

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**MERIDA - VENEZUELA**

**“ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS DE  
TOPOGRAFÍA II, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS  
ANDES, MÉRIDA, VENEZUELA”**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil

**Br. Patricia Carolina Valdez Lacruz**

**Tutor: Prof. Mary Isabel Díaz**

Noviembre, 2012

## **PRÓLOGO**

El presente proyecto lleva por nombre “Elaboración del Manual de Prácticas de Topografía II, de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela”; el cual ha sido desarrollado en función del avance científico- tecnológico mundial en el área de educación superior y ajustándose a las normativas internacionales.

La topografía ha tomado una particular importancia en todas las actividades relacionadas con las Obras Civiles, por lo que estudiarla de manera profunda es de vital importancia en la calidad y desarrollo de una obra, no solo por los conocimientos y habilidades que puedan adquirir, si no por la influencia didáctica de su estudio; por lo que la Escuela de Ingeniería Civil no ha sido la excepción y en pro de la síntesis curricular en revisión se requiere actualizar las prácticas del Laboratorio de Topografía II y generar un manual en el cual se establezcan los criterios para optimizar la realización de las mismas.

El alcance inmediato del trabajo es estudiar los métodos de procedimientos en campo, desarrollar toma de datos, requerimientos de planos y aquellas variables que se relacionen con el trabajo topográfico.

Como antecedente al proyecto, existe un Manual de Prácticas de Topografía escrito por el Profesor Francisco González en el Núcleo Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes, en Trujillo; y otro escrito por el Profesor Walter Constantini también de la Universidad de Los Andes.

## **DEDICATORIA**

A Dios y el Arcángel Miguel.

A mis padres Francy Elena y Luis Enrique.

A mi abuelo Ramón del Rosario Lacruz Torres.

A la Familia Lacruz Marquina.

A quien me hizo más humana, me enseñó a ver mis defectos y corregirlos, por enseñarme lo que es el amor y tantas cosas más; por siempre gracias.

A mis hermanos José Antonio y Astrid.

A mis compañeros de clases, en especial a Daicy, Ivana, Rony, Carlos y Álex.

Al Profesor Golfredo Ramírez.

Al personal del laboratorio de Topografía.

A mi amigo Josué por las técnicas enseñadas.

A la Universidad de Los Andes.

## **APENDICE**

### **ENCUESTA A PROFESORES Y TECNICOS**

#### **TEMA: LABORATORIO DE TOPOGRAFIA II**

1.- ¿Considera Ud. que es necesario que los estudiantes realicen la digitalización de los planos realizados en las prácticas del laboratorio de topografía II con la herramienta AutoCAD?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2.- ¿En cuál o cuáles prácticas del laboratorio de topografía II considera Ud. que debe hacerse mayor énfasis?

3.- ¿Qué sugerencias o recomendaciones en cuanto a prácticas, estrategias, implementación o planteamiento considera Ud. importante?

## PRUEBA DIAGNOSTICA PARA ESTUDIANTES DE VIAS II

1.- Complete las siguientes afirmaciones:

a.- La nivelación barométrica está basada en la medición de \_\_\_\_\_, que cambia según las alturas de los lugares.

b.- Los ejes de replanteo son \_\_\_\_\_ a las cuales hay que referir cualquier medida de obra.

2.- Indique cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

a.- En la escala 1:250, 5 cm en el plano equivalen a 50 m en el terreno real.

V \_\_\_\_\_ F \_\_\_\_\_

b.- El clisímetro se usa para medir ángulos verticales y el eclímetro para medir pendientes.

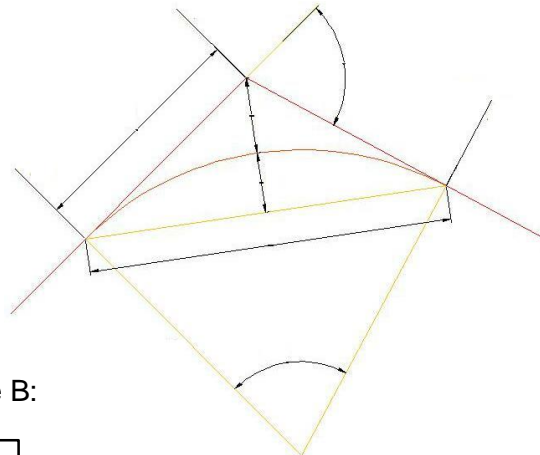
V \_\_\_\_\_ F \_\_\_\_\_

3.- Defina brevemente:

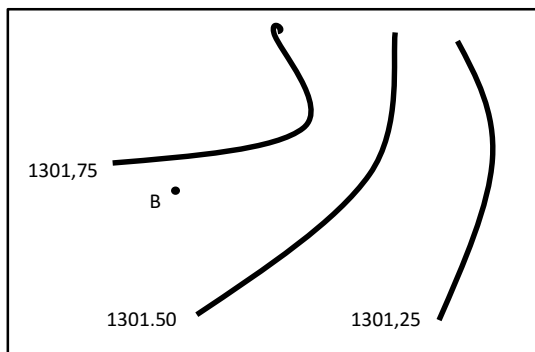
a.- Angulo de Deflexión

b.- Sección transversal

4.- Indique en la siguiente figura los elementos principales de la Curva Circular Simple:

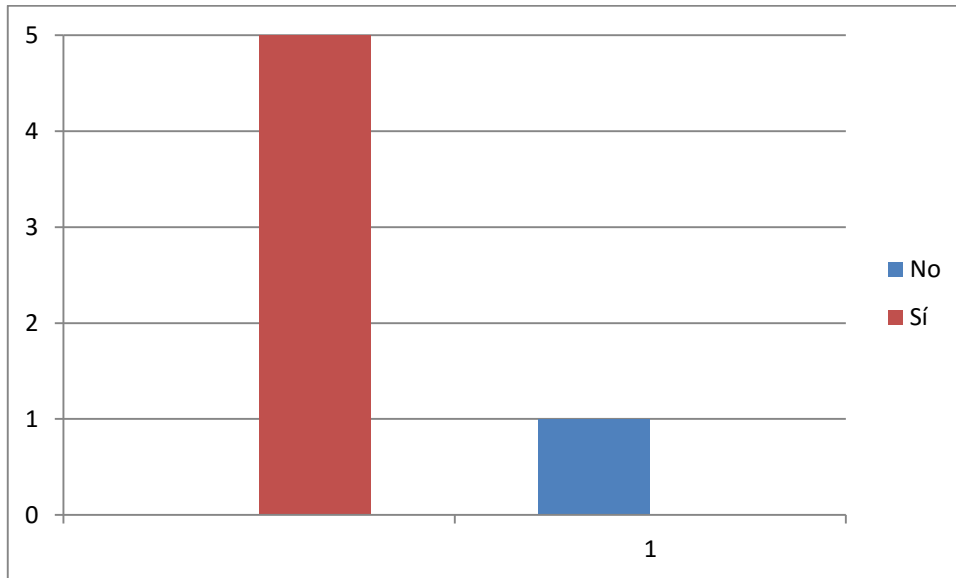


5.- Interpole e indique el valor de la cota de B:



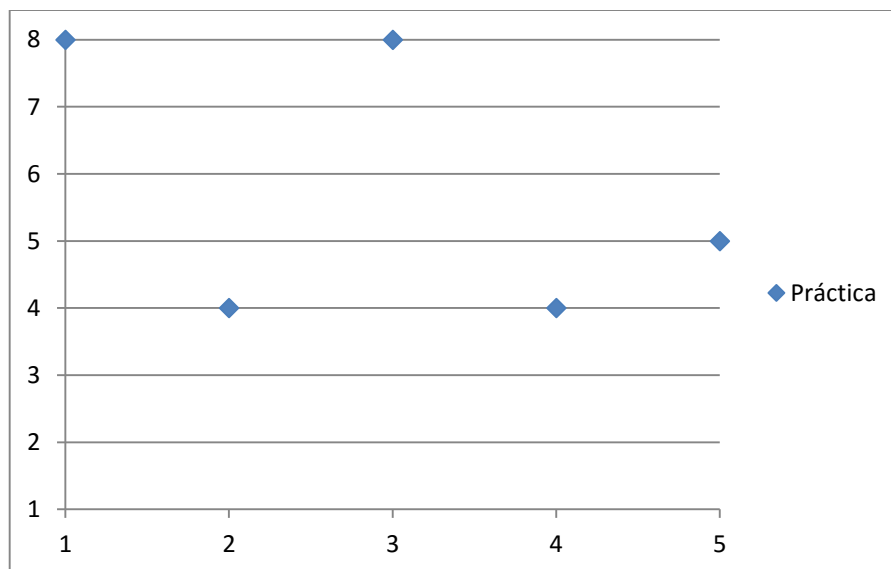
## RESULTADOS

Pregunta #1:



**Grafico #1. Resultados pregunta 1 de la encuesta a profesores y técnicos.**  
Fuente: Elaboración Propia

Pregunta #2:

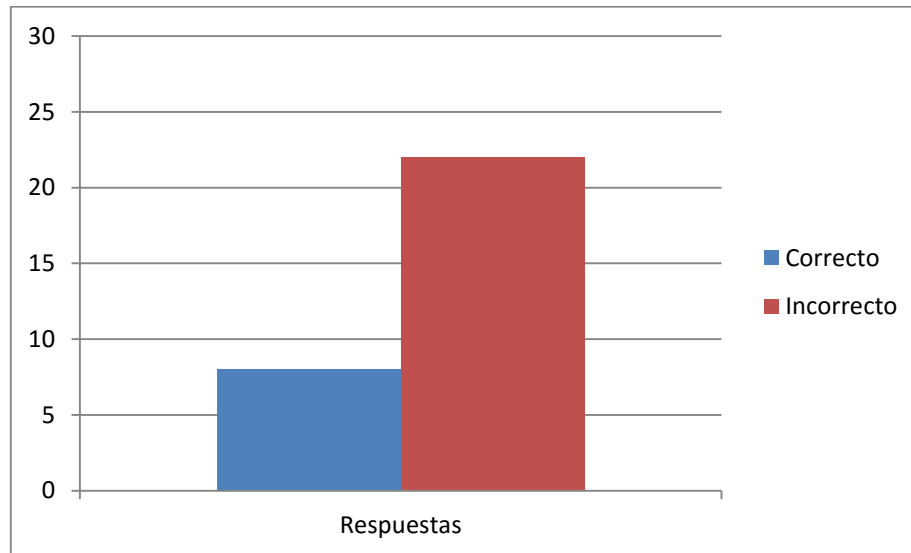


**Grafico #2. Resultados pregunta 2 de la encuesta a profesores y técnicos.**  
Fuente: Elaboración Propia

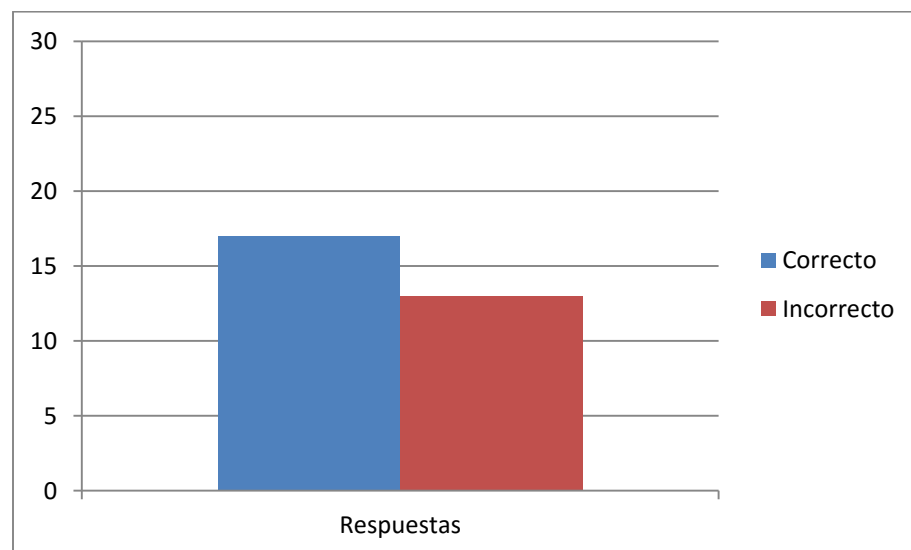
### Pregunta #3: Respuestas de la Encuesta

- Método de la manguera
- Replanteo de obras civiles propiamente dicho.
- Uso de la brújula como teodolito de bolsillo.
- Métodos de Nivelación adicionales al geométrico.

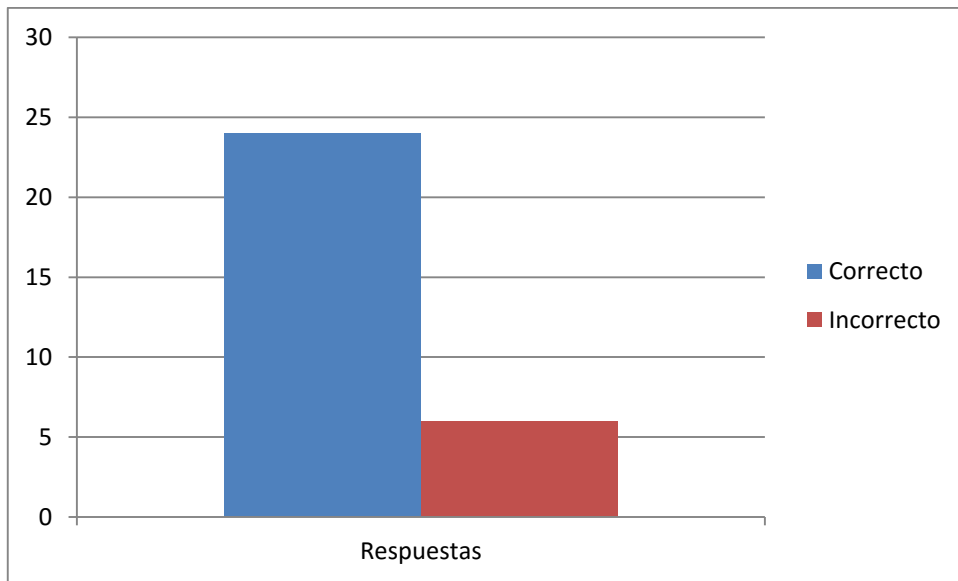
### DE LA PRUEBA DIAGNOSTICO:



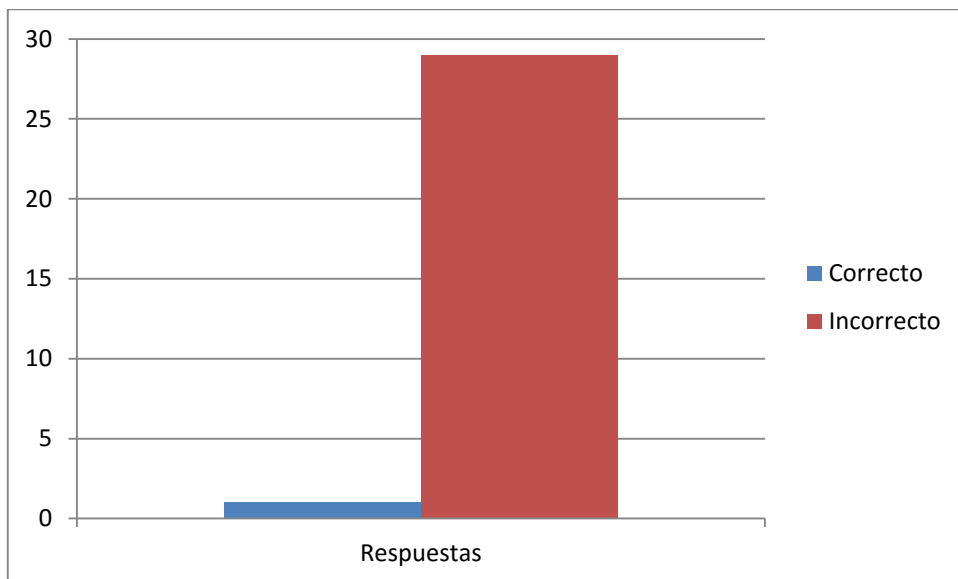
**Gráfico #3. Resultados pregunta 1a. Fuente: Elaboración Propia**



**Gráfico #4. Resultados pregunta 1b. Fuente: Elaboración Propia**

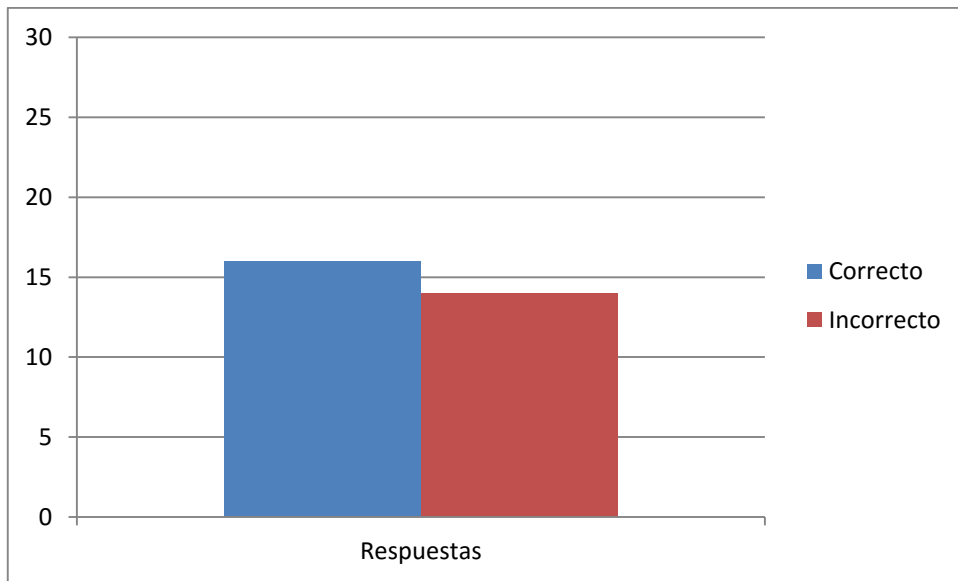


**Grafico #5. Resultados pregunta 2a. Fuente: Elaboración Propia**

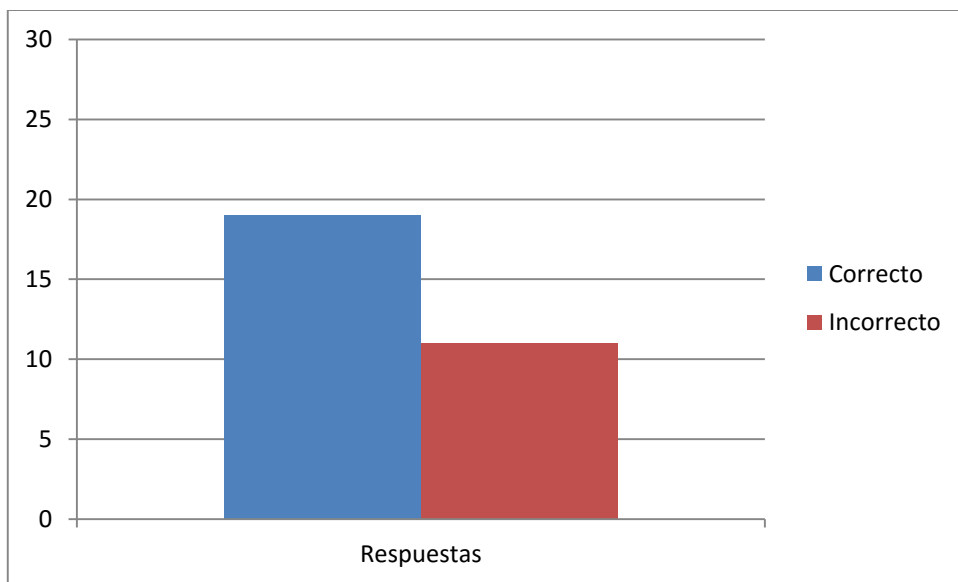


**Grafico #6. Resultados pregunta 2b. Fuente: Elaboración Propia**

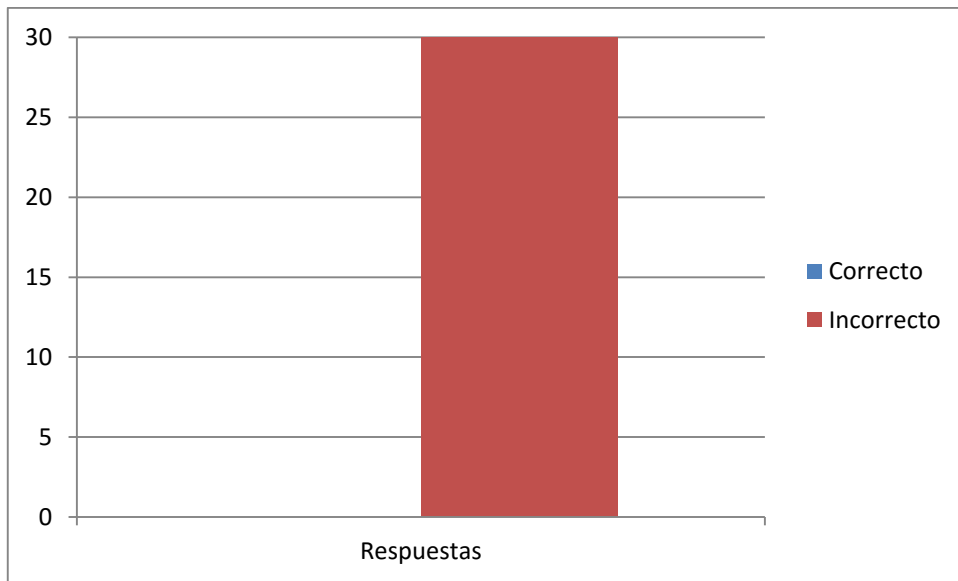




**Grafico #7. Resultados pregunta 3a. Fuente: Elaboración Propia**

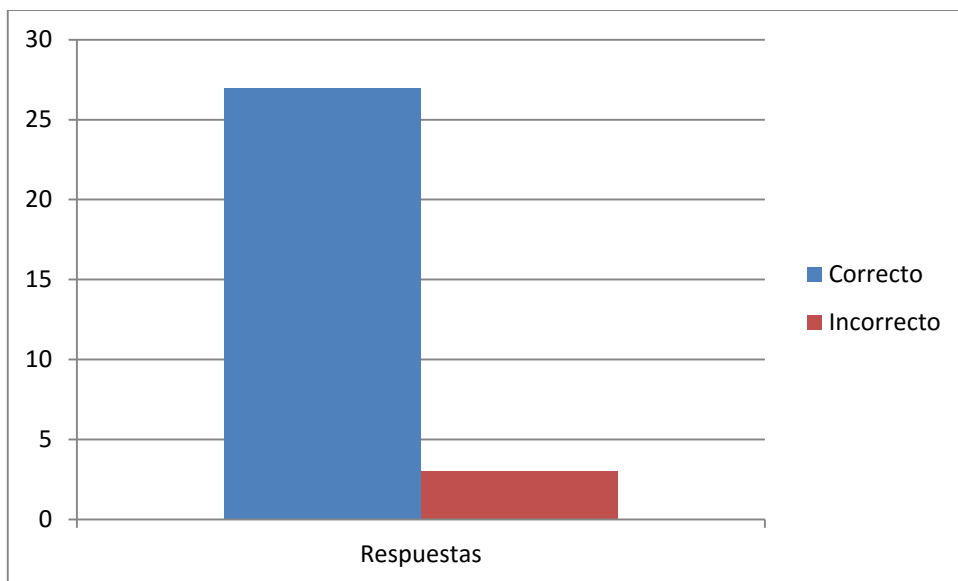


**Grafico #8. Resultados pregunta 3b. Fuente: Elaboración Propia**



**Grafico #9. Resultados pregunta 4. Fuente: Elaboración Propia**

Nota: Considerando como Correcto, que se indicarán todos los elementos de la curva circular simple señalados



**Grafico #10. Resultados pregunta 5. Fuente: Elaboración Propia**

## **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN:**

Directrices:

- Se debe entregar antes de empezar cada práctica el pre-informe de la misma, el cual debe contener: objetivo, equipos a utilizar, marco teórico, cuestionario y procedimiento.
- Antes de empezar la práctica se debe evaluar la información contenida en el pre-informe en un examen corto de 5 minutos.
- Una vez realizada la actividad en el campo, en la siguiente práctica se debe entregar el informe con: cálculos y resultados, interpretación de resultados, conclusiones de la práctica (en relación a los objetivos, métodos, etc.), recomendaciones, planos (en caso de ser requeridos, con su respectiva tarjeta, doblados, con borde y la simbología correspondiente).
- El Informe es manuscrito.
- Los cálculos deben ser presentados tabulados, y un ejemplo de cálculo de cada uno.

**Evaluación:**

Plan de evaluación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Informes	30
Exámenes cortos	30
Evaluación Teórica	20
Evaluación Práctica	20
<b>TOTAL</b>	100

Informes sin plano:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
<b>Pre-informe</b>	
Objetivos	0.5
Equipos a utilizar	Si no se coloca se resta 1 punto.
Marco Teórico	2
Cuestionario	5
Procedimiento	2
<b>Informe</b>	
Cálculos y Resultados	3.5
Conclusiones	5
Recomendaciones	2

Informes con planos:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
<b>Pre-informe</b>	
Objetivos	0.5
Equipos a utilizar	Si no se coloca se resta 1 punto.
Marco Teórico	2
Cuestionario	4
Procedimiento	2
<b>Informe</b>	
Cálculos y Resultados	1.5
Conclusiones	4
Recomendaciones	1
Plano	5

## **CONCEPTOS PREVIOS:**

### **Topografía:**

Es la ciencia que engloba el conjunto de técnicas y procedimientos que permiten el posicionamiento relativo de cualquier punto ubicado sobre o por debajo de la superficie de la tierra según tres elementos del espacio que son distancia, elevación y dirección. Se divide en dos ramas principales:

- Planimetría: Es la división de la topografía que estudia la ubicación de cualquier punto referenciado por la distancia y la dirección, es decir, se considera la localización de puntos sobre un plano horizontal con cota igual a cero; se desprecia la refracción y se considera la tierra como plana. el límite de campo planimétrico está entre 25 km y 30 km, debido a que el error relativo es aproximadamente igual a la máxima precisión obtenida.

- Altimetría: Es la división de la topografía que estudia, por medio de ciertas técnicas y procedimientos trigonométricos y/o geométricos, obteniendo los datos necesarios para la elaboración de planos topográficos considerando que cada punto posee una coordenada Z que representa su elevación con respecto a un plano de referencia.

En altimetría no se puede prescindir de la curvatura de la Tierra, a menos que sean distancias muy pequeñas.

Según el procedimiento de levantamiento topográfico debemos definir métodos que permitan el control de las observaciones y lecturas según los equipos a utilizar, evitando los posibles errores en la actividad; sin embargo, en ningún caso, pueden permitirse errores de cálculo, por lo que siempre se recomienda verificar los resultados dos veces y comprobando de acuerdo a las tolerancias permitidas en el proyecto.

Los errores que se pueden generar al momento de realizar un trabajo topográfico en cuanto a la observación se puede clasificar en:

- A.- Errores accidentales
  - a- Instrumentales:
    1. Error de verticalidad
    2. Error de dirección
    3. Error de colimación
    4. Error de lectura
  - b- De visibilidad: cuando se trabaja de espalda al sol.
  - c- De Refracción
  
- B.- Errores sistemáticos: producidos por fallos en los BM referenciales y por la no calibración del aparato. Pueden ser reducidos por la ley de Bessel.
  
- C.- Equivocaciones ó errores de operación: se dan en la toma de datos por inexperiencia del personal y operador, lográndose reducir a medida que se familiaricen con los métodos y equipos según el procedimiento de levantamiento de información. Algunos ejemplos son: mala señalización y/o numeración correlativa de puntos, se recomienda la verificación de la verticalidad y nivel esférico del aparato corrigiendo la desviación.

## **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES:**

- Unidades de Longitud: el metro (m) es la unidad básica; el cual está definido como la longitud recorrida por un rayo de luz en el vacío en un tiempo de  $1/299792456$  segundos.

- Unidades de superficie: generalmente por las grandes extensiones de terreno que se manejan se trabaja con Hectáreas, equivalente a  $10.000 \text{ m}^2$ ; sin embargo, dependiendo del topógrafo, también se puede utilizar  $\text{Km}^2$ .

- Unidades angulares: en topografía se trabaja con el sistema sexagesimal y el centesimal:

- Sistema sexagesimal: se basa en una circunferencia dividida en 360 partes iguales denominados grados, que a su vez se dividen en 60 minutos, y cada uno de estos en 60 segundos.

$$xx^{\circ}yy'zz''$$

- Sistema Centesimal: divide la circunferencia en 400 partes iguales denominados grados centesimales, cada grado en 100 minutos, y cada minuto en 100 segundos. Puede escribirse de dos formas equivalentes:

$$xx^{\text{g}}yy^{\text{c}}zz^{\text{cc}} \text{ a } \text{ ó } xx,yyzza^{\text{g}}$$

Relaciones fundamentales entre los sistemas:

$$\frac{\alpha^{\circ}}{360} = \frac{\alpha^{\text{g}}}{400} = \frac{\alpha^{\text{r}}}{2\pi}$$

## INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANOS:

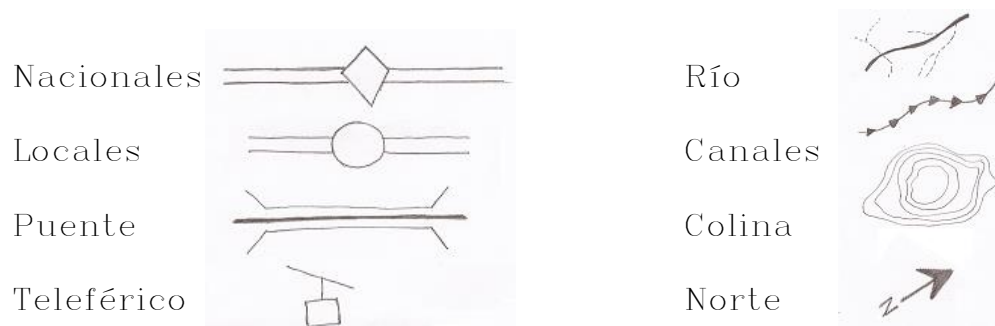
A- Los planos se realizarán en tres formatos:

Denominación	Medidas (mm)
DIN A4	297.0x210.0
DIN A3	297.0x420.0
DIN A2	420.0x594.0

B- Escalas: Se debe ajustar a las medidas del formato de planos, para lograr un diseño armónico.

C- Símbolos: Algunos símbolos son:

**Figura #1. Símbolos convencionales**



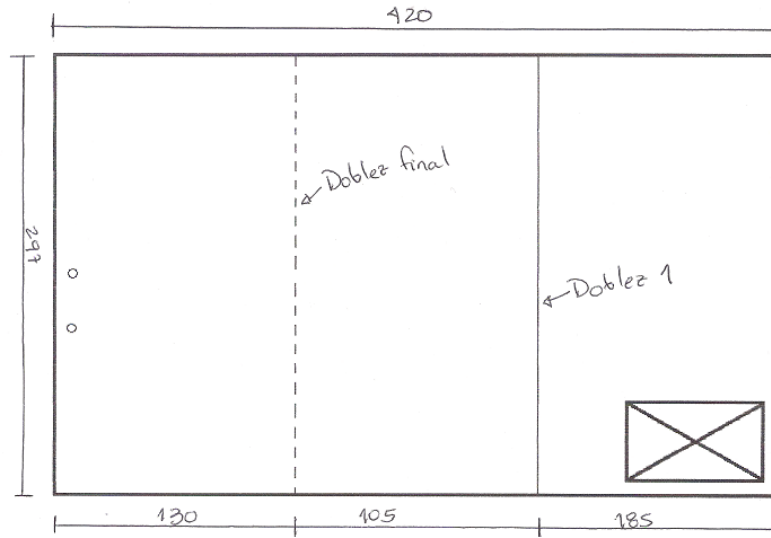
D- Tarjeta: Debe ser proporcional a la hoja de los planos y debe ser visible al doblarlos.

**Figura #2. Modelo de Tarjeta**

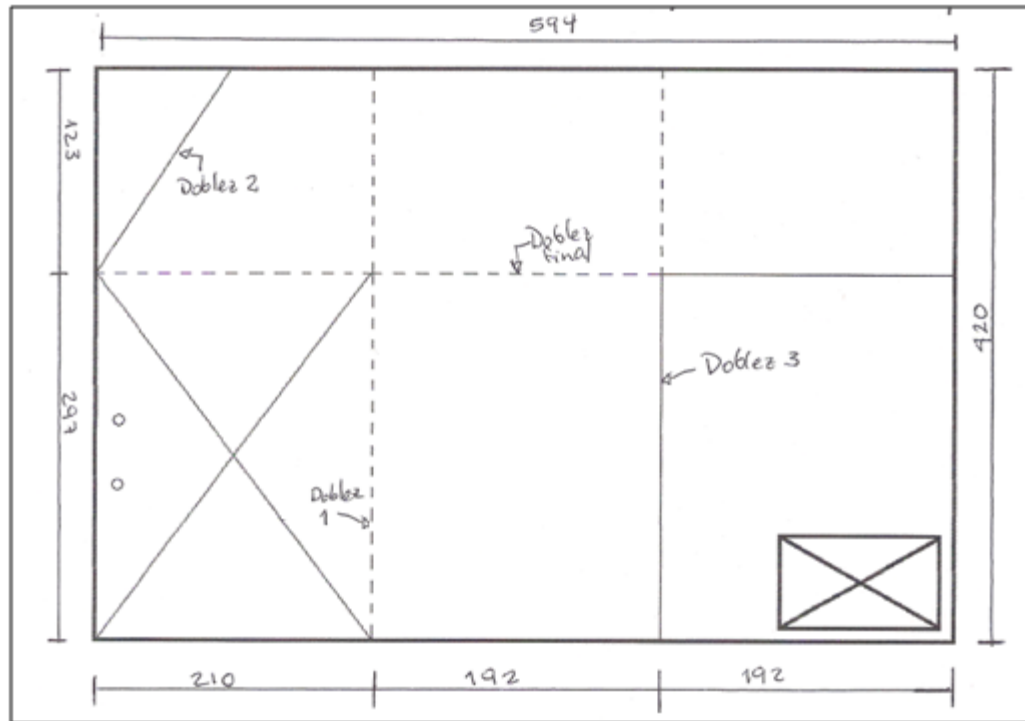
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE TOPOGRAFIA				
PROYECTO:		DESCRIPCION:		
PREPARADOR (A)				
ALUMNO(A)		PROFESOR (A)	NOTA	HOJA
GRUPO	SECCION	N° DE PRACTICA:	FECHA:	ESCALA:



- E- Presentación del plano: éste debe entregarse plegado a un formato tamaño carta. Desde el primer dobléz se debe considerar el espacio para perforar el plano. Dicho plegado esta normalizado por las Normas ISO y DIN, lo aquí indicado es para los tipos de hojas con que se elaborarán los planos.



DIN A3



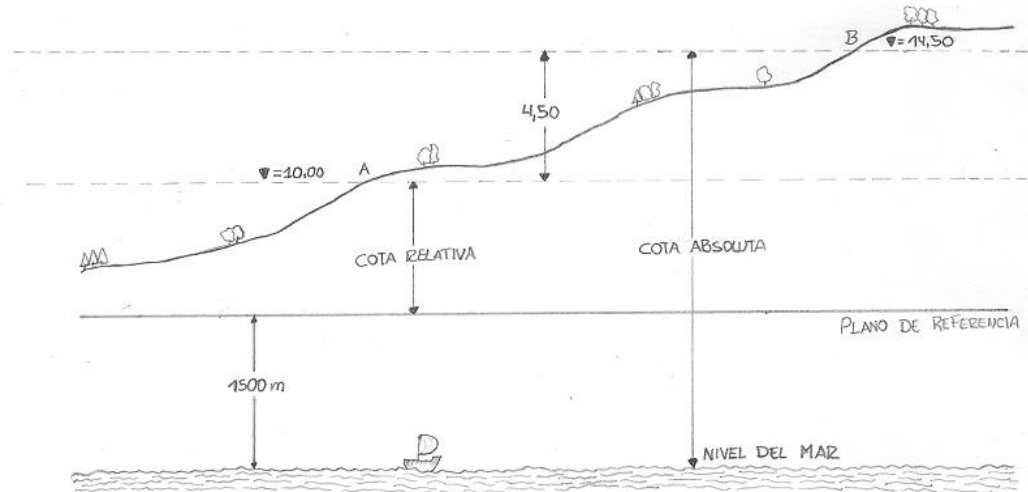
DIN A2

**Figura #3. Doblado de Planos**

## INTRODUCCIÓN A LA ALTIMETRÍA:

**Elevación:** es la distancia vertical de un punto, medida a partir de un plano de referencia.

**Cota absoluta (Q):** es la altura a la cual está ubicado un punto, referida al nivel del mar.

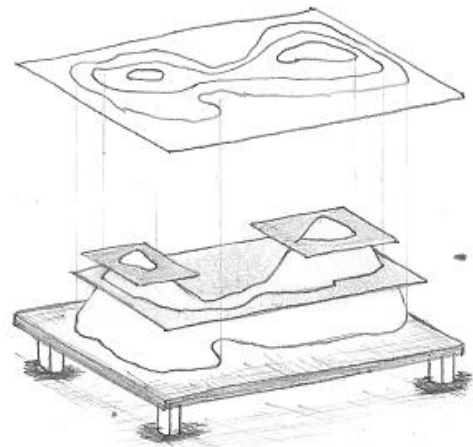


**Figura #4. Conceptos básicos de altimetría**

**Cota relativa:** es la altura a la cual está ubicado un punto, referida al nivel de un plano de altitud arbitraria.

**Superficie de nivel:** es aquella que en todos sus puntos es normal a la dirección de la gravedad.

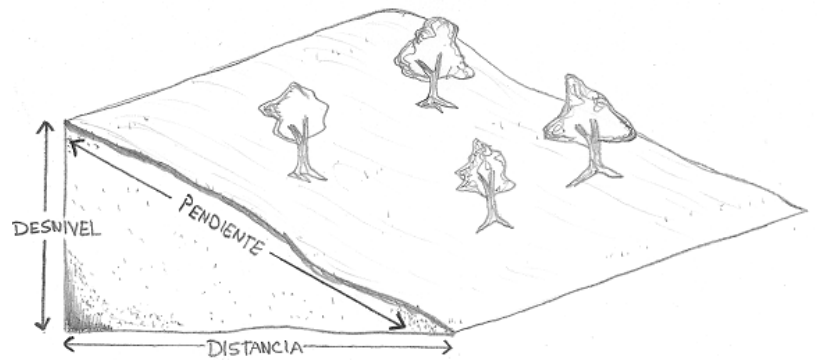
**Figura #5. Superficie de nivel.**



**Figura #6. Banco de Nivel**

**Banco de Nivel (BN):** es un objeto artificial o natural cuya localización no varía y del cual se conoce cierta información geográfica referente a su ubicación: coordenada X, Y e Z. Ejemplo de ello, son las marcas de referencia cinceladas en las juntas de las aceras.

**Pendiente:** es la inclinación de un elemento respecto a la horizontal. Es equivalente a la tangente del ángulo vertical.



**Desnivel ( $\Delta$ )** entre dos puntos A y B ( $Q_B - Q_A$ ): es la diferencia de alturas entre las superficies de nivel de dichos puntos.

**Figura #7. Pendiente, desnivel y distancia.**

**Proyecto:** es el conjunto de documentos escritos y gráficos que se utilizan para la construcción de una obra de ingeniería.

## **PRÁCTICA I: NIVELACION CON INSTRUMENTOS ALTIMÉTRICOS SIMPLES**

### **Objetivo:**

- Conocer los principales instrumentos altimétricos utilizados para la elaboración de trabajos topográficos.

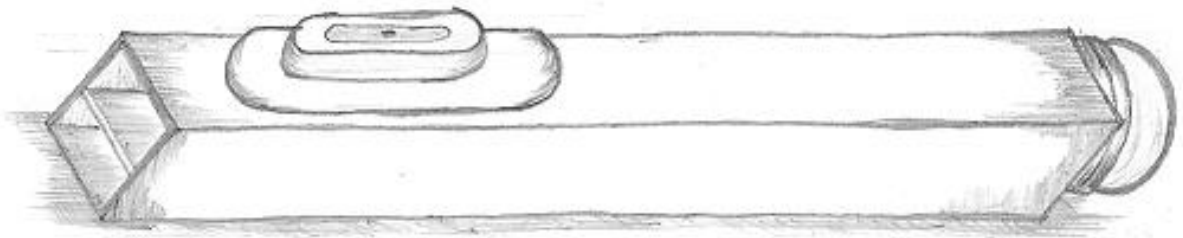
### **Equipos a utilizar:**

- 1 Nivel Locke
- 1 Nivel Abney
- 1 Clisímetro- Eclímetro
- 1 Brújula
- 2 Bastones
- 2 Niveles de Mano
- 1 Mira Vertical
- 1 Cinta métrica 10 m, 20 m, 50 m, etc.

### **Marco Teórico:**

#### **Nivel Locke:**

Es un instrumento sencillo, que da sólo visuales horizontales y consta de una pequeña caja cuadrada que contiene un tubo cilíndrico con dos aberturas una para visar y otra para reflejar, y lleva pegado un pequeño nivel tórico, que garantiza la horizontalidad del mismo. Se apoya sobre un bastón nivelado.



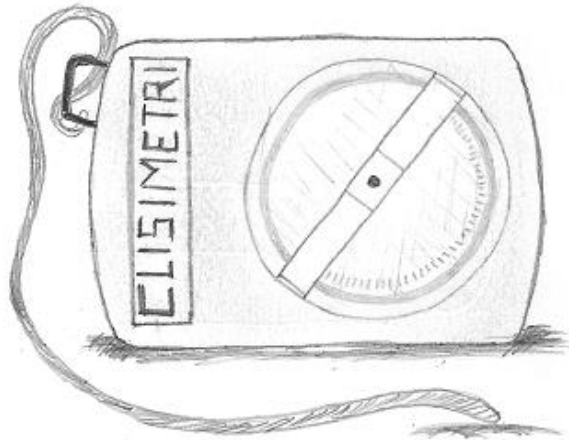
**Figura #8. Nivel Locke**

#### **Eclímetro:**

Es un nivel de mano con limbo vertical, lo cual facilita determinar ángulos verticales directamente en el terreno.

Clisímetro:

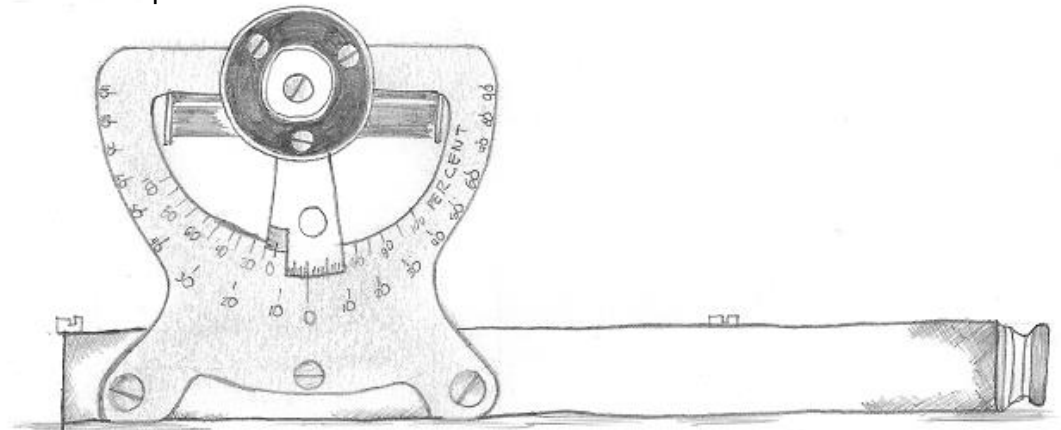
Es un instrumento que se utiliza para medir pendientes, en %. Posee un disco rotatorio graduado que gira en el plano vertical. La lectura se realiza apuntando el instrumento en el punto a detectar y leer el valor en la línea de visión horizontal. Existen algunos que traen adicionalmente una escala graduada para medir ángulos de elevación en el sentido inverso al de la pendiente, por lo que se dice que también funcionan como eclímetro.



**Figura #9. Clisímetro**

Nivel Abney:

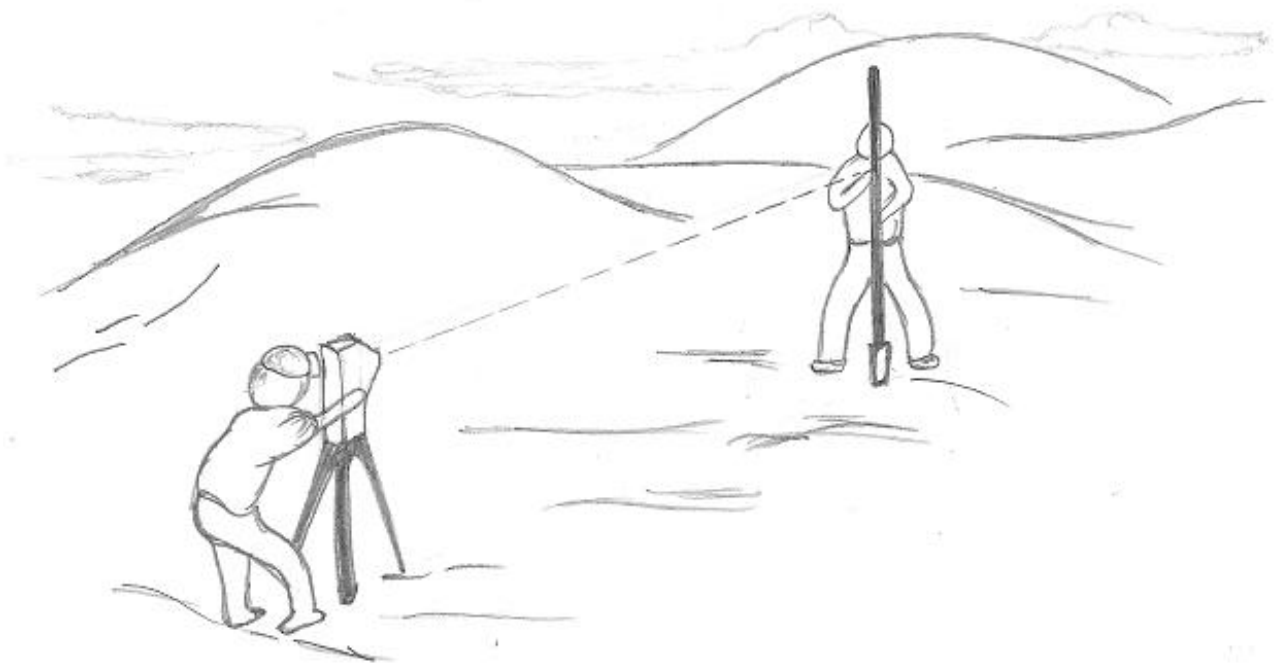
Es un dispositivo que contiene las mismas funciones del clisímetro y el eclímetro y con mayor precisión debido a que posee un nonio donde se puede fijar la lectura, es decir, en un círculo graduado se puede marcar el ángulo o la pendiente. Posee un nivel de burbuja conectado a un goniómetro que gira y permite medir la inclinación de cualquier terreno.



**Figura #10. Nivel Abney**

Nivelación:

Es el procedimiento mediante el cual se establece la diferencia de altura entre dos o más puntos. Se aplica, de forma complementaria, para modificar la topografía original de un terreno según una rasante establecida en un proyecto.



**Figura #11. Nivelación**

Nivelación por el método de la manguera:

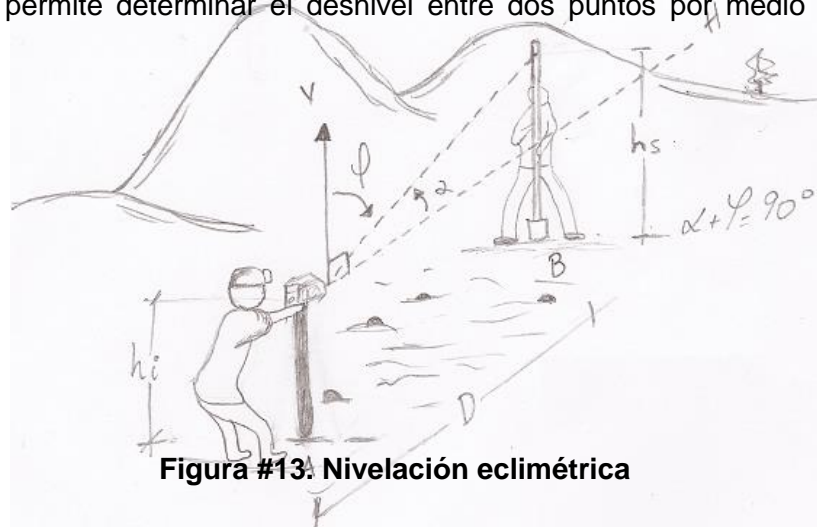
Es un método empírico que no sólo se utiliza para nivelar terrenos, sino que también sirve para verificar los niveles de los pisos de una construcción. Se requiere de una manguera transparente lo suficientemente larga de manera de cubrir la longitud del terreno a nivelar con un adicional en los extremos. Se basa en el principio de los vasos comunicantes. Consiste en colocar una estaca en cada esquina del terreno que se requiere nivelar y que sobresalgan unos 50 o 70 cm dependiendo del trabajo a realizar; se tiende la manguera sobre el terreno, y los extremos se levantan y se llenan de agua dejando un espacio de unos 10 cm libres y no deben quedar burbujas en la misma, cada extremo se coloca al lado de cada estaca cuando el agua repose se marcan los meniscos sobre las estacas.



**Figura #12. Método de la manguera**

Nivelación eclimétrica:

Puede considerarse un caso particular de Nivelación Trigonométrica en un Campo Topográfico de aproximadamente 400 m y que se define como la operación altimétrica que permite determinar el desnivel entre dos puntos por medio de un eclímetro.



**Figura #13. Nivelación eclimétrica**

$$\Delta_{AB} = D \cotg \phi_A + h_i - h_s \quad (1)$$

$$\Delta_{AB} = D \operatorname{tg} \alpha + h_i - h_s \quad (2)$$

Donde:

$\Delta_{AB}$ : Desnivel entre A y B

D: Distancia horizontal entre A y B

$\phi$ : Ángulo cenital

$\alpha$ : Ángulo de elevación

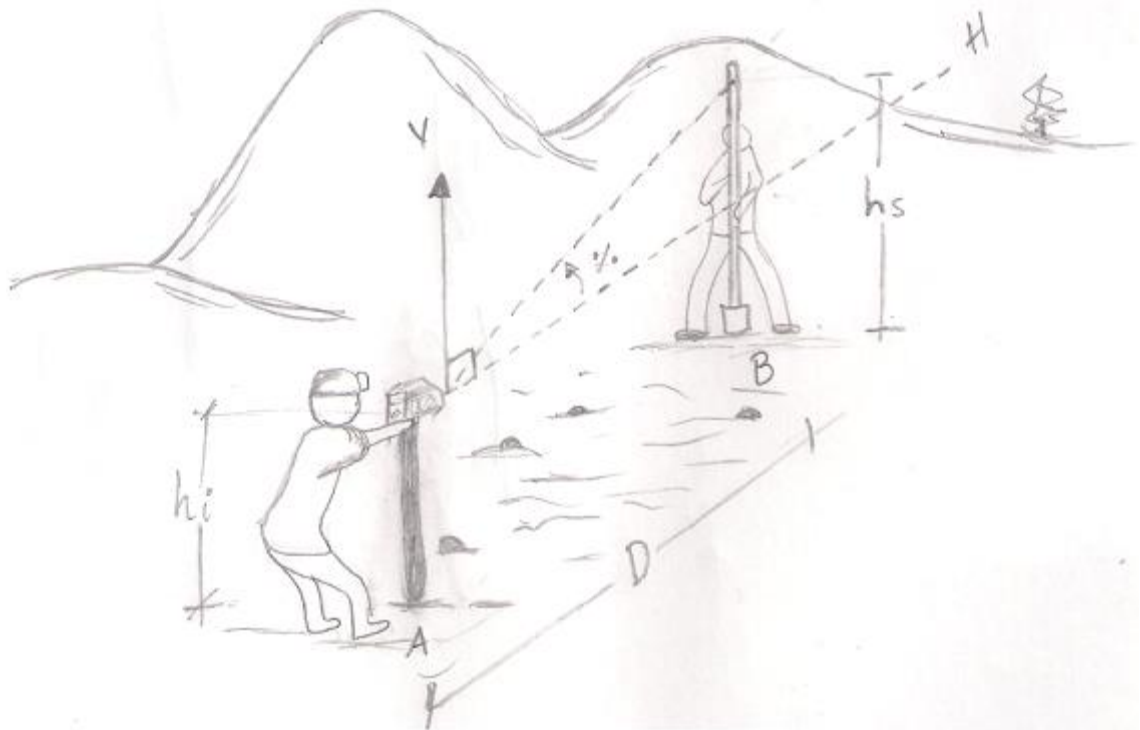
$h_i$ : altura del instrumento

$h_s$ : hilo superior

Nivelación Clisimétrica:

Es la operación que permite determinar el desnivel entre dos puntos con un clisímetro.

Si reemplazamos la ecuación de la pendiente en las expresiones 1 y 2 se obtiene la fórmula:



**Figura #14. Nivelación Clisimétrica**



$$\Delta_{AB} = D p + h_i - h_s \quad (3)$$

Donde:

$\Delta_{AB}$ : Desnivel entre A y B

D: Distancia horizontal entre A y B

P: Pendiente, en fracción decimal

$h_i$ : altura del instrumento

$h_s$ : hilo superior

### **Cuestionario:**

- 1- Mencione los tipos de errores que se pueden generar en nivelaciones con instrumentos simples.
- 2- ¿Por qué se dice que la brújula es un teodolito de bolsillo?
- 3- ¿Qué errores se pueden cometer al utilizar la brújula como teodolito de bolsillo?
- 4- ¿Cómo calcularía la pendiente de una calle? ¿Qué instrumento simple llevaría a campo? Explique el procedimiento.
- 5- Indica cinco aplicaciones de la topografía en el campo laboral.

### **Procedimiento:**

- Determinar la pendiente (P) entre dos puntos con Nivel Locke:
  - a) Apoyar el Nivel Locke sobre un bastón nivelado, ubicado en el extremo base de una línea imaginaria donde se desee obtener la inclinación.
  - b) Situar simultáneamente en el extremo opuesto, la mira vertical nivelada.
  - c) Medir altura del instrumento ( $h_i$ ).
  - d) Visualizar el valor de la mira vertical en la línea de enfoque horizontal ( $h_s$ ).
  - e) Anotar la distancia horizontal entre ambos extremos (D).
  
- Determinar el desnivel ( $\Delta$ ) entre dos puntos con Clisímetro:
  - a) Apoyar el clisímetro sobre un bastón nivelado, ubicado en el extremo base de una línea imaginaria donde se desee obtener la inclinación.
  - b) Situar simultáneamente en el extremo opuesto, una ficha.
  - c) Observar el punto de intersección de la ficha con el terreno, manteniendo el instrumento apoyado sobre el bastón y se lee el valor, en porcentaje, en la línea de visión horizontal (P).
  - d) Medir la distancia entre ambos extremos con cinta métrica (D).

- Determinar el desnivel ( $\Delta$ ) entre dos puntos con Nivel Abney:
  - a) Colocar el instrumento apoyado en un bastón nivelado, ubicado en el extremo base de la línea imaginaria donde se desee obtener la inclinación.
  - b) Situar simultáneamente en el extremo opuesto, la mira vertical nivelada.
  - c) Observar una lectura de la mira vertical ( $hs_x$ ) por medio del ocular; en el interior de la base puede verse paralelamente la burbuja de nivel y la lectura, la cual se puede fijar en un valor exacto, para minimizar los errores por apreciación de la mira.
  - d) Centrar la burbuja mediante pequeños movimientos al goniómetro, manteniendo el mismo valor de la lectura.
  - e) Retirar el instrumento del bastón una vez que la burbuja se encuentre centrada, se anota la lectura de la mira vertical considerada y se toma el valor indicado en el nivel abney, ya sea de forma Clisimétrica (pendiente) o eclimétrica (ángulo de elevación).
  - f) Medir con cinta métrica horizontalmente la distancia entre ambos extremos (D).

### Cálculos:

- Determinar la pendiente (P) entre dos puntos con Nivel Locke:

$$P = \frac{(hs - hi)}{D} \quad (4)$$

Donde:

P: Pendiente

hs: Lectura de mira

hi: Altura del instrumento

D: Distancia horizontal entre ambos puntos

- Determinar el desnivel ( $\Delta$ ) entre dos puntos con Clisímetro:

$$\Delta = D * P \quad (5)$$

Donde:

$\Delta$ : Desnivel

D: Distancia horizontal entre ambos puntos

P: Pendiente, en fracción decimal

- Determinar el desnivel ( $\Delta$ ) entre dos puntos con Nivel Abney:

- Con ángulo vertical:

$$\Delta = D * \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

Donde:  $\alpha$ : ángulo de elevación

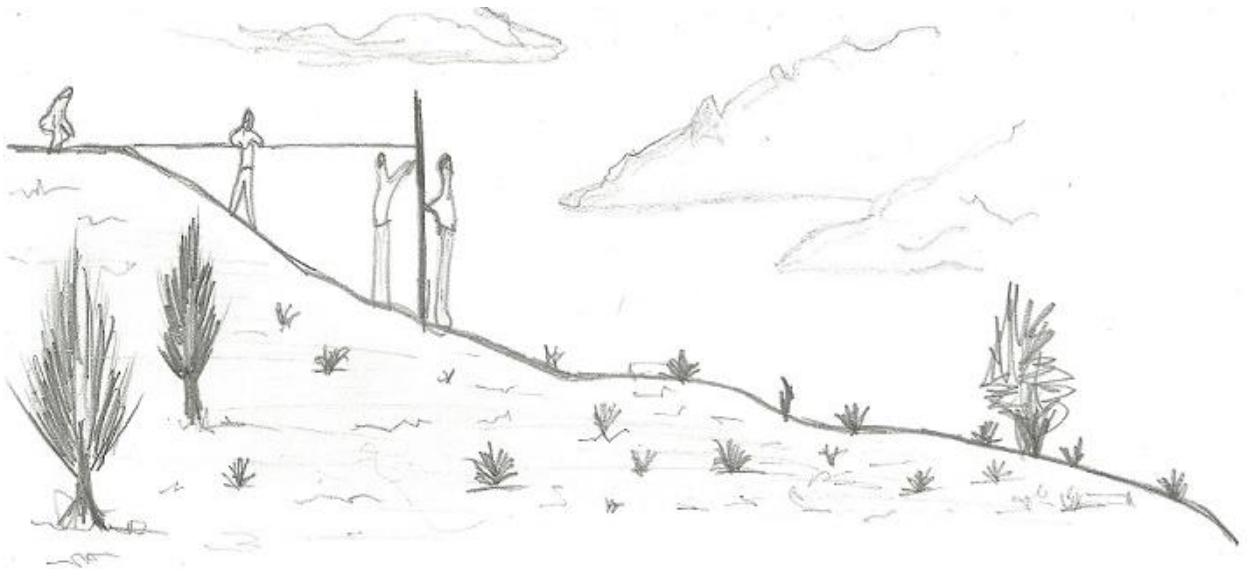
- Con pendiente:

$$\Delta = D * P \quad (7)$$

- Si no se puede medir la distancia con cinta métrica, en un mismo punto se toman dos valores sobre la mira vertical y a cada uno le corresponde una pendiente:

$$D = \frac{h_{S_2} - h_{S_1}}{P_2 - P_1} \quad (8)$$

- Desnivel con mira INVAR:



**Figura #15. Determinar desnivel con Mira INVAR**

**Presentación del informe:**

- Esquematizar los métodos
- Calcular el error entre métodos

## **PRACTICA 2: MÉTODOS DE NIVELACIÓN**

**Objetivo:**

- Aplicar los métodos de nivelación para determinar los desniveles en un terreno.

**Equipos a utilizar:**

- 1 Nivel de Ingeniero para Nivelación Geométrica
- 1 Teodolito para Nivelación Taquimétrica
- 1 Trípode
- 1 Nivel de Mano
- 1 Mira Vertical
- 1 Cinta métrica 10 m.
- Juegos de Fichas

**Marco Teórico:**

Tipos de nivelación: Son métodos donde se requieren de elementos auxiliares para obtener los desniveles.

- Nivelación Barométrica: es un procedimiento poco utilizado y se basa en el uso de un instrumento conocido como barómetro capaz de medir las presiones atmosféricas, las cuales cambian según las alturas de los lugares.

Se aplica cuando no se requiere mucha precisión. Las unidades comúnmente utilizadas para medir la presión atmosférica son milibares (mbar) o mercurio (mmHg).

Tipos de barómetros:

- Barómetro de mercurio o de cubeta tipo Fortín: generalmente poseen una bolsa de gamuza para el mercurio en el fondo. Las lecturas deben corregirse por: capilaridad y temperatura.

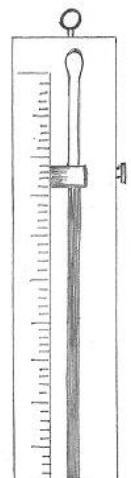
El desnivel se obtiene por la fórmula simplificada de Laplace:

$$D_{A-B} = 18.400 * (\log a - \log b) * (1 + 0.004 * tm) \quad (9)$$

Donde:

a y b, son las lecturas barométricas en A y B,  
en mm. de Hg

(10)

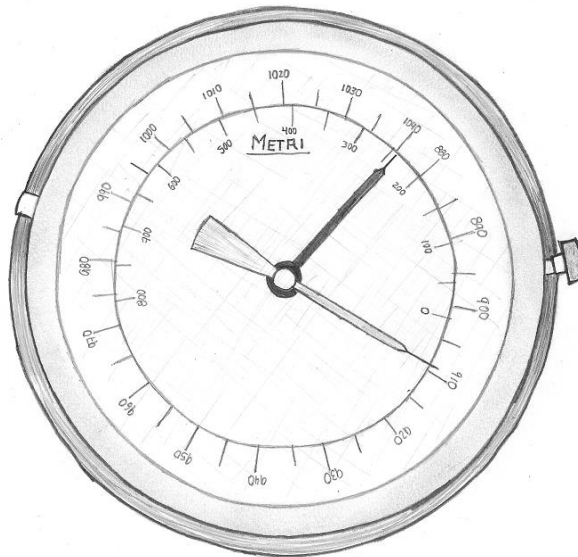


$$tm = \frac{ta + tb}{2}$$

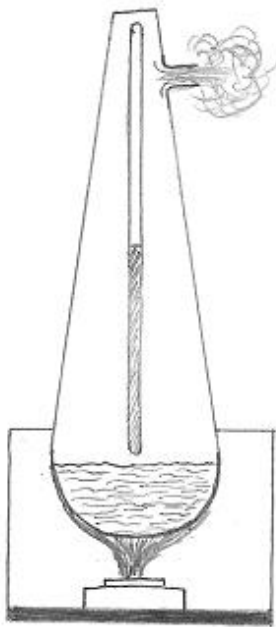
En grados centígrados

**Figura #16. Barómetro de Mercurio**

- **Aneroide o altímetros:** su sistema se basa en una caja con vacío interior y las deformaciones que sufre se transmiten a una aguja indicadora.



**Figura #17. Aneroida**



- **Termobarómetro o Hipsómetro:** Se basa en una relación entre la temperatura de ebullición del agua y la presión atmosférica; ya que se enciende la lámpara de alcohol y cuando el depósito de agua que envuelve al termómetro llegue a su punto de ebullición, se espera a que el mercurio se estabilice y se toma la medida. El termómetro marca la temperatura del vapor más no del líquido, por lo que no debe estar en contacto con el agua.

**Figura #18. Termobarómetro**

- Nivelación Trigonométrica: como su nombre lo indica, los desniveles se obtienen valiéndose de los principios de Trigonometría, utilizando solo los ángulos y distancias medidos en campo.

$$\Delta_{AB} = D * \tan(\alpha) + hi - Lm \quad (11)$$

$$\Delta_{AB} = D * \cot(\beta) + hi - Lm \quad (12)$$

$$\Delta_{AB} = \frac{P * D}{100} + hi - Lm \quad (13)$$

Donde:

$\Delta_{AB}$ : Desnivel entre A y B

D: Distancia Horizontal

P: Pendiente

- Nivelación Taquimétrica: La Taquimetría significa medida rápida de distancias y de alturas por medio de mediciones indirectas. Se emplea cuando no se requiere gran precisión o cuando las condiciones del terreno hacen difícil y poco preciso el empleo de la cinta. Se emplea el teodolito ya que se requiere de ángulos verticales para determinar la distancia de manera indirecta.

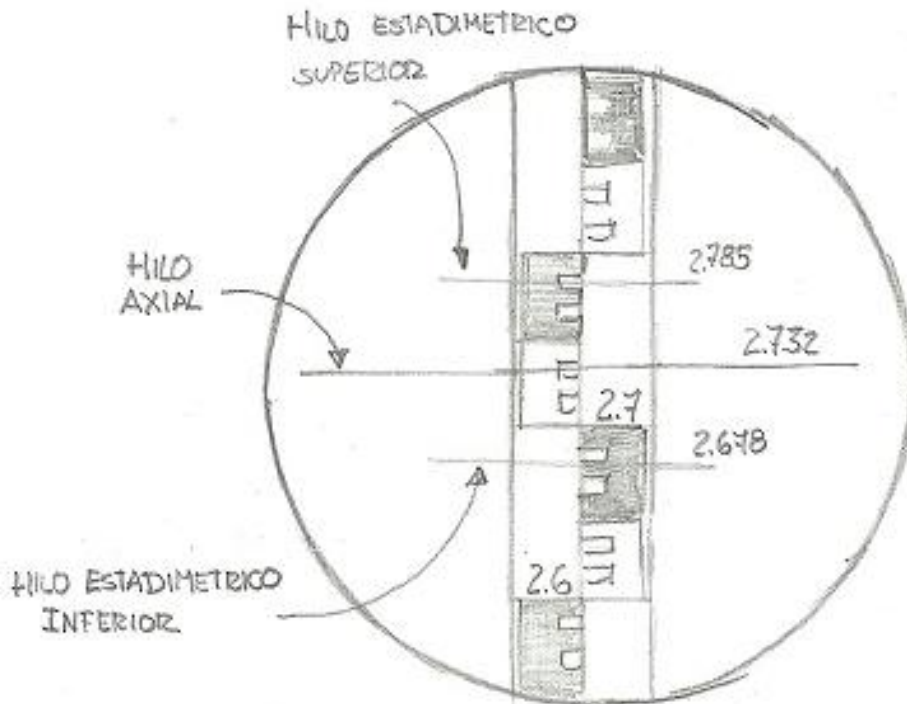


Figura #19. Cómo leer la mira vertical

$$D_H = K * H * \cos^2(\alpha) \quad (14)$$

$$\Delta_{AB} = K * H * \cos(\alpha) * \sin(\alpha) + h_i - L_m \quad (15)$$

$$\Delta_{AB} = K * H * \cos(\varphi) * \sin(\varphi) + h_i - L_m \quad (16)$$

Donde:

$D_H$ : Distancia horizontal

K: Constante diastimométrica

H: Diferencia entre hilo superior e hilo inferior

$\alpha$ : ángulo de elevación

$\varphi$ : ángulo cenital

$h_i$ : Altura del instrumento

$L_m$ : Lectura de mira

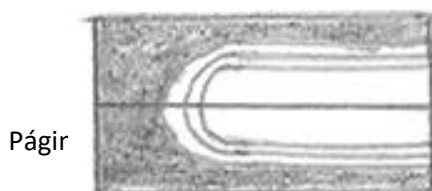
Estación	Punto Visado	Hs	Ángulo Vertical	Ángulo Horizontal	Distancia	Cota
		Hm				
$h_i$		Hi				
A $h_i = 1.500$ m	1	2.504	92°25'12"	54°15'12"		
		1.935				
		1.366				
	2	2.185	91°48'06"	68°32'18"		
		1.526				
		0.867				
	3	1.848	89°14'38"	112°26'38"		
		1.523				
		1.198				
	4	3.452	90°08'16"	157°48'52"		
		2.335				
		1.218				

**Tabla #1. Libreta de Campo de una Nivelación Taquimétrica. Elaboración:**

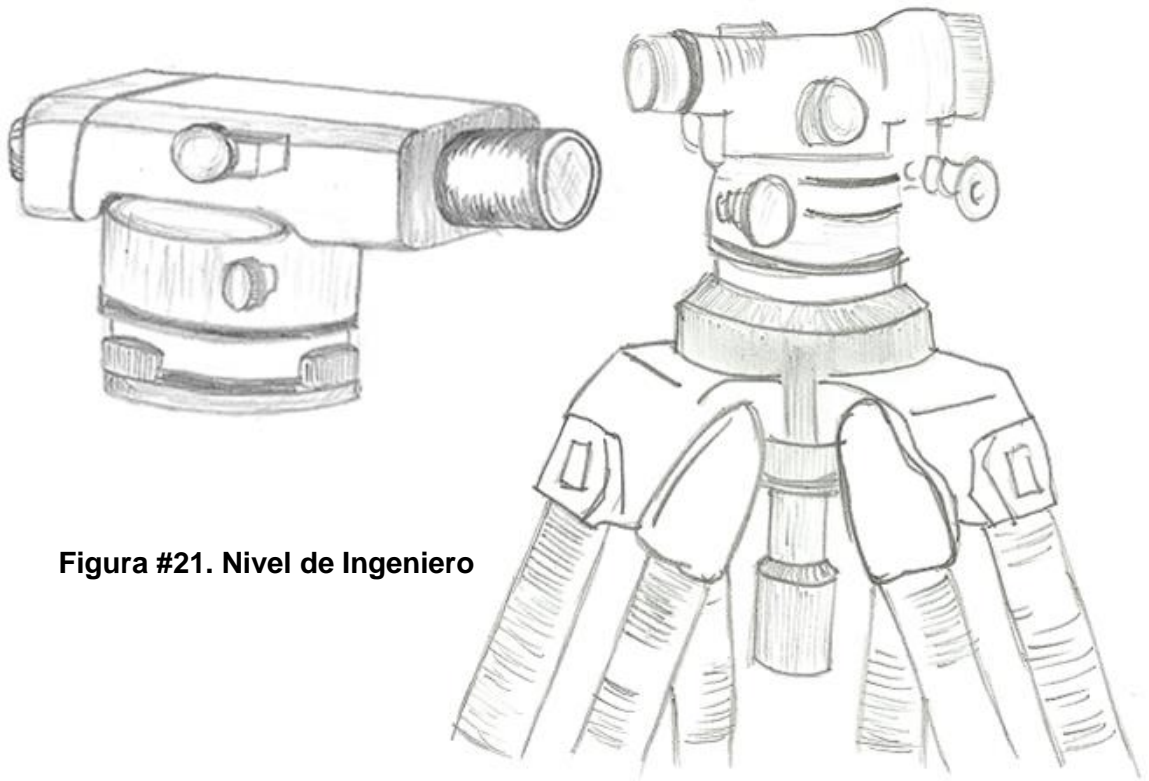
**Fuente Propia.**

Nivel de Ingeniero:

Es un instrumento de precisión, constituido por una base, tres tornillos para nivelar, un nivel esférico y un anteojo; debido a que gira 360 grados en horizontal y no permite el movimiento vertical del anteojo, su objetivo es el de visar todos los puntos que se encuentran en un plano imaginario horizontal alrededor de la estación.



**Figura #20. Corrección de colimación**

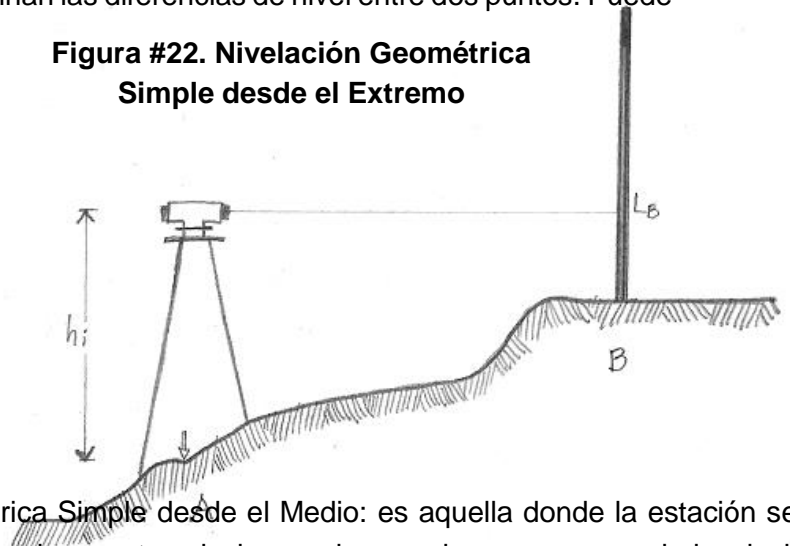


**Figura #21. Nivel de Ingeniero**

- Nivelación Geométrica Simple: Es un procedimiento en donde con una sola estación instrumental se determinan las diferencias de nivel entre dos puntos. Puede ser:

**Figura #22. Nivelación Geométrica Simple desde el Extremo**

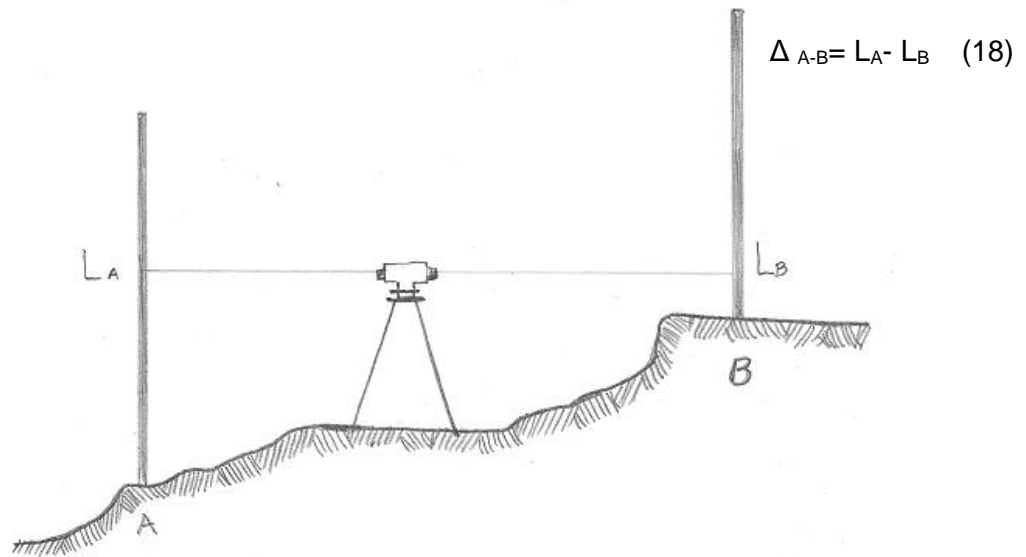
- Nivelación Geométrica Simple desde el Extremo: es aquella donde la estación se ubica sobre uno de los dos puntos entre los cuales se desea conocer el desnivel.



$$\Delta_{A-B} = h_i - L_B \quad (17)$$

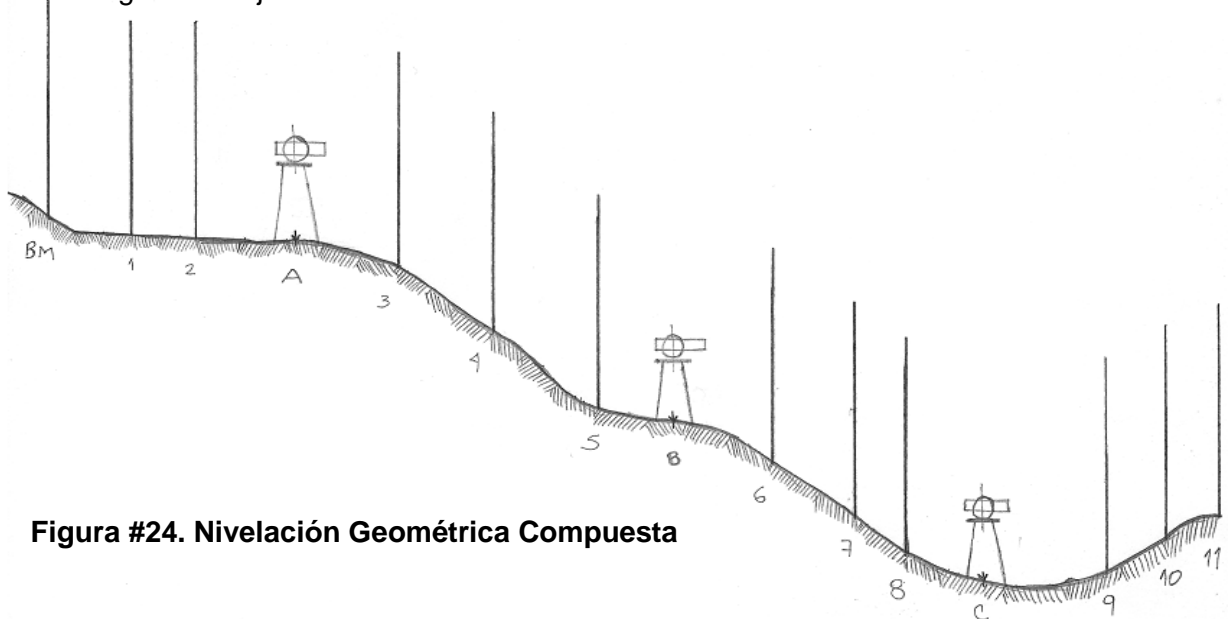
- Nivelación Geométrica Simple desde el Medio: es aquella donde la estación se ubica en un lugar entre los dos puntos de los cuales se desea conocer el desnivel; ubicación que necesariamente no tiene que ser el punto medio entre ellos o estar sobre el mismo alineamiento. Al no utilizar la altura del equipo se agiliza el proceso y se reduce el error por la medición de la misma.





**Figura #23. Nivelación Geométrica Simple desde el Medio**

- Nivelación Geométrica Compuesta: Es un procedimiento donde se requieren dos o más estaciones instrumentales para determinar los desniveles entre varios puntos, debido a que la zona a medir sea muy grande, exista un desnivel muy pronunciado o se presente un obstáculo en el proceso. Básicamente, es la sumatoria sucesiva de varias nivelaciones simples. Permite la obtención de perfiles de terreno a lo largo de un eje.



**Figura #24. Nivelación Geométrica Compuesta**

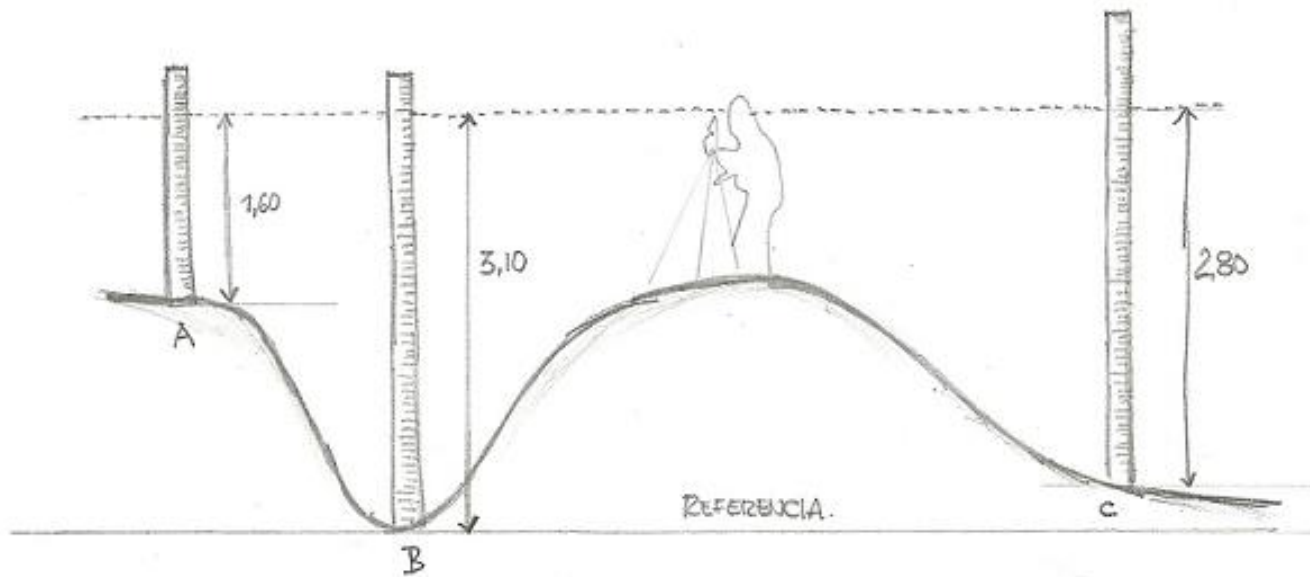
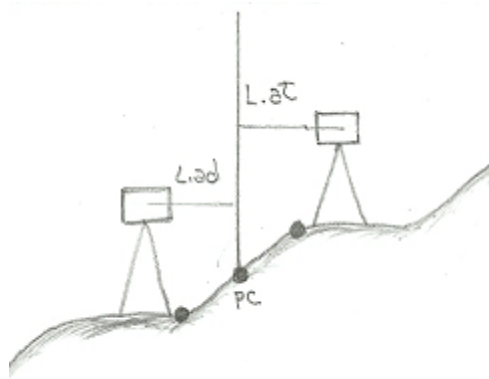


Figura #25. Cota Horizonte

Estación	Pto. Visado	L <sub>atrás</sub>	L <sub>media</sub>	L <sub>adelante</sub>	C. Horizonte	Cota	Observaciones
A hi= 1.47	BM	1.00					
	1		1.20				
	2		1.30				
	3		1.60				
B hi= 1.45	4			2.10			
	4	0.10					
	5		0.90				
	6		1.20				
C hi=1.50	7		1.38				
	8			1.45			
	8	0.90					
	9		0.82				
	10		0.43				
	11			0.14			

Tabla #2. Libreta de Campo de una Nivelación Geométrica Compuesta



**Figura #26. Punto de Cambio. (Los puntos 4 y 8 son puntos de cambio)**

**Cuestionario:**

- 1- ¿Cómo se realiza la corrección de colimación en el Nivel de Ingeniero?
- 2- ¿Por qué se dice que en los modelos nuevos de los Niveles de Ingeniero la corrección de colimación es automática?
- 3- ¿Qué consecuencias trae no realizar la corrección de colimación en el Nivel de Ingeniero?
- 4- ¿Tiene escala de apreciación el Nivel de Ingeniero? Explique
- 5- ¿Cómo calcularía una distancia con el Nivel de Ingeniero? Explique el procedimiento y los cálculos a realizar.
- 6- ¿Qué instrumento da la precisión en una nivelación con Nivel de Ingeniero?
- 7- ¿Cuándo es una nivelación cerrada con control y cuando es una nivelación cerrada sin control?
- 8- ¿Cuándo se puede corregir una nivelación y cuáles son los métodos que existen para corregirla?
- 9- ¿Cuál es el máximo desnivel que se puede obtener en una nivelación geométrica simple desde el extremo?
- 10- Explique mediante un esquema lo que significa la cota horizonte en la Nivelación Geométrica.
- 11- ¿Cómo se realiza una nivelación geométrica compuesta desde el extremo? Grafique.
- 12- ¿Qué es la constante diastimométrica del teodolito? Explique

**Procedimiento:**

- Nivelación Simple desde el extremo:
  - a) Estacionar el Nivel de Ingeniero en el punto A (extremo).
  - b) Medir la distancia, con cinta métrica, entre el punto de estación y el punto medio del antejo del nivel,  $h_i$ .
  - c) Ubicar la mira vertical en el punto B.
  - d) Tomar la lectura media,  $L_B$ .
  
- Nivelación Simple desde el medio:
  - a) Estacionar el Nivel de Ingeniero en un punto intermedio, sin necesidad de estar alineado entre A y B.
  - b) Ubicar la mira vertical en el punto A.
  - c) Tomar la lectura media en A,  $L_A$ .
  - d) Ubicar la mira vertical en el punto B.
  - e) Tomar la lectura media en B,  $L_B$ .
  
- Nivelación compuesta desde el medio (Para la tabla #2):
  - a) Estacionar el Nivel de Ingeniero en un punto intermedio A, sin necesidad de estar alineado.
  - b) Medir la altura del instrumento en A,  $h_i$ .
  - c) Ubicar la mira vertical en el punto BM y tomar la lectura en BM,  $L_{atras}$ .
  - d) Tomar la lectura media en 1, 2 y 3,  $L_{media}$ .
  - e) Tomar la lectura media en 4,  $L_{adelante}$ . (Para la estación A)
  - f) Estacionar el Nivel de Ingeniero en un punto intermedio B, sin necesidad de estar alineado.
  - g) Medir la altura del instrumento en B,  $h_i$ .
  - h) Ubicar la mira vertical en el punto 4 y tomar la lectura en 4,  $L_{atras}$ . (Para la estación B).
  - i) Seguir los pasos para la cantidad de estaciones y puntos a visar necesarios.
  
- Nivelación taquimétrica:
  - a) Ubicar el lugar donde se va a realizar el levantamiento.
  - b) Medir la altura del instrumento,  $h_i$ .
  - c) Determinar la mejor posición para instalar el teodolito; de forma tal que se logre la mayor cantidad de puntos a medir, ya que mientras menos estaciones más precisión se obtiene en el levantamiento.
  - d) Tomar para cada punto la lectura del hilo superior, hilo medio e hilo inferior; ángulo vertical y ángulo horizontal.

Nota: En el paso “d” también se puede eliminar la toma del hilo superior, hilo inferior y ángulo vertical para cada punto, si se toma la distancia entre la estación y el punto directamente con cinta métrica.

### Cálculos:

Nivelación Trigonométrica:

$$\Delta_{AB} = D * \tan(\alpha) + hi - Lm \quad (11)$$

$$\Delta_{AB} = D * \cot(\varphi) + hi - Lm \quad (12)$$

$$\Delta_{AB} = \frac{P * D}{100} + hi - Lm \quad (13)$$

Donde:

$\Delta_{AB}$ : Desnivel entre A y B

D: Distancia Horizontal

P: Pendiente

Nivelación taquimétrica:

$$D_H = K * H * \cos^2(\alpha) \quad (14)$$

$$\Delta_{AB} = K * H * \cos(\alpha) * \sin(\alpha) + hi - Lm \quad (15)$$

$$\Delta_{AB} = K * H * \cos(\varphi) * \sin(\varphi) + hi - Lm \quad (16)$$

Donde:

$D_H$ : Distancia horizontal

K: Constante diastimométrica

H: Diferencia entre hilo superior e hilo inferior

$\alpha$ : ángulo de elevación

$\varphi$ : ángulo cenital

hi: Altura del instrumento

Lm: Lectura de mira

Nivelación Geométrica Simple desde el extremo:

$$\Delta_{A-B} = hi - L_B \quad (17)$$

Nivelación Geométrica Simple desde el medio:

$$\Delta_{A-B} = L_A - L_B \quad (18)$$

Nivelación Geométrica Compuesta:

$$Cota Horizonte = Cota BM + Lm \quad (19)$$

(20)

$$Cota\ punto\ i = Cota\ Horizonte - Lm$$

**Presentación:**

- Dibujar en hoja carta los levantamientos que se realicen en campo.

**PRÁCTICA III: MÉTODO DE LA CUADRICULA**

### Objetivo:

- Determinar el plano de curvas de nivel de un terreno por el método de la cuadrícula

### Equipos a utilizar:

- 1 Nivel de Ingeniero
- 1 Trípode
- 1 Mira vertical
- Juegos de Fichas (de acuerdo al número de puntos requeridos)
- Cintas métricas
- Bastón
- Escuadra de Doble Prisma
- Jalones
- Niveles de mano
- Plomadas

### Marco Teórico:

- Las curvas de nivel son la representación del terreno en un plano.
- Equidistancia: es la diferencia de cota que existe entre curvas de nivel.
- El método de la cuadrícula es utilizado para zonas de escasa vegetación, áreas relativamente pequeñas con desniveles no tan considerables y con poca cantidad de obstáculos.

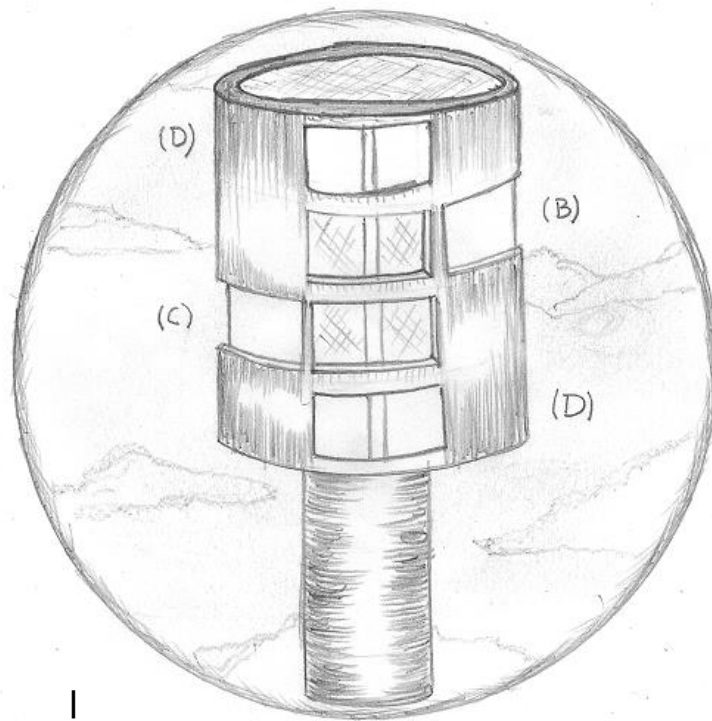
Se basa en el trazado de una retícula, de la cual se obtendrán datos de cotas que posteriormente se procesarán para realizar el plano de curvas de nivel.

Para armar la retícula en campo es necesario conocer los métodos para trazar perpendiculares en el campo:

- Con escuadra de doble prisma:
  - a) Ubicar el bastón nivelado con la escuadra de doble prisma en un punto A.
  - b) Ubicar un jalón nivelado en el punto B, otro en el punto C y otro en el punto D.
  - c) Cuando los tres jalones se vean alineados como uno solo, la perpendicular se considera completa.



**Figura #27. Trazado de perpendicular con escuadra de doble prisma**



**Figura #28. Vista en Escuadra de doble prisma**

Triángulos rectángulos ó método 3-4-5:

- a) Medir con una cinta métrica 3 metros partiendo de un punto A, sobre el alineamiento base AB.
- b) Medir con una cinta métrica 4 metros del punto A hasta el punto C.



- c) Medir, simultáneamente, entre los puntos B y C 5 metros, cuando las medidas de los pasos b y c coincidan en un punto, existe la perpendicular.

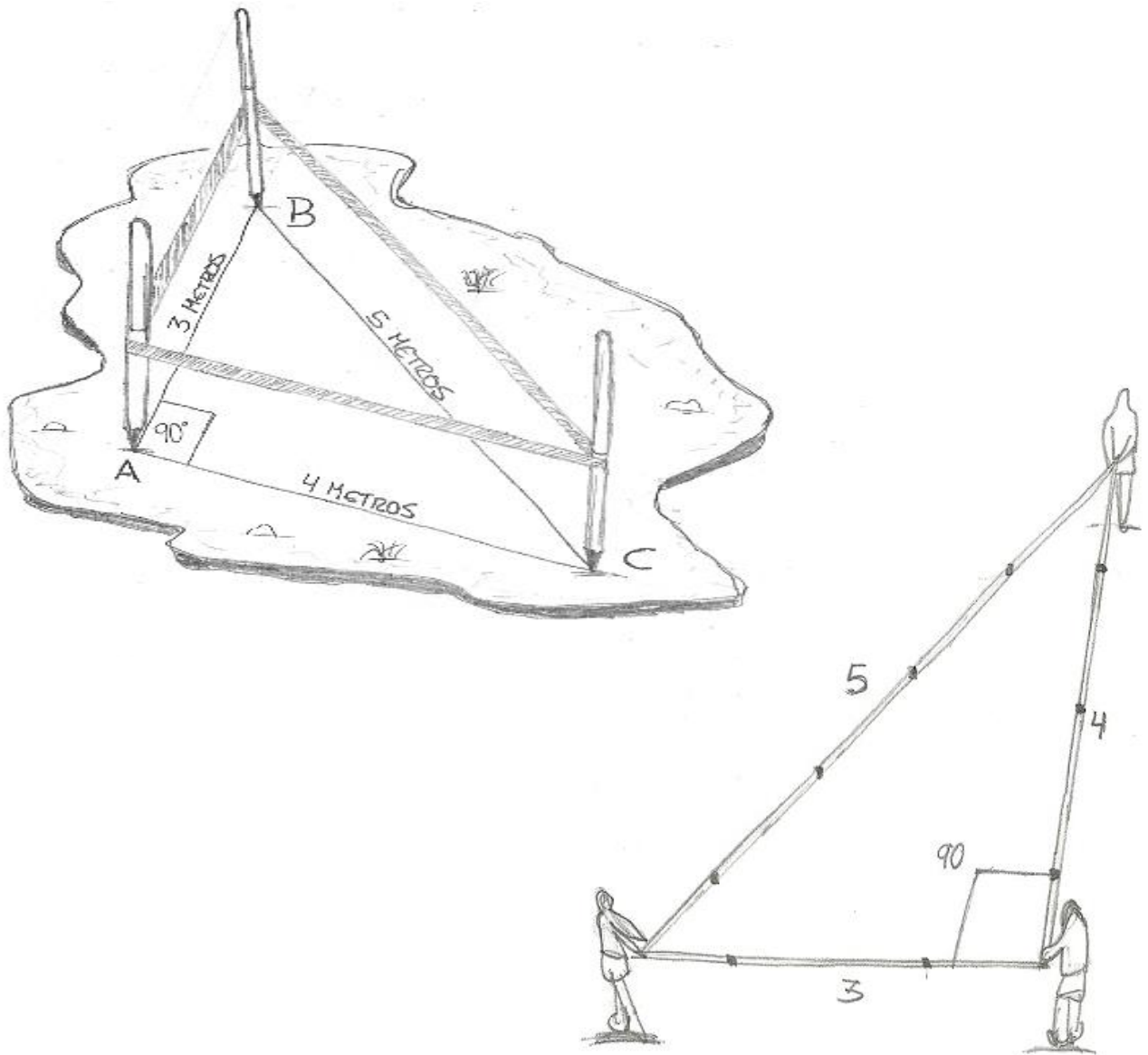
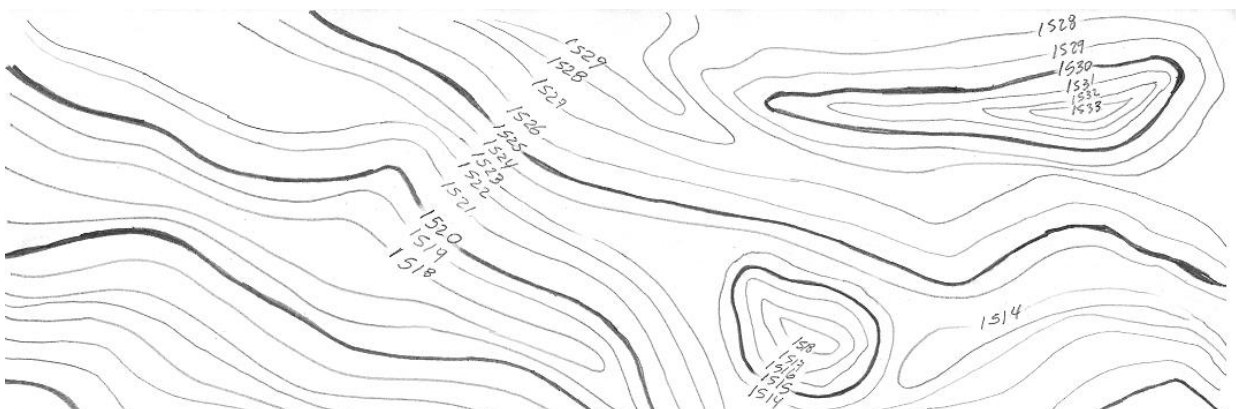


Figura #29. Trazado de perpendicular por triángulo rectángulo



### Figura #30. Plano de Curvas de Nivel

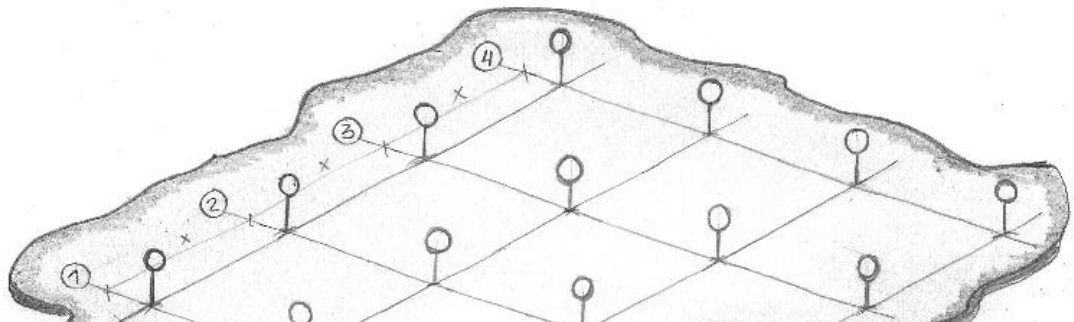
#### Cuestionario:

- 1- ¿Qué condiciones deben cumplirse para realizarse una cuadrícula apropiadamente?
- 2- Describa el procedimiento de ¿Cómo calcularía las cotas de su retícula?
- 3- Escriba cinco características principales de las curvas de nivel.
- 4- Indique las normas para presentar láminas y proyectos exigidos por la alcaldía de tu ciudad.

#### Procedimiento:

- a) Generar una cuadrícula o retícula en el campo, marcando cada punto con una ficha, por medio de cualquiera de los métodos escogidos.

Página



**Figura #31. Cuadrícula en campo, alineamientos denotados por fichas**

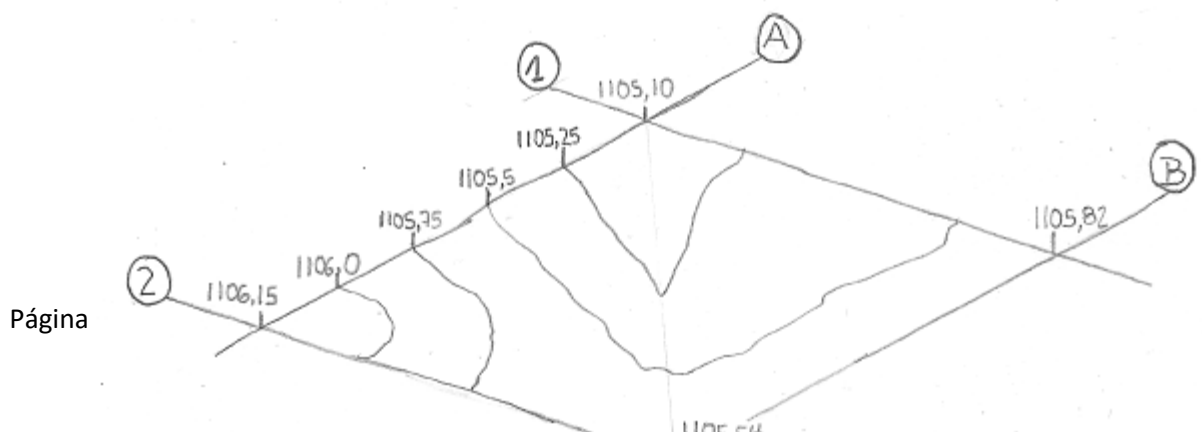
- b) Instalar el nivel de ingeniero en un punto capaz de tomar la mayor cantidad de lecturas posibles.
- c) Colocar la mira vertical sobre cada ficha y tomar la lectura del hilo medio.
- d) Llenar una tabla de datos como la de nivelación geométrica compuesta.
- e) Obtener las cotas de cada uno de los puntos.
- f) Dibujar en un plano la cuadrícula, con el valor de la cota correspondiente a cada punto.
- g) Interpolarse sobre cada línea.

**Cálculos:**

Fórmula de interpolación:

$$x_i = \text{distancia medida en el plano} * \frac{(\text{cota redonda superior} - \text{cota menor})}{(\text{cota mayor} - \text{cota menor})} \quad (21)$$

La interpolación debe realizarse de menos a mayor y las interpolaciones no deben cruzarse.



**Figura #32. Interpolación entre un cuadro de la cuadrícula.**

**Presentación:**

- El plano debe indicar el Norte, la cuadrícula y las curvas de nivel.
- El plano debe ser entregado en DIN A3.

**PRÁCTICA IV: MÉTODO DE LAS SECCIONES**  
**TRANSVERSALES**

**Objetivo:**

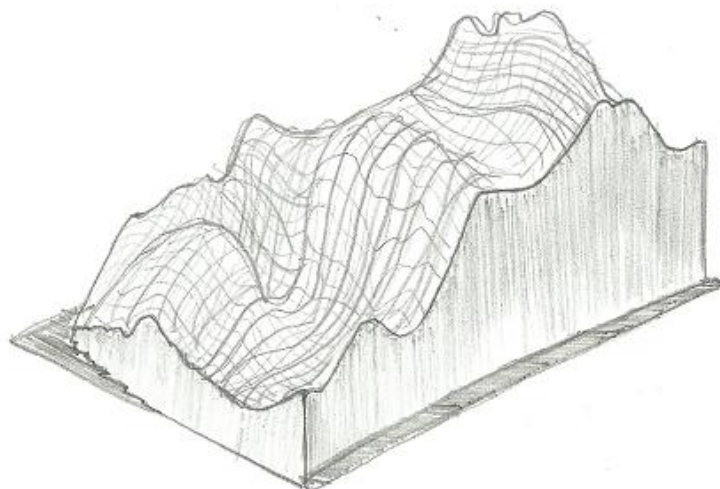
- Determinar la representación de un terreno por medio del método de las Secciones Transversales

**Equipos a utilizar:**

- 1 Nivel de ingeniero
- 1 Trípode
- Juego de Fichas (De acuerdo a la cantidad de puntos requeridos)
- Cintas métricas
- Jalones
- Bastón
- Escuadra de doble prisma
- Niveles de Mano

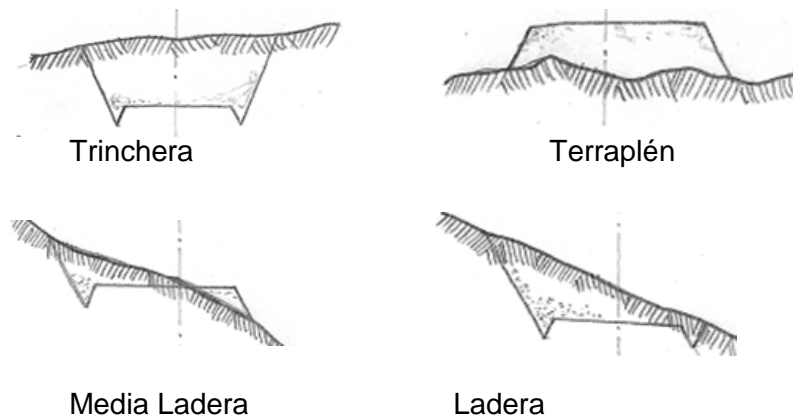
**Marco Teórico:**

- Eje: es una línea de referencia; puede ser natural, de replanteo, vial o de construcción.
- Cota Rasante: es la altura final que se le quiera dar al terreno.
- Cota trabajo: es la diferencia entre la cota rasante y la cota terreno.
- Banqueo: es el corte de cualquier tipo de material.
- Chaflán: es la intersección de la pendiente del talud con el terreno natural según el banqueo o relleno de la sección del proyecto.
- Berma: es franja de terreno que separa el talud de la vialidad en construcción (conocida como zona de estabilidad de derrumbes).
- Bombeo: es la inclinación ó ángulo transversal que se asigna a la calzada.
- Cuneta: es el drenaje longitudinal construido en los bordes de la vialidad.
- Perfil del terreno: es el corte longitudinal que se le realiza al terreno original, que posteriormente se representará en un plano coordenado, donde las progresivas se ubican en el eje de las abscisas y las cotas en el eje de las ordenadas; de forma tal de localizar cada punto ubicado sobre ese plano.



**Figura #33. Corte al terreno**

- Sección transversal: es el corte perpendicular que se le realiza al eje longitudinal, indicando la inclinación de taludes, chaflanes, bombeos, bermas, drenajes y todas las particularidades que posea el proyecto.



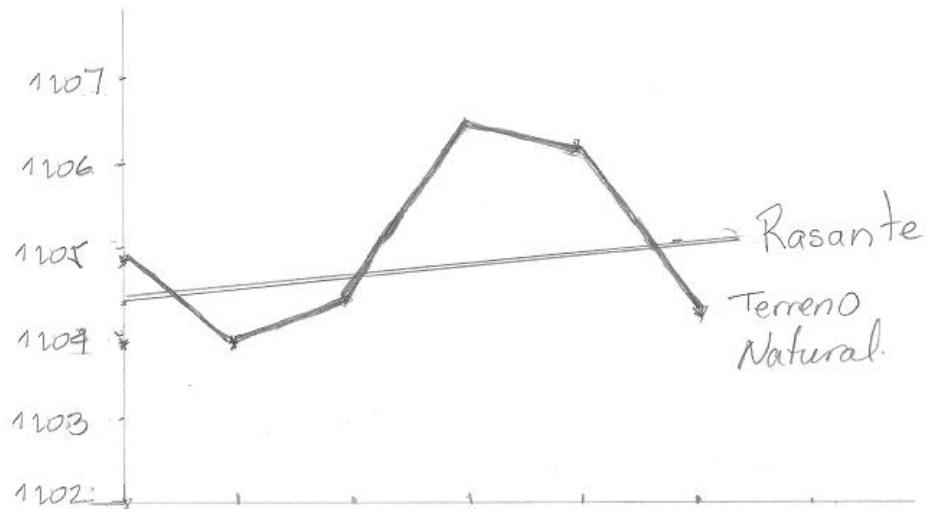
**Figura #34. Tipos de secciones transversales**

El método de las secciones transversales consiste en trazar una poligonal para posteriormente realizar el perfil del terreno y las secciones transversales a los lados de estas rectas, cubriendo el área requerida.

Las secciones transversales deben ser perpendiculares al eje de referencia; en puntos de quiebre pueden superponerse, lo cual sirve para comprobación. Se utilizan para el cálculo de volumen del movimiento de tierra y la información de la misma para el replanteo en campo.

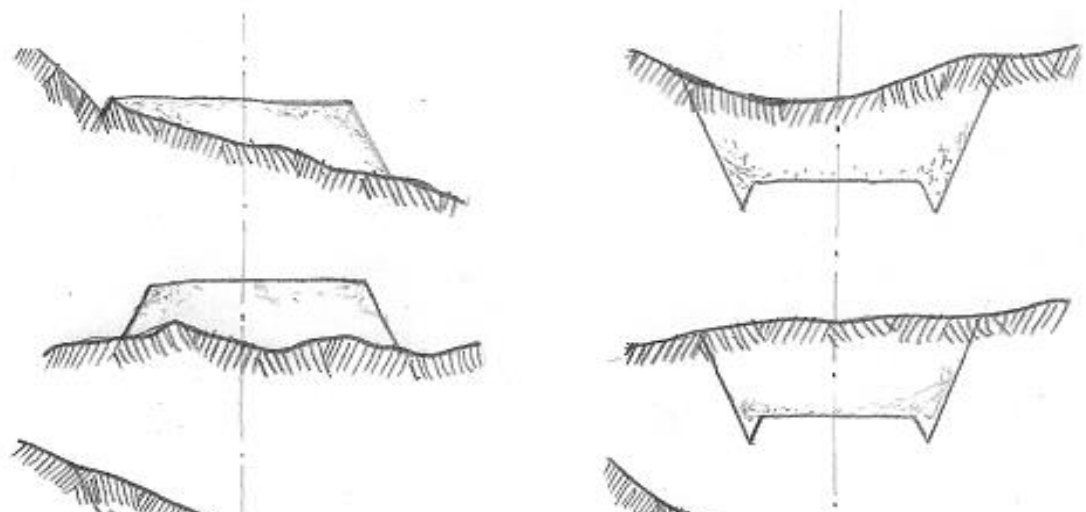


**Figura #35. Poligonal**



Progresiva	0+000	0+010	0+020	0+030	0+040	0+050
Cota Terreno	1104,80	1103,90	1104,30	1106,50	1106,10	1104,20
Cota Rasante	1104,50	1104,20	1104,70	1104,80	1104,90	1105,00
Cota trabajo	-0,30	0,70	0,40	-1,70	-1,20	0,80

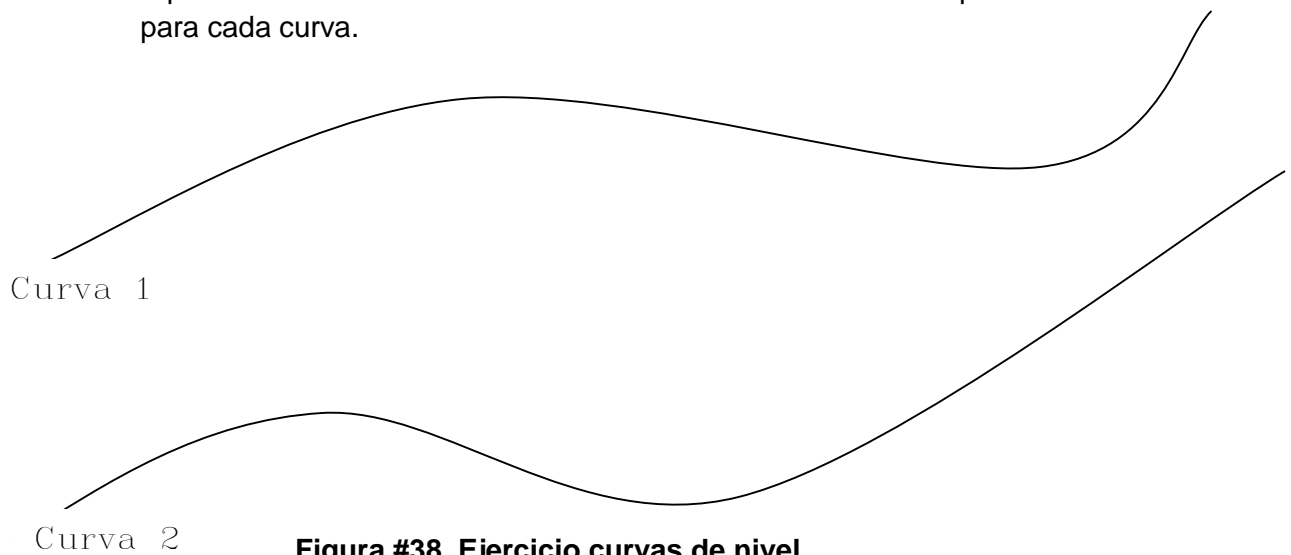
**Figura #36. Perfil Longitudinal**



### Figura #37. Presentación de Secciones transversales

#### Cuestionario:

- 1- La curva de nivel 1 y 2, son curvas principales. La cota de la curva 2 son los últimos 3 dígitos de tu Cédula de Identidad, y la cota de la curva 1 es un metro más que la de la curva 2. Para las curvas de nivel mostradas, encuentre las 4 curvas de nivel ubicada entre las principales. la equidistancia entre curvas es 0.25. Realice al menos 5 interpolaciones para cada curva.





### Figura #39. Ejercicio perfil longitudinal

- 3- Calcule el volumen total de corte y relleno entre las dos secciones transversales mostradas, las cuales están separadas a 25 metros. La escala es 1: dos últimos dígitos de tu Cédula de Identidad, la inclinación de los taludes de corte es el 1:2 y de los taludes de relleno es 2:1.

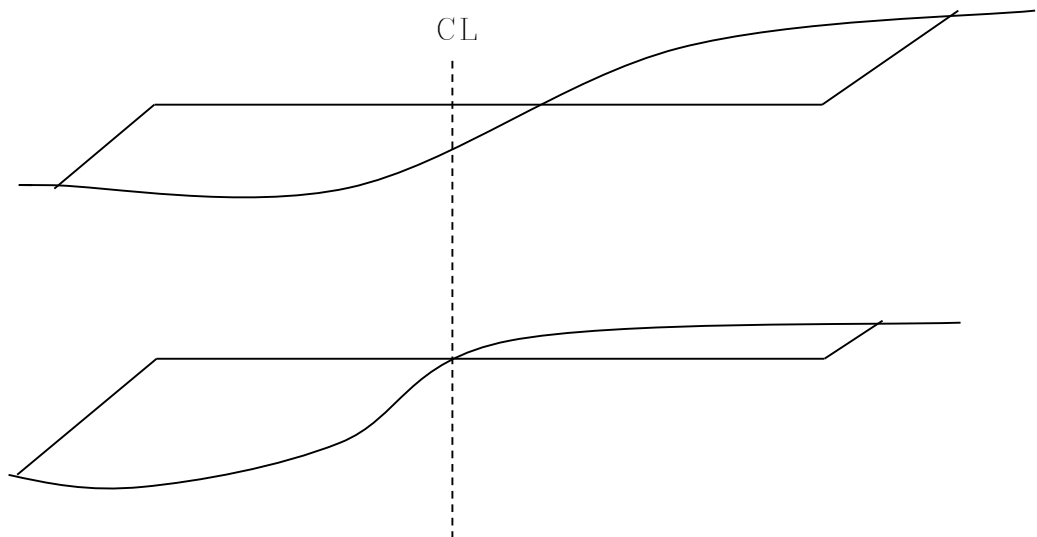


Figura #40. Ejercicio secciones transversales

- 4- ¿Qué es un punto de paso?  
5- Explique al menos tres métodos para calcular el área en plano de una sección transversal.  
6- ¿Qué es explanación?  
7- ¿Cómo ubicar un chaflán al momento de dibujar una sección transversal?

#### Procedimiento:

- 1- Marcar una poligonal base.
- 2- Trazar perpendiculares a la poligonal base a las distancias que considere por el tipo de terreno, marcarlas con fichas.

- 3- Marcar con fichas sobre cada perpendicular puntos importantes de acuerdo al tipo de obra a realizar y puntos de quiebre, referenciados a partir del eje.
- 4- Instalar el nivel de ingeniero en una zona que donde se logre tomar la mayor cantidad posible de puntos y tomar la altura del instrumento.
- 5- Colocar la mira vertical sobre cada ficha y tomar la lectura de mira en cada punto.

Nota: Es importante realizar un croquis del levantamiento

### **Cálculos:**

- Fórmula de interpolación

$$x_i = \text{distancia medida en el plano} * \frac{(\text{cota redonda superior} - \text{cota menor})}{(\text{cota mayor} - \text{cota menor})}$$

- Cota trabajo:

$$\text{Cota trabajo} = \text{Cota terreno} - \text{Cota rasante} \quad (22)$$

Si es (+) hay corte, si es (-) hay relleno

- Chaflán:

Uno de los métodos que se aplica es el de intersección de rectas; donde una recta viene dada por una formula simple de una línea que representara el terreno natural en esa zona,

$$Y = mX + b \quad (23)$$

Donde:

Y: Cota de un punto

X: Distancia de un punto

m: pendiente de la recta formada

b: corte con el center line (CL)

Y la otra recta vendrá dada por la recta que forma el talud. La ecuación de la recta vendrá dada de manera similar, con la diferencia de que la pendiente ya es conocida, puesto que viene dada por la relación del talud; es decir, un talud 2:1 indica 2 en horizontal, 1 en vertical

- Volumen de movimiento de tierra:

❖ Ambas secciones están a corte:

$$Vc = \frac{Vc_1 + Vc_2}{2} * D \quad (24)$$

Donde:

Vc<sub>1</sub>: Volumen de corte de la sección transversal 1.

Vc<sub>2</sub>: Volumen de corte de la sección transversal siguiente.

D: Distancia entre ambas secciones transversales.

❖ Ambas secciones están en terraplén:

$$Vr = \frac{Vr_1 + Vr_2}{2} * D \quad (25)$$

Donde:

Vr<sub>1</sub>: Volumen de relleno de la sección transversal 1.

Vr<sub>2</sub>: Volumen de relleno de la sección transversal siguiente.

D: Distancia entre ambas secciones transversales.

❖ Secciones mixtas:

$$Vc = \frac{Ac^2}{Ac+Ar} * \frac{D}{2} \quad (26)$$

$$Vr = \frac{Ar^2}{Ac+Ar} * \frac{D}{2} \quad (27)$$

Nota: Las áreas de corte y relleno de las secciones transversales se pueden determinar con planímetro o cualquier método empírico efectivo.

Prog.	Q <sub>ter</sub> (m)	Q <sub>ras</sub> (m)	Q <sub>tra</sub> (m)	Área C. (m <sup>2</sup> )	Área R. (m <sup>2</sup> )	Vol. C. (m <sup>3</sup> )	Vol. R. (m <sup>3</sup> )
0+000	2720.56	2719.06	1.50	1.800	0.000	17.67	0.00
0+010	2720.75	2719.56	1.19	1.734	0.000	17.07	0.00
0+020	2720.95	2720.06	0.89	1.680	0.000	15.17	3.46
0+030	2722.10	2720.56	1.54	1.354	0.692	11.60	9.19
0+040	2724.30	2721.06	3.24	0.966	1.146	6.72	11.34
0+050	2723.60	2721.56	2.04	0.378	1.122	1.89	13.11
0+060	2723.20	2722.06	1.14	0.000	1.500	0.00	16.30
0+070	2724.54	2722.56	1.98	0.000	1.760		

**Tabla #3. Cálculo de Volumen de Movimiento de Tierra**

**Presentación:**

- Calcular la cota de todos los puntos
- Dibujar sobre DIN A2 las curvas de nivel, ubicando cada punto con su respectiva cota, realizar una triangulación e interpolar de menor a mayor.
- Trazar en DIN A2 el perfil longitudinal; unir los puntos a mano alzada para obtener el perfil del terreno natural. Escala del perfil 1:100
- Dibujar la rasante (según criterio del preparador), con su respectiva guitarra debajo del perfil, obteniendo cada uno de los valores que se solicita.
- Proyectar en DIN A2 las secciones transversales ubicadas de izquierda a derecha y de menor a mayor, indicando cada uno de los elementos de la misma, inclinación de los taludes de corte y relleno, y cálculo de chaflán por intersección de rectas. Escala de las secciones transversales 1:50.
- Calcular el volumen total de movimiento de tierra.

## PRÁCTICA V: MÉTODO DE RADIACIÓN

### **Objetivo:**

- Determinar la representación de un terreno por medio del método de radiación.

### **Equipos a utilizar:**

- 1 Trípode
- 1 Teodolito
- Juego de fichas (dependiendo de la cantidad de puntos a marcar)
- 1 Mira vertical
- 1 Brújula
- 1 Cinta métrica 50 metros
- 1 Jalón
- 1 Nivel de Mano

### **Marco Teórico:**

El método de radiación consiste en estacionar en un punto o polo de coordenadas conocidas o referenciado y a partir del cual se van a medir los ángulos y distancias de los puntos de los cuales se desee conocer su ubicación y características, por lo que se basa en la taquimetría. Para realizar el plano de curvas de nivel se deben tomar las lecturas de hilo medio en cada punto y por cualquier método de nivelación se obtienen las cotas de los mismos.

Los datos requeridos por el método son las coordenadas del punto de estación o polo y el acimut o las coordenadas. Se debe recordar tomar la altura del instrumento y se recomienda empezar por la parte más noroeste de la zona a levantar, para que los cálculos sean positivos ya que caen siempre en el primer cuadrante.

Con las coordenadas del polo, el azimut y la distancia de cada punto, se pueden obtener las coordenadas de todos los demás puntos:

$$N_i = N_p + D_{pi} * \cos(Az) \quad (28)$$

$$E_i = E_p + D_{pi} * \sen(Az) \quad (29)$$

Donde:

$N_i$ : Coordenada Norte del punto  $i$  que se desea conocer

$N_p$ : Coordenada Norte del polo  
 $D_{pi}$ : Distancia horizontal entre el polo y el punto  $i$  que se desea conocer.  
 $Az$ : Acimut  
 $E_i$ : Coordenada Este del punto  $i$  que se desea conocer  
 $E_p$ : Coordenada Este del polo

$$D = K * H * \text{sen}(\alpha) \quad (30)$$

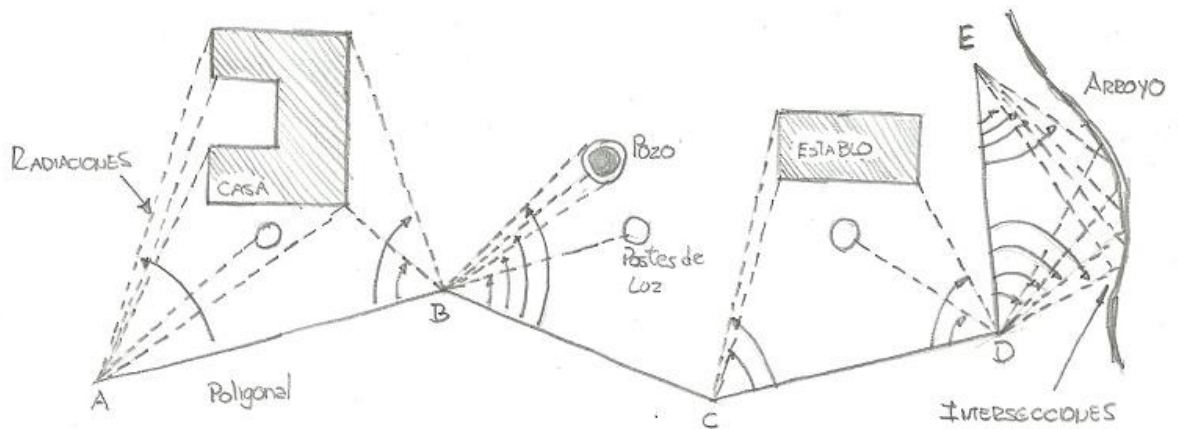
Donde:

D: Distancia horizontal

K: constante diastimométrica del teodolito

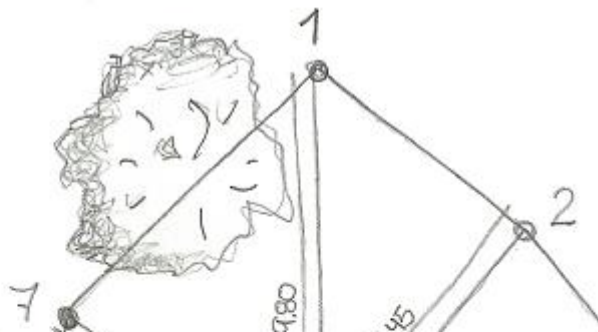
H: Diferencia de hilos (hs-hi)

$\alpha$ : ángulo de elevación



**Figura #41. Radiación**

La utilidad principal del método radica en que no lleva un orden en específico, si hay vegetación alta es mucho más fácil por éste, aunque siempre debe ser una zona con visibilidad; sin embargo se puede utilizar en cualquier tipo de terreno, permite un detallado alrededor de un punto, se puede establecer un sistema local de referencia, es rápido de ejecutar.



### Figura #42. Levantamiento

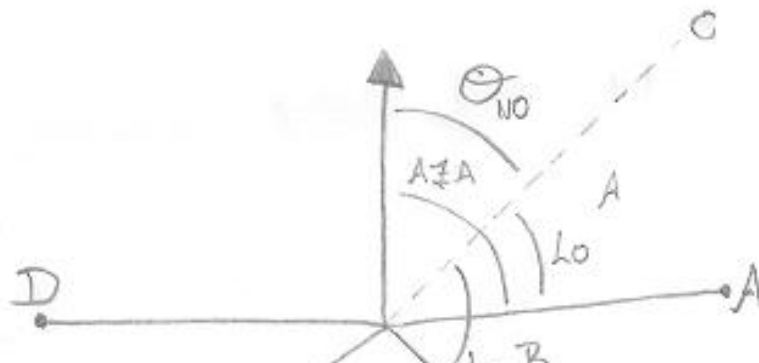
Para el cálculo de acimutes pueden generarse dos casos:

- Con instrumento orientado:

Si el instrumento se encuentra orientado, los ángulos medidos en campo son directamente los acimutes a los puntos radiados.

- Con instrumento desorientado:

Si el instrumento no se orientó en campo, se tendrá un origen arbitrario, por lo que como previamente se debe tener un acimut o una orientación en una dirección, deberá ser deducible, como por ejemplo:



### Figura #43. Deducción de acimutes

#### Cuestionario:

- 1- Escriba la fórmula que utilizaría para determinar la distancia si el ángulo medido en campo es cenital y la del caso en que el ángulo sea de elevación.
- 2- ¿Cuáles son las dos causas de error del método? Explique
- 3- ¿Qué se entiende por distancia máxima de radiación? ¿Cómo se calcula con teodolito y cinta métrica?
- 4- ¿Qué implica que la radiación no sea visible? ¿Realizaría Ud. una radiación que no sea visible? ¿Por qué?

#### Procedimiento:

- 1- Ubicar un punto de coordenadas conocidas.
- 2- Fijar el norte con un jalón.
- 3- Estacionar el teodolito en dicho punto y colocar el  $0^{\circ}0'0''$  en la dirección del norte. Retirar el jalón.
- 4- Marcar con fichas los puntos de quiebres y de detallado importantes a considerar en el terreno.
- 5- Medir con cinta métrica la distancia desde las fichas al polo (También se pueden medir de manera indirecta con la toma de hilos y la mira vertical, pero este proceso aumenta el error).
- 6- Colocar el Jalón en cada ficha y tomar el acimut de cada punto.  
Nota: es importante llevar un croquis, una libreta de campo con la toma de datos de cada punto, y realizar un soporte fotográfico que facilite el procesamiento de datos.

#### Cálculos:



- Calcular distancia de un punto si no se mide con cinta métrica y se usa el principio de taquimetría:

$$D = K * H * \text{sen} (\alpha)$$

- Fórmula de interpolación:

$$x_i = \text{distancia medida en el plano} * \frac{(\text{cota redonda superior} - \text{cota menor})}{(\text{cota mayor} - \text{cota menor})}$$

**Presentación:**

- Presentar en DIN A2 el plano de la radiación, con su respectiva triangulación y curvas de nivel correspondientes.

## **PRÁCTICA VI: REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES POR COORDENADAS POLARES Y RECTANGULARES**

### **Objetivo:**

- Replantear una curva circular simple por medio del método de las coordenadas polares y el método de las coordenadas rectangulares.

### **Equipos a utilizar:**

Teodolito  
Trípode  
Jalones  
Fichas  
Cintas métricas  
Escuadra de prisma  
Bastón  
Niveles de mano

### **Marco Teórico:**

El replanteo es el proceso inverso a la toma de datos pues consiste en materializar en el terreno los detalles presentados en planos y cálculos, que definen un proyecto.

Las Curvas Circulares Simples son aquellas que están constituidas por una sola circunferencia. Están compuestas por los siguientes elementos:

$\Delta$ : ángulo de deflexión. Es el ángulo que se forma entre la prolongación de un alineamiento y el siguiente. Se determina con la información de los rumbos y acimuts de los alineamientos que lo conforman. En campo se mide, una vez estacionado en el Vértice y acerado en TC, se da la vuelta de campana y se barre dicho ángulo hasta el CT.

R: Radio. Es el de la circunferencia que describe el arco, depende de la velocidad del proyecto.

V: Vértice de la curva.

O: Centro de la curva.

TC: Tangente de entrada.

CC: Punto medio de la curva

CT: Tangente de Salida.

T: Subtangente. Distancia entre el vértice y el TC o entre el vértice y el CT; en las curvas circulares simples, por ser simétricas, ambas distancia tienen el mismo valor.

C: Cuerda. Es un segmento de recta.

CL: Cuerda larga. Segmento de recta entre el TC y el CT.

Cc: Cuerda Corta. Segmento de recta entre el TC o CT y el CC.

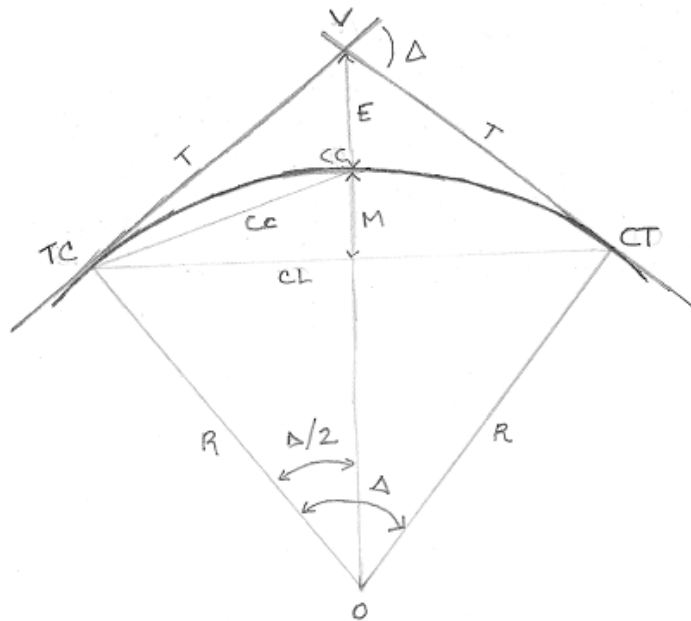
$\Theta$ : Ángulo que forma la subtangente y una tangente que pasa por un punto sobre la curva.

$\varphi$ : Ángulo que forma la cuerda y la subtangente.

Lc: Longitud de la curva.

M: Mediana. Distancia de la perpendicular a la cuerda larga que pasa por el CC.

E: Externa. Distancia medida sobre la línea que une el vértice y el CC.



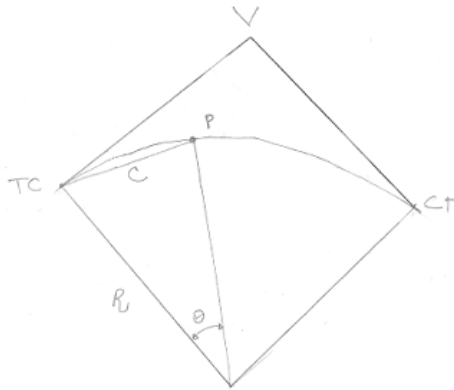
**Figura #44. Elementos de Curva Circular Simple**

### Cuestionario:

- 1- Explique los errores que se pueden cometer en replanteo por coordenadas polares y replanteo por coordenadas abscisas. Indique las fórmulas para calcularlos.
- 2- Deduzca las ecuaciones de los elementos principales de la curva.
- 3- ¿Qué diferencia existen entre las coordenadas cartesianas absolutas y las coordenadas cartesianas relativas.

### Procedimiento:

- Por Coordenadas Polares:



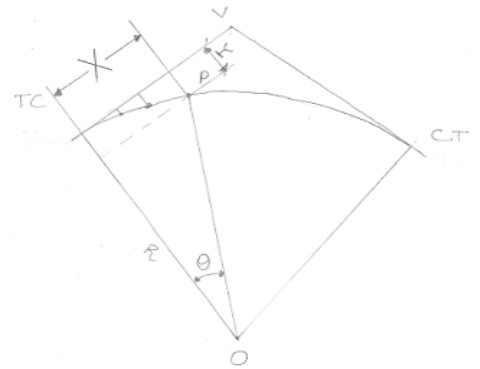
- 1- Situar el alineamiento de una de las subtangentes.
- 2- Ubicar el TC midiendo sobre el alineamiento con cinta métrica la distancia de la subtangente.
- 3- Estacionar el teodolito en el vértice.
- 4- Medir el ángulo de deflexión y ubicar el eje de la segunda subtangente, y medir la distancia con cinta para ubicar el CT.

### Replanteo Polares

- 5- Estacionar el teodolito en O, y se visa el TC.
- 6- Para marcar cada punto con el teodolito se mide el ángulo  $\Theta$  y con una cinta métrica la cuerda del punto sobre la curva.

- Por Coordenadas Rectangulares o Cartesianas:

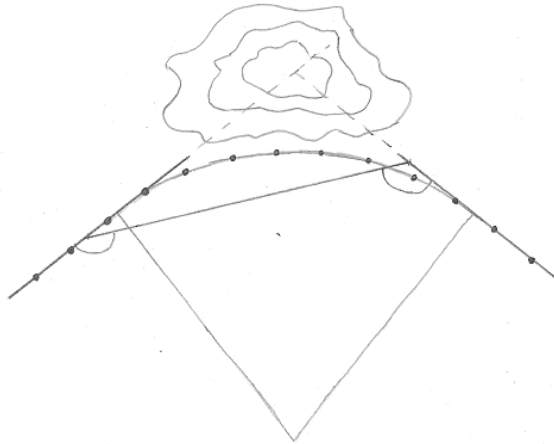
- 1- Situar el alineamiento de una de las subtangentes.
- 2- Ubicar el TC midiendo sobre el alineamiento con cinta métrica la distancia de la subtangente.
- 3- Estacionar el teodolito en el vértice.
- 4- Medir el ángulo de deflexión y ubicar el eje de la segunda subtangente, y medir la distancia con cinta para ubicar el CT.
- 5- Medir sobre la subtangente, a partir del TC, la distancia X del punto con cinta métrica.
- 6- Trazar una perpendicular a la subtangente en dicho punto y medir sobre ella la distancia Y; en ese lugar se ubica el punto.
- 7- Repetir los pasos 5 y 6 para cada uno de los puntos sobre la curva hasta obtener la curva replanteada.



**Figura #46. Replanteo Cartesianas**

Es importante recalcar que ambos procedimientos se pueden realizar desde el TC o desde el CT.

- Cuando el vértice es inaccesible y no se puede instalar el instrumento para medir el ángulo de deflexión y poder replantear el TC o el CT:
  - a) Tomar dos puntos arbitrarios ubicados sobre las tangentes, los cuales formaran un alineamiento.
  - b) Medir los ángulos que forman las tangentes con ese alineamiento formado.
  - c) Deducir el valor de  $\Delta$ .
  - d) Medir la distancia AB.
  - e) Calcular los lados VA y VB, del triángulo A-V-B.
  - f) Determinar T con el  $\Delta$  deducido, para situar el TC y CT reales.



**Figura #47. Curva Circular Simple sin vértice visible**

**Cálculos:**

Elementos de la curva:

$$L = \frac{\pi R \Delta}{180} \quad (31)$$

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (32)$$

$$E = R * \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - R \quad (33)$$

$$M = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) \quad (34)$$

$$CL = 2R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (35)$$

$$Cc = 2R * \sen\left(\frac{\Delta}{4}\right) \quad (36)$$

Coordenadas Polares:

$$(37)$$

$$(38)$$

$$\theta = \frac{l}{L} * \Delta$$

$$C_i = 2 * R * \text{sen} \left( \frac{\theta}{2} \right)$$

Donde: l: es la distancia entre el TC y el punto sobre la curva medida sobre la curva.

Coordenadas Rectangulares o Cartesianas:

$$x = R * \text{sen}\theta \quad (39)$$

$$y = R * (1 - \text{cos}\theta) \quad (40)$$

**Presentación:**

- Planilla anexa calculada

## **PRÁCTICA VII: REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES POR DEFLEXION DE LA TANGENTE**

**Objetivo:**

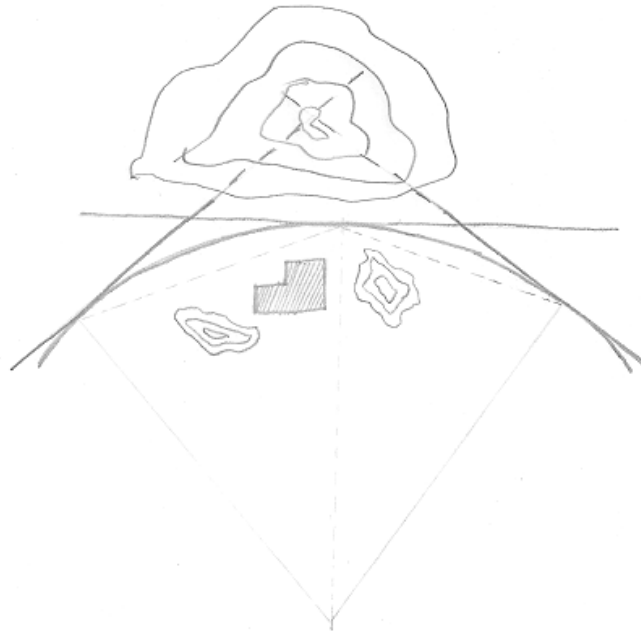
- Replantear una curva circular simple por medio del método de deflexión de la tangente.

**Equipos a utilizar:**

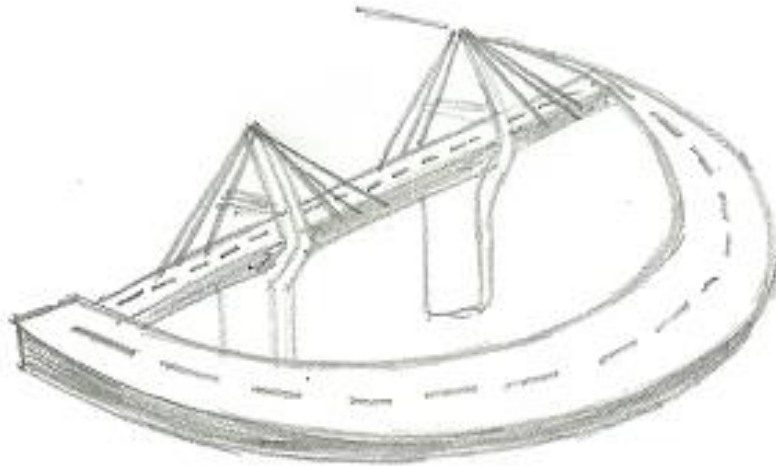
Teodolito  
Trípode  
Jalones  
Fichas  
Cintas métricas  
Niveles de mano

**Marco Teórico:**

Se utiliza cuando desde el TC o el CT no se puede trazar toda la curva por obstáculos: se traslada el aparato al último punto marcado de la curva.



**Figura #48. Curva Circular Simple con obstáculos**



**Figura #49. Ejemplo real**

**Cuestionario:**

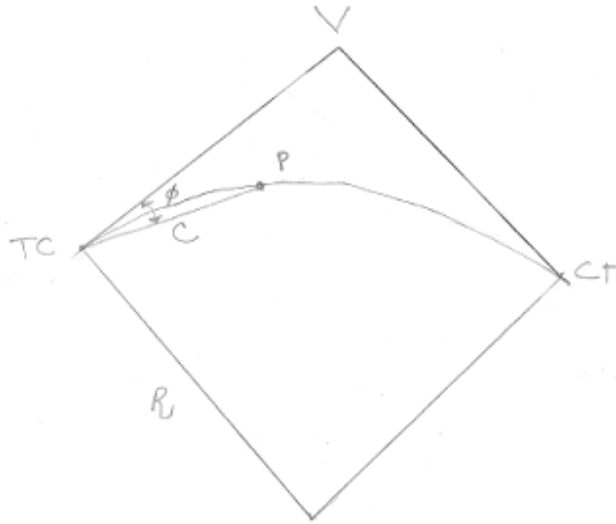
- 1- ¿Qué tipos de curvas horizontales se pueden colocar en una carretera? Esquematice.
- 2- Investigue otro método de replanteo de curvas horizontales y explíquelo

**Procedimiento:**

- 1- Situar el alineamiento de una de las subtangentes.
- 2- Ubicar el TC midiendo sobre el alineamiento con cinta métrica la distancia de la subtangente.
- 3- Estacionar el teodolito en el vértice.
- 4- Medir el ángulo de deflexión y ubicar el eje de la segunda subtangente, y medir la distancia con cinta para ubicar el CT.
- 5- Estacionar el teodolito en el TC, y se visa el vértice.
- 6- Para marcar cada punto con el teodolito se mide el ángulo de deflexión  $\phi$  y con una cinta métrica la cuerda del punto sobre la curva.

Es importante recalcar que dicho procedimiento se puede realizar desde el TC o desde el CT.





**Figura #50. Replanteo por Deflexión de la Tangente**

**Cálculos:**

Deflexión de la tangente:

$$\theta = \frac{l}{L} * \Delta \quad (37)$$

$$\phi = \frac{\theta}{2} \quad (41)$$

$$C = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (42)$$

**Presentación:**

- Planilla anexa calculada

## PRÁCTICA VIII: REPLANTEO DE OBRAS CIVILES

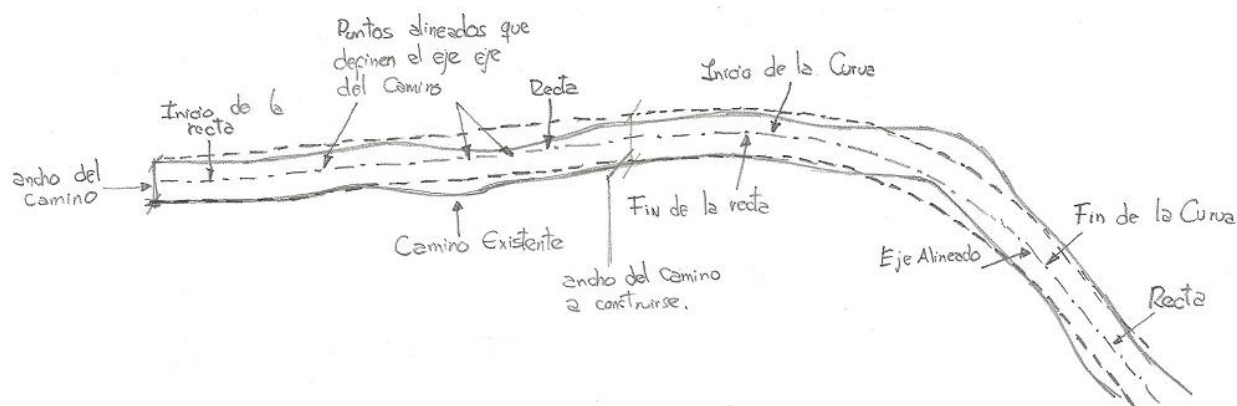
### Objetivo:

- Replantear una obra civil a partir del trazado de alineaciones.

### Equipos a utilizar:

Jalones  
Fichas  
Cinta Métrica  
Teodolito  
Niveles de mano

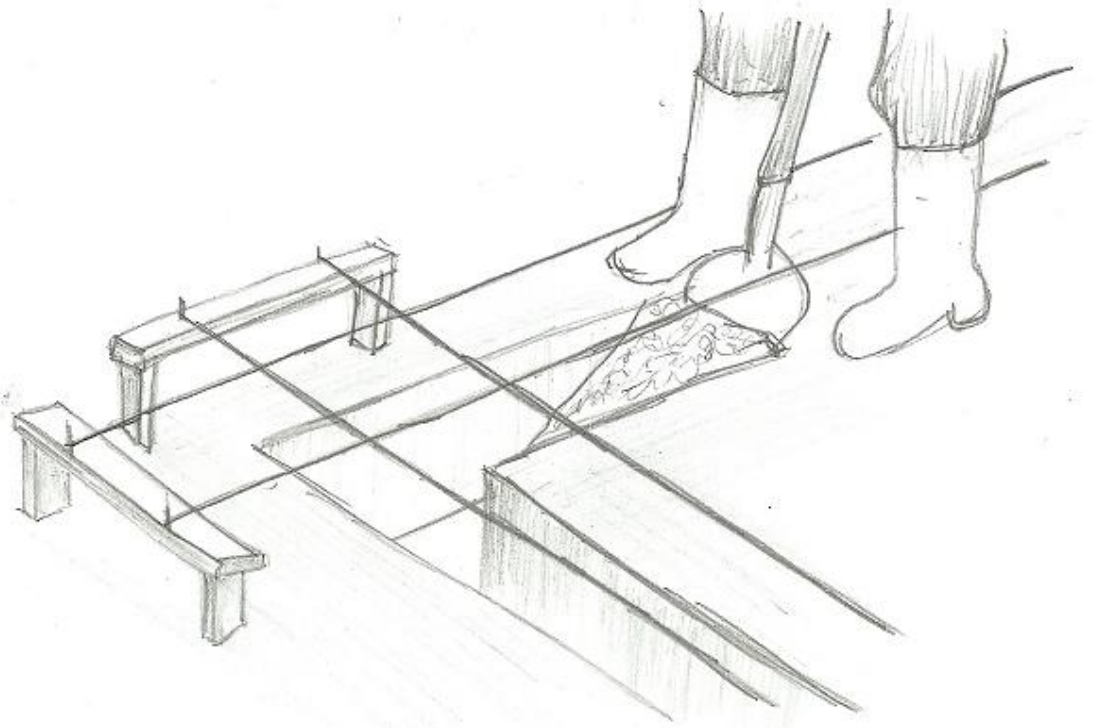
### Marco Teórico:



**Figura #51. Replanteo de Caminos**

### Replanteo de un punto:

Para poder replantear una obra es necesario tener un punto de coordenadas conocidas, localizado físicamente en el terreno, que generalmente se conoce como base de replanteo. A partir de éstos se replantean puntos que darán la forma o figura del proyecto a replantear, y la cantidad dependerá de la complejidad de la construcción. Los métodos de replanteo son polares, cartesianas e intersección.



**Figura #52. Ejes de Replanteo**

❖ Por polares:

Requiere de un punto base conocido y conocer el norte de la cuadrícula; el replanteo del punto se realiza conociendo la dirección y la distancia a la que se encuentra del base.

Con este método se pueden generar dos tipos de errores:

- Transversal: generado por la medición angular y la longitud de la visual de replanteo.

$$e_r = e * D \quad (43)$$

$$e = e_a * \sqrt{2} \quad (44)$$

$$e_a \leq \sqrt{e_v^2 + e_d^2 + e_p^2 + e_l^2} \quad (45)$$

$$e_d \leq \frac{e_e + e_s}{D} \quad (46)$$

Donde:

$e$ : es el error cometido en la medida del ángulo polar .

$D$ : es la longitud de la visual de replanteo

$e_a$ : es el error cometido en cada dirección

$e_v$ : es el error de verticalidad

$e_d$ : es el error de dirección

$e_p$ : es el error de visado o puntería

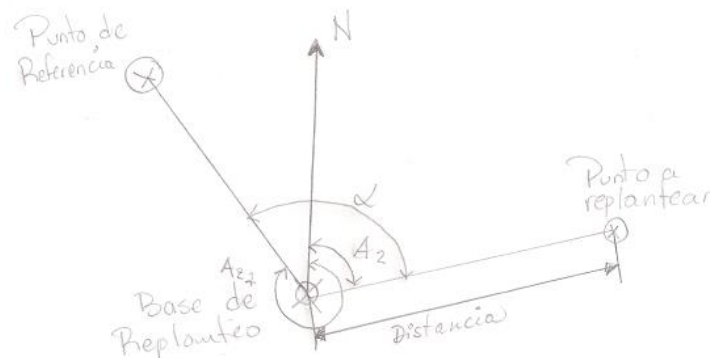
$e_l$ : es el error de lectura

$e_e$ : es el error de estación

$e_s$ : es el error de señal

- Longitudinal: generado por la medición de la distancia, por lo que es función del error relativo en distancia  $\epsilon$ .

$$E_L = e * D \quad (47)$$



**Figura #53. Replanteo de un punto por Polares**

❖ Por cartesianas:

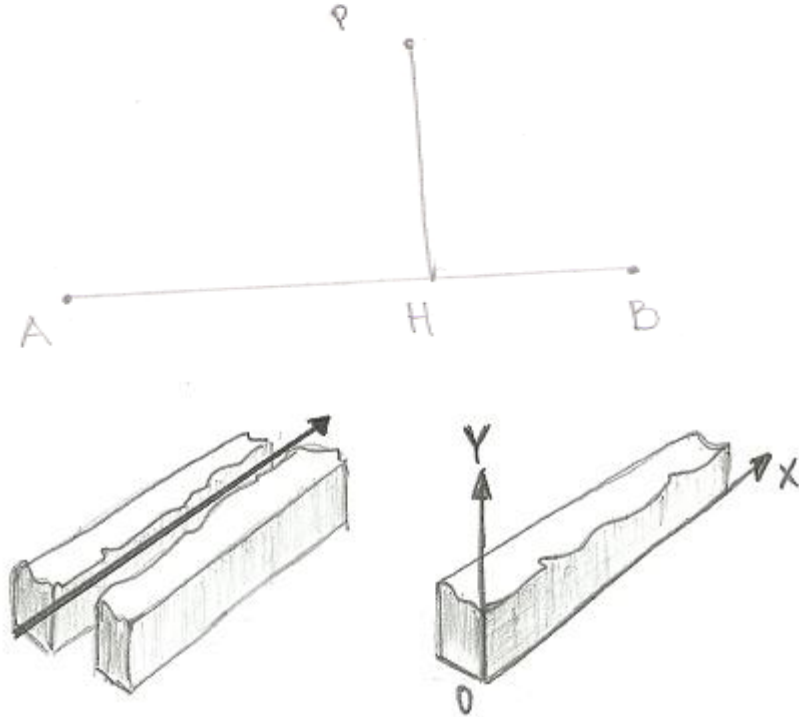
Requiere conocer las coordenadas de puntos definidos y visibles entre sí; el replanteo se realiza conociendo la distancia de P a la recta que forman los dos puntos conocidos y la distancia de ambos puntos a la proyección de P sobre la recta H.

Se puede realizar tanto con teodolito y cinta, como con escuadra de prisma y cinta, siempre considerando la perpendicularidad entre las alineaciones.

Es muy fácil de realizar en campo, pero lento ya que hay que estacionar el teodolito dos veces para obtener solo un punto.

El error transversal es muy pequeño, y el error longitudinal es función del error relativo del instrumento de medida empleado y de la distancia.

Una variante del método es implementando una cuadrícula, se realiza de manera encadenada; operación muy utilizada en replanteo de instalaciones de edificios.

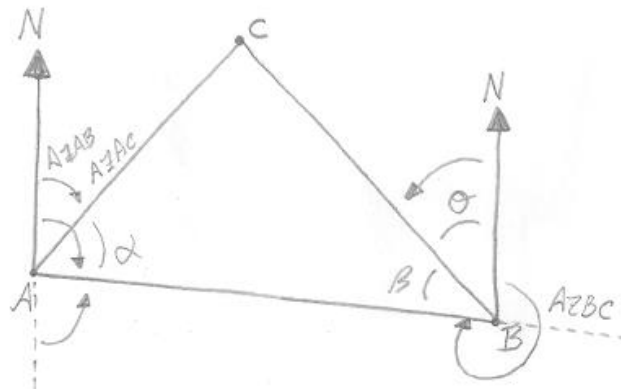


**Figura #54. Replanteo de un punto por Cartesianas**

❖ Por intersección:

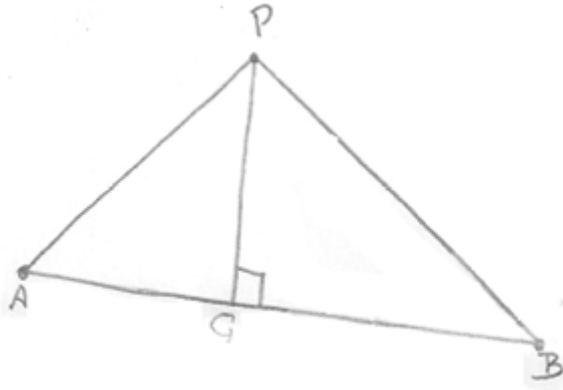
Puede llegar a ser un poco más complejo puesto que requiere de dos puntos fijos con características conocidas, y puede realizarse por:

- Intersección de ángulos:



**Figura #55. Replanteo por Intercepción de ángulos**

- Intersección de Distancias:



**Figura #56. Replanteo por Intersección de distancias**

Para poder señalar un punto en campo, el material de la estaca debe ser estable, es decir, resistente a agentes externos y no deformables, por lo que generalmente se utiliza la madera si es de manera temporal y se va a clavar sobre tierra. El punto debe ser observable, fácil para estacionar y poder reponerse en caso de pérdida.

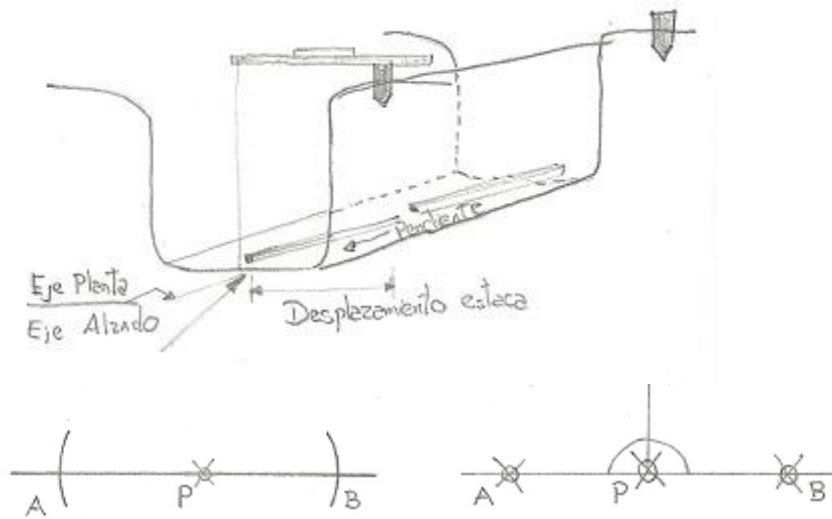
Para el posicionamiento de un punto se debe tener a mano un documento con un conjunto de datos con la información del mismo, que generalmente es un punto de especial importancia que pertenece a una red de apoyo; dicho documento se conoce como reseña de puntos.

#### Replanteo de alineaciones rectas:

Se puede realizar por cinta o con teodolito, aunque en el segundo caso se recurra en los errores propios de un replanteo por coordenadas polares. Es conveniente conocer un punto perteneciente a la alineación y la dirección de la misma.

Se recomienda empezar por el punto más alejado y continuar acercándose al aparato, de forma tal que las estacas no obstaculicen la visual.

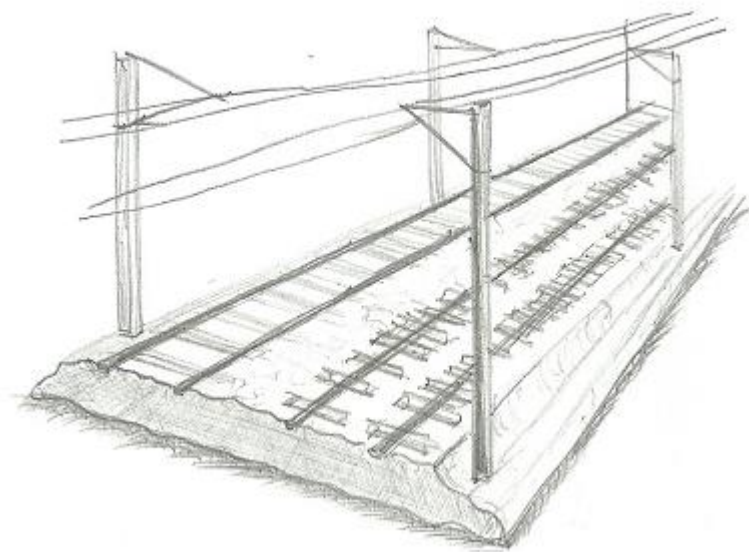
Puede realizar por polares o cartesianas; responde a trigonometría básica, en cuanto a trazado de perpendiculares, paralelas y bisectrices.



**Figura #57. Replanteo de alineaciones rectas**

Generalidades:

Se entiende por vía de comunicación, aquel medio que sirve para llevar algo de un lugar a otro (personas, mercancía, fluidos, electricidad, etc.). La diferencia en su replanteo se encuentra en la pendiente que se les da.



### Figura #58. Replanteo vía de comunicación

En las líneas de transmisión eléctrica o de tuberías a presión, la pendiente no afecta; generalmente su trazo se hace en línea recta del origen al destino o de manera paralela a otras vías de comunicación. A los ferrocarriles se le da una pendiente máxima de 2 a 3%. A los canales las pendientes en general son muy suaves para que no se acelere el agua.



Figura #59. Corte transversal del canal

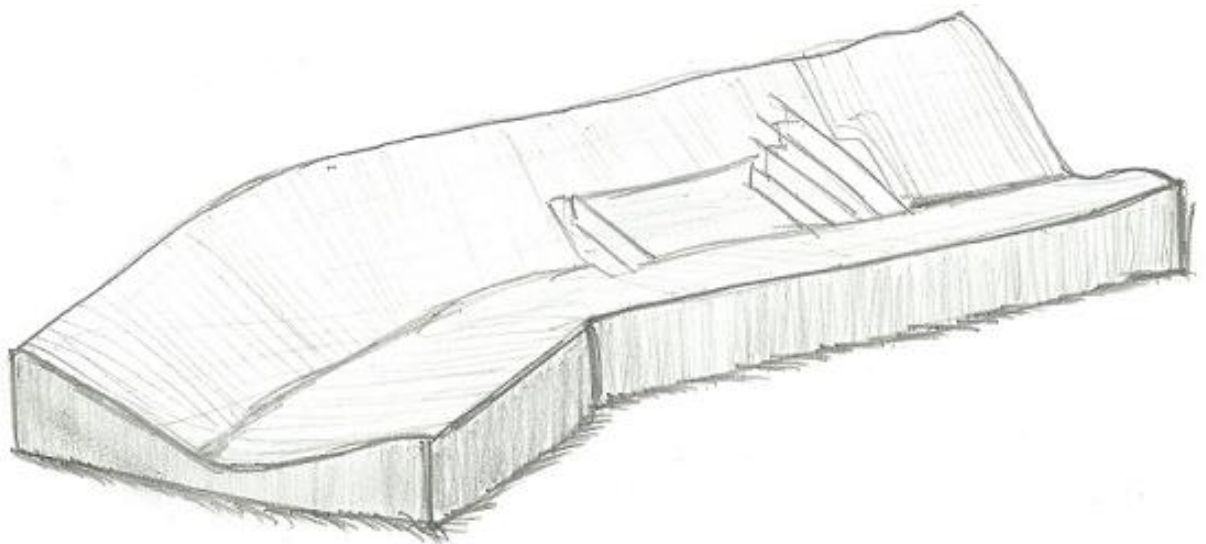
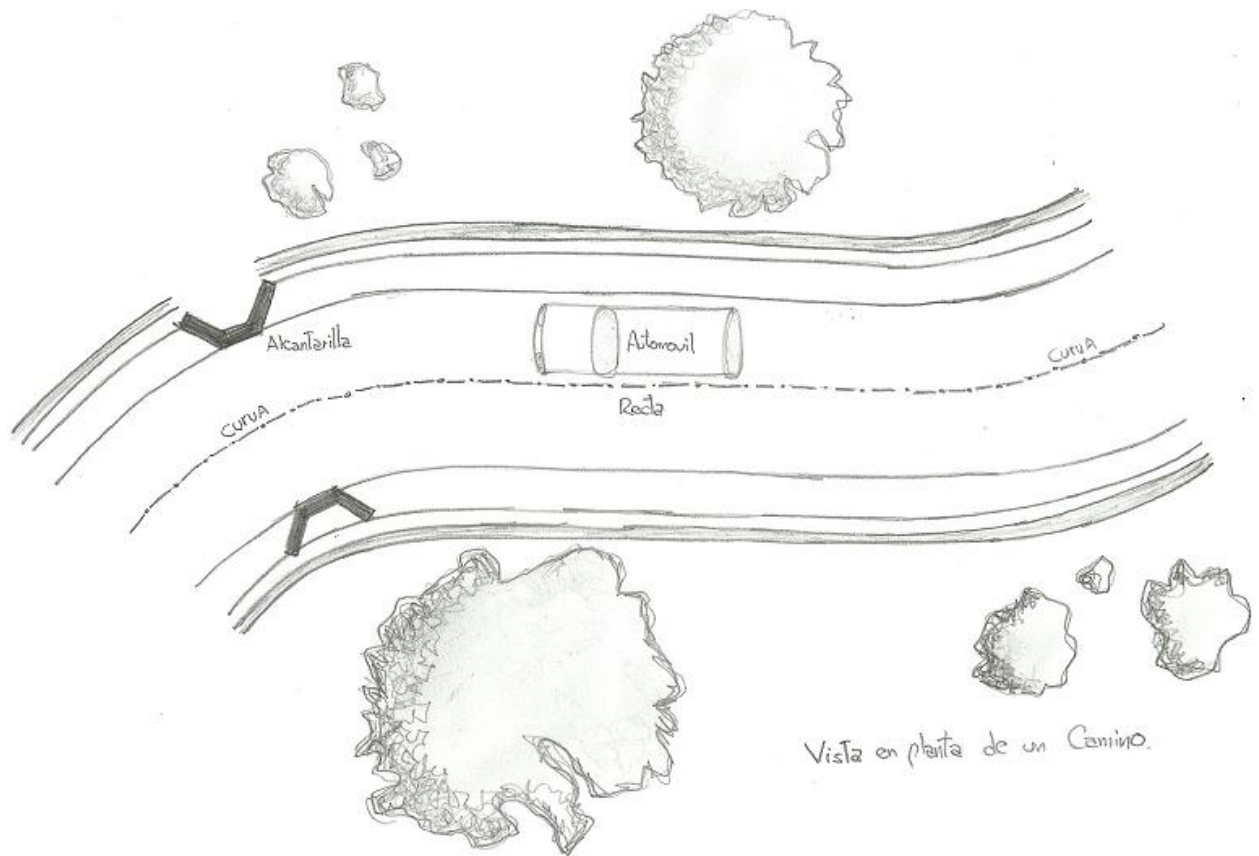


Figura #60. Replanteo de canal





**Figura #61. Vista en Planta de una vía**

Un replanteo se puede ver afectado por ciertas condiciones, tales como:

- Del plano: la escala original, la calidad de impresión y copiado.
- Del sitio: las características topográficas.
- De la disponibilidad: de materiales y equipos.
- Del entorno: las condiciones meteorológicas.
- Del proyecto: el diseño a replantear con todas sus particularidades.

**Cuestionario:**

- 1- Esquematice un método para trazar perpendiculares, paralelas y bisectrices.
- 2- ¿Qué errores se pueden cometer en replanteo por el método de intersección?
- 3- ¿Qué diferencia existe entre un punto de referencia temporal y uno fijo?
- 4- ¿Qué información debe contener la reseña de puntos?
- 5- Investigue tres tipos de máquinas para movimiento de tierra con funciones diferentes o combinadas.

**Procedimiento:**

Replanteo de un punto:

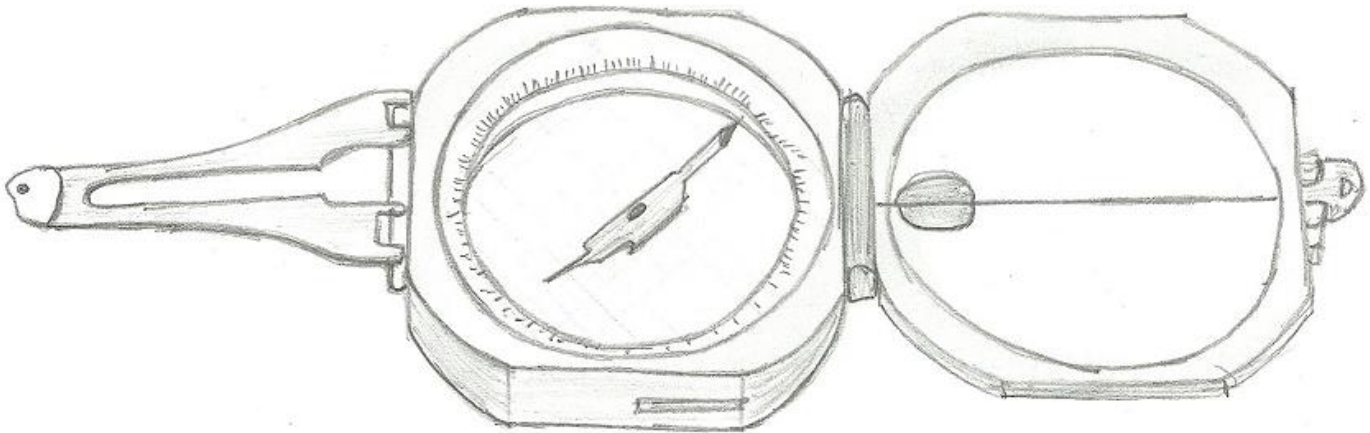
- Ubicar un punto por Coordenadas Polares:

Caso A: Estableciendo el Norte.

- 1- Estacionar en un punto conocido.
- 2- Imponer el acimut sobre el punto de referencia.
- 3- Medir el acimut del punto a replantear.
- 4- Medir sobre esa alineación la distancia de replanteo.

Caso B: Sin Norte definido

- 1- Estacionar en un punto conocido.
- 2- Visar el punto de referencia y acerar.
- 3- Medir el ángulo  $\alpha$  y sobre esa alineación la distancia de replanteo.



**Figura #62. Brújula para definir el Norte**

- Ubicar un punto por Coordenadas Cartesianas:
  - 1- Estacionar el teodolito en A, visando el otro conocido.
  - 2- Medir sobre el alineamiento AB, la distancia AH.
  - 3- Estacionar el teodolito en H, visando B.
  - 4- Verificar que la distancia HB efectivamente sea la calculada.
  - 5- Visar A.
  - 6- Colocar el ángulo horizontal en cero.
  - 7- Medir  $90^\circ$ , para obtener la dirección PH.
  - 8- Medir sobre la alineación obtenida la distancia entre P y H para ubicar el punto P.

- Ubicar un punto por Intersección de ángulos:

Caso A:

- 1- Realizar los cálculos correspondientes de manera de obtener los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .
- 2- Estacionar en A y B dos teodolitos y visar mutuamente, colocando la lectura en  $0^\circ$  para el ángulo horizontal.
- 3- Medir en A, el ángulo  $360-\alpha$ , y en B el ángulo  $\beta$ ; donde se intercepten las visuales se encuentra C.

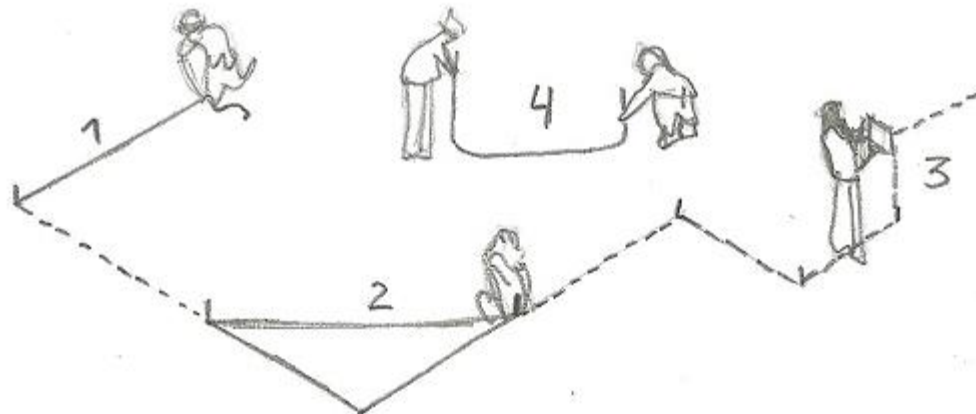
Caso B:

- 1- Estacionar en A y en B dos teodolitos orientados hacia el Norte.
- 2- Medir en A el acimut AC y en B el acimut BC, donde se intercepten las visuales se encuentra C.

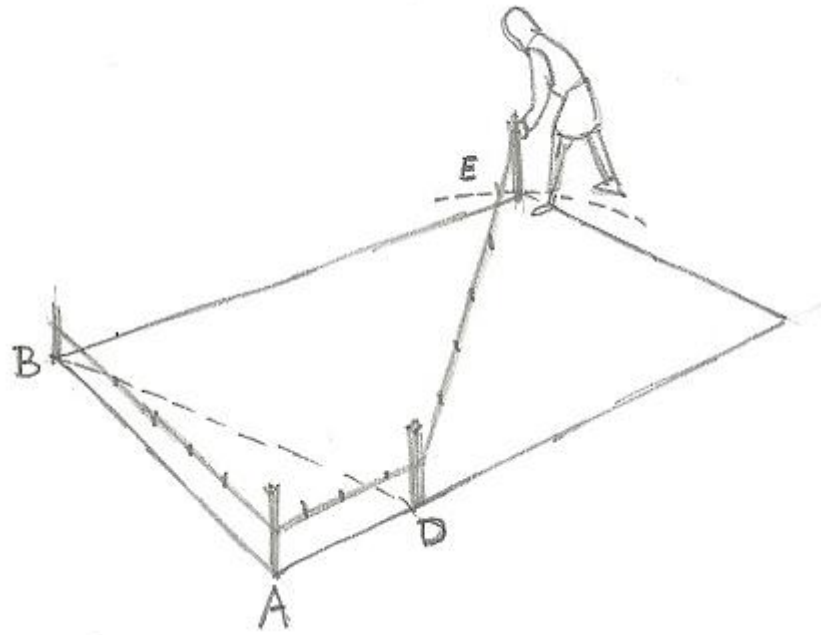
- Ubicar un punto por Intersección de Distancias:

- 1- Medir a partir de 1, con cinta métrica la distancia b.
- 2- Medir, simultáneamente, a partir de 2, con cinta métrica la distancia c. Donde se intercepten ambas medidas se encuentra el punto 3.
- 3- Dejar caer la plomada en dicho punto y materializar con una ficha.

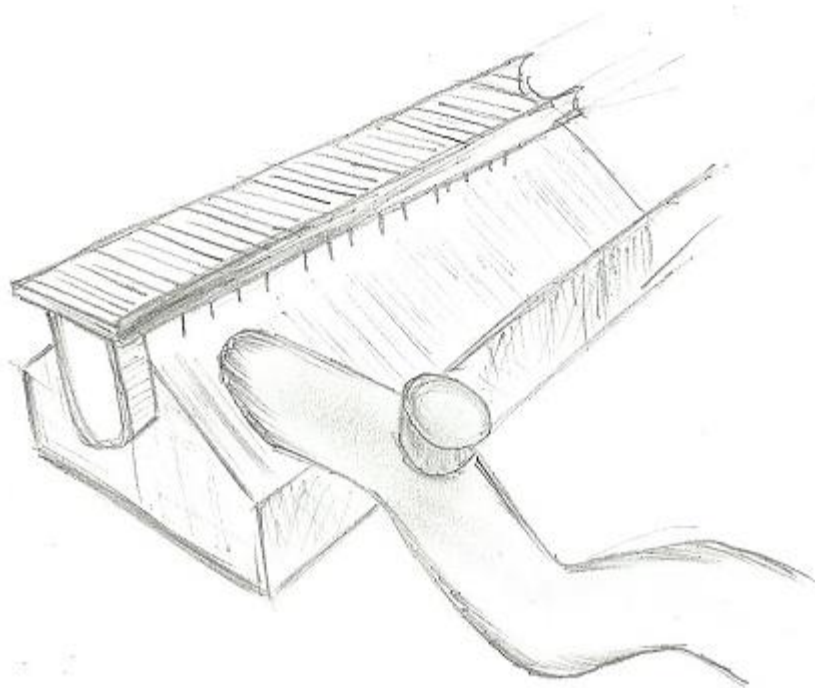
Replanteo de alineaciones rectas:



**Figura #63. Trazado de alineaciones para replantear una vivienda**

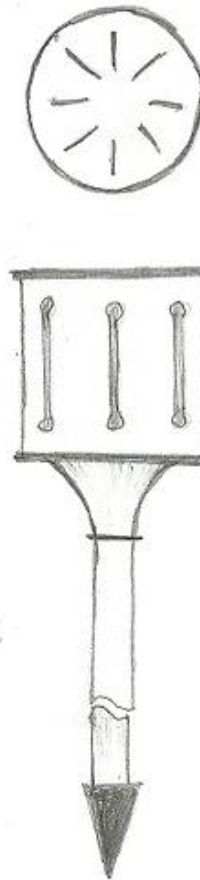


**Figura #64. Trazado de alineación para replantear una estructura.**

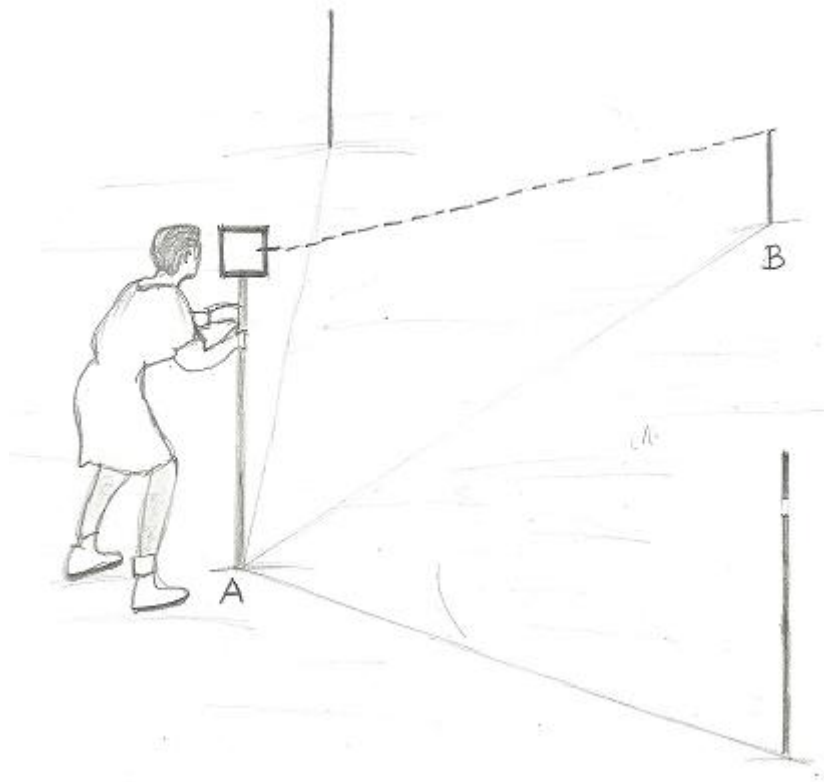


**Figura #65. Trazado de alineaciones para replantear una tubería**

- Trazado de perpendiculares:
  - a) Por escuadra de prisma o cinta 3-4-5 que se explicaron en la práctica #3 del método de la cuadrícula.
  - b) Por taquimetría: utilizando teodolito y por el principio de medida rápida.
  - c) A una distancia P: Empleando cinta métrica. Sea el triángulo A-B-P:
    - c.1) Ubicar el punto P.
    - c.2) Ubicar el punto A.
    - c.3) Medir la distancia P hacia B y de A hacia B, donde se intercepten se encuentra el punto B.
    - c.4) Ubicar el punto medio entre A y B, llamado C.
    - c.5) Unir C con P y se obtendrán los alineamientos perpendiculares.
  - d) Escuadra de agrimensor: el procedimiento es semejante al de la escuadra de prisma:

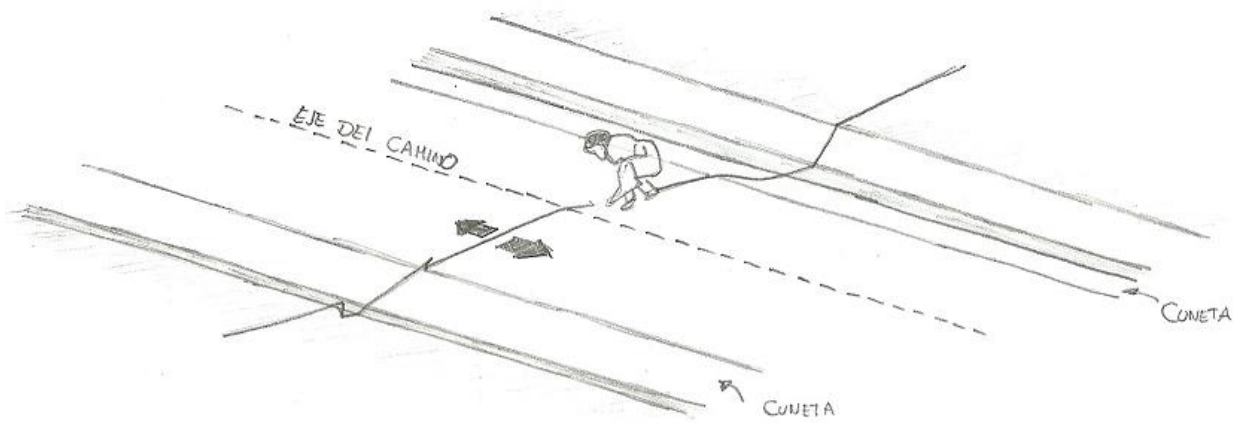


**Figura #66. Escuadra de Agrimensor**

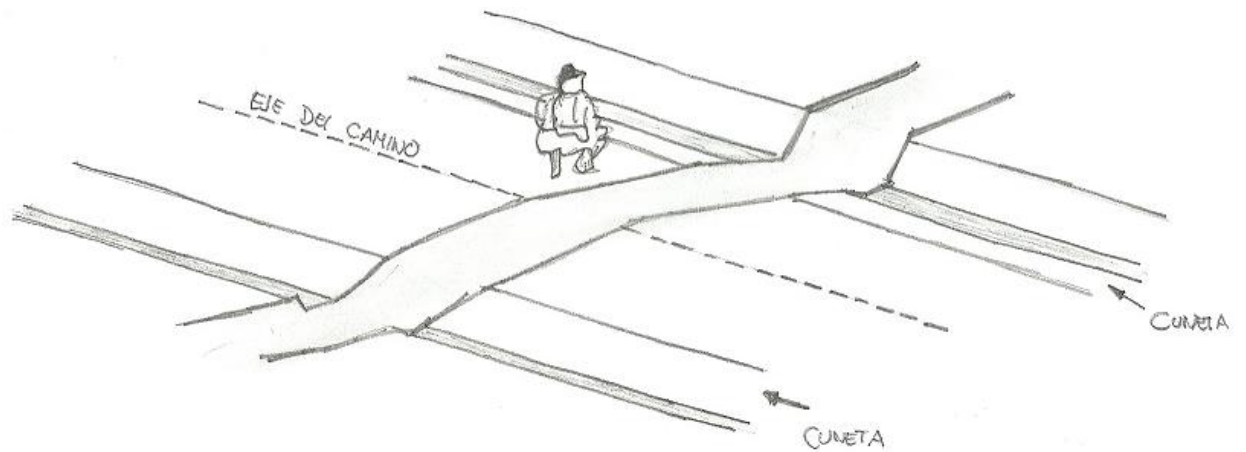


**Figura #67. Uso de la Escuadra de Agrimensor**

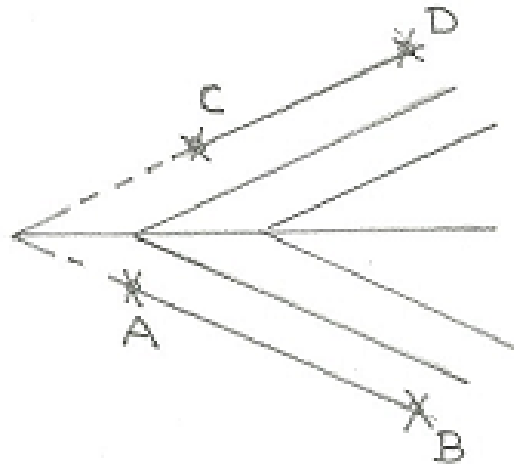
- Trazado de paralelas:  
Es el resultado de replantear dos rectas perpendiculares de la misma longitud.



**Figura #68. Trazado de alineación base**

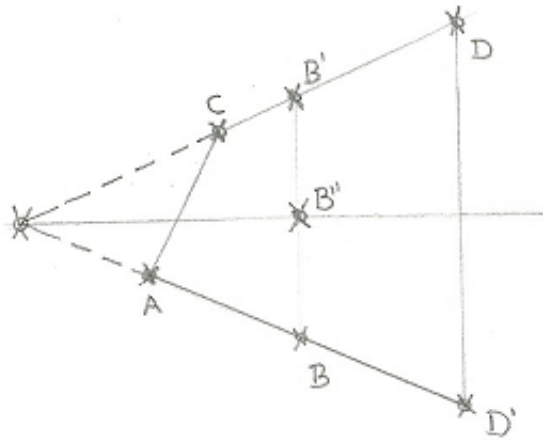


**Figura #69. Trazado de Paralela**



**Figura #70. Replanteo de Paralelas**

- Trazado de bisectrices:
  - a) Definir los alineamientos VA y VB
  - b) Estacionar en V.
  - c) Acerar en A y visar B.
  - d) Leer el ángulo obtenido.
  - e) Fijar el círculo horizontal en la mitad del ángulo, para obtener la bisectriz.



**Figura #71. Trazado de bisectriz**

**Cálculos:**

3- Intersección de ángulos:

Conocidos A y B, y llamado C el punto a replantear.

Datos: Coordenadas de A, B y C.

Para el ejemplo de la figura # 55:

$$Rumbo_{AB} = \arctan\left(\frac{\Delta E_{AB}}{\Delta N_{AB}}\right) \quad (48)$$

$$Rumbo_{AC} = \arctan\left(\frac{\Delta E_{AC}}{\Delta N_{AC}}\right) \quad (49)$$

$$Rumbo_{BC} = \arctan\left(\frac{\Delta E_{BC}}{\Delta N_{BC}}\right) \quad (50)$$

$$Az_{AB} = 180^\circ - Rumbo_{AB} \quad (51)$$

$$Az_{AC} = Rumbo_{AC} \quad (52)$$

$$Az_{BC} = 360^\circ + Rumbo_{BC} \quad (53)$$

$$\alpha = Az_{AB} - Az_{AC} \quad (54)$$

$$\beta = 180 - Az_{AB} - Rumbo_{BC} \quad (55)$$

Las ecuaciones para los ángulos van a variar de acuerdo a los datos que se les entregue para el replanteo.



- Intersección de distancias:  
Conocidos 1 y 2, y llamado 3 el punto a replantear.  
Datos: Coordenadas de 1, 2 y 3.

$$D = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2} \quad (56)$$

**Presentación:**

- Esquemas de todos los procedimientos realizados en campo.



## **BIBLIOGRAFIA**

Casanova L. (2006). Topografía Plana. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.

Costantini W. (1977). Topografía II. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.

Davis R., Foote F. y Kelly J. (1971). Topografía. Madrid, España: Editorial Aguilar.

De Corral I. y De Villena M. (2003). Topografía de Obras. Barcelona, España: Editorial Alfaomega.

Jordan W. (1978). Tratado General de Topografía. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Liger E. (1973). Guía práctica de Topografía usual. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Marín. Topografía elemental publicación 408: Escuela Naval Militar.

Pasini C. (1977). Tratado de Topografía. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Rey J. (2002). Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía. España.

Torres A. y Villate E. (1968). Topografía. Colombia: Editorial Norma.

Wolf P. y Brinker R. (1997). Topografía. México D.F., México: Editorial Alfaomega.

Zamarripa M. (1992). Apuntes de Elementos de Topografía. México: UNAM

Zeiske K. (2000). Principios Básicos de Topografía. Suiza: Leica Geosystems.