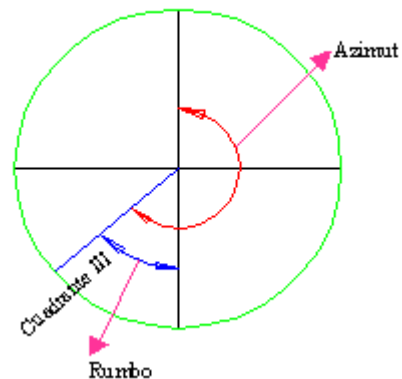
- Si el rumbo se encuentra en el primer cuadrante el Azimut es igual pero sin letras.

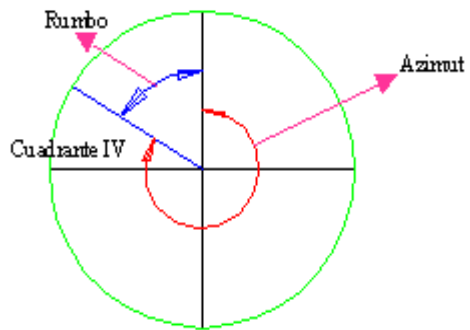
Eje. Rumbo N 60° E. = Azimut 60°



- Si el rumbo se encuentra en el segundo cuadrante para calcular el Azimut se resta el valor del rumbo de 180°
Ejem. Rumbo S 50° E , Azimut = $180^\circ - 50^\circ = 130^\circ$.

- Si el rumbo se encuentra en el tercer cuadrante para calcular el Azimut se suma el valor del rumbo a 180° eje Rumbo S 40° W, Azimut = $180^\circ + 40^\circ = 220^\circ$

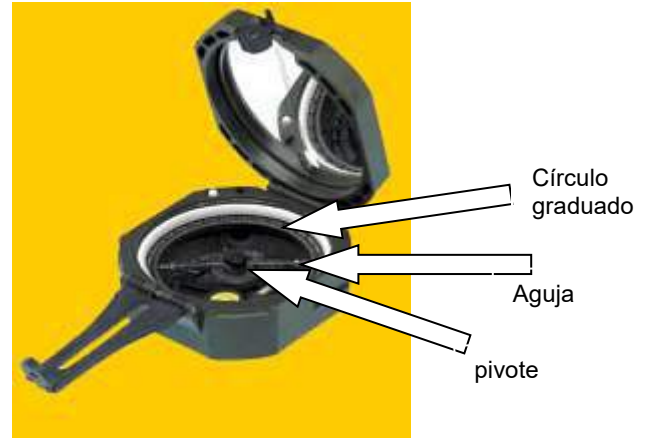




- Si el rumbo se encuentra en el cuarto cuadrante para calcular el Azimut se resta el valor del rumbo de 360° .

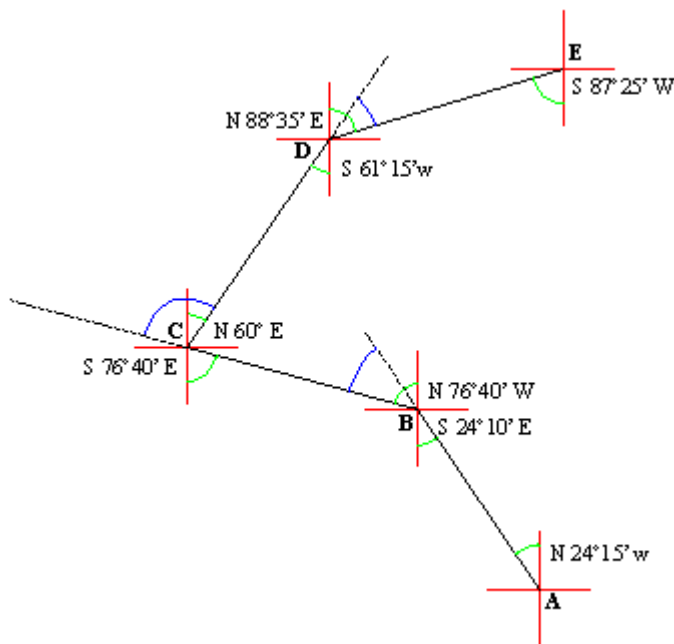
- Eje Rumbo N 30° W, Azimut = $360^\circ - 30^\circ = 330^\circ$.

LA BRUJULA Y SUS APLICACIONES



Una brújula consta esencialmente de una aguja de acero magnetizada, de color amarillo, montada sobre un pivote situado en el centro de un limbo o círculo graduado. La aguja apunta hacia el norte magnético.

Existen diferentes tipos de brújulas como: brújula de topógrafo, que consta de trípode y un sistema de puntería; brújula para ingenieros forestales y geólogos y brújula combinada brunton



ATRACCIÓN LOCAL. Hay atracción local cuando el rumbo y el contrarumbo de una línea difieren en una cantidad mayor que los errores normales de observación. El campo magnético es afectado por objetos metálicos y por la corriente eléctrica directa o continua; ambas causas dan origen a atracciones locales. Si la fuente de una perturbación artificial es fija, todos los rumbos o azimutes tomados desde una estación dada tendrán la misma cantidad de error, sin embargo, los ángulos calculados a partir de los rumbos o azimutes tomados en la estación, serán correctos.

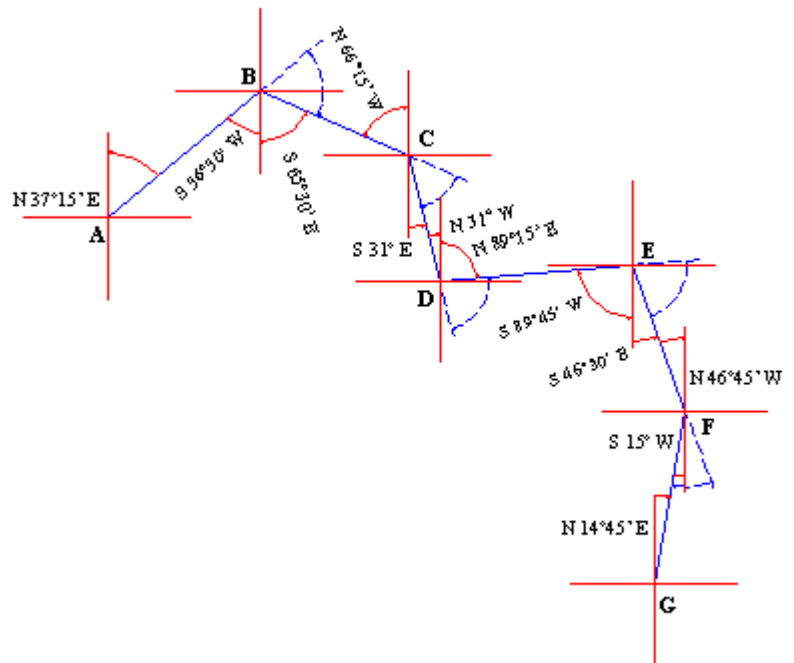
El rumbo AB y el contra rumbo BA concuerdan razonablemente, lo cual indica que no existe atracción local en A o en B. Lo mismo ocurre en el punto C. Los rumbos tomados en D difieren de los correspondientes tomados en C y en E, aproximadamente $1^{\circ}15'$. Por tanto, existe una atracción local en el punto D que desvía la aguja de la brújula $1^{\circ}15'$ hacia el oeste.

El valor de los ángulos (deflexión) calculados a partir de estos rumbos es correcto.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS CON BRUJULA Y CON CINTA

POLIGONALES ABIERTAS. MÉTODO DE LA HAMACA.

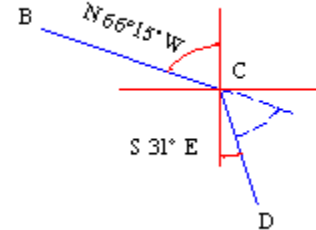
- Materialización de puntos de la poligonal.
- Colocar jalones (plomadas) en el punto de partida y el segundo punto.
- Alinear un tercer jalón a 20 metros del punto de partida.
- Se pasa una pita (hilo) a través de los orificios de las miras articuladas, 1 y 2, de la brújula. Uno de los extremos de la pita se asegura al jalón del punto de partida y el orto al jalón que está alineado a los 20 mtrs.



- Se nivela la brújula utilizando las partes articuladas de la misma, a unos dos metros del jalón de partida.
- Se toma la lectura de la brújula (Rumbo o Azimut).
- Se alinean jalones para medir la distancia horizontal entre los puntos uno y dos.
- Se alinea un jalón desde el punto dos hacia el punto uno o inicial se repite procedimiento para medir el contrarumbo de la línea 1 – 2.
- Se procede de la misma manera para medir los rumbos, contrarumbos y distancias horizontales de las demás líneas de la poligonal abierta.

><<<<<<

Del gráfico se deduce que el valor rumbo de la recta que representa el ángulo de deflexión es igual al valor del rumbo de la recta CB. Entonces el valor del ángulo de deflexión en C = Valor del rumbo CB – Valor del rumbo CD = $66^{\circ}15' - 31^{\circ} = 35^{\circ}15'$.

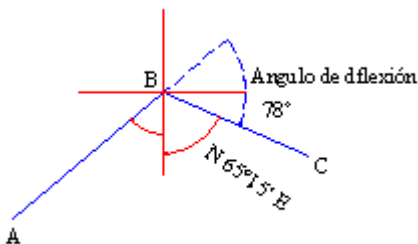


Aplicando el mismo procedimiento se calculan los demás ángulos de deflexión y los valores se colocan en la cartera topográfica.

2. Se determina en la cartera topográfica en qué vértice de la poligonal no hay atracción local o en cuál vértice es menor (no hay atracción local cuando el rumbo y contra rumbo de una línea tienen el mismo valor). Este rumbo se asume como verdadero y a partir de éste, el ángulo de deflexión y el gráfico del vértice, se procede a corregir los demás rumbos.



El rumbo a corregir es el de la recta CB. Para ello se dispone del rumbo verdadero CD (S 31° E) y el ángulo de deflexión en el punto c (35°15'). Del gráfico se deduce que el rumbo corregido CB = Valor del rumbo CD + El valor del ángulo de deflexión. Valor del rumbo CB = $31^{\circ} + 35^{\circ}15' = 66^{\circ}15'$. Rumbo CB = N 66°15' W. El rumbo CB corrige automáticamente el valor del rumbo BC (S 65°15' E y no S 35°30' E). En el gráfico del vértice B se tiene.

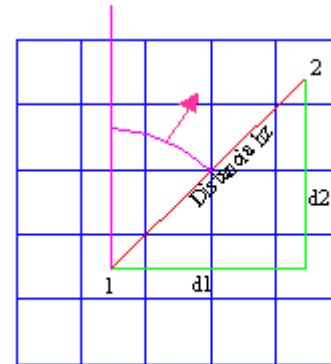


Del gráfico se deduce que el valor del rumbo BA = $180^{\circ} - (\text{valor del rumbo BC} + \text{Valor del ángulo de deflexión}) = 180^{\circ} - (65^{\circ}15' + 78^{\circ}) = 36^{\circ}45'$. El rumbo corregido de la línea AB será igual a N 36°45' E.

Se emplea el mismo procedimiento para corregir los rumbos de las demás líneas de la poligonal y se anota en la cartera topográfica.

3. Cálculo de las proyecciones. Se definen dos conceptos: coordenada rectangular y coordenada polar. La coordenada rectangular corresponde a la localización de puntos basándose en dos distancias horizontales. La coordenada polar es la localización de puntos basándose en un ángulo y una distancia horizontal. En topografía el ángulo horizontal es el rumbo o azimuth.

Para hacer la transformación de coordenadas polares a rectangulares y viceversa se utilizan las fórmulas para resolución de triángulos rectángulos. Si se tiene el azimuth y la distancia horizontal (polares a rectangulares se calculan las componentes rectangulares, de la distancia horizontal (d1 y d2) con base en el rumbo o azimuth.



$d1 = \text{distancia hz} * \text{seno}(\text{rumbo})$

$d2 = \text{distancia hz} * \text{coseno}(\text{rumbo})$

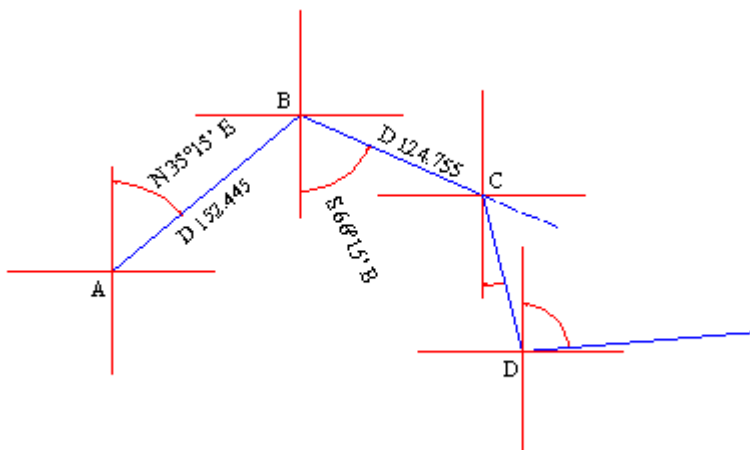
Dependiendo del cuadrante a que corresponda el rumbo, la componente rectangular d2 puede ir hacia arriba (norte) o hacia abajo (sur) del punto de referencia. Esta componente rectangular es lo que en topografía se denomina “proyección norte o sur”. Para definir si la proyección es norte o sur se tiene en cuenta la primera letra del rumbo.

Dependiendo del cuadrante a que corresponda el rumbo la componente rectangular d1 puede quedar a la derecha (este) o hacia la izquierda del punto de referencia. Esta componente se denomina “proyección este u oeste”. Para definir si la proyección es este u oeste se tiene en cuenta la segunda letra del rumbo.

Aplicando lo enunciado, las proyecciones para la línea AB serían:

Proyección N-S = $152.445 \text{ m} * \text{coseno } 35^\circ 15'$

Proyección N-S = 124.493 se anota en la columna de proyección norte puesto que la primera letra del rumbo es N.



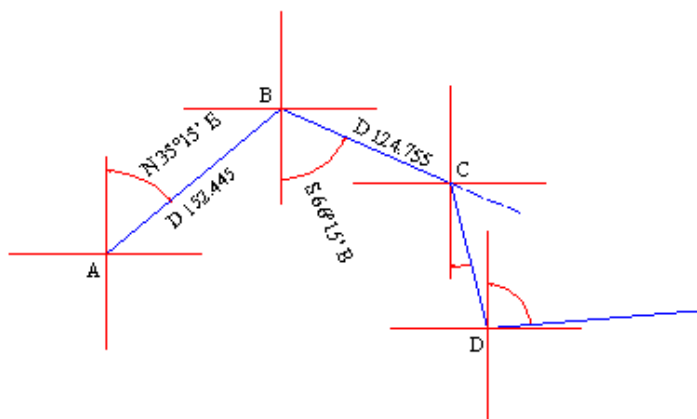
Proyección E-W = $152.445 * \text{seno} (35^\circ 15')$

Proyección E-W = 87.983 se anota en la columna de las proyecciones Este, puesto que la segunda letra del rumbo es E. Se procede de la misma manera para el cálculo de proyecciones de los demás puntos.

4. Cálculo de las coordenadas. Para el cálculo de coordenadas del punto B se toman como referencia las coordenadas del punto A, ejemplo para las coordenada norte de B se toma la coordenada norte de A y se le suma o resta la proyección norte o sur.

Las coordenadas norte y sur del punto inicial se pueden tomar arbitrarias o coordenadas reales, tomadas de datos del IGAC.

Para el ejemplo las coordenadas del punto A las asumimos arbitrarias con un valor de N = 1000 y E = 1000.



Como la proyección N-S está en la columna de la proyección norte entonces la coordenada norte de B es igual a 1000 + 124.493. Como B es el punto de referencia de C la coordenada N de C es igual a la coordenada norte de B más o menos la proyección n N o S.

Para el calculo de la coordenada Este se procede de la misma manera, pero teniendo en cuenta la coordenada Este del punto de referencia y sumando o restando la proyección según sea Este u Oeste.

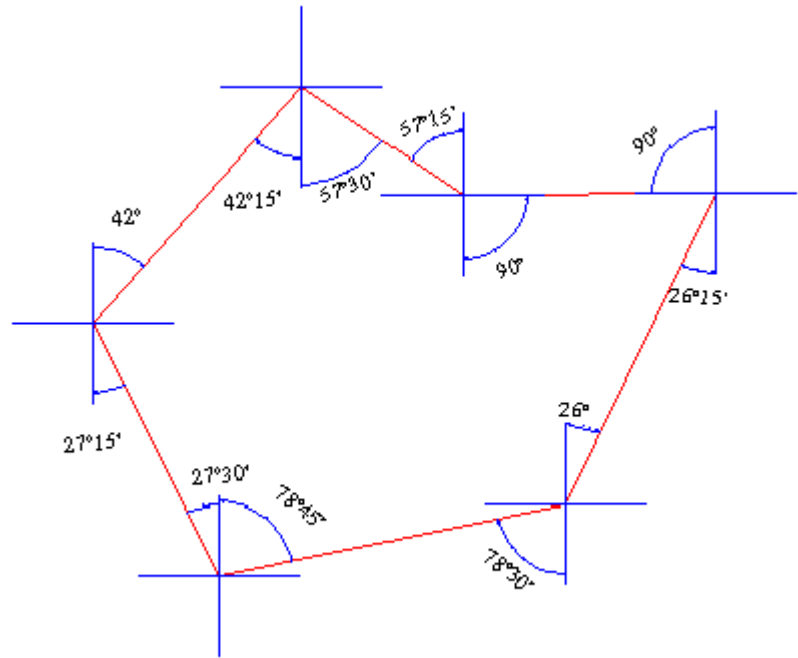
Aplicando este procedimiento, el procesamiento matemático de datos daría como resultado la siguiente cartera topográfica:

EST	SUB EST	RUMBO				ANG. DEFLEXION		RUMBO CORREGIDO				DISTANCIA HORIZONTAL	PROYECCIONES				COORDENADAS	
			GDS	MIN		GDS	MIN		GDS	MIN			NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORTE	SUR
A																	1000.000	1000.000
	B	N	37	15	E	78	0	N	35	45	E	152.445	123.72		89.066		1123.720	1089.066
B	A	S	36	30	W													
	C	S	65	30	E	35	15	S	66	15	E	124.755		31.803	114.19		1091.917	1203.256
C	B	N	66	15	W													
	D	S	31	0	E	59	45	S	31	0	E	100.412		98.321	51.716		993.596	1254.972
D	C	N	31	0	W													
	E	N	89	15	E	43	45	N	89	15	E	149.662	1.959		149.65		995.555	1404.621
E	D	S	89	45	W													
	F	S	46	30	E	31	15	S	47	0	E	120.61		59.577	88.209		935.978	1492.829
F	E	N	46	45	W													
	G	S	15	0	W			S	15	15	W	136.245		72.828		19.855	863.150	1472.974
G	F	N	14	45	E													

POLIGONAL CERRADA

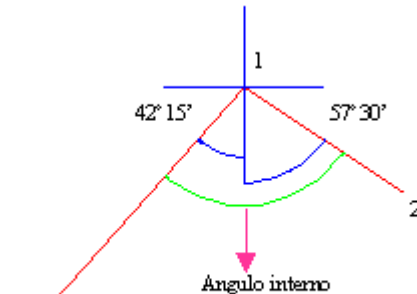
Se utiliza el método de la hamaca para la toma de rumbos (azimut) y el procedimiento para medir distancias horizontales, visto en la poligonal abierta.

- Localización y materialización de los vértices de la poligonal.
- Medición de rumbo, contra rumbo y distancia horizontal de cada una de las líneas del polígono.



Para el procesamiento matemático se procede así:

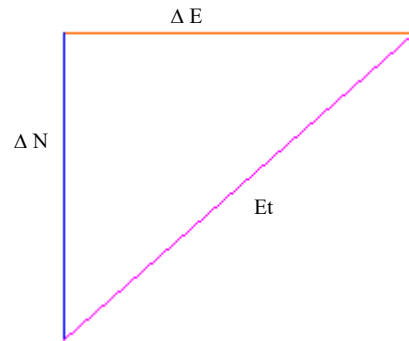
- Cálculo de los ángulos internos de la poligonal, a partir del rumbo y contrarumbo tomados desde un mismo punto.
- Sumatoria de los ángulos internos.
- Cálculo del error angular comparando la Sumatoria de los ángulos internos con el valor teórico de los ángulos internos y se aplica la fórmula $(n - 2) * 180$ de donde n corresponde al número de lados del polígono.
- Corrección de los ángulos internos. El error de cierre angular se divide por el número de lados y este valor se suma o se resta dependiendo de si el error es por defecto o por exceso.
- Corrección de los rumbos o azimutes. Se define en cuál de los vértices no hay atracción local o cuál vértice es más baja y se toma este valor como rumbo corregido y junto con el ángulo interno del vértice se corrigen los demás rumbos.



- Cálculo de proyecciones: Se establecen de la misma manera que en la poligonal abierta.
- Se hace la Sumatoria de proyecciones, para una poligonal cerrada la distancia recorrida hacia el norte debe ser igual a la recorrida hacia el sur y la distancia recorrida hacia el este debe ser igual a la recorrida hacia el oeste.
- Cálculo del error total de cierre. Es la distancia horizontal que falta para llegar al punto de partida, en este caso se tienen las componentes rectangulares del error de cierre que corresponden a la diferencia que hay entre la Sumatoria de las nortes y la Sumatoria de las sures, componente N-S y la diferencia entre las estes y las oeste, componente E-W. El error total de cierre se calcula con la fórmula:

$$Et = \sqrt{(\Delta N)^2 + (\Delta E)^2}$$

- Cálculo de la precisión. Se expresa como el error unitario de cierre y corresponde a un error de cierre de 1 m en X longitud de poligonal.
- La precisión se nota como 1: longitud de poligonal. Eje. 1: 5000 se cometió un error de 1 m en 5000 m de poligonal.
- Ajuste de la poligonal: Existen dos métodos para el ajuste de la poligonal, uno considera que el error de cierre se cometió principalmente por errores en la toma de las distancias y aplica la fórmula:



$$Fc(N-S) = \frac{\sum N - \sum S}{P}$$

Fc (N-S): Factor de corrección Norte Sur
P: Perímetro de la poligonal

$$Fc(E-W) = \frac{\sum E - \sum W}{P}$$

Fc (E-W)= Factor de corrección Este Oeste

(	(n-2)*180	720		Delta NS	1.372
	error ang	0	45	delta EW	1.287
	Fc	0	7	Error total cierre	1.881157
				Precisión 1:	5782796 Un metro de error en 578 m de poligonal
				Fc N-S	0.001261
				Fc E-W	0.001183

Para el cálculo del área se triangula el polígono, de la misma forma que en el levantamiento topográfico con cinta y se calcula el área utilizando la fórmula del semiperímetro.

BIBLIOGRAFIA

Topografía Moderna. Brinker, Russell C; Wolf, Paul. Sexta Edición. Harla. México.

Elementos de Topografía. Torres y Villate

Aparatos Topográficos. Valdés Domenech, Francisco. Ediciones Ceac. España.

Internet.