

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y CONSERVACION

TOPOGRAFIA I
(TEXTO BASICO)

Lic. Francisco Aburto C
Docente de Topografía

Managua, Diciembre 1992

PROLOGO

Despues de varios intentos por contar con un texto que auxilie a los estudiantes de Ingenieria Agronómica a comprender mejor el arte de la Topografía y teniendo como antecedentes todo el material recopilado y la experiencia de algunos años, presentamos este texto adaptado a los cursos de TOPOGRAFIA que se imparten en la Universidad Nacional Agraria ante las limitaciones bibliográficas reales.

Esta primera parte del texto básico denominado "TOPOGRAFIA I", es producto del esfuerzo combinado de muchos miembros del Dpto. de Riego y Conservación de la Escuela de Suelos y Agua y será cristalizado una vez que aparezca la segunda parte denominada "TOPOGRAFIA II" y el "MANUAL DE PRACTICAS DE TOPOGRAFIA".

El texto presenta en forma sencilla y adaptado a los programas de asignaturas vigentes, seis capítulos con toda la fundamentación teórica, ejemplos resueltos y problemas propuestos para dar la oportunidad a estudiantes, técnicos o personas interesadas en ejercitarse en esta rama que en ocasiones ha representado ciertos grados de dificultad.

Agradecemos todo el apoyo recibido del Dpto. de Riego y Conservación de la Escuela de Suelos y Agua así como también al Proyecto de Cooperación UNA/LUW-SURCO por los recursos disponibles para ello. Igualmente a todas aquellas personas que de una u otra forma directa o indirectamente han colaborado para la realización de este trabajo.

No quedando exento de posibles errores u omisiones, se agradece anticipadamente las observaciones que indudablemente mejorarán este trabajo.

Lic. Francisco Aburto C

I N D I C E

TOPOGRAFIA I

PAGINA

Capítulo 1-	Introducción a la Topografía.....	1
1-1	Aspectos Generales de la Topografía.....	1
1-2	Definición de Topografía y Geodesia.....	2
1-3	Diferencia entre Topografía y Geodesia.....	2
1-4	Importancia de la Topografía.....	3
1-5	Partes en que se divide la Topografía.....	4
1-5-1	División de la Altimetría.....	4
1-6	Unidades empleadas en Topografía.....	5
1-7	Relación de la topografía con otras ciencias...	7
1-8	Clases de errores.....	7
1-9	Problemas sobre Unidades empleadas en Topografía.....	8
	Problemas.....	13
Capítulo 2-	Elementos de dibujo Topográfico.....	15
2-1	Generalidades.....	15
2-2	Clases de mapas y planos.....	15
2-3	Lo que debe aparecer en un plano.....	17
2-4	Instrumentos y materiales de dibujo.....	20
2-5	La Escala.....	21
2-5-1	Escalas más usadas en los planos topográficos..	23
2-6	Problemas sobre escala con unidades lineales...	25
2-7	Problemas sobre escala con unidades de superficie.....	31
	Problemas.....	36
Capítulo 3-	Mediciones lineales y registro de datos.....	38
3-1	Aspectos Generales.....	38
3-2	Medidas lineales.....	38
3-3	Medición con cinta.....	38

3-4	Fuentes de error en medición con cinta.....	42
3-5	Equivocaciones que se dan al medir con cinta..	47
3-6	Problemas que se resuelven con la cinta.....	48
3-7	Levantamiento de un predio con cinta y jalón..	59
3-8	Registro de datos de campo.....	59
3-9	Medición de linderos irregulares.....	60
3-10	Cálculo de área.....	61
	Problemas.....	68
Capítulo 4-	Altimetría o Nivelación.....	70
4-1	Generalidades.....	70
4-2	Métodos de Nivelación.....	72
4-3	Clases de Niveles.....	75
4-4	Comprobación y ajuste de los niveles de Preci- sión.....	79
4-5	La Mira o Estadal.....	80
4-6	Proceso de la nivelación diferencial.....	81
4-7	Modelo de registro de Datos.....	82
4-8	Equivocaciones y errores en la nivelación.....	87
	Problemas.....	93
Capítulo 5-	Perfiles y Secciones Transversales.....	95
5-1	Definición de perfil.....	95
5-2	Nivelación y registro de datos de un perfil...	95
5-3	Forma de usar las escalas en los perfiles.....	98
5-4	Secciones Transversales.....	100
5-5	Cálculo de las elevaciones y registro de da- tos.....	101
5-6	Determinación de la pendiente.....	103
5-7	Determinación de la rasante.....	105
5-8	Cortes y rellenos.....	108
5-9	Cubicación de tierras para canales.....	112
	Problemas.....	116
Capítulo 6-	Curvas de Nivel y Replanteo.....	118
6-1	Generalidades.....	118

6-2	Definición de curva de nivel.....	118
6-3	Determinación de la configuración topográfica del terreno.....	120
6-4	Levantamiento de curvas de nivel.....	121
6-5	Interpolación de curvas de nivel.....	121
6-6	Dibujo de un plano con curvas de nivel.....	125
6-7	Aplicación de las curvas de nivel.....	125
6-8	Trazado de líneas con pendiente dada.....	128
6-9	Trazado de líneas a nivel.....	131
	Problemas.....	132

CAPITULO No. I INTRODUCCION A LA TOPOGRAFIA

1.1 Aspectos Generales

La Topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinados (Replanteo). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento.

Clases de levantamientos

Estos pueden ser Topográficos o geodésicos.

Topográficos

Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable.

Geodésicos

Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.

Los levantamientos topográficos son los más comunes y los que más interesan en este curso. Los geodésicos son motivo de estudio especial al cual se dedica la geodesia.

El levantamiento topográfico comprende dos etapas:

Trabajo de campo: (Toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc.)

Trabajo de gabinete: (Cálculo y dibujo).

Los levantamientos topográficos se pueden clasificar en:

Levantamiento de terrenos en general

Tiene por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.

Topografía de vías de comunicación

Es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, etc.

Topografía de minas

Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

Levantamiento catastrales

Son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

1.2 Definición de Topografía y Geodesia

Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos tres elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco (grado sexagesimales).

Geodesia

Se puede definir como la ciencia que tiene por objeto el estudio de la forma y dimensiones de la tierra y para conseguirlo se eligen puntos en la superficie distribuidos por toda ella, llamados geodésicos, de cuya posición se deduce la forma de un país o de todo el globo.

1.3 Diferencia entre Topografía y Geodesia

Es necesario hacer una aclaración para desligar dos ciencias que tienen la misma finalidad, medir extensiones de tierra.

La Topografía

Opera sobre superficies pequeñas no teniendo en cuenta la verdadera forma de la tierra. (Esferoide), sino considerando la superficie terrestre como un plano.

NOTA

En Topografía se desprecia el error de la forma de la tierra por ser pequeño. La longitud de un arco de 18 Km, sobre la superficie de la tierra es solamente 15 mm mayor que la cuerda y la diferencia de la suma de los ángulos de un triángulo plano y un esférico es de solamente un segundo en un triángulo de 200 Km² de extensión.

Hipótesis en que se fundamenta esta diferencia

- a) La línea que une dos puntos sobre la superficie de la tierra es una línea recta.
- b) Las direcciones de la plomada en dos puntos diferentes - cualesquiera son paralelos.
- c) La superficie imaginaria de referencia respecto a la cual se tomaron las alturas es una superficie plana.
- d) El ángulo formado por la intersección de dos líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico.

1.4 Importancia de la Topografía

La Topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero por sí solo proyectar obras.

Sin un buen plano no podría proyectar debidamente un edificio o trazar un fraccionamiento; sin el levantamiento de secciones transversales no le sería posible proyectar presas, puentes, canales, obras de riego, carreteras, ferrocarriles, etc. Tampoco podría señalar una pendiente determinada como se requiere en un alcantarillado. Entre las obras de ingeniería agronómica que requieren de un levantamiento topográfico previo tenemos:

Obras de riego

La aplicación del agua de riego en la agricultura se realiza por varios métodos, los cuales pueden ser: Riego superficial, riego por aspersión, riego subterráneo y riego por goteo. Todos estos métodos de riego requieren de un levantamiento topográfico previo, teniendo mayor importancia el riego superficial (por gravedad) ya que los proyectos de redes de distribución y drenajes requieren de un levantamiento completo y de alta precisión de nivelación del terreno.

Conservación de suelos

Siendo el suelo la base de la agronomía lógicamente el agrónomo tiene que dominar los conocimientos para poner

Agrimensura

Comprende los procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.

1.6 Unidades empleadas en Topografía

Tanto en planimetría como en altimetría, es necesario la medición de ángulos y distancias además, de calcular superficies y volúmenes, por lo tanto vamos a indicar las unidades más usuales.

Unidades de medición angular

Existen tres sistemas de medición angular: Sexagesimal, centesimal y radián. En este curso vamos a ver el sexagesimal ya que los aparatos de topografía que existen en este centro vienen con este sistema de medición.

Graduación Sexagesimal

En la graduación sexagesimal la circunferencia se divide en 360 partes iguales denominadas grados, distribuidos en cuatro cuadrantes de 90 grados, cada grado se considera dividido en 60 minutos a su vez en 60 segundos. Un arco quedará medido por el número de grados, minutos y segundos que comprenda y se representan, respectivamente por un cero, una comilla y dos comillas marcados a la derecha y en la parte superior del número correspondiente.

Ej: 35°, 45', 52" (35 grados, 45 minutos y 52 segundos).

Graduación Centesimal

La graduación centesimal divide la circunferencia en 400 grados distribuidos en cuatro cuadrantes de 100 grados; cada grado comprende 100 minutos y cada minuto 100 segundos. Los grados, minutos y segundos centesimales se designan para distinguirlos de los sexagesimal, por las letras g, m y s respectivamente, colocadas de igual forma que la graduación sexagesimal por ejemplo: 35g, 25m, 35s.

Unidades de Longitud

La unidad empleada es el metro el cual pertenece al sistema métrico decimal. Por lo tanto vamos a ver los múltiplos y submúltiplos del metro; así como otras unidades de medida usadas en nuestro país como son la vara, manzana, etc.

Múltiplos del metro (m)

Decámetro	Dm	=	10	metros
Hectómetro	Hm	=	100	metros
Kilómetro	Km	=	1000	metros
Miriámetro	Mm	=	10000	metros

Submúltiplos del metro (m)

Decímetro	dm	=	0.1	metro
Centímetro	cm	=	0.01	metro
Milímetro	mm	=	0.001	metro

- * 1 Metro = 10 dm; 1 metro = 100 cm; 1 metro = 1000 mm.
- * También en nuestro país se usa la vara la cual es igual a 33 pulgadas y una pulgada es igual a 2.54 cm.

Unidad de Superficie o Area

La unidad empleada es el metro cuadrado (m^2), usándose también en nuestro país la vara cuadrada (v^2).

Múltiplos del metro cuadrado (m^2)

Decámetro cuadrado	Dm^2	=	100	m^2
Hectómetro cuadrado	Hm^2	=	10000	m^2
Kilómetro cuadrado	Km^2	=	1000000	m^2

Submúltiplos del metro cuadrado (m^2)

Decímetro cuadrado	dm^2	=	0.01	m^2
Centímetro cuadrado	cm^2	=	0.0001	m^2
Milímetro cuadrado	mm^2	=	0.000001	m^2

- * Para unidades de superficie en nuestro país se usa la Hectárea y la Manzana.

1 Hectárea	(Ha)	=	10000 m^2
1 Manzana	(Mz)	=	10000 v^2

Otras Unidades Empleadas

1 pie	=	12 pulgadas
1 pulgadas	=	2.54 cm.
1 yarda	=	36 pulgadas = 3 pies
1 metro	=	3.2808 pies
1 milla	=	1760 yardas = 5280 pies = 1609.34 m.
1 m	=	39.37 pulgadas.

1.7 Relación de la Topografía con otras ciencias

Geología

En trabajos de ingeniería es indispensable tener conocimientos de las condiciones geológicas del terreno sobre la cual se va a construir una presa, tunel, acueducto, etc. Los levantamientos geológicos le dan datos al ingeniero sobre la calidad del terreno para los diferentes usos.

Física

La construcción y perfeccionamiento que han experimentado en nuestro tiempo los diferentes aparatos usados en topografía, se debe principalmente a los progresos de la óptica.

Astronomía

Para la determinación de puntos sobre la superficie de la tierra se tiene que hacer en base a las coordenadas geográficas, latitud (norte/sur) y la longitud (este/oeste) por medio de observaciones astronómicas.

Matemática

Para cálculo de distancias, ángulos, área y volúmenes se auxilia de la geometría y la trigonometría.

1.8 Clases de errores

Los errores pueden dividirse en sistemáticos y accidentales.

Errores Sistemáticos

Son aquellos que siguen siempre una ley definida física o matemática y mientras las condiciones en que se ejecutan las medidas permanezcan invariable, tendrán la misma magnitud y el mismo signo algebraico; por tanto, son acumulativos. La magnitud de estos errores se puede determinar y se eliminan aplicando métodos sistemáticos en el trabajo de campo o correcciones a las medidas. Los errores sistemáticos pueden ser instrumentales, personales o naturales.

Errores Accidentales

Son los que obedecen a una combinación de causas que no alcanza el observador a controlar y para las cuales no es posible obtener correcciones; para cada observación la magnitud y signo algebraico del error accidental depende del azar y no pueden calcularse. Como todos los errores accidentales tienen las mismas probabilidades de ser posi-

tivo que negativo, existe cierto efecto compensador y por ello muchos de los errores accidentales se eliminan. Los errores accidentales sólo se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando su número.

*Equivocaciones

Una equivocación es una falta involuntaria originada por el mal criterio, falta de cuidado o de conocimientos, distracción o confusión en la mente del observador. Las equivocaciones no pertenecen al campo de la teoría de los errores y a diferencia de estos, no pueden controlarse y estudiarse. Las equivocaciones se encuentran y se eliminan comprobando todo el trabajo.

*Comprobaciones

En todo trabajo de topografía, se debe buscar siempre la manera de comprobar las medidas y los cálculos ejecutados. Esto tiene por objeto descubrir equivocaciones y errores y determinar el grado de precisión obtenida.

*Tolerancia

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

1.9 Problemas sobre unidades empleadas en Topografía

En esta parte vamos a utilizar unidades de área (superficie). Calculando áreas de figura conocidas; tales como el área de un trapecio, cuadrado, rectángulo, circunferencia etc. Para este caso vamos a ver un ejemplo. Una propiedad tiene una extensión de 5000000000 dm^2 , expresar esta área en m^2 , Ha, Km^2 , v^2 y Mz.

Solución: Este ejercicio lo vamos a resolver respondiendo en el orden de cada una de las preguntas.

Expresar el área en metros cuadrados (m^2).

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$$

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$$

Entonces planteamos una simple regla de tres.

$$\begin{array}{r}
 1\text{m}^2 \quad \text{-----} \quad 100 \text{ dm}^2 \\
 \times \quad \quad \quad 5000000000 \text{ dm}^2 \\
 \hline
 \end{array}
 \quad X = \frac{5000000000^2 \text{ dm} \times 1 \text{ m}^2}{100 \text{ dm}^2} =$$

$$R = 50000000 \text{ m}^2$$

Expresar el área en Hectárea (Há).

$$1 \text{ Hectárea} = 10000 \text{ m}^2$$

Planteando la regla de tres.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ Há} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 10000 \text{ m}^2 \\ \times \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 50000000 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$X = \frac{50000000 \text{ m}^2 \times \text{Há}}{10000 \text{ m}^2} =$$

$$R = 5000 \text{ Há}$$

Expresar el área en Km²

$$1 \text{ Km} = 1000 \text{ m}$$

$$1 \text{ Km} = 1000000 \text{ m}^2$$

Planteando la regla de tres.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ Km} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1000000 \text{ m}^2 \\ \times \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 50000000 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$X = \frac{50000000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ Km}^2}{1000000 \text{ m}^2} =$$

$$R = 50 \text{ Km}^2$$

Expresar el área en v²

Vamos a partir de que 1 pulgada = 2.54 cm.

$$100 \text{ cm} \div 2.54 = 39.370079 \text{ pulg.}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ pulgadas}$$

$$39.370079 \text{ pulg.} \div 33 \text{ pulg.} = 1.1930327 \text{ vara}$$

$$1 \text{ m} = 1.193 \text{ vara}$$

$$33 \text{ pulg.} \div 39.370079 = 0.838199 \text{ metro}$$

$$1 \text{ vara} = 0.838 \text{ metro}$$

$$1 \text{ m}^2 = (1.193 \text{ v})^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 1.423 \text{ v}^2$$

$$1 \text{ v}^2 = (0.838 \text{ m})^2$$

$$1 \text{ v}^2 = 0.702 \text{ m}^2$$

Planteando la regla de tres.

$$1 \text{ m}^2 \quad \frac{\quad}{50000000 \text{ m}^2} \quad 1.423 \text{ v}^2$$

$$X = \frac{50000000 \text{ m}^2 \times 1.423 \text{ v}^2}{1 \text{ m}^2} =$$

$$R = 71150000 \text{ v}^2$$

Problema: Encontrar el área de un trapecio que tiene las siguientes dimensiones:

Base mayor = 85 varas (v)

Base menor = 200 pies

Altura (h) = 2000 pulgadas.

Expresar esta área en m^2 , Há, Km^2 y Mz.

Solución: Primero debemos pasar todas las dimensiones del trapecio a una sola; en este caso a metro (m).

Base mayor = 85v x 33 pulgadas = 2805 pulgadas
2805 pulg. x 2.54 cm = 7124.7 cm.
7124.7 cm ÷ 100 cm = 71.24m.

Base menor = 200 pies x 12 pulgadas = 2400 pulgadas
2400 pulgadas x 2.54 cm = 6096 cm
6096 ÷ 100 cm = 60.96 m.

Altura = 2000 pulgadas x 2.54 cm = 5080 cm.

Solución: Con todas las dimensiones en metro solamente las sustituimos en la fórmula para calcular el área de un trapecio la cual es:

$$A = \frac{B + b}{2} h$$

Donde: A = Área del trapecio.

B = Base mayor.

b = Base menor

h = Altura

Área en metros cuadrados (m^2)

Base mayor = 71.24 m

Base menor = 60.96 m

Altura = 50.8 m

Por lo tanto el área del trapecio será:

$$A = \frac{71.24 \text{ m} + 60.96 \text{ m} \times 50.8 \text{ m}}{2}$$

$$A = 3357.8 \text{ m}^2$$

Expresar el área en Hectáreas (Há).

$$1 \text{ Há} = 10000 \text{ m}^2$$

Planteando la regla de tres:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Há} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 10000 \text{ m}^2 \\ x \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 3357.8 \text{ m}^2 \end{array} \quad \therefore X = \frac{3357.8 \text{ m}^2 \times 1 \text{ Há}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$R = 0.3357 \text{ Há}$$

*Expresar el área en Km^2 y Mz será ejercicio en casa. Para efectos de comparación las respuestas son: $R3 = 0.00335 \text{ Km}^2$ y $R4 = 0.477 \text{ Mz}$.

Problemas en casa: Se pide calcular el área de un terreno circular cuyo diámetro es de 180 pulgadas. Determinar el área en m^2 , y^2 , Manzanas y Hectáreas.

*Para la solución de este ejercicio vamos a recordar el área de la circunferencia.

$$A = \pi r^2$$

$$A = \text{área}$$

$$\pi = 3.1415927$$

$$r = \text{Radio}$$

También podemos calcular el área a partir del diámetro.

$$r = \frac{d}{2}$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad \therefore A = \pi \frac{d^2}{4}$$

Comparando Respuesta.

$$\text{Area } m^2 = 16.417 m^2$$

$$\text{Area en } v^2 = 23.367 v^2$$

$$\text{Area en Mz} = 0.00233 \text{ Mz}$$

$$\text{Area en Há} = 0.00164 \text{ Há}$$

Problemas en casa: Se pide calcular el área de un triángulo rectángulo que tiene de base 28.5 Hectómetro (Hm) y una altura de 1500 pies. Expresar el área en Manzanas y Hectáreas.

*Para la solución de este ejercicio vamos a recordar el área de un triángulo rectángulo.

$$A = \frac{B \times h}{2}$$

Donde: A = Superficie

B = Base

h = Altura

Comparando Respuesta

$$\text{Area en Manzanas (Mz)} = 92.73085 \text{ Mz.}$$

*Diferentes valores para cada notación de los decimales tanto en Mz como en Há.

$$92.7 = 92 \text{ Mz} + 7000 v^2$$

$$92.73 = 92 \text{ Mz} + 7300 v^2$$

$$92.730 = 92 \text{ Mz} + 7300 v^2$$

$$92.7308 = 92 \text{ Mz} + 7308 v^2$$

$$\text{Area en Hectárea (Há)} = 65.1676 \text{ Há.}$$

*Problemas en casa: Calcular el área de un rectángulo que tiene de largo 2500000 mm y de ancho 1 Km. Expresar el área en Mz y Há.

*Para la solución de este ejercicio vamos a recordar la fórmula del área de un rectángulo.

Donde : A = L x a

A = área

L = Largo

a = ancho

Comparando Respuesta.

$$\text{Area en Manzanas (Mz)} = 355.8122 \text{ Mz}$$

$$\text{Area en Hectárea (Há)} = 250 \text{ Há}$$

PROBLEMAS PROPUESTOS

- 1 - Calcular el área de un terreno circular que tiene un radio de 0.095 Km; expresar el área en Mz y Há.
- 2 - Calcular el área de un terreno rectangular que tiene de largo 0.95 Km y de ancho 450 Vrs; expresar el área en Mz y Há.
- 3 - Calcular el área agrícola total de una hacienda que tiene todos sus lotes cultivados de la siguiente manera:

Primer Lote : 35 Há de café
Segundo Lote : 21 Mz de cacao
Tercer Lote : 54600 m² de plátano
Cuarto Lote : 95765 V² de cítricos
Quinto Lote : 0.35 Km² de pasto

Expresar el área en Ha y Mz; y calcular el porcentaje que ocupa cada lote con respecto al área total.

- 4 - Calcular el área de un terreno de forma trapecial que tiene por base mayor 965 m, base menor 75000 cm y una altura de 500 pulgadas; expresar el área en Mz y Há.
- 5 - Calcular el área de un terreno circular cuyo diámetro es de 0.995 Km. Expresar el área en Há y Mz.
- 6 - Expresar los siguientes grados en: Grados, minutos y segundos:

a - 79.46325 °	f - 275.97642 °
b - 85.69326 °	g - 295.0022 °
c - 180.4565 °	h - 300.3030 °
d - 199.9462 °	i - 325.5554 °
e - 250.9999 °	j - 340.6666 °

- 7 - A continuación se presentan valores de ángulos en el sistema sexagesimal; se desea obtener una sola cifra que los exprese en grados:

a - 45° 05' 30"	f - 100° 45' 20"
b - 60° 35' 25"	g - 150° 05' 05"
c - 75° 55' 05"	h - 270° 50' 60"
d - 80° 15' 25"	i - 300° 59' 60"
e - 90° 10' 35"	j - 0° 55' 55"

8 - Exprese a la par el valor de la unidad que se pide.

- a - 1250000 cm _____ Km
b - 0.004 Km _____ mm
c - 95000 mm _____ Dm
d - 0.120 Km _____ dm
e - 15000 dm _____ Km

9 - Exprese a la par el valor de la unidad que se pide.

- a - 350 Km² _____ Há.
b - 0.09 Km² _____ Há.
c - 0.95 Há _____ m²
d - 450 Há _____ Km²
e - 0.65 Há _____ dm²
f - 45000m² _____ dm²
g - 0.95 m² _____ mm²
h - 45000dm² _____ Há.
i - 250 Mz _____ Há.
j - 0.95Km² _____ Mz
k - 165000dm² _____ Mz
l - 355 Há _____ Mz
m - 0.005Km² _____ mm²

CAPITULO No. II ELEMENTOS DE DIBUJO TOPOGRAFICO

Introducción: Esta unidad tiene una gran importancia para todo profesional, por la siguiente razón; la forma y extensión de nuestro país, región o departamento viene representada en un mapa el cual tiene que guardar cierta relación con la realidad. Esta proporcionalidad es lo que se conoce como Escala, además de que todo proyecto o levantamiento topográfico se tiene que representar en un plano a una determinada Escala para poder obtener información de él como es distancia y área principalmente.

2.1 Generalidades: Los mapas y planos topográficos son de gran importancia para el desarrollo de la economía y el desenvolvimiento de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, militares etc. de cualquier país. Los trabajos de dibujo se realizan no sólo en papel sino en forma directa sobre fotografías, materiales plásticos transparentes, etc. De igual forma al confeccionar originales de compilación y de levantamiento, el dibujante debe saber representarlos correctamente, utilizando líneas, gráficos y símbolos convencionales, para demostrar sus conocimientos de dibujo y obtener mapas y planos con mayor claridad y belleza. Las deficiencias y los errores en la calidad del gráfico restan exactitud y calidad a los mapas, e impiden la correcta interpretación de estos.

Diferencia entre mapa y plano: La diferencia entre mapa y plano está definida por su extensión ya que el mapa representa grandes extensiones, estas pueden ser: un departamento, país, continente o de todo el globo terrestre como es el mapamundis.

Se le llama plano a la representación gráfica que por su poca extensión de superficie a que se refiere no exige hacer uso de los sistemas cartográficos. El plano topográfico es la representación más perfecta de una superficie de la tierra. Por lo general se dibuja a escala mayores de 1:10000

2.2 Clases de Mapas y Planos: La Asociación Cartográfica Internacional (I.C.A.) define un mapa como: Una representación convencional, generalmente a escala y sobre un medio plano, de una superficie terrestre u otro cuerpo celeste.

Clasificación en función del propósito del mapa.

De acuerdo con este criterio de clasificación tendremos dos grandes grupos:

- 1) Mapas Generales
- 2) Mapas Especiales

Mapas Generales:

El grupo de mapas generales comprende el conjunto de los mapas con información general sin que un tipo de información tenga más importancia que otro.

Comprende:

- a) Mapas Topográficos a escala media o pequeña.
- b) Mapas cartográficos representando grandes regiones, países o continentes, por ejemplo un Atlas.
- c) Mapas del mundo (Mapamundis).

Mapas Especiales:

Este grupo comprende los mapas confeccionados con un propósito especial y puede ser subdividido en:

- a) Mapas políticos, con fines administrativos o legales - en donde los límites son de gran importancia y en cambio otras características como relieve, hidrografía, - etc, son de importancia secundaria.
- b) Mapas turísticos, en los que las vías de comunicación, hoteles, parques y lugares de interés histórico deben ser destacados.
- c) Mapas de comunicación con especial énfasis en vías de comunicación, clasificación de carreteras, vías férreas etc.
- d) Mapas geológicos, de vegetación, suelos, históricos, climatológicos, militares, etc.
- f) Cartas náuticas o aeronáuticas.

Plano

Es la representación gráfica de todos los levantamientos - topográficos a escala grande (mayor de 1:10000) generalmente construido con fines específicos tales como proyectos - de carreteras, obras de irrigación, planeación urbana, trabajos catastrales, etc.

El plano topográfico puede ser:

- a) Planimétrico
- b) Altimétrico

Planimétrico:

Se encarga de representar accidentes naturales y artificiales del terreno tales como quebradas, lagos, linderos, obras de construcción, etc.

Altimétrico:

El plano altimétrico además de lo que representa el plano planimétrico, se representa el relieve del terreno (distancia vertical) por medio de las curvas de nivel. En el dibujo topográfico además del dibujo de la planta, el perfil y las secciones transversales, hay necesidad de hacer cálculos gráficos, luego la precisión en la localización de puntos y líneas sobre el plano es un factor importante. Como las áreas en topografía son pequeñas, se pueden representar sobre un plano construido con proyecciones ortogonales (coordenadas planas) así un punto se puede localizar por sus dos coordenadas o por sus ángulos y distancias.

2.3 Lo que debe aparecer en un plano:

- a) Espacio apropiado y debidamente situado para indicar a manera de título:

Propósito del plano o proyecto para el cual se va a usar
Nombre de la región levantada
Nombre del topógrafo o ingeniero
Nombre del dibujante y fecha
Escala numérica.

- b) Escala gráfica del plano e indicación de la escala a la cual se dibujó.
c) Dirección norte/sur.
d) Indicación de los signos convencionales usados.

Meridianas: La dirección de la meridiana se indica por medio de una saeta o flecha señalando el norte, de suficiente longitud para poderlo transportar a cualquier parte del plano. La meridiana astronómica se representa por una flecha con la punta completa y la meridiana magnética por una flecha con la mitad de la punta como lo indica la figura.



Meridiana Astronómica Meridiana Magnética

Títulos: La posición más indicada para colocarlo es la esquina inferior derecha, el tamaño debe estar en proporción al plano, hay que evitar la tendencia de hacerlo demasiado grande. Cuando se trata de áreas las V^2 se diferencian de los m^2 poniéndolas en rojo. (Ver gráfico).

Plano de un Lote		
Situado en:		
Propiedad de:		
Area:	_____ m^2	_____ v^2
Escala: 1:5000		
Fecha:		
Levantó:	_____	Dibujó: _____ Aprobó _____

Símbolos: Los objetos se representan en un plano por símbolos, muchos de los cuales son convencionales. Un símbolo es un diagrama, dibujo, letra o abreviatura.

Ejemplo de colores utilizados en simbología

Negro: para detalles artificiales como caminos, edificios, linderos y nombres.

Azul : Se usa para detalles hidrográficos como lagos, ríos, canales, presas etc.

Verde: Se usa para bosques u otro tipo de cubierta vegetal, maleza, huertos, cultivos.

Rojo : El rojo hace resaltar los caminos importantes, las subdivisiones de los terrenos públicos y las zonas urbanas construidas.

Sepia: Para representar el relieve o la configuración topográfica de la superficie de la tierra representada por líneas o curvas de nivel.

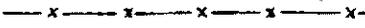
NOTAS:

Con frecuencia son necesarias las notas explicativas para la ayuda de interpretar un dibujo. Estas deben ser tan breves como la circunstancias lo permitan, pero deben tener toda la información para aclarar toda duda a la persona que haga uso del plano.

Signos Convencionales

Para evitar que la claridad del mapa o plano sea aminorada al mostrar tal y como son los objetos en el terreno, se utilizan los llamados signos convencionales, los cuales se dibujan de un tamaño proporcional a la escala del mapa, los más usados son:

Cercas:

a) Alambre de pías 

b) Alambre Liso 

c) Cerca de piedra. 

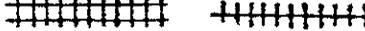
Cerca verde 

Línea telefónica 

Línea de energía 

Edificios 

Poblaciones 

Vías férreas 

Corrientes de agua 

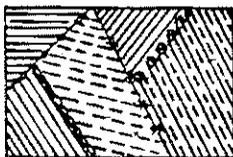
Lagos o lagunas 

Vertice o estación de poligonal  Carreteras

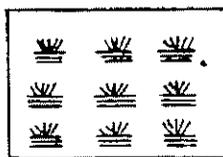
Estación de poligonal  Cominos

Señal de nivelación  Cominos

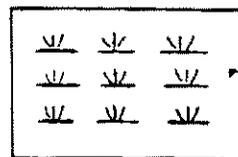
Mojón 



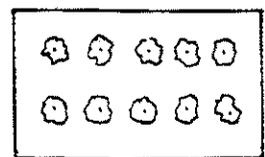
Cultivos



Pantanos o
marismas



Potreros



Arboles

2.4 Instrumentos y materiales de dibujo: Entre los principales instrumentos y materiales de dibujo tenemos:

- a) **Papel para dibujo:** Para la realización de trabajos tan delicados y difíciles como es la confección de planos y mapas, el papel usado debe tener una buena calidad, satinado correcto, sin fibras sueltas que estropeen la plumilla y la fortaleza necesaria para resistir el borrado de las gomas.

Los requisitos que debe tener un papel de buena calidad son:

*Estabilidad del papel contra las tintas y pinturas.

*Superficie blanca y estable al incidir sobre él la luz diurna.

*No presentar arrugas, roturas o daños tecnológicos.

*Resistencia al envejecimiento.

Entre las clases de papel más conocidas tenemos: papel albanene, papel cansson, papel vegetal o cebolla, papel celofán, papel Hamilton, papel Marquella etc.

- b) **Lápices para dibujo:** Un buen lápiz debe dar trazos uniformes y bien negros, no ha de gastarse con demasiada rapidez, ni romperse con facilidad.

Los lápices más usados son:

*Lápices duros: H, 2H, 3H, 4H, 5H etc. a mayor número indica mayor dureza.

*Lápices suaves: B, 2B, 3B, 4B, 5B etc. a mayor número indica mayor suavidad.

*Lápices intermedios: HB o F.

Los lápices suaves e intermedios, son usados por los dibujantes para trazar líneas y rotular y los lápices duros se utilizan para realizar trazos muy precisos.

- c) **Regla T:** La Regla T es de gran utilidad sobre todo para trazar líneas paralelas entre si con gran rapidez como es el caso de un cuadrículado. También le sirve de apoyo a las escuadras para trazar verticales y también nos sirve para centrar el papel (lámina de dibujo) sobre la mesa de dibujo. Existen de varios tipos de reglas T, de hoja de madera con orilla transparente, de metal, de plástico con graduación etc. algunas tienen la cabeza movable para trazar líneas con determinado ángulo.

d) **Escuadras:** Existen tres tipos de escuadras.

*Escuadra de 45° llamada así por tener 2 ángulos de 45° y uno de 90°.

*Escuadra de 30° y 60° llamada así por tener -- un ángulo de 30° uno de 60° y uno de 90°.

*Escuadra ajustable ésta es de gran utilidad cuando se trata de trazar ángulos que no sean de 45°, 30°, 60°, 75°.

Los tamaños más usuales en que vienen estas escuadras son de 8 y 10 pulgadas.

e) **Transportador:** El Transportador se utiliza para medir o marcar los ángulos, no se utiliza para dibujar los ángulos, existen de metal y de plástico por lo general son semicirculares (180°) y circulares (360°).

f) **Compases:** Casi todos los dibujos incluyen círculos o partes de círculos (arcos) de ahí la gran utilidad del uso del compás.

2.5 **Escala:** La escala de un plano es la relación fija que todas las distancias en el plano guardan con las distancias correspondientes en el terreno. Como generalmente se indican dimensiones en el plano o mapa es necesario indicar la escala a que se ha dibujado.

La Escala puede ser:

Escala numérica.

Escala de correspondencia

Escala gráfica.

Escala numérica: Es una expresión que relaciona cualquier distancia medida en el plano con la distancia correspondiente medida sobre el terreno. Por lo general se expresa de la siguiente manera 1:500 y también en forma de quebrado con la unidad por numerador $1/500$.

La escala 1:500 nos indica que cualquier distancia que se mide en el plano o mapa, representa una distancia real 500 veces mayor en el terreno, así podemos decir que 1 cm en el plano representa 500 cm en el terreno, que 1 pulgada en el plano es igual a 500 pulgadas, que 1 vara en el plano es igual a 500 varas en el terreno.

Como nosotros vamos a trabajar con el sistema métrico decimal, entonces siempre vamos a relacionar la unidad de medida en el plano que para nuestro caso va a ser el cm: (esto no quiere decir que no podamos usar el mm, dm, o el metro) y para el terreno dependiendo de las distancias y de la escala vamos a usar el metro o el kilómetro.

Ejemplo de valores de la escala

Escala 1:5000

1 cm (plano) = 50 metros

1 mm (plano) = 5 metros

1 dm (plano) = 500 metros

1 m (plano) = 5 Km.

Todas estas relaciones son equivalente a como lo vamos a ver de la siguiente manera:

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia en el Plano (l)}}{\text{Distancia en el Terreno (L)}}$$

$$- 1 \text{ cm} = 50 \text{ m} \quad \therefore \quad E = \frac{1 \text{ cm}}{5000 \text{ cm}} = 1/5000$$

$$50 \text{ m} = 5000 \text{ cm}$$

$$- 1 \text{ mm} = 5 \text{ m} \quad \therefore \quad E = \frac{1 \text{ mm}}{5000 \text{ mm}} = 1/5000$$

$$5 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$$

$$- 1 \text{ dm} = 500 \text{ m} \quad \therefore \quad E = \frac{1 \text{ dm}}{5000 \text{ dm}} = 1/5000$$

$$500 \text{ m} = 5000 \text{ dm}$$

$$- 1 \text{ m} = 5 \text{ Km} \quad \therefore \quad E = \frac{1 \text{ m}}{5000 \text{ m}} = 1/5000$$

$$5 \text{ Km} = 5000 \text{ m}$$

Como podemos observar en cualquiera de los casos la escala es la misma ya que nosotros podemos relacionar cualquier submúltiplo del metro con los múltiplos. Otra cosa que hay que tener presente es que la escala es adimensional.

Escala de Correspondencia: Esta indica el número de unidades (Kilómetros, millas, metros etc.) en el terreno que corresponde a otra unidad (centímetros, pulgadas, milímetros etc.) en el mapa.

Ejemplo de escala de correspondencia: 1 cm = 1 Km, esto quiere decir que un centímetro del plano representa 1 Km en el terreno. Esta escala se puede expresar también en numérica de la siguiente forma:

$$1 \text{ Km} = 100000 \text{ cm} \quad \therefore E = \frac{1 \text{ cm}}{100000 \text{ cm}} = 1:100000$$

La escala de correspondencia se emplea por lo general en mapas turísticos, escolares y otros, destinados a usuarios poco familiarizados con la cartografía.

Escala gráfica: Esta consiste en una línea recta graduada en unidades correspondiente a las medidas reales del terreno. Cualquier distancia en el plano puede compararse con esta regla (escala gráfica) para determinar la distancia real que representa. La escala gráfica para un plano a 1:100,000 sería de la siguiente manera:



Otro Ejemplo de escala gráfica para un plano 1:2000



Los cálculos de distancias, áreas, pendientes etc. se hacen a partir de la escala numérica casi exclusivamente. La escala gráfica se interpreta con facilidad y tiene la ventaja especial de que conserva su valor al ampliar o reducir un mapa o plano por medios fotográficos o cualquier otra técnica empleada en ampliación y reducción de planos. Es por esta razón que todo trabajo responsable debe llevar las dos escalas, la numérica y la gráfica.

Escalas más usadas en planos topográficos

El valor de la escala va a depender de la importancia del trabajo y del grado de precisión que se requiera, en los planos topográficos por lo general se usan escalas grandes y para tal efecto vamos a dividir en tres grupos las escala por su tamaño.

- *Escala grande: De 1:1200 o menos
- *Escala intermedia: De 1:1200 a 1:12000
- *Escala pequeña: De 1:12000 en adelante.

El Valor de la Escala

Comúnmente se emplean el valor de escala grande y escala pequeña. Esto se refiere al valor de la escala misma en su forma fraccional y no al tamaño de determinado plano o mapa. El mapa mundi que cubre un pizarrón, tiene una escala pequeña (1:40000000) mientras que un fragmento pequeño del mapa turístico de la ciudad de Managua posee una escala mucho mayor (1:30000). Note que el número 1/30000 es mucho mayor que 1/40000000 por la razón de que el valor de una fracción es inversamente proporcional a su denominador. Por lo tanto la escala 1:30000 es mayor que 1:40000000.

Cualidades de una escala grande:

La escala grande nos representa menor superficie por unidad de área dibujada, pero nos representa mayores detalles.

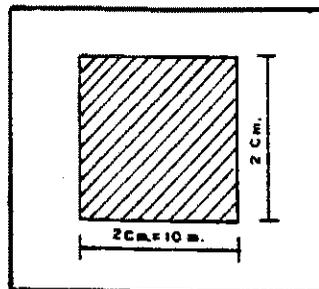
Cualidades de una escala pequeña:

La escala pequeña representa mayor superficie por unidad de área dibujada, pero al aumentar la superficie los detalles disminuyen.

Esto lo vamos a ilustrar con un gráfico. Dibujar un cuadrado de 100 m^2 a escala 1:500 y a escala 1:1000

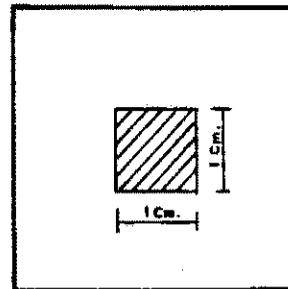
Escala grande : 1:500
1 cm = 5 m

Escala pequeña : 1:1000
1 cm = 10 m



AREA = 100 M²

ESCALA GRANDE 1:500

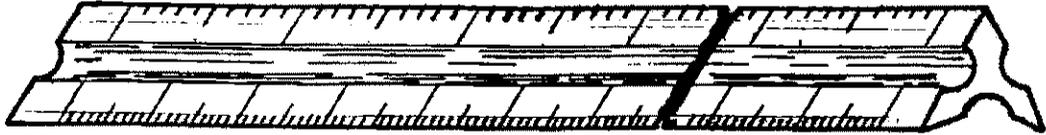


AREA = 100 M²

ESCALA PEQUEÑA 1:1000

Uso del Escalímetro:

El escalímetro es una regla graduada de 30 cm de longitud de forma triangular teniendo 6 escalas diferentes, las cuales se usan para dibujar los planos a las diferentes escalas siendo las más usuales: 1:100; 1:20; 1:25; 1:80; 1:75; 1:50; 1:40.



- 2.6 **Problemas sobre Escala:** Para resolver problemas sobre escala debemos estar claros que las distancias en el plano se deben hacer por lo general en unidades como son los submúltiplos del metro principalmente en centímetros y para el terreno vamos a usar el metro o los múltiplos, principalmente el Km. También hay que tener presente que la escala es adimensional, razón por la que cuando se tiene que calcular la escala los datos del plano y el terreno se deben usar en una misma unidad de medida para que se eliminen y la escala sea adimensional. También cuando se trate de calcular longitud en el plano o en el terreno teniendo la escala, esta se debe usar en su expresión de fracción ($1/E$).

Los problemas de escala los vamos a estudiar tomando en cuenta dos aspectos:

- a) Resolver problemas con unidades de longitud.
- b) Resolver problemas con unidades de Superficie.

a) Problemas con unidades de longitud

En los problemas con unidades de longitud vamos a estudiar los tres casos que se pueden dar

- 1) Conociendo la escala del plano y la longitud medida en el plano, determinar la distancia en el terreno.
- 2) Conociendo la escala y la distancia en el terreno, calcular la distancia que me va a representar en el plano.
- 3) Conociendo la longitud del plano y la distancia del terreno, determinar a qué escala lo puede dibujar.

- 1) Conociendo la escala del plano y la longitud medida en el plano, determinar la distancia en el terreno.

Recordando la fórmula de la Escala

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

Donde: E = Escala

l = Longitud en el plano

L = Longitud en el terreno

Ejemplos: Calcular la distancia en el terreno en metros (m), Kilómetros (Km) y Hectómetros (Hm) si la distancia medida en el plano y la escala son:

<u>Longitud del Plano</u>	<u>Escala</u>
a- 125 dm	1:600
b- 35 cm	1:5000
c- 0.5 m	1:800
d- 2565 mm	1:200
e- 242 cm	1:1
f- 655 mm	1:7500
g- 35 cm	1:10000

Vamos a Resolver detalladamente el ejercicio (a) y (g)

Ejemplo (a)

Datos: Longitud del plano = 125 dm

Escala de dibujo = 1:600

Calcular la distancia en el terreno

Usando la fórmula de la escala

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

Si conocemos l y la Escala entonces despejamos L de la fórmula

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

Sustituyendo los datos en la fórmula

$$L = \frac{125 \text{ dm}}{1/600} = 125 \text{ dm} \times \frac{600}{1} = 75000 \text{ dm}$$

Respuesta:

Distancia en metros = 7500 m (1 dm = 0.1 m)

Distancia en Kilómetro = 7.5 Km (1m =0.001 Km)

Distancia en Hectómetro = 75 Hm (1m =0.01 Hm)

Ejemplo (g)

Datos: Longitud del plano = 35 cm

Escala de dibujo = 1:10000

Calcular la distancia en el terreno

Usando la fórmula de la escala

$$E = \frac{1}{L} \quad \text{Despejando } L = \frac{1}{E}$$

Sustituyendo los datos en la fórmula

$$L = \frac{35 \text{ cm}}{1/10000} = 35 \text{ cm} \times \frac{10000}{1} = 350000 \text{ cm}$$

Respuesta:

Distancia en metros = 3500 m (1 cm = 0.01 m)

Distancia en Kilómetro = 3.5 Km (1 m = 0.001 Km)

Distancia en Hectómetro = 35 Hm (1 m = 0.01 Hm)

Problema: Como alumno ayudante, usted es responsable de planificar una gira de campo en todos - sus aspectos. Para estimar el diesel a -- consumir se desea conocer la distancia que habrá que recorrer. Se dispone de un mapa a escala 1:500000 y el trayecto en el plano mide 13 cm ¿Qué distancia real representa esto?

- 2) Conociendo la escala y la distancia en el terreno -- calcular la distancia que me va a representar en el plano.

Ejemplo: Calcular si se pueden dibujar las siguientes distancias rectas en un plano que tiene de largo 120 cm si las distancias medidas en el terreno y la escala son:

<u>Distancia en el terreno</u>		<u>Escala</u>
a- 35	Km	1:500
b- 1650	m	1:800
c- 2875	Hm	1:1000
d- 35850	dm	1:200
e- 250	Km	1:50000
f- 3865	m	1:7500
g- 98565	dm	1:20000

Vamos a resolver detalladamente el ejercicio (a) y (g)

Ejemplo (a)

Datos: Distancia en el terreno = 35 Km
 Escala a dibujar = 1:500
 Calcular la distancia en el plano?

Usando la fórmula de la escala

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

Si conocemos (L) y la escala, entonces despejamos (l) de la fórmula $l = E \cdot L$

Sustituyendo los datos en la fórmula

$$l = \frac{1}{500} \times 35 \text{ Km} = \frac{35 \text{ Km}}{500} = 0.07 \text{ Km} = 70 \text{ m} = 7000 \text{ cm}$$

Respuesta:

Los 0.07Km es igual a 7000 cm por lo tanto los 35 Km no se puede dibujar en un plano de 120 cm a la escala 1:500

Observación:

Recuerde las cualidades de una escala grande y pequeña - Qué podría hacer en este problema aumentar o disminuir la escala? pruebe con la escala 1:50 y 1:5000.

Ejemplo (g)

Datos: Distancia en el terreno = 98565 dm
 Escala a dibujar = 1:20000
 Calcular la distancia en el plano?

Usando la fórmula de la escala

$$E = \frac{l}{L} \quad \text{Despejando } l = E \cdot L$$

Sustituyendo los datos en la fórmula

$$l = \frac{1}{20000} \times 98565 \text{ dm} = \frac{98565 \text{ dm}}{20000} = 4.93 \text{ dm} = 49.3 \text{ cm}$$

Respuesta:

Los 4.93 dm es igual a 49.3 cm por lo tanto los 98565 dm se puede dibujar en el plano de 120 cm a esa escala.

Problema: Un técnico forestal midió una plantación experimental para poder hacer un croquis de sus diferentes parcelas. La plantación entera es un cuadrado de 400 m x 400 m. Se pretende -- representarla a escala 1:1000 usando una cartulina que mide 0.5 m x 0.5 m ¿Calzará el plano en esa cartulina?

3- Conocida la longitud del plano y la del terreno determinar a qué escala se puede dibujar.

Ejemplo: Calcular a qué escala podemos dibujar en un -- plano que tiene una longitud conocida, las siguientes medidas en el terreno.

<u>Longitud del plano</u>		<u>Longitud del Terreno</u>	
a- 40	cm	500	m
b- 650	dm	9850	m
c- 1255	mm	7.5	Km
d- 550	mm	62	Dm
e- 320	cm	35	Hm
f- 50	mm	68	Dm
g- 6	dm	0.7	Km

Vamos a resolver detalladamente el ejemplo (a) y (g)

Ejemplo (a)

Datos : Longitud del plano = 40 cm
Distancia en el terreno = 500 m
Calcular la escala de dibujo?

Usando la fórmula de la escala

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

Sustituyendo los datos

$$E = \frac{40}{50000 \text{ cm}} = 0.0008$$

$$E = \frac{1}{0.0008} = 1:1250$$

NOTA: Se debe tener presente que como la escala es adimensional, tanto la longitud del plano como la del terreno se deben expresar en la misma unidad, con el objetivo de que se eliminen las unidades expresadas y la escala sea adimensional.

Ejemplo (g)

Datos : Longitud del plano = 6 dm

Distancia en el terreno = 0.7 Km

Calcular la escala de dibujo

Usando la fórmula de la escala

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

Sustituyendo los datos

$$E = \frac{6 \text{ dm}}{7000 \text{ dm}} = 0.000857142$$

$$E = \frac{1}{0.000857142} = 1:1166$$

NOTA: Analicemos la respuesta de este ejercicio; el valor de la escala por lo general debe ser múltiplo de 10, 25 y 50 por lo tanto, la respuesta de este ejercicio puede ser 1:1000 y también 1:1200. Si analizamos los dos valores -- debemos estar claros que siempre la escala se debe redondear al valor inmediato superior ya que si lo hacemos al inmediato inferior, seguro que la distancia no alcanza por la razón de que estamos aumentando la escala. Por lo tanto la respuesta es 1:1200.

Problema: Un reservista quiere calcular la distancia real entre dos puntos A y B en un plano la distancia en el plano es de 100 cm pero al buscar la escala se da cuenta que no la tiene, luego le prestan un plano de la misma zona el cual está dibujado a una escala 1:1000000 y la separación de los puntos A y B es de 30 mm. Con estos datos podría calcular la escala del plano del Reservista.

NOTA: Si usamos la fórmula de la escala $E = \frac{l}{L}$ debemos tener presente de sustituir el valor de la escala en forma de fracción. Si queremos evitar esto y sustituir el valor de la escala como entero, podemos deducir los términos usados en este tipo de problema de la siguiente manera:

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

Donde: $\frac{1}{E}$ = Escala en forma de fracción

l = Longitud del plano

L = Longitud del terreno

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

Entonces:

$$E = \frac{L}{l} ; L = E \cdot l \text{ y } l = \frac{L}{E}$$

2.7 Problemas sobre escala relacionadas con superficies:

En los problemas anteriores solamente se han tratado mediciones lineales, pero también se hace necesario saber calcular las extensiones superficiales, o áreas del terreno. Si se quiere determinar qué superficie de bosques se quemó en la última década para sembrar cultivos anuales, se necesita medir áreas. Para estimar la cosecha de algodón para el próximo año, habrá que calcular primero el área de algodón que se va sembrar. Al establecer potreros para la crianza de ganado, se requiere calcular la extensión para determinar el número de animales que podrá soportar. Para esto vamos a resolver una serie de ejercicios.

1- Una hacienda ganadera tiene la forma de un rectángulo - que aparece con las siguientes dimensiones 12 cm de largo y 8 cm de ancho en un plano a escala 1:5000 ¿Qué área real representa en el terreno?

a) Primero vamos a pasar las dimensiones del rectángulo a su distancia en el terreno y luego aplicamos la fórmula del área del rectángulo $A = L \times a$.

Usando la fórmula de la escala

$$E = \frac{1}{L} \quad \dots \quad L = \frac{1}{E}$$

Sustituyendo los datos

$$\text{Largo} \quad L = \frac{12 \text{ cm}}{1/5000} = 12 \text{ cm} \times \frac{5000}{1} = 60000 \text{ cm}$$

$$\text{Largo} = 600 \text{ metros}$$

$$\text{Ancho} \quad L = \frac{8 \text{ cm}}{1/5000} = 8 \text{ cm} \times \frac{5000}{1} = 40000 \text{ cm}$$

$$\text{Ancho} = 400 \text{ metros}$$

Para calcular el área del rectángulo

$$A = L \times a$$

Sustituyendo las distancias del terreno

$$A = 600 \text{ m} \times 400 \text{ m} = 240000 \text{ m}^2$$

Respuestas: $A = 240000 \text{ m}^2$

$$A = 24 \text{ Hectáreas}$$

También podemos calcular el área en el plano y luego con la escala pasar el área del plano a su área real.

Área del rectángulo en el plano

$$A = 12 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} = 96 \text{ cm}^2$$

Relacionando la escala lineal a unidades de superficie.

$$\text{Escala} = 1:5000$$

$$1 \text{ cm} = 50 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm}^2 = (50\text{m})^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = 2500 \text{ m}^2$$

Planteando una regla de tres podemos decir

$$1 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2500 \text{ m}^2$$

$$96 \text{ cm}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x = \frac{96 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ m}^2}{1 \text{ cm}^2} = 240000 \text{ m}^2$$

Respuestas: $A = 240000 \text{ m}^2$

$A = 24 \text{ Hectareas}$

2- En un fotomapa de un terreno agrícola a escala - - 1:30000 aparecen 20 manchas circulares que representan plantíos de caña con riego pivotante. Cada mancha tiene un diámetro de 3 mm en el mapa ¿Qué área de caña hay sembrada?

a) Primero vamos a calcular el diámetro del círculo a su distancia real en el terreno.

Usando la fórmula de la escala

$$E = \frac{1}{L} \quad \therefore L = \frac{1}{E}$$

Sustituyendo los datos

$$\text{Diámetro} \quad L = \frac{3 \text{ mm}}{1/30000} = 3 \text{ mm} \times \frac{30000}{1} = 90000 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro} = 90 \text{ metros}$$

Sustituyendo el diámetro en la fórmula del círculo $A = \pi r^2$ o también $A = \pi \frac{d^2}{4}$

$$A = \frac{\pi(90)^2}{4} = 6361.7 = 6362 \text{ m}^2$$

Respuesta: Área de cada círculo 6362 m^2

$$\text{Área de los 20 círculo} = 127240 \text{ m}^2$$

b) También podemos calcular el área que representa cada círculo en el plano y pasarlo al área real en -- función de la escala.

Área del círculo en el fotomapa

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad \therefore \quad A = \frac{\pi (3 \text{ mm})^2}{4} = 7.0685 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del círculo del plano} = 7.0685 \text{ mm}^2$$

Relacionando la escala lineal a unidades de superficies.

$$\text{Escala} = 1:30000$$

$$1 \text{ mm} = 30 \text{ m}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 900 \text{ m}^2$$

Planteando una regla de tres

$$1 \text{ mm}^2 \text{ --- } 900 \text{ m}^2$$

$$7.0685 \text{ mm}^2 \quad x = \frac{7.0685 \text{ mm}^2 \times 900 \text{ m}^2}{1 \text{ mm}^2} = 6361.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area real de cada círculo} = 6362 \text{ m}^2$$

$$\text{Respuesta: Area de los 20 círculos} = 127240 \text{ m}^2$$

Se quiere dibujar en un plano un terreno de forma circular el cual tiene un área de 58000 m^2 . Usando una escala de 1:7500

Observación: Para poder trazar en el campo un área circular se necesita conocer un dato; este dato es el radio (r) o el diámetro (d) conocido este dato, podemos trazar cualquier área circular tanto en el terreno como en el mapa.

a). Primero vamos a calcular el radio que se necesitó para trazar la circunferencia de 58000 m^2 en el campo.

Area de la circunferencia es igual a:

$$A = \pi r^2$$

Despejando el radio que es el dato que necesito conocer.

$$r^2 = \frac{A}{\pi} \quad \dots \quad r = \sqrt{A/\pi}$$

Sustituyendo los datos en la fórmula

$$r = \frac{\sqrt{58000 \text{ m}^2}}{3.14159} = r = 135.87 \text{ m}$$

Teniendo el radio que se usó en el terreno, solamente sería pasar esta distancia al plano usando la escala.

Usando la fórmula de la escala.

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

Despejando la longitud en el plano

$$l = E \cdot L$$

Sustituyendo los datos

$$l = \frac{1}{7500} \times 135.87 \text{ m} = 0.01811 \text{ m}$$

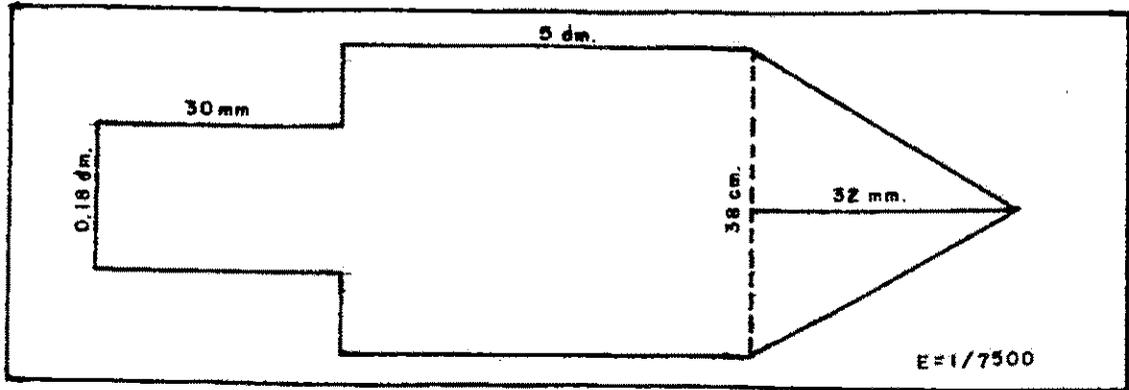
$$0.01811 \text{ m} = 1.81 \text{ cm}$$

Respuesta: Con un radio de 1.81 cm se puede dibujar en un plano una circunferencia de 58000 m² a una escala 1:7500.

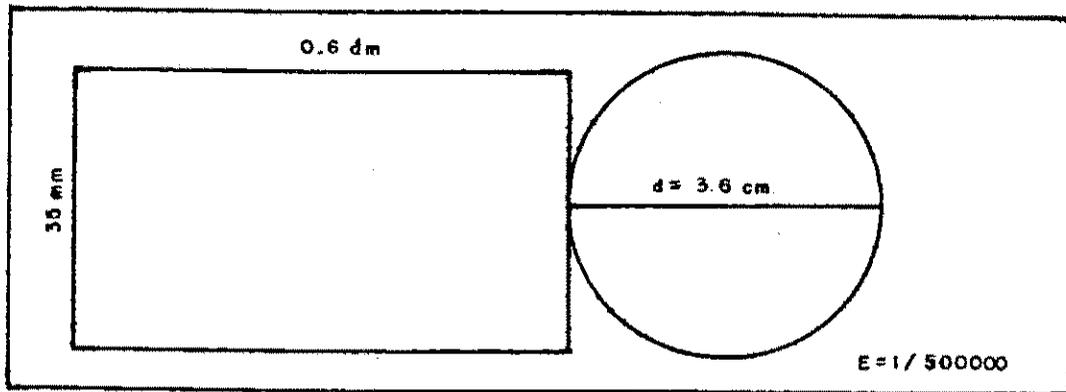
PROBLEMAS PROPUESTOS

- 1 - Si la escala de un plano es 1:500 entonces complete lo siguiente:
- a - 5mm en el plano representan _____ metros en el terreno
 - b - 500 dm en el plano representan _____ metros en el terreno
 - c - 0.35m en el plano representan _____ Km en el terreno
 - d - 1.95 dm en el plano representan _____ Km en el terreno
 - e - 12.8 cm en el plano representan _____ Km en el terreno
 - f - 0.0005 Km en el plano representan _____ m en el terreno
 - g - 15 cm en el plano representan _____ cm en el terreno
 - h - 0.35 m en el plano representan _____ m en el terreno
 - i - 35 mm en el plano representan _____ dm en el terreno
 - j - 0.0009 Km en el plano representan _____ mm en el terreno
- 2 - Si la escala de un plano es 1:100000 entonces complete lo siguiente:
- a - 1 cm² en el plano representan _____ m² en el terreno
 - b - 20 mm² en el plano representan _____ Há en el terreno
 - c - 15 dm² en el plano representan _____ Km² en el terreno
 - d - 20 cm² en el plano representan _____ Há en el terreno
 - e - 10 mm² en el plano representan _____ Km² en el terreno
 - f - 20 dm² en el plano representan _____ Ha en el terreno
 - g - 1 m² en el plano representan _____ Ha en el terreno
 - h - 1 m² en el plano representan _____ Km² en el terreno
- 3 - Si la escala de un plano es 1:250000 entonces complete lo siguiente:
- a - 5 mm² en el plano representan _____ Km² en el terreno
 - b - 10 dm² en el plano representan _____ Ha en el terreno
 - c - 5 cm² en el plano representan _____ Km² en el terreno
 - d - 10 mm² en el plano representan _____ Ha en el terreno
 - e - 5 cm² en el plano representan _____ m² en el terreno
- 4 - En un mapa a escala 1:100000 se tiene marcada un área de 185.9 cm² el área que ocupa el plano es de café en la región de Carazo; si la producción se estima 15 qq por Mz, calcular la producción total de la región de Carazo ubicada en el mapa.

- 5 - Calcular el área que representa en el terreno la figura dibujada en el plano a una escala 1:7500 expresar el área en Mz y Há.



- 6 - Calcular el área que representa en el terreno la figura dibujada en el plano a una escala 1:500000 expresar el área en Há y Mz.



- 7 - Calcular el área que cubre una fotografía aérea en Km^2 si la escala de la foto es 1:50000 y tiene un formato de $13 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}$.
- 8 - Calcular el área que cubre una fotografía aérea en Km^2 si la escala de la foto es 1:30000 y tiene un formato de $23 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$.
- 9 - Se quiere dibujar en un plano a escala 1:50000 un terreno de forma cuadrada con un área de 100 Km^2 calcular las longitudes de los lados del cuadrado en el plano en cm .

CAPITULO No. III MEDIDAS LINEALES Y REGISTRO DE DATOS

3.1 Aspectos Generales

En topografía, distancia entre dos puntos se entiende que es la distancia horizontal, aunque con frecuencia se miden inclinadas y se reducen a su equivalente en su proyección horizontal antes de usarse, por medio de datos auxiliares que son pendiente o ángulo vertical.

3.2 Medidas lineales

El método más común de determinar una distancia es por la medida directa, por medio de una cinta, a esta operación se le llama cadenamamiento y su ejecución necesita dos personas llamadas cadeneros (delantero y trasero).

La medida de distancia de dos puntos puede hacerse:

- 1) Medida directas (con longímetro o cintas)
- 2) Medidas Indirectas (con telémetros)

1. Medidas Directas

Es la realizada con cintas (cadena) directamente sobre el terreno.

- a) Cintas de acero con longitudes de 10, 15, 20, 25, 30 y 50 mt.
- b) Cintas de tela con entramado metálico.
- c) Cintas de fibra de vidrio.
- d) Cintas de metal invar (usadas en levantamiento geodésicos)

2. Medidas Indirectas

- a) Estadia y teodolito
- b) Mediante transmisión de ondas (ondas de radio y ondas luminosas).

3.3 Medición con cinta

A la operación de medir una distancia con cinta se le llama cadenear. Las cintas más comunes que se usan en la actualidad están hechas de diferentes materiales, peso y longitud, las más comunes son las de tela y acero.

- a) **Cintas de acero:** Se emplean para medidas de precisión las longitudes más comunes en que vienen son 20, 25, 30 y 50 mt. Estas traen graduado en decímetros el primer metro y algunas también el último metro.
- b) **Cintas de tela:** Están hechas de material impermeable y llevan un entretejido de delgados hilos de acero o bronce para evitar que se alarguen, generalmente vienen en longitudes de 10, 20 y 30 mt. Estas cintas no se usan para levantamientos de grandes extensiones y de mucha precisión.
- c) **Cintas de metal invar:** Se emplean para levantamiento de alta precisión ya que el invar es una aleación de acero y níquel a la que afectan poco los cambios de temperatura. Debido a su alto costo es de poco uso en levantamiento topográfico.

3.3.1 Equipo necesario en medición con cinta

Piquetes: (fichas de acero) son generalmente de 25 a 40 cm. de longitud, en el extremo tienen punta y en el otro una argolla. Se emplean para marcar los extremos de la cinta durante el proceso de la medida de la distancia entre dos puntos que tienen una separación mayor que la longitud de la cinta empleada. Un juego de fichas consta de 11.

Jalones: (Balizas) son de metal o madera con una punta de acero que se clava en el terreno, se usan como señales temporales para indicar la posición de puntos o la dirección de líneas. Su longitud oscila entre 2 y 3 metros, son de sección circular u ortogonal, están pintadas en franjas de 25 y 50 cm. de color rojo y blanco alternos.

Plomadas: Tienen peso de 12 y 16 onzas, generalmente son de latón, llevan una punta cambiabile de acero y un dispositivo para ponerle la manila de manera que queda centrado. Su uso es para proyectar las longitudes de la cinta sobre el terreno, dar vista sobre puntos etc.

Cintas: De todos los tipos mencionados anteriormente

Medición con cinta: Para medir una distancia entre dos puntos fijos ya sea en terrenos planos o inclinados el equipo es el siguiente:

- a) Una cinta
- b) Dos (2) plomadas

c) Un juego de 11 fichas o piquetes.

d) Jalones.

La medida la efectúan dos personas y se llaman: cadenero delantero y cadenero trasero.

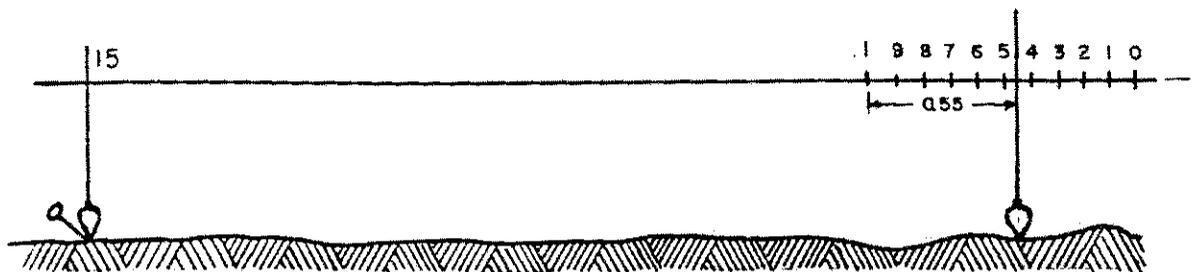
Funciones del cadenero delantero: Lleva el cero de la cinta, lleva un juego de fichas (11 piquetes) y es el encargado de tensar la cinta.

Funciones del cadenero trasero: Sostiene la cinta en 25 mt., sostiene la tensión que efectúa al cadenero delantero, es el encargado de alinear al cadenero delantero y recoge las fichas uno por cada cintada.

3.3.2 Medición de distancias en Terrenos Planos

La medición de distancia con cinta en terrenos planos no presenta ningún problema ya que la cinta (cadena) se puede extender en toda su longitud. El cadenero delantero es el encargado de llevar el juego de fichas e ir colocando una en cada cintada, la que el cadenero trasero tiene que ir recogiendo para al final darse cuenta cuántos cadenasos (cintadas) se dieron y así determinar la distancia medida. Lo importante que hay que tener en cuenta es que los dos cadeneros tienen que mantener la cinta de una forma horizontal y al mismo tiempo libre de todo obstáculo. En lo que corresponde a la última parte de la medida, siempre hay que tener en cuenta de que el cadenero trasero debe ponerse en un número cerrado en la última ficha y el cadenero delantero restarle un metro a esa cantidad y agregarle los decimales del metro graduado para determinar la distancia entre los dos puntos, sumándole el número de cintadas en función del número de fichas que tenga el cadenero trasero.

Ejemplo: Cinta de 25 metros



* Si el cadenero trasero entregó 4 fichas la distancia sería de 114.55 metros.

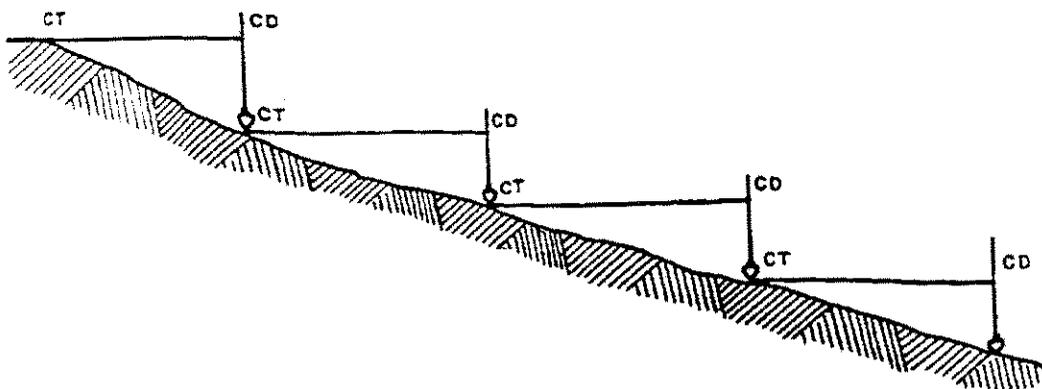
3.3.3 Medición de distancias en Terrenos Inclinados

En la medición de distancias en terrenos inclinados se puede usar el nivel de mano para mantener en forma horizontal la cinta, aunque con cierta experiencia en la operación de medir distancias, se puede mantener horizontalmente la cinta que es el requisito principal en la medición de una distancia ya sea en terrenos planos o inclinados. En terrenos con pendientes mayores del 7% se hace imposible extender en toda su longitud la cinta de 25 metros y mantenerla horizontalmente, es por esta razón que la distancia se tiene que medir en tramos que van a estar en función del grado de la pendiente. En esta medida se presentan dos casos:

- a) Cuando la medición se realiza bajando la pendiente.
- b) Cuando la medición se realiza subiendo la pendiente.

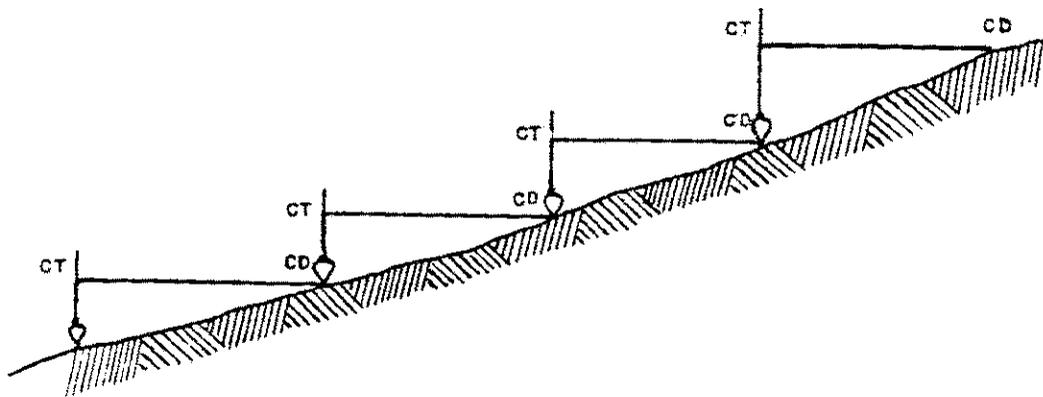
Para el primer caso, lo que podemos notar es la posición que deben tomar los cadeneros para mantener horizontal la cinta. La posición del cadenero trasero es lo más bajo que se permite, si el terreno está libre de obstáculos (malezas) perfectamente puede apoyar la cinta contra el punto marcado en el suelo, en cambio el cadenero delantero mantendrá la plomada lo más alto, hasta lograr la horizontalidad deseada, en esta posición el mayor esfuerzo lo realiza el cadenero delantero, ya que debe tener cuidado de mantener lo más fijo la proyección de la plomada sobre el terreno. Con la siguiente gráfica vamos a ilustrar lo escrito anteriormente.

Gráfica de medición de distancia bajando la pendiente.



Para el segundo caso que es subiendo la pendiente la forma de medición sigue el mismo procedimiento con la variable de que la posición de los cadeneros se invierten con respecto al primer caso. Este caso también lo vamos a ilustrar con una gráfica para apreciar mejor el procedimiento de medición de una distancia subiendo la pendiente.

Gráfica de medición de distancia subiendo una pendiente.



3.4 Fuentes de error en medición con cinta

Los errores que se cometen al medir una distancia se puede deber a:

- 1) Longitud incorrecta de la cinta (cinta más larga o más corta).
- 2) Alineamiento imperfecto de la cinta
- 3) Variación de temperatura.
- 4) Variaciones de la tensión.
- 5) La curva que forma la cinta (catenaria)
- 6) Imperfecciones en la observación

1) **Longitud incorrecta de la cinta:** Se determina por la longitud de la cinta, comparándola con un patrón. Si la longitud de la cinta es mayor que la correcta (patrón) el error es negativo y por tanto la corrección será positiva y viceversa. Para este caso vamos a ver un ejemplo.

Problema:

La longitud de una línea medida con una cinta de 20 metros resultó ser de 112.85 mt. y se encontró que al compararla con una cinta patrón esta era 0.08 mt.. más larga. ¿Cuál es la longitud real de la línea medida?

Para resolver este problema vamos a usar la fórmula siguiente.

$$Cl = \frac{i - l'}{l'}$$

Donde: Cl = Factor de corrección que debe aplicarse a la longitud medida para obtener la corrrecta.

l = Longitud real de la cinta.

l' = Longitud nominal de la cinta.

Determinando el factor de corrección lo sustituimos - en la siguiente fórmula.

$$T = L \pm (Cl \cdot L)$$

Donde: T = Longitud Total.

Cl = Factor de corrección.

L = Longitud medida.

Datos:

Longitud real de la cinta = 20.08 mt

Longitud nominal de la cinta = 20 mt

Longitud de la línea medida = 112.85

-Primer paso: Vamos a calcular el factor de corrección.

$$Cl = \frac{l - l'}{l'} = \frac{20.08 \text{ mt} - 20 \text{ mt}}{20 \text{ mt}} = 0.004 \text{ mt (Positivo)}$$

-Segundo Paso: Sustituyendo Cl en la longitud total con su signo.

$$T = L \pm (Cl \cdot L)$$

$$T = 112.85 + (0.004 \times 112.85) = 113.30 \text{ mt.}$$

$$T = 113.30 \text{ mt}$$

Observación: Si nos fijamos en el factor de corrección (Cl) este puede ser positivo o negativo y prácticamente nos indica si el error se suma o se resta.

Problema:

Se midió en el campo la distancia entre el punto A y B con una cinta de 20 metros y la distancia resultó ser de 180.02 mt, luego se comprobó la cinta de 20 mt. con un patrón y resultó que era 0.02 mt. más corta. ¿Cuál es la verdadera distancia entre A y B?

Datos:

Longitud nominal de la cinta = 20 mt.

Longitud real de la cinta = 20 - 0.02 = 19.98 mt.

Longitud de la línea medida = 180.02 mt.

$$C_1 = \frac{19.98 - 20}{20} = 0.001 \text{ (negativo)}$$

$$T = L \mp (C_1 \cdot L) \quad \therefore \quad T = 180.02 - (0.001 \times 180.02) = 179.84$$

$$T = 179.84 \text{ mt.}$$

Problema en casa:

Se midió la distancia entre dos puntos con una cadena de 25 metros y la distancia resultó de 240.85 mt. luego se comparó la cinta de 25 mt con una patrón y resultó ser 0.1 mt, más larga. ¿Cuál es la verdadera distancia que se midió?

Nota:

En los problemas de longitud incorrecta de la cinta se presentan dos casos con los cuales hay que tener mucho cuidado para no confundirlos y son los siguientes:

- a) Cuando se mide la distancia en el campo con la cinta de longitud incorrecta.
- b) Cuando se trata de establecer una determinada distancia en el campo con una cinta de longitud incorrecta.
 - a) Cinta es más larga el error se suma.
Cinta es más corta el error se resta.
 - b) Cinta es más larga el error se resta.
Cinta es más corta el error se suma.

- 2) **Alineamiento imperfecto de la cinta:** El error cometido en el alineamiento imperfecto de la cinta es un error - sistemático, positivo y variable. **Es positivo** porque - al efectuar una medición fuera de la alineación esta distancia siempre resulta mayor que la efectuada sobre la verdadera alineación. **Es variable** porque varía conforme la distancia que se aleje el cadenero delantero de la -- verdadera alineación. Este error es de poca importancia pues una desviación de 30 cm. para una cintada de 30 metros apenas produce un error de 1.5 mm.

La corrección por alineamiento es igual a:

$$CH = \frac{h^2}{2S}$$

Donde: Ch = Corrección debido a la pendiente o alineamiento.

h = Distancia que se salió del alineamiento.

S = Distancia medida fuera del alineamiento.

- 3) **Variación de temperatura:** Los errores debido a la variación de temperatura se reducen mucho utilizando cintas - de metal invar. Las cintas de metal se dilatan al aumentar la temperatura y se contraen cuando la temperatura - disminuye. Este error es significativo en medidas de -- precisión en tiempos extremadamente fríos o calientes.

La corrección por temperatura es igual a:

$$Cf = K (T - T_0) L$$

Donde: Cf = Corrección por temperatura

K = Coeficientes de dilatación o contrac-- ción.

T = Temperatura de la cinta cuando se hace la medición.

T₀ = Temperatura de patronamiento de la cinta.

L = Longitud medida.

* El acero tiene un coeficiente de dilatación térmica de 0.000017 metros por cada grado centígrado.

4) **Variaciones de la Tensión:** Las cintas, siendo elásticas se alargan cuando se les aplica una tensión. Si ésta es mayor o menor que la que se utilizó para compararla, la cinta resultará larga o corta con relación al patrón. Este error sistemático es despreciable excepto para trabajos precisos.

5) **La curva que forma la cinta (Catenaria):** Se comete este error cuando la cinta no se apoya sobre el terreno sino que se mantiene suspendida por sus extremos, formando entonces una curva llamada catenaria. La corrección por catenaria es igual a:

$$C_s = \frac{w^2 L^3}{24 p^2} \quad \frac{W^2 L}{24 p^2}$$

Donde: C_s = Corrección entre los puntos de apoyo dada en metros.

w = Peso de la cinta en Kg/mt. (peso unitario)

W = Peso total de la cinta que está entre apoyo en Kg.

L = Distancia entre los apoyos en mt.

P = Tensión aplicada en Kg.

6) **Imperfecciones en la observación:** Los errores de plomada, lectura de la cinta y colocación de las agujas o fichas, son errores accidentales. De estos errores únicamente tiene importancia el debido a defectos de posición de la plomada, el error probable por kilómetro sería de unos 10 cm. El error probable debido a la colocación de las agujas y a la lectura de la cinta puede ser de 2 cm. por kilómetro, estos errores no pueden eliminarse pero - su efecto sobre el error total resultante es de poca importancia. Se consigue reducir estos errores accidentales poniendo gran atención y cuidado en las mediciones.

3.5 Equivocaciones que se dan al medir con cinta.

Entre las principales tenemos:

- 1) Añadir o quitar una cintada completa, esto se evita dándole uso a las fichas o agujas.
- 2) Añadir un metro generalmente al medir la fracción de la distancia este error se puede evitar verificando nuevamente la lectura.
- 3) Cuando se toman otros puntos diferentes de los marcados en la cinta como origen o extremo de la cinta. Esto se evita conociendo bien la cinta antes de efectuar la medición.
- 4) Lectura incorrecta de los números 6 y 9. Esto se evita leyendo el número anterior o posterior de la cinta.
- 5) Al dictar las cantidades a un anotador se debe estar seguro de que este haya escuchado correctamente y procurar dictar correctamente los decimales, puntos y ceros.

Grados de perfección al medir con cinta

- 1) En levantamientos que no exigen mucha precisión se procura mantener al ojo la horizontalidad de la cinta, aunque lo más conveniente es hacerlo con un nivel de mano.
- 2) Usar la plomada para proyectar los extremos de la cinta sobre el terreno y aplicar una tensión conveniente.
- 3) No se acostumbra hacer correcciones por catenaria, temperatura o tensión. Con esas especificaciones generalmente el grado de precisión que se obtiene varía de 1/1000 a 1/2500.

* En la mayor parte de los casos la longitud de las líneas medidas resulta mayor que la real pues los errores de mayor magnitud tienden a hacer más corta la cinta.

- a) Si los cadeneros no son muy expertos y no aplican la tensión adecuada el grado de precisión máximo que se puede lograr es 1:1000.
- b) En un terreno plano y con cierta experiencia se puede lograr una precisión de 1/5000 la cual se considera buena.
- c) Midiendo sobre una superficie lisa (terreno pavimentado) se puede lograr una precisión

de 1/10000 que es la mayor que se puede lograr.

- d) Para levantamientos geodésicos se emplean termómetros y dinamómetros para controlar la temperatura y tensión de la cinta y efectuando todas las correcciones - se puede esperar una precisión de hasta 1/20000.

3.6 Problemas que se resuelven con la cinta

Entre los problemas que se resuelven con cintas, tenemos los siguientes:

- 1) Trazado de perpendiculares.
- 2) Medición de una distancia cuando se presenta un obstáculo.
- 3) Medición de ángulos y su replanteo.
- 4) Trazo de alineamientos entre puntos invisibles uno de otro.

1) **Trazado de perpendiculares:** Para el trazado de perpendiculares se dan dos situaciones las cuales son:

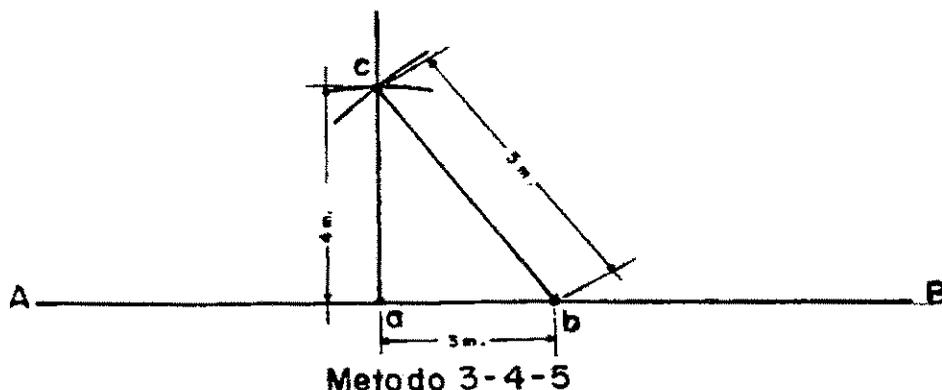
- a) Levantar una perpendicular en cualquier punto sobre una línea.
- b) Desde un punto exterior a un alineamiento bajar una perpendicular a éste.

a) **Levantar una perpendicular en cualquier punto sobre una línea:** En las dos situaciones vamos a estudiar dos métodos los cuales son: El método 3-4-5 y la cuerda bisecada.

Método 3-4-5: En todo triángulo cuyos lados estén en la proporción 3-4-5 es un triángulo rectángulo, ya que cumple con el teorema de Pitágora $5^2 = 3^2 + 4^2$ para levantar una perpendicular en un punto que está sobre una recta se hace lo siguiente:

1. Se miden 3 metros sobre el alineamiento de la recta AB a partir del punto a sobre el cual queremos levantar la perpendicular y ponemos el punto b.
2. Luego haciendo centro en el punto b y con un radio de 5 metros trazamos un arco en dirección de donde necesitamos la perpendicular.

3. Luego haciendo centro en el punto a y con un radio de 4 metros trazamos un arco que nos intersecta el arco anterior y en dicha intersección vamos a colocar el punto c.
4. Se coloca un jalón en el punto a y en el punto c y se prolonga esta línea la cual es perpendicular a la línea AB hasta la distancia que tenga que utilizar. Vamos graficar esto para aclarar dudas.



AB = Recta sobre la cual está el punto.

a = Punto a partir del cual se quiere levantar una perpendicular a la recta AB.

b = Punto situado a 3 metros de a sobre la recta AB. Esta distancia de 3 metros también puede ser un múltiplo ej: 6, 9, 12, 15, 24, etc.

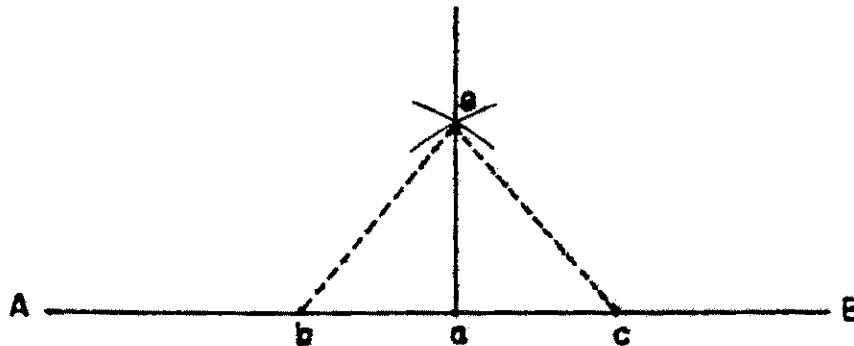
c = Punto que resulta de la intersección del arco trazado en b con radio de 5 metros o múltiplo y con el arco trazado en a con radio de 4 metros o múltiplo.

ac = Recta perpendicular a la recta AB.

Método de la cuerda bisecada: Para trazar una perpendicular por el método de la cuerda bisecada vamos a realizar los siguientes pasos:

1. Si mide una distancia que puede ser 3, 5, 7, 10 etc. metros a ambos lados del punto a sobre el cual vamos a levantar la perpendicular y se ubican los puntos b y c de tal forma que $ab=ac$

2. Se trazan arcos a partir de los puntos b y c con un radio mayor que la distancia ab en la dirección donde necesitamos la perpendicular.
3. En la intersección de los dos arcos vamos a ubicar el punto e de tal forma que a y e forman una recta perpendicular a la recta AB . Vamos a graficar esto para aclarar dudas.



Método de la cuerda bisecada

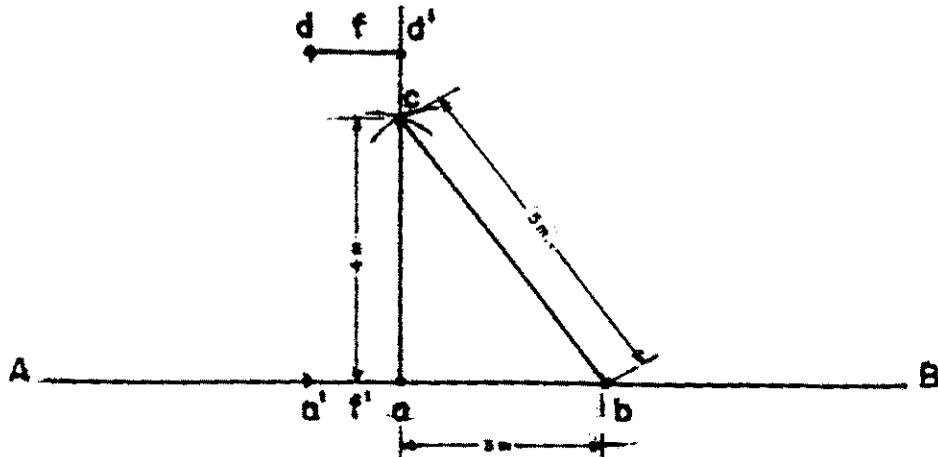
- AE = Recta sobre la cual se va a levantar la perpendicular.
- a = Punto a partir del cual se quiere levantar la perpendicular.
- c = Punto colocado sobre la recta AB a una distancia arbitraria de a .
- b = Punto colocado sobre AB a una distancia de a igual a la distancia ac .
- e = Punto donde se intersectan los arcos con un radio mayor que la distancia ab y ac el cual es perpendicular a la recta AB .

- b) Desde un punto exterior a un alineamiento bajar una perpendicular a este: Para esta situación vamos a ver los dos métodos.

Método 3-4-5: Para levantar una perpendicular de una línea que pase por un punto se realiza lo siguiente:

1. Cuando necesitamos levantar una perpendicular que pase por un punto exterior a un alineamiento lo primero que se hace es elegir un punto al ojo sobre la recta que se cree que pasa por el punto que está exterior a la recta.
2. Luego se realiza el procedimiento anterior descrito en levantar una perpendicular en cualquier punto sobre una línea.

3. Luego se proyecta la perpendicular y si no pasa por el punto exterior a la recta, se mide la distancia del punto donde se quiere que pase y el punto levantado al ojo, luego esa distancia se corre sobre la base del punto que está sobre la recta.

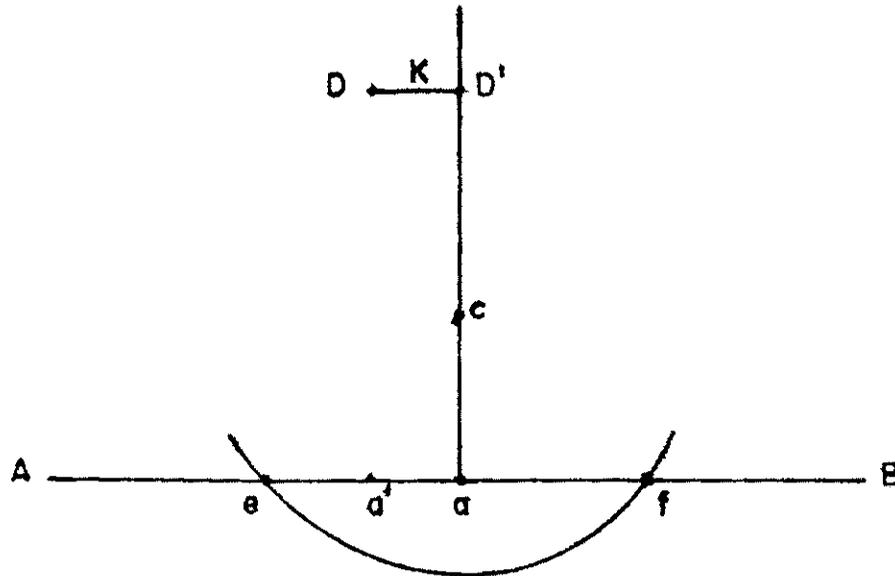


- d = Punto exterior a la recta AB por donde debe pasar la perpendicular levantada sobre la recta AB.
- d' = Punto perpendicular a la recta AB levantado a partir del punto a seleccionado al ojo y como podemos notar en el gráfico no pasa por el punto deseado que es d .
- f = Distancia del error que se cometió al levantar la perpendicular al ojo y el punto por donde quiero que pase.
- f' = Distancia que debo correr el punto a que debe ser igual a f (error) para que sea perpendicular a d .
- a' = Punto corrido sobre la recta AB el cual con el punto d forman una recta perpendicular a la recta AB.

Método de la cuerda bisecada:

1. Se toma al ojo un punto c que esté encima de la recta, este punto c debe estar a una distancia menor que la longitud de la cadena (cinta) y suponer que pasa por el punto deseado (ver gráfica).
2. Haciendo centro en c se traza un arco con un radio mayor que la distancia de c a la recta AB con el objetivo que corte en dos puntos a la recta AB para colocar sobre la recta los puntos e y f .

3. Se mide la distancia de e a f y se sitúa el punto a a la mitad de la distancia ef .
4. Se unen los puntos c y a y se prolonga hasta el punto deseado y como lo más seguro es que no pase por el punto deseado se realiza la misma operación de medir la distancia y correr el punto a sobre la recta AB .



Método de la cuerda bisecada

- D = Punto por donde debe pasar la perpendicular levantada en la recta AB .
- c = Punto seleccionado al ojo que se cree que pasa por D .
- e y f = Puntos por donde se corta la recta AB por el arco que se traza haciendo centro en c con un radio mayor que la distancia ca .
- a = Punto ubicado sobre la recta AB situado a la mitad de la distancia ef el cual con el punto c forman una recta perpendicular a la recta AB .
- D' = Prolongación de la recta ca el cual nos determina si la perpendicular pasa o no por el punto deseado D .
- K = Distancia que se debe corregir el punto a para que la perpendicular pase por D .
- a' = Punto corregido el cual con el punto D son perpendicular a la recta AB .

2) **Medición de una distancia cuando se presenta un obstáculo:** En la medición de una distancia cuando se presenta un obstáculo vamos a ver tres casos los cuales son:

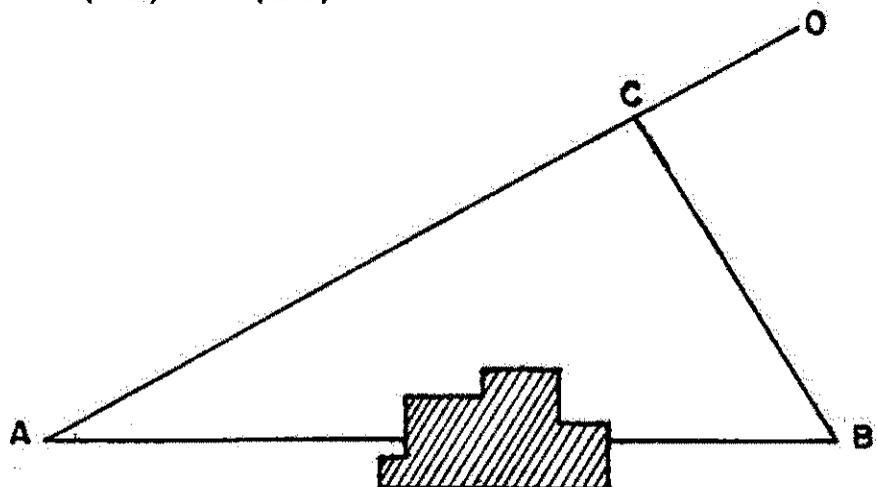
- a) Formando triángulos rectángulos.
- b) Por relación de triángulos semejantes.
- c) Por líneas paralelas.

a) **Formando triángulos rectángulos:** Vamos a describir los pasos a seguir y luego vamos a hacer un gráfico para ayudarnos a aclarar cualquier duda

Pasos

1. Se traza una línea auxiliar AO que pase fuera del obstáculo y que se pueda ver el punto B.
2. A partir de la línea auxiliar AO se levanta una perpendicular por cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente (método 3-4 o cuerda bisecada) dándose el caso de levantar una perpendicular que pase por un punto en este caso B.
3. Teniendo la perpendicular CB se procede a medir las distancias CB y AC y con estos datos se calcula la longitud AB aplicando el teorema de pitágoras.

$$AB = \sqrt{(AC)^2 + (BC)^2}$$



Nota

Si la distancia BC es menor que la longitud de la cinta entonces la perpendicular se puede trazar por medio de la cuerda bisecada a partir de B, pero si la distancia es mayor entonces la perpendicular se tiene que levantar de la línea auxiliar AO y que pase por B por cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente.

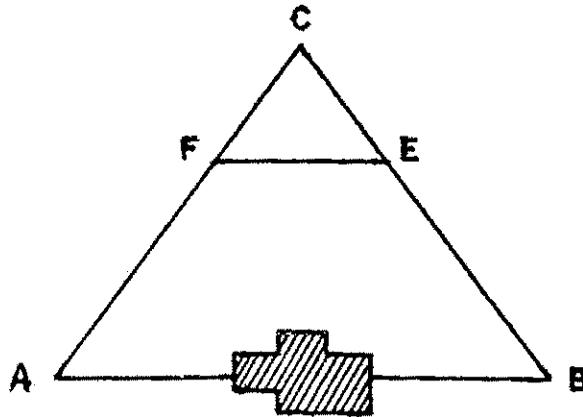
b) Por relación de triángulos semejantes: Se trata de medir la distancia AB y se presenta un obstáculo.

Pasos

1. Se ubica un punto C desde el cual podamos ver los puntos A y B.
2. Se mide la distancia AC y BC.
3. Se ubica el punto F el cual debe estar a una distancia de C de $\frac{1}{2}$ ó de $\frac{1}{3}$ de la distancia CA.
4. Se ubica el punto E el cual debe estar a una distancia de C de $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{3}$ de la distancia CB.
5. Se mide la distancia FE y con estas distancias medidas podemos calcular la distancia AB.

Datos:

Distancia : AC
Distancia : CB
Distancia : EF
Distancia : CF
Distancia : CE

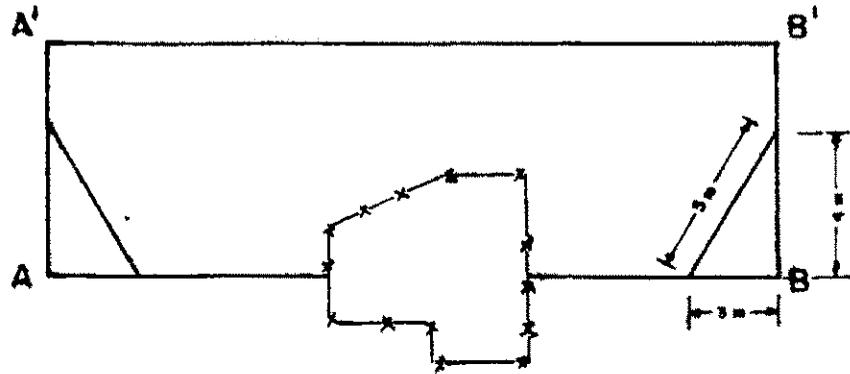


Por relación de triángulos obtenemos la distancia AB.

$$\frac{CF}{AC} = \frac{CE}{CB} = \frac{FE}{AB}$$

c) **Por líneas paralelas:** Este método se usa si el obstáculo no impide ver el alineamiento de la línea AB o en el caso de que las ordenadas (perpendiculares) a levantar sean bien cortas.

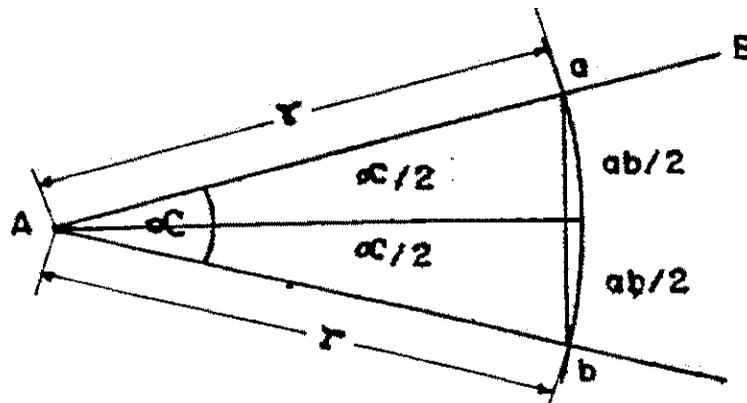
Con ayuda del gráfico vamos a describir los pasos para la medición.



Pasos:

1. Se levantan perpendiculares por los métodos descritos anteriormente, siendo más favorable el método 3-4-5.
2. Se ubican los puntos A', B' los cuales van a estar fuera del obstáculo y a igual distancia de tal forma que $AA' = BB'$.
3. Luego se mide la distancia A', B' y su longitud va a ser igual a la distancia AB.

3) **Medida de ángulos con cinta:** En la medida de un ángulo con cinta vamos a realizar la gráfica y luego describiremos los pasos a seguir.



Pasos

1. Se hace centro en A y con un radio de 20 metros (o el radio más conveniente para cada caso) se traza por medio de la cinta un arco que corte las líneas AB y AC para ubicar los puntos a y b.
2. Se mide la distancia de la cuerda ab

De la figura obtenemos:

$$\text{Sen } \alpha / 2 = \frac{\frac{ab}{2}}{r}$$

$$\text{Sen } \alpha / 2 = \frac{ab}{2r}$$

$$\alpha / 2 = \text{arco sen } \frac{ab}{2r}$$

$$\alpha = 2 \text{ arco sen } \frac{ab}{2r}$$

* Con lo cual queda determinado el ángulo.

Si se trata de construir el ángulo dado sobre el terreno a partir de un alineamiento tal como AB y con vértice en A, entonces de la misma fórmula deducimos el valor de la cuerda ab y como el ángulo es conocido tenemos:

$$\text{Sen } (\alpha / 2) = \frac{ba}{2r}$$

$$ba = \text{Sen } (\alpha / 2) \cdot 2r$$

r = Radio se selecciona el más conveniente para cada caso.

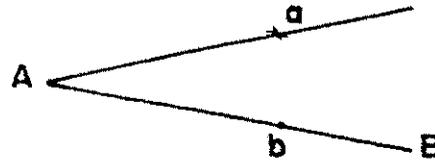
Para su replanteo en el campo los pasos son:

1. Determinar el alineamiento AB y el vértice en A y con la fórmula deducimos el valor de la cuerda ab y el valor del radio que seleccionamos para determinar la cuerda ab.

2. Se localiza el punto **b** sobre el alineamiento **AE** a la distancia del radio seleccionado.
3. Luego haciendo centro en **b** y con un radio igual a la distancia de la cuerda **ab** se traza un arco.
4. Haciendo centro en el vértice **A** y con un radio igual al del punto **b** se traza un arco y en la intersección con el arco, trazado con el radio **ab** determinamos el punto **a** luego se prolonga esta línea quedando replanteado el ángulo.

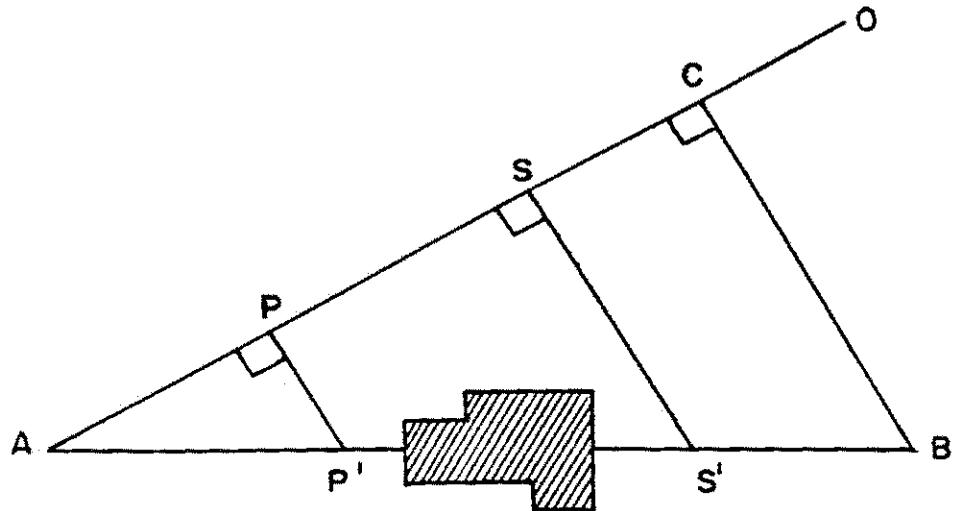
Gráfica:

AB = conocida
ab = conocida
r = conocido



- 4) **Alineación entre puntos con obstáculo:** El alineamiento entre dos puntos visible el uno del otro no presenta gran problema, ya que este se puede solucionar poniendo puntos intermedios con jalones llamados auxiliares. El problema se presenta cuando se trata de determinar el alineamiento entre dos puntos invisibles el uno del otro por algún obstáculo. Para esto vamos a ver un ejemplo: Determinar el alineamiento entre los puntos **A** y **B** a través del obstáculo.

Gráfica:



Procedimiento

1. Se traza una línea auxiliar **AO** de tal forma que pase fuera del obstáculo.
2. Se levanta una perpendicular sobre la línea **AC** en el punto **C** y que pase por el punto **B**.

3. Se miden las distancias AC y CB.
4. Se ubican los puntos S y P sobre la línea AC de tal forma que queden adelante y atrás del obstáculo.
5. Se miden las distancias AP y AS.
6. Luego por relación de triángulos se calculan las distancias SS' y PP'.
7. Con las distancias SS' y PP' calculadas, se levantan perpendiculares en los puntos S y P para localizar S' y P'.

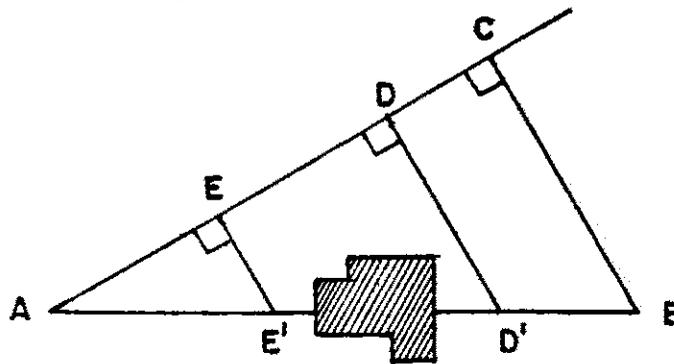
Relación de triángulo de la figura

$$\frac{AC}{CB} = \frac{AS}{SS'} = \frac{AP}{PP'}$$

Problema sobre alineación entre dos puntos no visibles.

En la siguiente gráfica aparecen los datos para determinar el alineamiento entre los puntos A y B a través de un obstáculo

Gráfica:



Datos: Distancia AC = 173.5 mt
 Distancia CB = 77 mt
 Distancia AD = 128.5 mt
 Distancia AE = 65 mt

Se pide calcular las distancias DD' y EE' para luego levantar perpendiculares en los puntos D y E y poder ubicar los puntos D' y E'.

3.7 Levantamiento de un predio con cinta y jalón

Para el levantamiento de un terreno con cinta y jalón hay que dividirlo de la forma más conveniente. Se divide el terreno en triángulos y trapecios tomando suficientes medidas de los lados, altura perpendiculares y ángulos de los triángulos que nos permitan calcular el área total y poder dibujarlo en un plano.

Nota

Al descomponer el predio en varios triángulos se debe tener el cuidado de que no se formen ángulos demasiados agudos para que la precisión del levantamiento no disminuya.

3.8 Registro de datos de campo

Los datos de campo deben considerarse como un registro permanente y no como simples apuntes para uso inmediato, ya que pueden usarse más adelante cuando el trabajo se amplie, su valor dependerá entonces de la claridad y de lo completo que se halla levantado y registrado el trabajo. Todas las notas deberán registrarse en la libreta de campo al mismo tiempo que se ejecuta el trabajo. Nada debe dejarse en la memoria o copiarse en notas provisionales. Los registros de campo consisten en datos numéricos, notas aclaratorias y croquis. Antes de hacer algún trabajo de campo, se deberán determinar cuidadosamente cuáles son los datos que se van a obtener y en el campo deben tomarse todos esos datos y los croquis deben hacerse con abundancia.

Las libretas de campo: Las libretas de campo contienen datos valiosos y por lo tanto tienen que aguantar un uso rudo. Existen varios tipos de libreta de campo:

- a) **Las libretas encuadernadas:** Se usaron durante muchos años, tienen una encuadernación cosida y pastas duras de lona o imitación de cuero.
- b) **Libretas para duplicado:** Permite obtener copias de las notas por medio de papel carbón. Las hojas alternas están perforadas para arrancárselas con facilidad.
- c) **Las libretas de hojas sueltas:** Se usan mucho debido a las múltiples ventajas que presentan:
 1. Disponer de una superficie plana para el trabajo.
 2. Sencillez para archivar las notas de los proyectos por separado.
 3. Poder transportar juegos parciales de notas entre el campo y la oficina.

4. Economía de hojas por la razón de que no se desperdician al archivar libretas parcialmente llenas.
5. Posibilidad de usar los diferentes rayados de una misma libreta.

d) Libretas engrapadas o encuadernadas con espirales de alambre no son adecuadas para el trabajo práctico.

Nota

El rayado y las columnas se imprimen de acuerdo a las necesidades especiales de los trabajos topográficos.

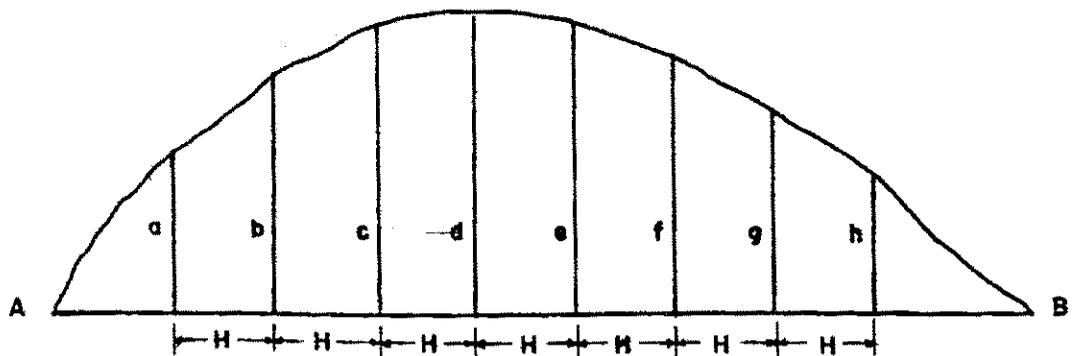
3.9 Medición de linderos irregulares

Cuando un lindero es irregular o curvo como la línea que forma la playa o un camino sinuoso, el procedimiento usual de localizar el lindero es por medio de ordenadas (perpendiculares) a una recta lo más cerca posible del lindero. Para facilitar el cálculo, las ordenadas se deben levantar a intervalos regulares o sea a igual distancia.

Nota

Si la distancia de las ordenadas no pasa de aproximadamente unos 15 a 20 metros estas perpendiculares se pueden levantar al ojo y se logra una precisión aceptable, en trabajos de mayor precisión las perpendiculares se levantan con cinta, teodolite o escuadra óptica (pentaprisma).

Gráfica:



AB = Recta o línea que se traza lo más cerca posible del lindero irregular para levantar las perpendiculares.

3.10 Cálculo de Areas

Para el cálculo de área de un predio en descomposición de triángulos y trapecios vamos a ver las fórmulas que vamos a usar para calcular el área.

1. Conocida las distancias de los lados de un triángulo nosotros podemos calcular el área por el semiperímetro.

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

Donde:

A = Area en unidades al cuadrado.

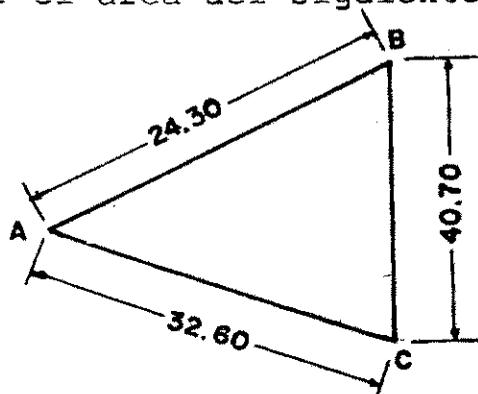
S = Semiperímetro el cual es igual a

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

a,b,c, = Son las distancias de los tres lados del triángulo.

Ejemplo:

Calcular el área del siguiente triángulo

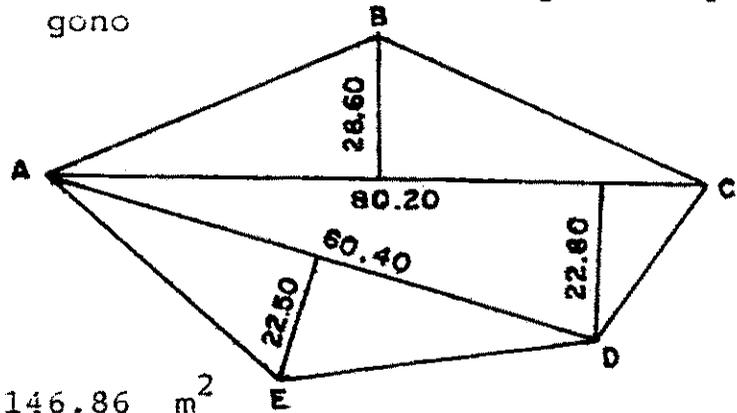


$$s = \frac{24.30 + 40.70 + 32.60}{2} = 48.80 \text{ mt.}$$

$$A = \sqrt{48.5(48.8 - 24.3)(48.8 - 40.7)(48.8 - 32.6)}$$

$$A = 396.08 \text{ m}^2$$

Ejercicio en casa: Calcular el área del siguiente polígono



Area : $\triangle ABC = 1146.86 \text{ m}^2$

Area : $\triangle ACD = 914.28 \text{ m}^2$

Area : $\triangle ADE = 679.5 \text{ m}^2$

Total = 2740.64 m^2

Observación: Este método tiene la ventaja que el cálculo es más rápido y también el levantamiento ya que una sola medición como el de la base, puede servir para dos triángulos diferentes como el ejemplo anterior.

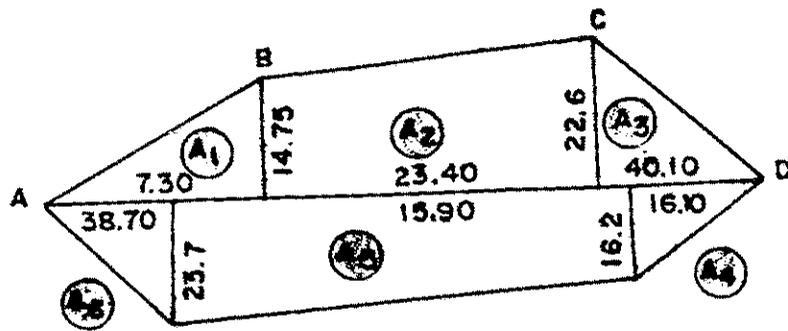
4. Cálculo de área por división del polígono en triángulo y trapecios. Para el cálculo de área del trapecio la fórmula es la siguiente:

$$A = \frac{B + b}{2} h$$

Donde:

- A = Area
- B = Base mayor
- b = Base menor
- h = Altura

Ejemplo: Calcular el área del siguiente polígono.



$$\text{Area 1 } A = \frac{B \times h}{2} = \frac{7.30 \times 14.75}{2} = 53.83 \text{ m}^2$$

$$\text{Area 2 } A = \frac{B + b}{2} \times h = \frac{22.6 + 14.75}{2} \times 23.40 = 436.99 \text{ m}^2$$

$$\text{Area 3 } A = \frac{B \times h}{2} = \frac{40.1 \times 22.6}{2} = 453.13 \text{ m}^2$$

$$\text{Area 4 } A = \frac{B \times h}{2} = \frac{16.2 \times 16.2}{2} = 131.22 \text{ m}^2$$

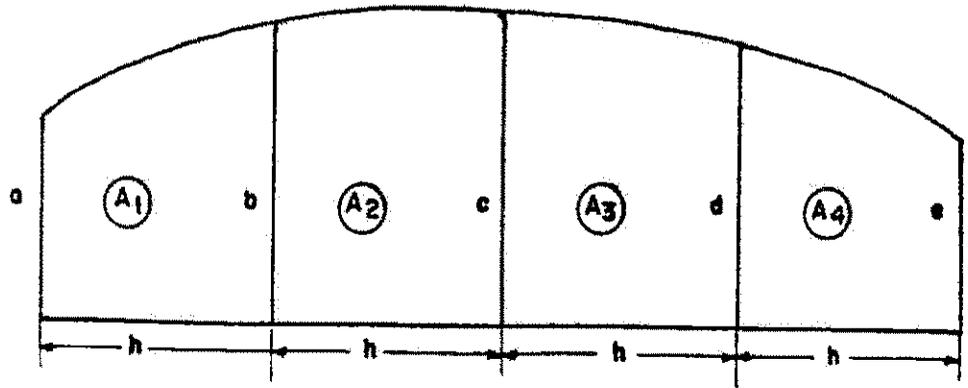
$$\text{Area 5 } A = \frac{B + b}{2} \times h = \frac{23.7 + 16.2}{2} \times 15.90 = 317.20 \text{ m}^2$$

$$\text{Area 6 } A = \frac{B \times h}{2} = \frac{38.7 \times 23.7}{2} = 456.59 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 1350.96 \text{ m}^2$$

3. Cuando hay una sucesión de trapecios se puede emplear - la fórmula de los trapecios.

Fórmula de los Trapecios: Se divide el área en un número par o impar de trapecios de igual altura.



$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = \frac{a + b}{2} h$$

$$A_2 = \frac{b + c}{2} h$$

$$A_3 = \frac{c + d}{2} h$$

$$A_4 = \frac{d + e}{2} h$$

$$A_T = \frac{h}{2} (a + 2b + 2c + 2d + e)$$

$$A_T = h \left(\frac{a}{2} + b + c + d + \frac{e}{2} \right)$$

$$A_T = h \left(\frac{a + e}{2} + b + c + d \right)$$

PROBLEMAS PROPUESTOS

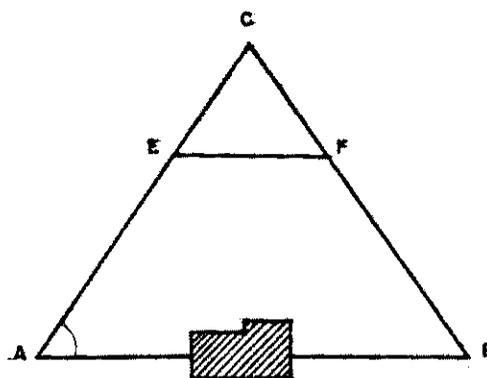
- 1 - La longitud de una línea medida con una cinta de 25 metros resultó ser de 345.60 m. y se encontró que al compararla con una cinta patrón esta era 0.02 mt. más larga. ¿Cuál es la longitud real de la línea medida?

- 2 - Se midió en el campo la distancia entre el punto A y B con una cinta de 30 metros y la distancia resultó ser 420.65 m. luego se comprobó la cinta de 30 m. con una patrón y resultó que era 0.05 metro más corta. ¿Cuál es la verdadera distancia entre A y B.

- 3 - Con los datos que aparecen en la figura se pide calcular la distancia AB y calcular el área de la figura.

Datos

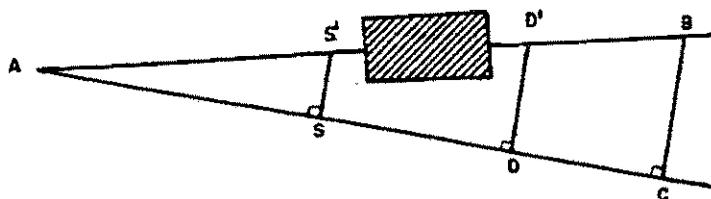
- AC = 75 m
 CF = 45 m
 EF = 59 m
 CB = 90 m
 Ángulo en A = $49^{\circ} 42'$



- 4 - Con los datos que aparecen en la gráfica se pide calcular las distancias DD' y SS' para poder trazar la alineación AB y calcular la distancia AB.

Datos

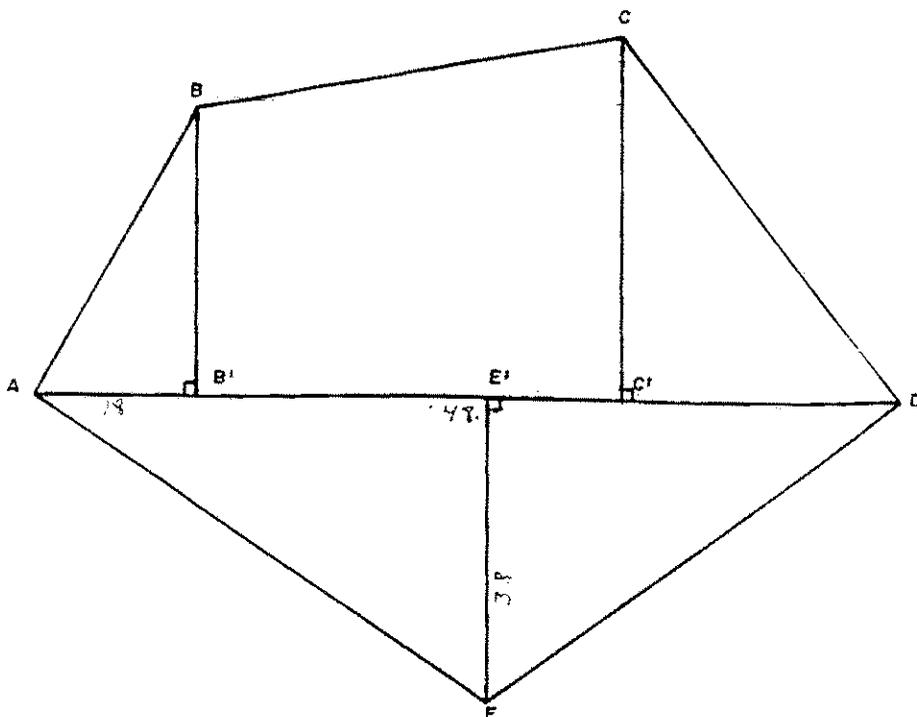
- AC = 208.50 m
 CE = 125.50 m
 AD = 126.75 m
 AS = 65.25 m



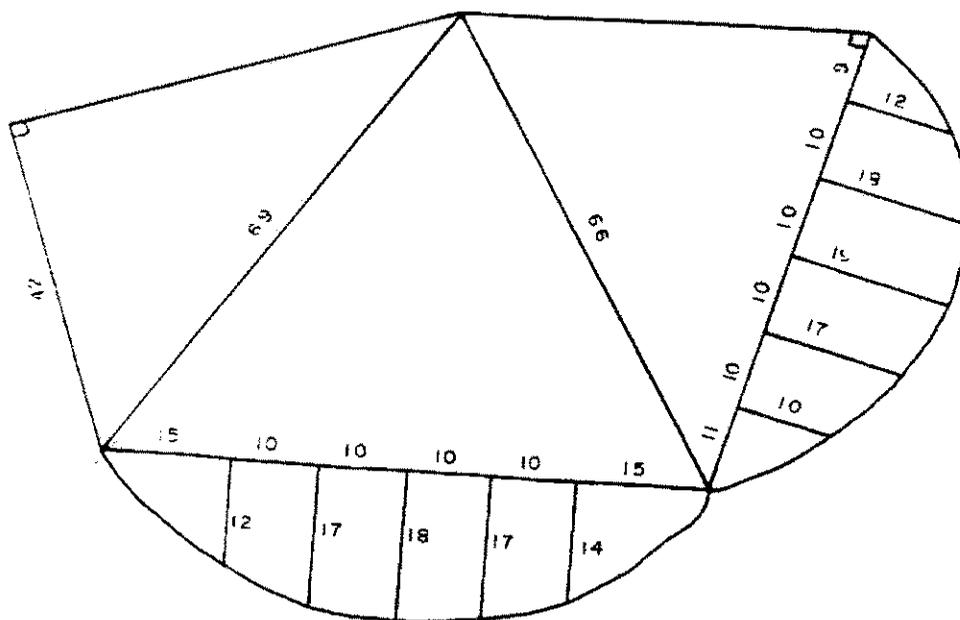
5 - Calcular el área en Há y Mz para los datos que aparecen en la figura.

Datos.

- AB' = 18.00 m
- B'C' = 48.75 m
- C'D = 33.50 m
- C C' = 45.00 m
- B B' = 36.50 m
- B C = 50.00 m
- E E' = 38.00 m



6 - Calcular el área de la siguiente figura en Há y Mz.



4.1 Generalidades

Se da el nombre de Nivelación al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la altura de uno o más puntos del terreno respecto a una superficie horizontal de referencia, dada o imaginaria que se denomina superficie o plano de Comparación.

El objetivo primordial de la Nivelación es como se ve; referir diversos puntos del terreno a un mismo plano de Comparación, para poder deducir los desniveles existentes entre los distintos puntos observados.

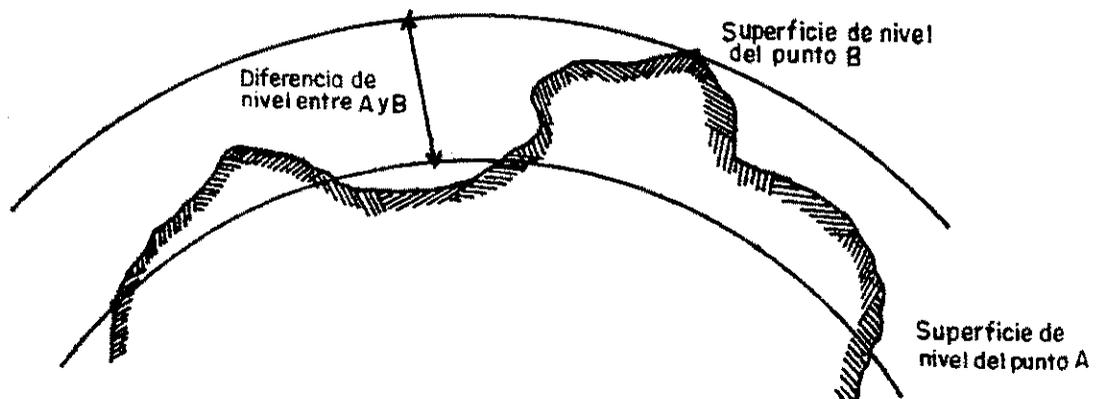
Se dice que dos puntos están a nivel cuando se encuentran a la misma altura, cota o elevación con respecto al mismo plano de referencia o Comparación, determinando la unión de ellos una superficie horizontal; en el caso contrario se dice que entre ellos existe una diferencia de nivel.

En trabajos de envergaduras y que abarcan grandes extensiones como carreteras, ferrocarriles, etc. Se usa como plano de Comparación el nivel medio del mar, con una elevación de cero.

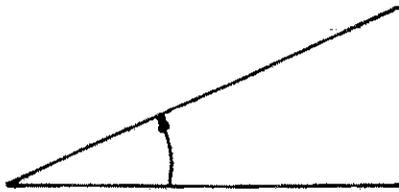
En trabajos de relativa poca importancia como pequeñas obras de regadío, drenajes, etc. Si no se tienen referencias cercanas del nivel del mar, se acostumbra a usar planos de Comparación imaginarios o asumidos.

Definición de ciertos términos usados en nivelación.

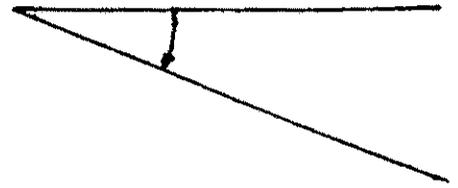
1. **Plano Horizontal:** Es un plano tangente a una superficie de nivel.
2. **Superficie de Nivel:** Es una superficie curva en donde cada uno de los puntos es normal a la dirección de la plomada; por lo tanto, el desnivel entre dos puntos es la distancia que existe entre las superficie de nivel de dichos puntos.



3. **Angulo Vertical:** Es el ángulo entre dos líneas que se cortan en un plano vertical. En Topografía es común suponer que una de estas líneas es horizontal.



Angulo de Elevación



Angulo de Depresión

4. **Banco de nivel (BM):** Es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación sobre el nivel del mar es conocida con precisión.

Cuido y manejo de los Instrumentos usados en Topografía

1. Maneje el instrumento con cuidado, especialmente cuando se saque de su caja.
2. Evite cargar el instrumento sobre el hombro al pasar por puertas o ramas que cuelgan hojas, cárguese debajo del brazo con el instrumento hacia adelante.
3. Comprobar que ha quedado bien sujeto a la cabeza del tripode.
4. Antes de pasar sobre una cerca o un obstáculo semejante coloque el instrumento al otro lado con las patas del tripode bien abiertas.
5. Proteger el instrumento de los golpes o de las vibraciones.
6. Nunca abandone el instrumento en lugares donde exista el riesgo de que ocurra un accidente.
7. No ponga las patas del tripode muy juntas, siempre que sea posible elijase un terreno firme para las estaciones.
8. Mientras se están haciendo observaciones no se toque el instrumento, excepto lo necesario para hacer una lectura.
9. No toque los tubos de los niveles, ni respire sobre ellos porque esto permitirá que la burbuja del nivel se mueva de su posición correcta.
10. El estadal o mira para nivelar no se debe permitir que el pié golpee contra objetos duros. Manténgase el pié del estadal libre de toda suciedad.

El equipo para Cadenear

1. Manténgase la cinta recta cuando se use, cualquier cinta se puede romper cuando está torcida.
2. Las cintas de acero se oxidan fácilmente y por esa razón deben limpiarse y secarse después de usarse.
3. Téngase cuidado cuando se trabaja cerca de líneas de transmisión eléctrica, tratando de no arrojar la cinta sobre dichas líneas.
4. No utilice las balizas o jalones como barras para aflojar estacas o piedras, pues haciéndolo se doblan las puntas de acero y pronto quedan inútiles para alinear.

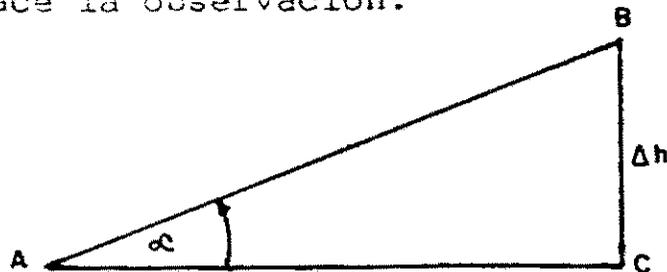
4.2 Métodos de nivelación

Existen dos Métodos:

	Nivelación Trigonométrica
Métodos Indirectos	Nivelación Barométrica
Metodos Directos	Nivelación Diferencial o Geométrica.

Métodos Indirectos: Los métodos indirectos sólo los vamos a mencionar por la razón de que nosotros vamos a trabajar con el método directo.

a) **Nivelación Trigonométrica:** Tiene por objeto determinar la diferencia de altura entre dos puntos, midiendo la distancia horizontal o inclinada que los separa y el ángulo vertical que forma la línea que los une con el plano horizontal que pasa por el punto donde se hace la observación.



AC = Distancia Horizontal

AB = Distancia Inclinada

Δh = Diferencia de Nivel (BC)

Cuando se mide el ángulo vertical y la distancia inclinada, el desnivel se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Sen}\alpha = \frac{BC}{AB} \quad \therefore \quad BC = \text{Sen}\alpha \cdot AB$$

Cuando se mide el ángulo vertical y la distancia horizontal el desnivel se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Tan}\alpha = \frac{BC}{AC} \quad \therefore \quad BC = \text{Tan}\alpha \cdot AC$$

b) **Nivelación Barométrica:** Se llama nivelación barométrica a la que se lleva a cabo por medio del uso del barómetro. Como la presión en la atmósfera de la tierra varía inversamente con la altura, puede emplearse el barómetro para hacer observaciones de diferencias de elevación. La Nivelación Barométrica se emplea principalmente en los reconocimientos y en los trabajos de exploración, cuando las diferencias de elevación son grandes, como en las zonas montañosas.

Como la presión atmosférica varía durante el día e incluso en el tiempo de una hora la precisión de la elevación no es exacta, puede variar en varios metros, razón por la que su uso es de reconocimientos.

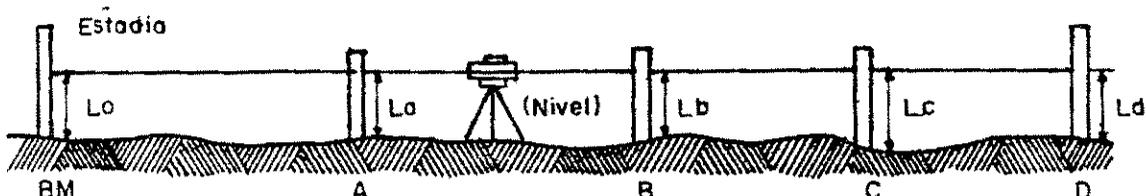
Método Directo:

a) **Nivelación Diferencial o Geométrica:** La nivelación Diferencial o Geométrica, puede ser:

1. Simple
2. Compuesta

1. **Nivelación Simple:** Es aquella en la cual desde una sola posición del aparato (altura del instrumento) se pueden conocer todas las cotas o elevación de los diferentes puntos del terreno que se desean nivelar. Para ésto se sitúa y se nivela el aparato (nivel de ingeniero) en el punto más conveniente o sea el que ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre la mira o estadia colocada en un punto estable y fijo que se toma como un BM (Banco de Nivel) y a partir del cual se van a nivelar todos los puntos del terreno, este BM puede tener elevación previamente determinada o se le puede asignar una elevación arbitraria.

Ejemplo:



L_0 = lectura al BM la cual sirve para encontrar la altura del punto del plano horizontal que recorre la línea de vista y que se denomina altura del instrumento conocida como (HI) o también como (H) por lo tanto:

$$HI = \text{Elevación del BM} + L_0$$

Cota o altura del instrumento es la distancia entre el eje de colimación del aparato y la superficie de nivel. La lectura sobre un punto de cota conocida se denomina vista atrás y sumada la lectura a la cota de ese punto nos da la altura del aparato (HI). Las cotas o elevaciones de los diferentes puntos tales como A, B, C, D se encuentran restando a la altura del instrumento la lectura correspondiente sobre cada punto.

Para muestra gráfica las elevaciones de A, B, C, D son:

- * Elevación de A = $HI - L_a$
- * Elevación de B = $HI - L_b$
- * Elevación de C = $HI - L_c$
- * Elevación de D = $HI - L_d$

Las lecturas sobre los diferentes puntos tales como L_a , L_b , L_c y L_d , se denominan lecturas o vistas intermedias, estas restadas a la altura del instrumento nos da la elevación de cada punto.

2. Nivelación Compuesta: Esta nivelación es igual a la anterior, con la única variante de que el aparato se planta más de una vez y por consiguiente la altura del aparato (HI) va a ser diferente cada vez que se cambie el aparato. Esta nivelación se da cuando el terreno presenta pendientes fuertes (terrenos bastantes quebrados) o que las visuales sean mayores de 200 metros. En otras palabras la nivelación compuesta es una serie de nivelaciones simples amarradas entre sí por puntos de liga o puntos de cambio del aparato.

Términos usados en la Nivelación Compuesta

- a) **Punto de Liga o Punto de Cambio:** Es un punto intermedio entre dos referencias sobre el cual se hacen dos lecturas de enlace una de frente y otra hacia atrás. Para efecto de anotación tanto en clase como en la práctica (laboratorios) vamos a usar el punto de liga tomando las iniciales (PL) para señalarlo.
- b) **Vista Atrás:** Conocida también como lectura de espalda nosotros usaremos vista atrás (VA). La vista atrás es una lectura de mira sobre un punto de elevación o cota conocida, este punto puede ser un BM (Banco de Nivel) o un PL (Punto de Liga). También se le llama lectura aditiva porque siempre se suma.
- c) **Vista de Frente:** Conocida como lectura de frente, nosotros usaremos vista de frente (VF). Llamada lectura deductiva porque siempre se resta, es una lectura de mira sobre un punto de elevación desconocida, este punto puede ser un punto de liga (PL) o cualquier punto de referencia que se quiera establecer en el terreno.
- d) **Lectura Intermedia:** Son las que se hacen sobre los puntos que se quieren nivelar para conocer su correspondiente cota o elevación. Todas las lecturas que se hacen entre una vista atrás (VA) y una vista de frente (VF) son lecturas intermedias (LI).

Las lecturas intermedias (LI) tienen las mismas características que las vistas de frente (Deductiva y lectura de mira sobre puntos de elevación desconocida).

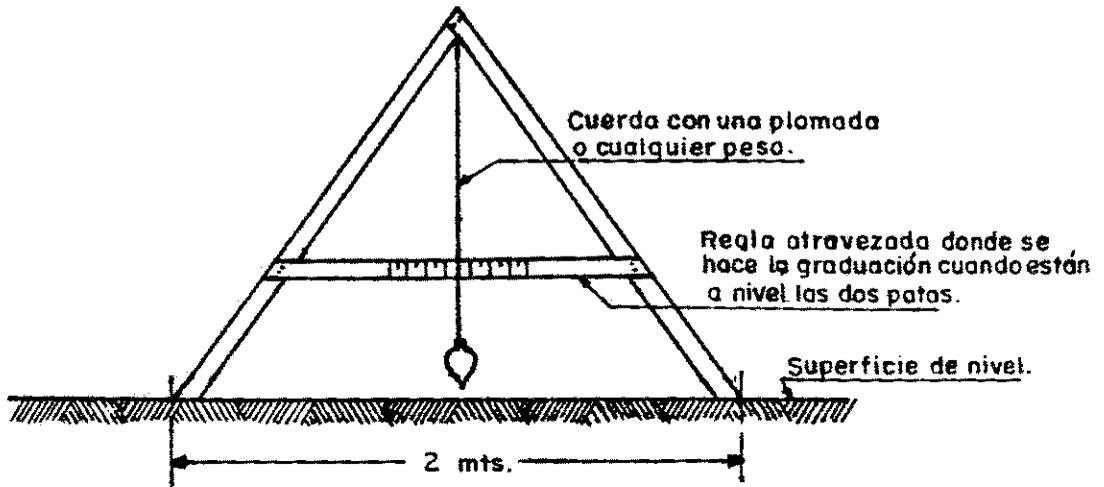
4.3 Clases de Niveles

En este capítulo vamos a estudiar las partes principales, uso, manejo, etc., de los diferentes tipos de niveles los cuales para su estudio, los dividimos de la siguiente manera: niveles sencillos, niveles de mano y niveles de precisión.

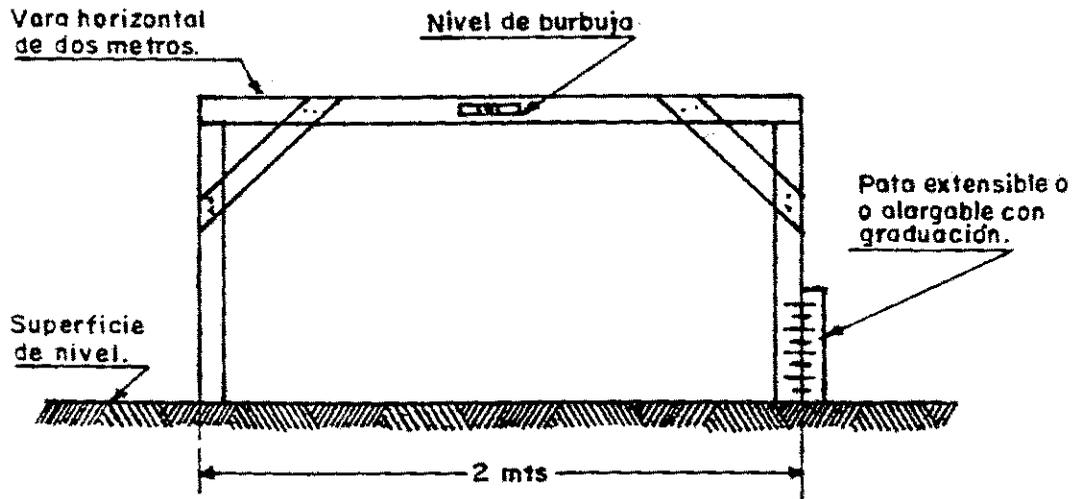
4.3.1 Niveles Sencillos

1. **Nivel de Plomada:** Este nivel es de fácil construcción para trazar líneas a un mismo nivel, se toman dos reglas de igual longitud (su longitud varía conforme la persona que le de uso) estas reglas se clavan de tal forma que formen una A luego en la regla

atravezada se gradúa el lugar donde pasa una cuerda que con un peso tiende de la parte superior hasta pasar por la regla atravezada. El gráfico ayudará a describir mejor la forma del nivel de plomada.



2. Nivel de Caballete: El caballete consiste en una vara horizontal sostenida en sus extremos por dos patas de igual altura y un nivel colocado en la parte media de la vara horizontal. Para ampliar los usos del caballete se acostumbra construirlo con una de sus patas alargable o extensible de manera que se puedan trazar líneas con un desnivel o pendiente dada.



Nota:

La vara horizontal por lo general se le da 2 metros de longitud para efectos del cálculo de la longitud que se debe alargar la pata extensible.

Ejemplo:

Trazar una línea con una pendiente del 5% con un caballote de 2 metros de longitud.

Solución:

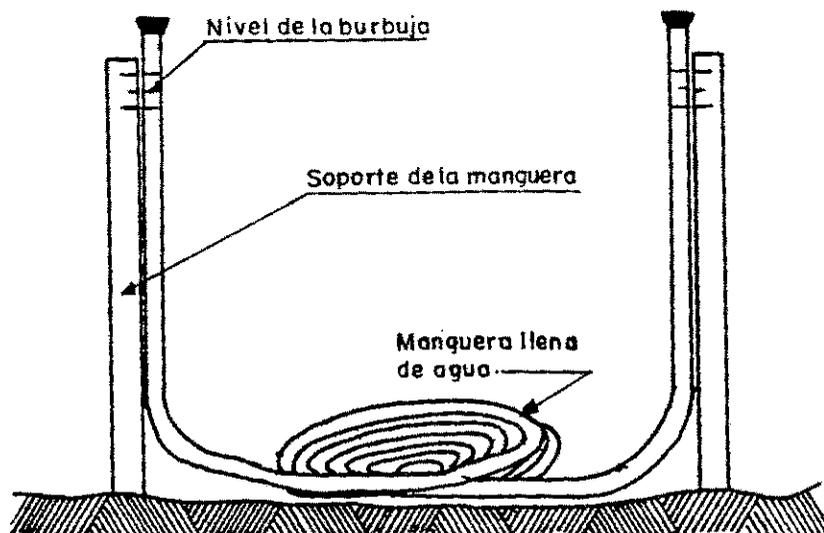
Si en 100 metros hay una diferencia de nivel de 5 mt, entonces en 2 metros que tiene el caballote qué diferencia hay?

$$\begin{array}{l} 100 \text{ mt} \quad \text{---} \quad 5 \text{ mt} \\ 2 \text{ mt} \quad \quad \quad \text{---} \quad \text{?} \end{array} = \frac{2 \text{ mt} \times 5 \text{ mt}}{100 \text{ mt}} = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ mt}$$

Respuesta:

Al caballote se le tiene que alargar la pata extensible 0.1 mt = 10 cm. para trazar una línea con una pendiente del 5%.

3. **Nivel de Manguera:** Como su nombre lo dice este nivel consiste en una manguera transparente, puede tener una longitud de 20 mt. o más. El principio de este nivel es el de los vasos comunicantes, la ventaja es que por su longitud se pueden marcar puntos al mismo nivel a mayor distancia. El gráfico ayudará a comprender como trabaja este nivel.



4.3.2 Niveles de Mano

Los niveles de mano tienen dos características principales que son:

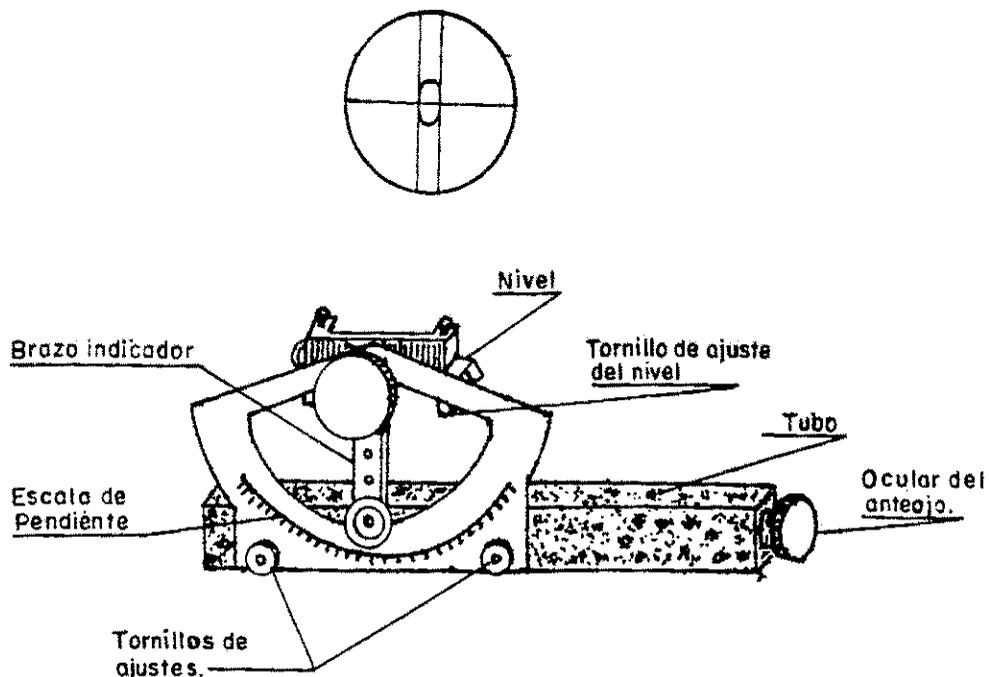
- a) La línea de vista o línea de colimación.
- b) Un nivel de burbuja para poner la línea de vista horizontal.

1. **Nivel de Mano Locke:** Este nivel se usa para hacer nivelaciones de poca precisión y consta de un tubo de 13 a 15 cm. de longitud que sirve de anteojo para dar vista y sobre el cual va montado un nivel de burbuja para hacer la visual horizontal.

2. **Nivel de Mano Abney:** Este nivel consta de las mismas partes de un Locke además posee un círculo vertical graduado, lo que le permite realizar las siguientes operaciones:

- a) Lanzar visuales (como si fuera un Locke)
- b) Determinar la pendiente o ángulo vertical de una línea.
- c) Trazar visuales con una pendiente o ángulo vertical dado.

* Posición de la burbuja para efectuar la lectura con los niveles de mano.



NIVEL ABNEY

4.3.3 Niveles de Precisión

Los niveles modernos son pequeños, ligeros, muy precisos y de fácil estacionamiento y observación. Ordinariamente son de color claro para reducir al mínimo los efectos de temperatura por la radiación solar. Apenas necesitan algunos ajustes en el trabajo de campo, poseen un nivel circular de alcohol para nivelarlo. Su plataforma puede ser de tres o cuatro tornillos calantes, el cual se traduce en una colocación del instrumento sumamente estable, y hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea extraordinariamente sencilla y rápida. La burbuja del nivel del anteojo (nivel de coincidencia) se centra rápidamente y con precisión poniendo en coincidencia los dos extremos de la burbuja.

Algunas ventajas de los Niveles modernos

1. Son pequeños y por lo tanto de menor peso.
2. La nivelación del instrumento y las lecturas se hacen con bastante rapidez.
3. La burbuja del nivel se puede centrar con rapidez y precisión.
4. Poseen menor número de tornillos niveladores.

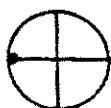
4.4 Comprobación y Ajuste de los Niveles de Precisión

1. El eje vertical del aparato debe ser verdaderamente vertical, o sea que el eje del nivel del plato debe ser perpendicular al eje vertical del aparato.

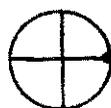
Comprobación: Se nivela cuidadosamente el aparato y si al girar el anteojo 180° sobre el eje vertical, permanece nivelado el aparato, está correcto.

2. El hilo horizontal del retículo debe ser verdaderamente horizontal o sea que cuando el aparato esté nivelado al girar el anteojo, el hilo horizontal se desplace sobre un plano perpendicular al eje vertical.

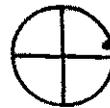
Comprobación: Visar un punto bien definido con el hilo horizontal en un extremo y hágase girar el anteojo lentamente alrededor de su eje vertical, si el punto se mantiene sobre el hilo horizontal el aparato está correcto.



A



B



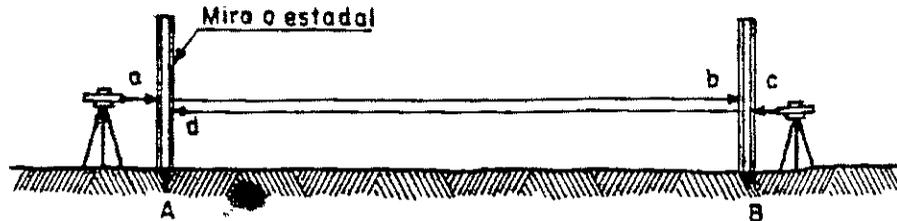
C

En la figura A aparece el punto sobre el hilo horizontal en un extremo, en la figura B aparece el punto luego de haberlo girado siempre sobre el hilo horizontal, lo que demuestra que el aparato está correcto. La figura C nos representa el punto sobre el hilo horizontal o sea que el punto y el hilo no coinciden en el otro extremo, lo que no demuestra que el hilo horizontal del retículo no es horizontal.

- 3, La línea de vista debe ser horizontal cuando el aparato está nivelado o sea que la visual debe ser paralela al eje del nivel del plato.

Comprobación:

- a) A una distancia aproximada de 60 a 90 m. se clavan 2 estacas en un terreno más o menos plano (ver gráfica).



- b) Se nivela el aparato detrás de la estaca A de modo que el ocular del anteojo quede a una distancia lo más cerca que se pueda de la mira o estadal. Colocada la mira en la estaca A se hace una lectura (a) luego se pasa la mira a la estaca B y se hace una lectura (b).
- c) Se planca y nivela el aparato de igual forma en la estaca B y se efectúan las dos lecturas una en la estaca B que la llamaremos (c) y la otra lectura en la estaca A que la llamaremos (d). Si las dos diferencias de elevación así determinadas son iguales es decir si $(a-b) = (d-c)$ el aparato está correcto.

4.5 La Mira o Estadal

La Mira o Estadal son unas reglas verticales cuya longitud varía de 3 a 4 metros, estas reglas vienen graduadas, por lo general son de forma rectangular y de madera, en la parte inferior tienen una zapata o casquillo de metal que le sirve de protección al desgaste de la madera.

Clases de mira:

1. De lectura Directa
2. De lectura Indirecta

De lectura directa: Como su nombre lo dice son aquellas en que el nivelador (persona que lee en el nivel) lee directamente en la estadia, de este tipo podemos mencionar estadias de la marca KERN las cuales tienen 4 metros de longitud. Las miras filadelfia también se pueden usar como estadias de lectura directa, estas tienen 3.75 metros.

De lectura indirecta: Para este tipo de lectura se usa una tarjeta la cual se desliza en el estadal y la fija el estadalero (persona que porta el estadal o mira) por indicaciones del nivelador. El que realiza la lectura es el estadalero, la mira filadelfia es de lectura indirecta, pero también se pueden hacer lecturas directas. Las lecturas indirectas se usan en trabajos de bastante precisión.

Lecturas Directas:

Ventajas: Las lecturas se efectúan más rápido.

Desventajas: Falta de precisión en la toma de lectura.

Lectura Indirecta:

Ventajas: Lecturas más precisas (menos equivocaciones).

Desventajas: El uso de la tarjeta hace más lento el trabajo.

4.6 Proceso de la Nivelación Diferencial

A continuación vamos a enumerar los pasos que se realizan en el proceso de la nivelación.

1. Se efectúa una lectura de mira llamada VA (Vista atrás) sobre un punto al cual tenemos que conocer la elevación (EM) o sea que la primera lectura es sobre una elevación conocida y es una VA.
2. Conocida la elevación del punto de partida y teniendo la lectura de VA obtenemos la altura del instrumento (HI) sumando a la elevación del punto donde se hizo la lectura de VA, de tal forma que $HI = \text{Elevación del BM} + VA$.
3. Luego con la altura del instrumento (HI) conocida se efectúa la segunda lectura que es la vista de frente (VF) sobre cualquier punto. Para conocer la elevación de ese punto a la altura del instrumento le restamos la lectura de VF y así obtenemos la elevación del punto donde se hizo la lectura de frente.

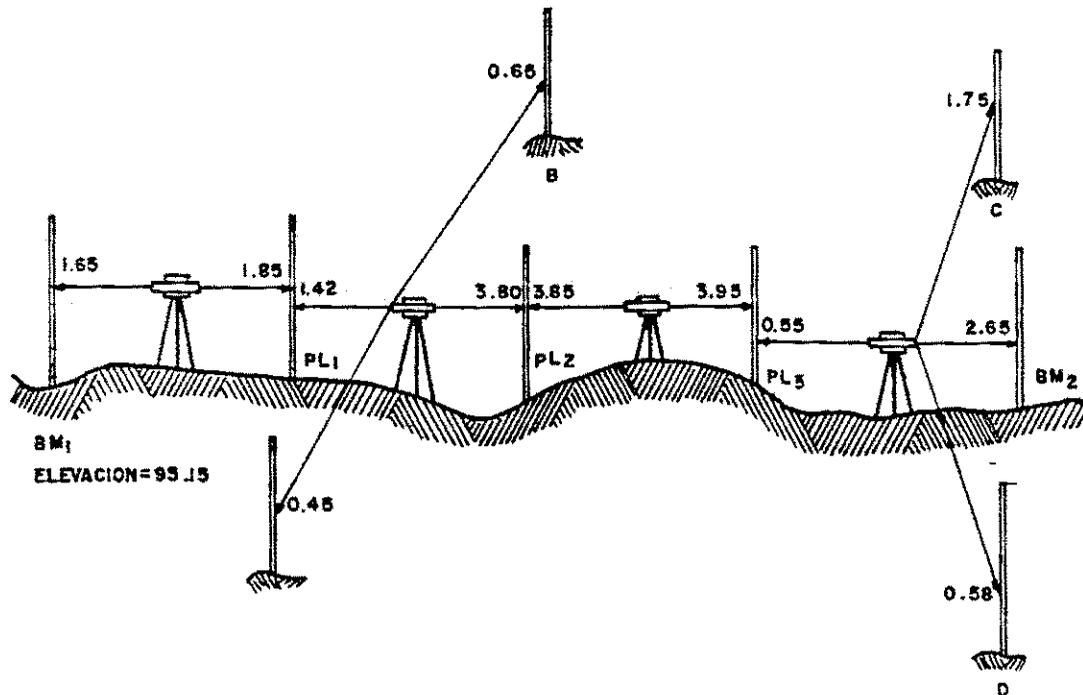
4. Ese punto y. con su elevación conocida nos va a servir como punto de liga o punto de cambio (PL), para poder cambiar el nivel de lugar y avanzar en la nivelación. Para conocer la nueva altura del instrumento, tenemos que efectuar una nueva VA sobre el PS al cual ya conocemos su elevación entonces la elevación del PL más la VA nos da la nueva HI y así sucesivamente se repite el proceso hasta llegar al punto o banco de nivel (BM) deseado.

Nota:

Entre una lectura de VA y una lectura de VF se pueden hacer varias lecturas las cuales se consideran lecturas intermedias (LI). Teniendo la HI calculada con la VA se le restan todas las LI para obtener la elevación de cada punto donde se hace la LI siempre y cuando el nivel no se cambie de posición, restando por último la VF para determinar la elevación del PL.

4.7 Modelo de Registro de Datos

Cuando se va a realizar un trabajo de nivelación la parte más importante es la exactitud, claridad y orden que se tenga en la presentación de los datos levantados en el campo con el objetivo de que estos puedan ser interpretados y calculados por cualquier persona con conocimientos Topográficos. Para esto vamos a ver un ejemplo.



REGISTRO DE DATOS

ESTACION	VA (+)	HI (X)	LI	VF (-)	ELEVACION
BH ₁	1.65	96.80			95.15
PI ₁	1.42	96.37		1.85	94.95
A			0.45		95.92
B			3.65		92.72
PI ₂	3.85	96.42		3.30	92.56
PI ₃	0.55	93.04		3.95	92.47
C			1.75		91.27
D			0.58		92.44
BH ₂				2.65	90.37

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

HI = Elevación BH₁ + VA (primera altura de instrumento)

$$HI = 95.15 + 1.65 = 96.80$$

$$PI_1 = HI - VF$$

$$PI_1 = 96.80 - 1.85 = 94.95$$

HI = Elevación PI₁ + VA (segunda altura de instrumento)

$$HI = 94.95 + 1.42 = 96.37$$

$$A = HI - LI$$

$$A = 96.37 - 0.45 = 95.92$$

$$B = HI - LI$$

$$B = 96.37 - 3.65 = 92.72$$

$$PI_2 = HI - VF$$

$$PI_2 = 96.37 - 3.30 = 92.57$$

HI = PI₂ + VA (Tercera altura de instrumento)

$$HI = 92.57 + 3.85 = 96.42$$

$$PI_3 = HI - VF$$

$$PI_3 = 93.42 - 3.95 = 92.47$$

$$HI = PI_3 + VA \text{ (Cuarta altura de instrumento)}$$

$$HI = 92.47 + 0.55 = 93.02$$

$$C = HI - LI$$

$$C = 93.02 - 1.75 = 91.27$$

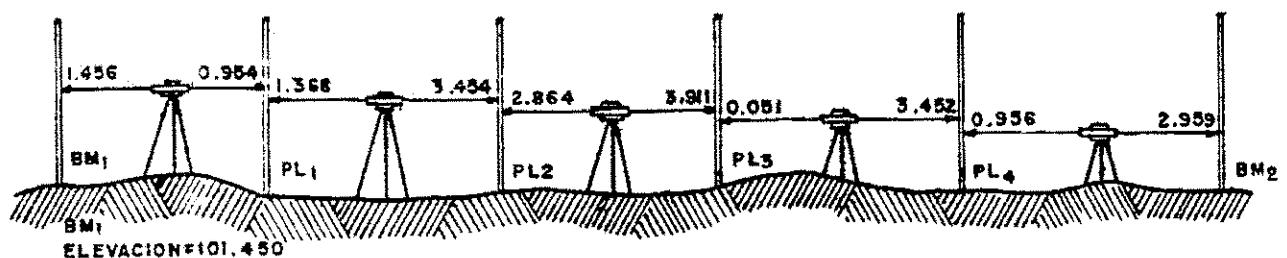
$$D = HI - LI$$

$$D = 93.02 - 0.58 = 92.44$$

$$BM_2 = HI - VF$$

$$BM_2 = 93.02 - 2.65 = 90.37$$

A continuación vamos a desarrollar un ejercicio de nivelación con varios cambios de aparato para determinar la elevación del PI_3 a partir del BM_1 con elevación conocida.



Registro de Datos:

ESTACION	VA (+)	HI (m)	LI	VF (-)	ELEVACION
BM ₁	1.456	102.906			101.450
PL ₁	1.365	103.320		0.954	101.952
PL ₂	2.864	102.730		3.454	99.266
PL ₃	3.051	98.870		3.911	98.819
PL ₄	3.956	95.374		3.452	95.413
BM ₂				2.959	93.415
	$\Sigma 6.695$			$\Sigma 14.730$	

Comprobación

$\Sigma VA - \Sigma VF =$ Diferencia de elevación BM₁ y el BM₂

$$VA - VF = 8.035$$

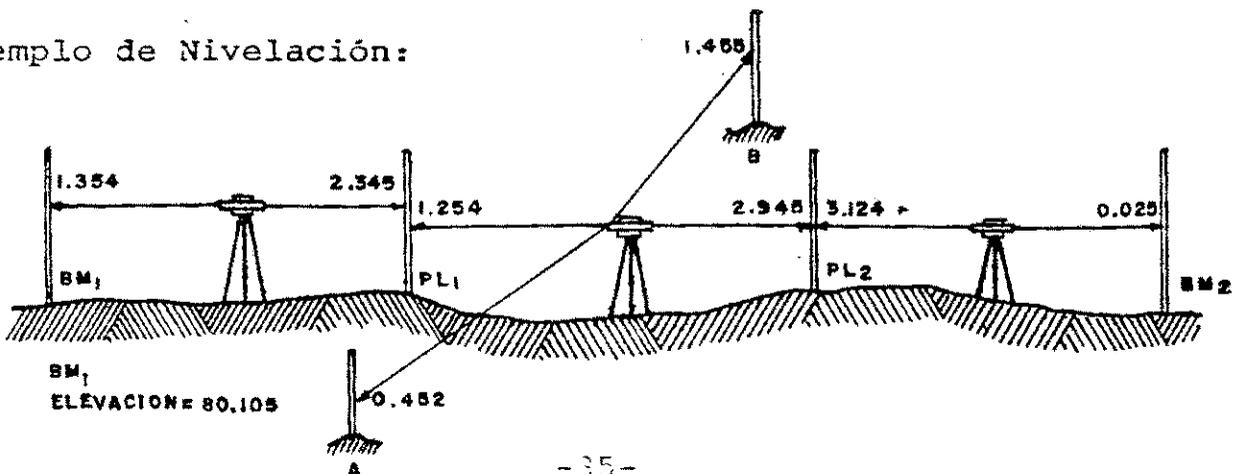
$$BM_1 - BM_2 = 101.450 - 93.415 = 8.035$$

Por lo tanto $\Sigma VA - \Sigma VF =$ Diferencia de elevación del BM₁ y BM₂.

Nota:

Esta comprobación es únicamente para determinar errores aritméticos en el cálculo de las elevaciones pero no para comprobar los errores cometidos en la nivelación.

Ejemplo de Nivelación:



Modelo de Cartera o de Registro de Datos:

ESTACION	VA (+)	HI*	LI	VF (-)	ELEVACION
BM ₁	1.354	81.459			80.105
PI ₁	1.254	80.368		2.345	79.114
A			0.452		79.916
B			1.455		78.913
PI ₂	3.124	80.547		2.945	77.423
BM ₂				0.025	80.522
	$\Sigma 5.732$			$\Sigma 5.315$	

Comprobación:

$$\Sigma VA = 5.732$$

$$\Sigma VF = 5.315$$

$$\Sigma VA - \Sigma VF = 0.417$$

$$BM_1 - BM_2 = 0.417$$

Observación:

En toda nivelación el número de VA debe ser igual al número de lecturas de VF.

Número de lecturas de VA = Número de lecturas de VF.

4.8 Ecuivocaciones en la Nivelación

1. Equivocarnos al leer la Mira.
2. Al hacer las anotaciones en el modelo de cartera registrar las lecturas de VA en las columnas de VF y viceversa.
3. Que el punto de liga varie de posición mientras se hacen las lecturas de VF y VA.
4. No tener el estadal filadelfia completamente extendido cuando se está trabajando con todo el estadal.

Errores en la Nivelación

1. Falta de perpendicularidad de la mira. Esta condición produce lecturas que son muy grandes para evitar esto, existe un nivel llamado ojo de pollo que garantiza la verticalidad de la mira.
2. Asentamientos debido a la falta de resistencia del terreno que puede sufrir el tripode o la mira en los puntos de cambios.
3. Que el estadal no tenga la longitud correcta.
4. La burbuja del nivel de coincidencia no esté centrada al momento de hacer la lectura. Cuanto más larga sea la visual mayor debe ser el cuidado que debe tenerse para nivelar el instrumento.
5. Instrumento o nivel mal ajustado.

Conclusión: Los errores en nivelación son accidentales por lo general; por lo que debe esperarse que varie como la raíz cuadrada del número de puntos de liga o como la raíz cuadrada de la distancia. En las nivelaciones topográficas se acostumbra expresar los errores en función de la raíz cuadrada de la distancia expresada en kilómetros.

Precisión en la Nivelación Diferencial

Existen tres tipos:

1. Nivelación aproximada
2. Nivelación ordinaria
3. Nivelación geodésica

1. Nivelación aproximada: Para reconocimiento, anteproyectos:

*Visuales se hacen hasta los 300 mts. (si el terreno lo permite).

*Las lecturas de mira hasta el centímetro.

*No se tiene cuidado en guardar una equidistancia entre las VA el nivel y las VF.

Error máximo en metros

$$e = \pm 0.036 \sqrt{D} \quad \therefore D = \text{distancia en Km}$$

2. Nivelación ordinaria: Es con la que se hacen la mayor parte de los trabajos de nivelación. Nos vamos a trabajar dentro de estos parámetros de precisión.

*Visuales de hasta 100 mts. de longitud.

*Lecturas de mira hasta el milímetro.

*La equidistancia entre las VA el nivel y las VF aproximada.

Error máximo en metros

$$e = \pm 0.024 \sqrt{D} \quad \therefore D = \text{distancia en Km}$$

3. Nivelación geodésica: Para trabajos de gran precisión, especialmente para poner bancos de nivel geodésicos.

*Visuales de hasta 50 mts. de longitud.

*Lecturas hasta el milímetro.

*Las lecturas de VA y VF deben ser equidistante del nivel.

Error máximo en metros

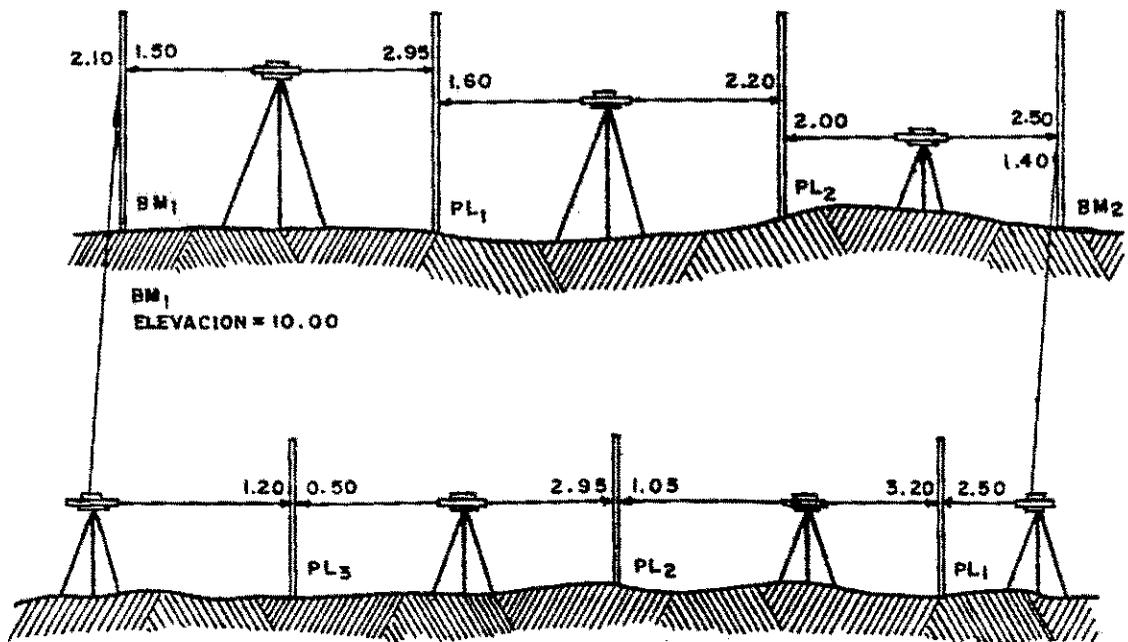
$$e = \pm 0.005 \sqrt{D} \quad \therefore D = \text{distancia en Km}$$

Comprobación de la Nivelación: Existen varios métodos, de los cuales vamos a ver los siguientes:

- a) Por nivelación de ida y vuelta.
- b) Por doble punto de cambio.
- c) Por doble puesta de instrumento.

a) **Por nivelación de ida y vuelta:** El método de ida y vuelta es el más práctico y usado en Topografía para comprobar la nivelación, este método consiste en correr la nivelación de un BM_1 a un BM_2 y luego se regresa partiendo del BM_2 al BM_1 por una ruta diferente a la anterior, la forma de chequearse es que, partiendo del BM_2 se debe llegar al BM_1 con su respectiva elevación.

Ejemplo:



ESTACION	VA(+)	HI(π)	LI	VF(-)	ELEVACION
BM ₁	1.50	11.50			10.00
PI ₁	1.60	10.15		2.95	8.55
PI ₂	2.00	9.95		2.20	7.95
BM ₂				2.50	7.45
R E G R E S O					
BM ₂	1.40	8.85			7.45
PI ₁	3.20	9.55		2.50	6.35
PI ₂	2.95	11.45		1.05	8.50
PI ₃	1.20	12.15		0.50	10.95
BM ₁				2.10	10.05

Nota:

Si definimos la distancia horizontal entre el BM₁ y BM₂ de 200 metros podemos determinar si esta nivelación está dentro del margen de la tolerancia permisible.

$$\text{Error de la nivelación} = 10.00 - 10.05 = 0.05$$

El error es la diferencia de llegada al BM₁ este diferencia puede estar por debajo o por encima.

Error máximo en metros:

$$e = \pm 9.224 \sqrt{D}$$

$$e = \pm 9.224 \sqrt{1.5 \text{ Km}} = 0.03$$

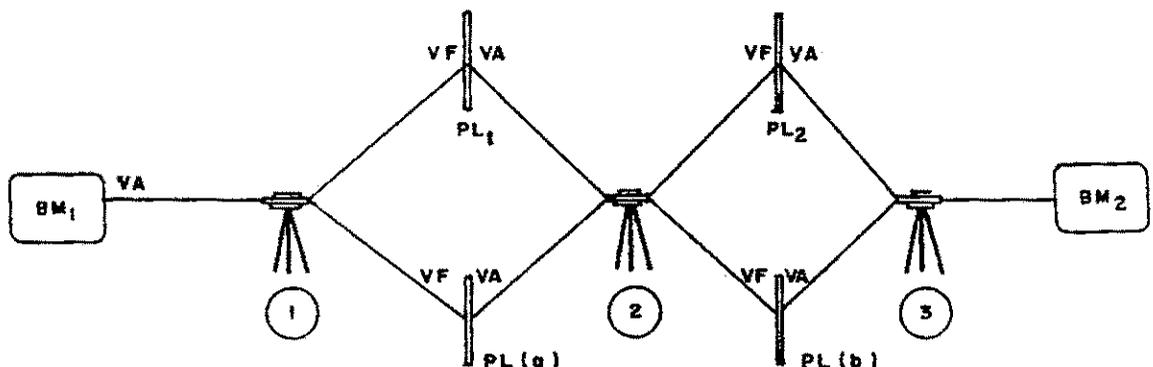
Como el error es mayor que la tolerancia (error máximo en metros) el trabajo se tiene que repetir ya que se debe cumplir en todo trabajo de topografía que el error debe ser menor o igual que la tolerancia.

b) **Por doble punto de cambio:** Se emplean dos puntos de cambios por cada estación del instrumento.

Procedimiento:

1. Se planta el nivel en la posición 1 y se toma una lectura (VA) sobre el BM₁ de salida y luego se realizan 2 lecturas de VF en los PL₁ y PL_a.
2. Se traslada el nivel a la posición 2 y se toman 2 lecturas de VA en los PL₁ y PL_a y nuevamente 2 lecturas de VF sobre PL₂ y PL_b.
3. Luego se traslada el nivel a la posición 3 y se hacen las lecturas de VA en los PL₂ y PL_b y se termina la nivelación tomando una lectura de VF sobre el punto cuya elevación queremos conocer.

Gráfica:



De esta forma la elevación del BM₂ pueda ser calculada siguiendo 2 caminos diferentes.

1 - BM₁ - PL₁ - PL₂ - BM₂

2 - BM₁ - PL_a - PL_b - BM₂

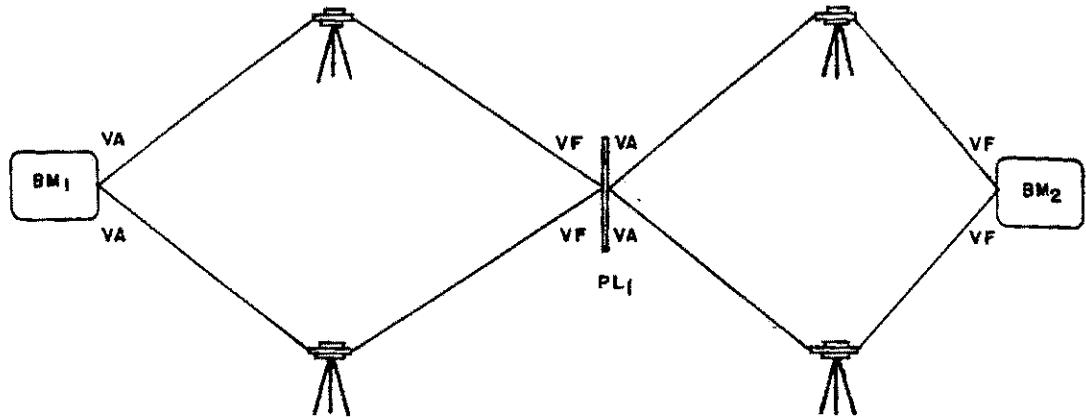
Si la diferencia entre las elevaciones de los dos Bancos de nivel está dentro de la tolerancia la elevación del BM₂ será el promedio de las elevaciones calculadas por cada uno de los caminos.

Observación:

Para este método se llevan dos registros.

c) Por doble puesta de instrumento: Se emplean dos puestas de instrumento para cada punto de cambio.

Gráfica:



Este procedimiento es igual al de doble punto de cambio también se llevan dos registros.

PROBLEMAS PROPUESTOS

- 1.- Determinar la pendiente en porcentaje que traza un caballete de 2 metros de longitud si la pata extensible es mayor en 0.005 metros.
- 2.- Determinar la pendiente en porcentaje que traza un caballete de 4 metros de longitud si la pata extensible es mayor en 50 milímetros.
- 3.- Se quiere trazar una línea con una pendiente de 2% con un caballete de 3 metros de longitud; calcular la longitud en centímetros que se le debe sacar a la pata extensible para trazar dicha línea.
- 4.- Completar los datos que hacen falta en el modelo de cartera empleado en nivelación.

EST	VA	H. I	LI	VF	ELEV.
BM ₁	1.75	48.55			
PL ₁		49.35			47.05
PL ₂		50.25			47.05
A					48.75
B			1.95		
PL ₃	1.95				47.05
C			1.95		
D					47.05
PL ₄		49.00		2.95	
PL ₅	1.85				45.95
BM ₂				2.95	

5.- Calcular las elevaciones con los siguientes datos que aparecen en el modelo de cartera.

EST	VA	HI	LI	VF	ELEV.
BM ₁	1.45				75.55
PL ₁	1.95			0.25	
PL ₂	2.85			0.85	
PL ₃	3.75			0.05	
PL ₄	4.00			4.00	
A			2.90		
B			3.75		
PL ₅	1.95			2.75	
PL ₆	2.55			3.95	
PL ₇	3.05			0.55	
C			1.75		
PL ₈	2.85			1.05	
PL ₉	3.05			2.05	
PL ₁₀	2.65			3.05	
PL ₁₁	1.25			4.00	
BM ₂				1.75	

Con las elevaciones se pide calcular lo siguiente:

- Diferencia de elevación entre BM₁ y BM₂.
- Diferencia de elevación entre A y B
- Diferencia de elevación entre BM₁ y el punto C
- Realizar la comprobación de cálculos.

6.- La Elevación de un banco de nivel es 50.00 metros y se realiza una primera lectura en dicho BM con un valor de 3.05; para establecer la elevación de los puntos A, B, C, D y E los cuales deben estar a 49.50; 50.00, 50.50; 51.00 y 52.25 m de elevación respectivamente, cuál debe ser la lectura de mira en cada punto.

CAPITULO V- PERFILES Y SECCIONES TRANSVERSALES

Introducción:

Esta unidad está estrechamente relacionada con la parte de nivelación, ya que el procedimiento, tanto para el levantamiento como para el cálculo de las elevaciones es el mismo. En cuanto a la forma de registrar los datos de campo el modelo de cartera, es idéntico con la diferencia de que la casilla de lecturas intermedias tiene bastante uso. Algo muy importante de esta unidad es que los datos de campo nos sirven para dibujarlos en un plano a escala y poder tener una idea, de la Topografía del terreno através de su perfil.

5.1 Definición de Perfil

Se denomina perfil a la línea determinada por la intersección del terreno con un plano vertical. En el trazado de un camino, una tubería, canal, etc. Se requieren las elevaciones en cada estación de 20 mts, en los vértices (que son los puntos que marcan los cambios de dirección), en los puntos que cambia la inclinación del terreno (cambio de pendiente) y en los puntos críticos como caminos, puentes, alcantarillas, etc. Cuando estos puntos o elevaciones se dibujan en un papel milimetrado producen un perfil que es una sección vertical del terreno a lo largo de una línea fija.

5.2 Nivelación de un Perfil longitudinal

El procedimiento para la nivelación de un perfil es el siguiente. Se colocan desde el principio de la línea una serie de puntos llamados estaciones completas, los cuales van a estar uno del otro a una distancia de 20 mts. (por lo general), aunque esta distancia puede variar, además de las estaciones completas también se ubican los puntos donde hay cambio de dirección, pendiente etc, llamados subestaciones.

Estación Completa: Son los puntos situados cada 20 metros completos, ejemplo:

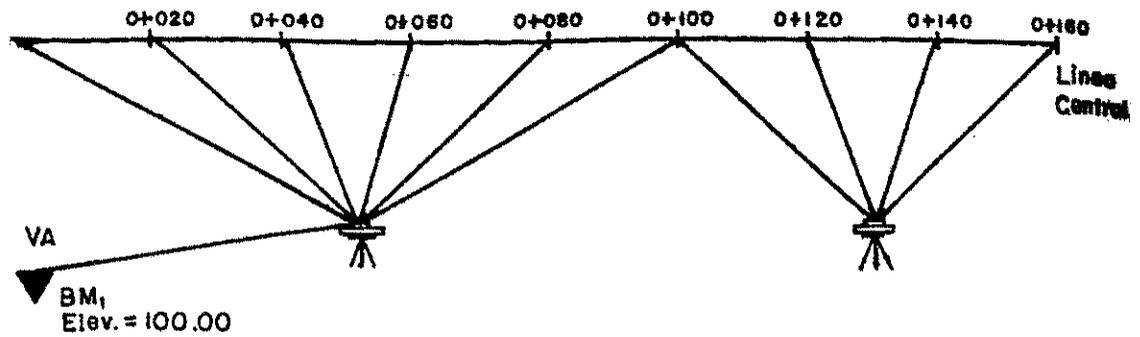
0+020; 0+100; 0+240; 0+980; 1+000; 1+120.

Subestación: Son puntos situados en la línea central que no están a 20 metros completos, ejemplo:

0+95.40, 0+985.40, 1+125.30, 1+242.6

Las elevaciones con que se construyen los perfiles se obtienen de las lecturas del estadoal tomadas en cada estación y subestación.

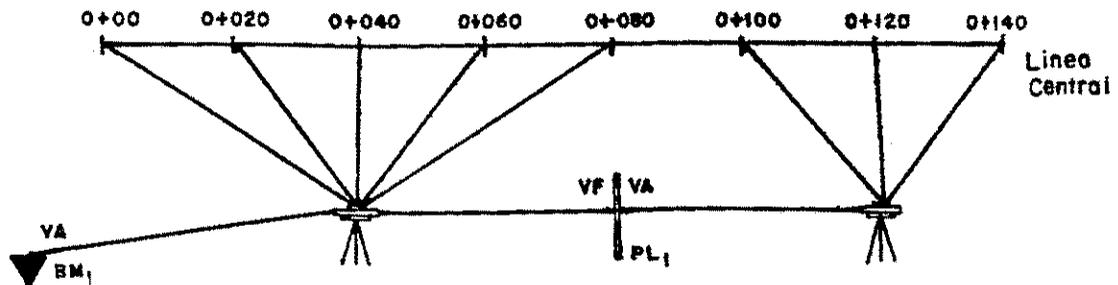
Ejemplo de la nivelación de un perfil:



Nota:

Para este caso de nivelación del perfil se utiliza una estación de la línea central como punto de liga (punto de cambio) por lo tanto la lectura en la estación 0+100 se tiene que anotar como VF, luego se cambia el nivel y en la estación 0+100 se toma una lectura que sería una VA.

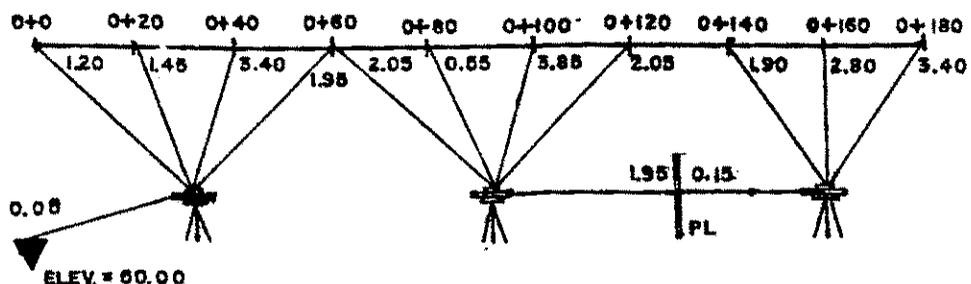
Otro ejemplo de una nivelación de perfil:



Nota:

En este caso el cambio de instrumento se realiza usando un punto que está fuera de la línea central.

Ejemplo de cálculo y anotación de un perfil:



Modelo de cartera de anotación para el levantamiento de un perfil

ESTACION	VA(+)	HI($\bar{\lambda}$)	LI	VF(-)	ELEVACION
BM ₁	0.05	50.05			50.00
0+000			1.20		48.85
0+020			1.45		48.60
0+040			3.40		46.65
(PL)0+060	2.05	50.15		1.95	48.10
0+080			0.55		49.60
0+100			3.85		46.30
0+120			2.05		48.10
PL ₂	0.15	48.35		1.95	48.20
0+140			1.90		46.45
0+160			2.80		45.55
0+180				3.40	44.95
	Σ 2.25			Σ 7.30	

$$\Sigma VA = 2.25$$

$$\Sigma VF = 7.30$$

$$\text{dif.} = 5.05$$

$$\text{dif. de nivel} = 50 - 44.95 = 5.05$$

Nota:

Siempre se debe tener presente que el número de vistas atrás (VA) debe ser igual al número de vistas de frente (VF) por lo tanto la última lectura antes de cambiar el instrumento se debe anotar como VF y la primera lectura luego de haber nivelado el nivel de ingeniero, se registra como VA. En lo que respecta al cálculo de las elevaciones y el registro de datos es igual a la nivelación.

5.3 Forma de usar las escalas en los perfiles

Para dibujar un perfil en un plano se tiene que hacer uso de dos escalas que son:

1. Escala horizontal.

2. Escala vertical.

1. **Escala Horizontal:** Nos representa las distancias de la línea central donde están ubicadas las estaciones de 20 mts, (que es la distancia que más se usa en Topografía) o de las distancias a que se hallan colocado las estaciones sobre el terreno.

2. **Escala Vertical:** Está representada por las elevaciones de cada uno de los puntos o estaciones situado a lo largo de la línea central.

Nota:

La escala vertical del perfil se exagera con respecto a la horizontal, con el objetivo de resaltar un poco más las diferencias de nivel o elevaciones que por lo general o casi siempre son menores que que las distancias horizontales. Con frecuencia se usa una relación de 1 a 10.

Ejemplo:

Escala Horizontal 1: 100 ___ Escala vertical 1: 10

Escala Horizontal 1: 5000 ___ Escala vertical 1: 500

Escala Horizontal 1: 2000 ___ Escala vertical 1: 200

* Los puntos que marcan las alturas determinadas para el perfil se unen a mano alzada por curvas.

Uso del Perfil

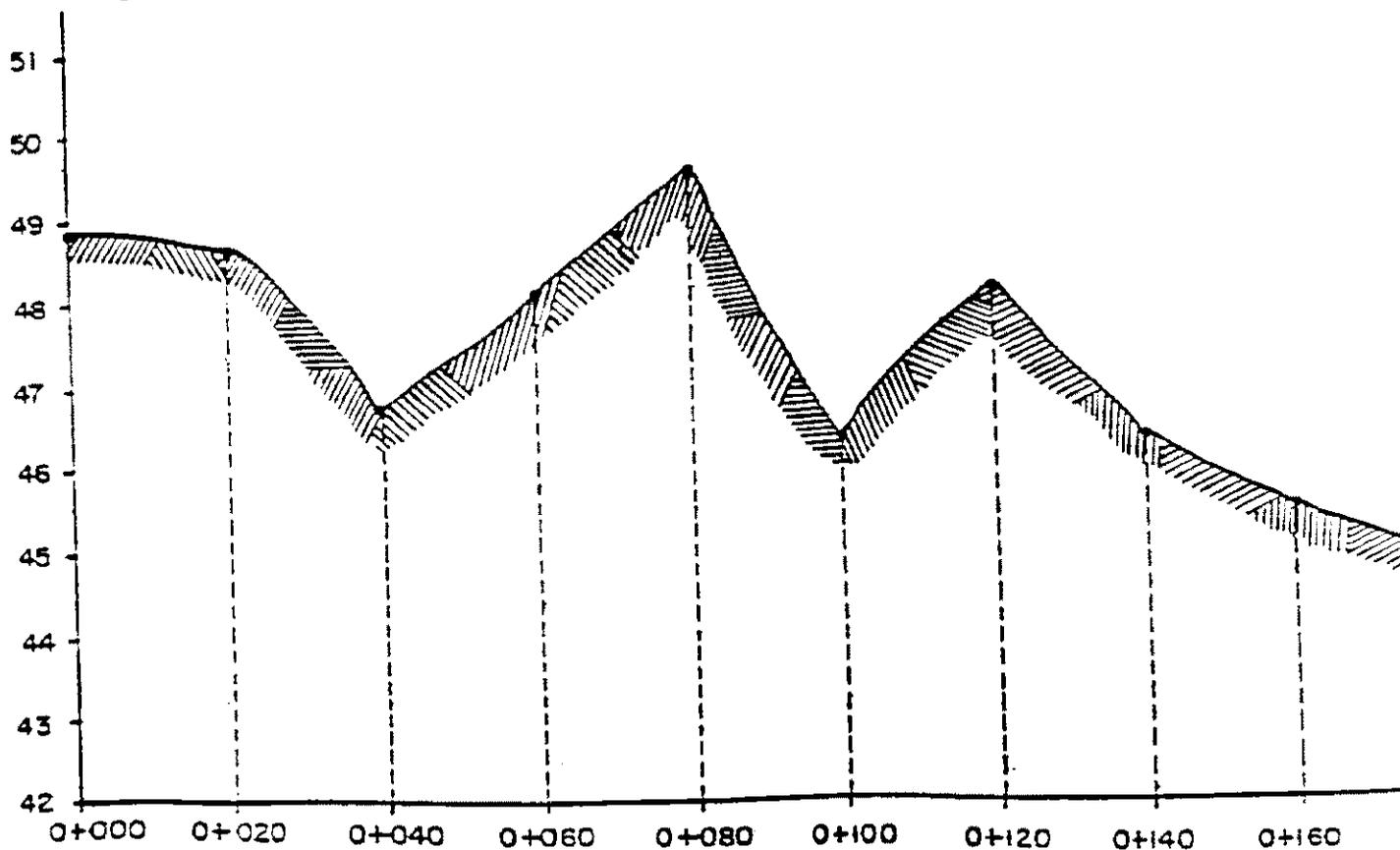
Una vez dibujado el perfil puede utilizarse en los siguientes trabajos o proyectos.

1. Determinar los espesores de corte o relleno en un camino, canal, zanja para tubería, etc.
2. Para estudiar problemas de secciones transversales.
3. Para seleccionar la rasante más económica.
4. Localización y profundidad de albañales, tuberías, canales, etc.

Dibujo de un Perfil:

Para dibujar un perfil necesitamos las elevaciones de las estaciones y subestaciones, así como también de las distancias horizontales a que se encuentran dichas elevaciones en el terreno. Teniendo las elevaciones y las distancias horizontales, se selecciona la escala horizontal y vertical más adecuada, para que nos alcance en el papel milimetrado o de acuerdo al uso del perfil. Con estos datos procedemos a trazar un sistema de coordenadas para graficar en el eje de las X las distancias horizontales, haciendo uso de la escala horizontal seleccionada y en el eje de las Y graficamos las elevaciones haciendo uso de la escala vertical seleccionada para graficar las elevaciones se debe tener presente seleccionar la mínima elevación y la máxima y dentro de ese rango, ubicar en el eje de las Y esas elevaciones. En el ejemplo que aparece en el eje de las X tenemos graficada las estaciones de la 0+000 a la 0+180 y en el eje de las Y las elevaciones, si nos fijamos la mínima elevación es la estación 0+180 con 44.95 por lo tanto en el origen se podría haber comenzado en la elevación 44.

Dibujo del Perfil:



Escala Horizontal: 1/1000

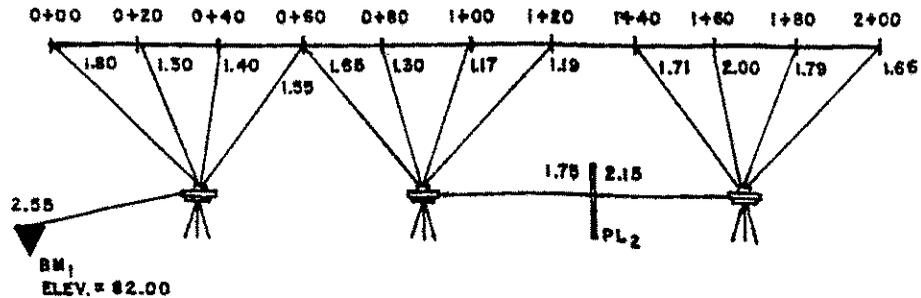
Escala Vertical: 1/100

EH = 1cm = 10 mt.

EV = 1cm = 1 mt.

Ejercicio:

Con los siguientes datos que aparecen en la gráfica, se pide lo siguiente: Elaborar un modelo de cartera y registrar los datos, calcular las elevaciones y graficar el perfil usando una escala horizontal de 1:800 y una escala vertical de 1:80



5.4 Secciones transversales

Cuando se va a cortar o a rellenar un terreno hasta un nivel determinado, por ejemplo al excavar un sótano para un edificio, nivelar un terreno para riego por gravedad, construcción de carreteras, etc. Se tienen que levantar secciones transversales.

Levantamiento de secciones transversales: Con frecuencia se obtiene la forma de la superficie de un lote o terreno estaquillando su superficie en forma de cuadrícula, los lados pueden ser de 50, 25, 20, 10, 5 mt, determinando luego las elevaciones de los vértices de la cuadrícula.

Trabajo de campo: Las secciones transversales se deben levantar perpendicular al eje longitudinal (línea central) en todas las estaciones del eje. Las perpendiculares se pueden levantar al ojo, usando escuadra óptica, teodolito etc., se mide la distancia indicada y se clava una estaca para su nivelación de la línea central y es por esa razón que se debe tener cuidado en la anotación.

Clases de Secciones: En todo trabajo de nivelación de un perfil por lo general va acompañado de las dos secciones las cuales son:

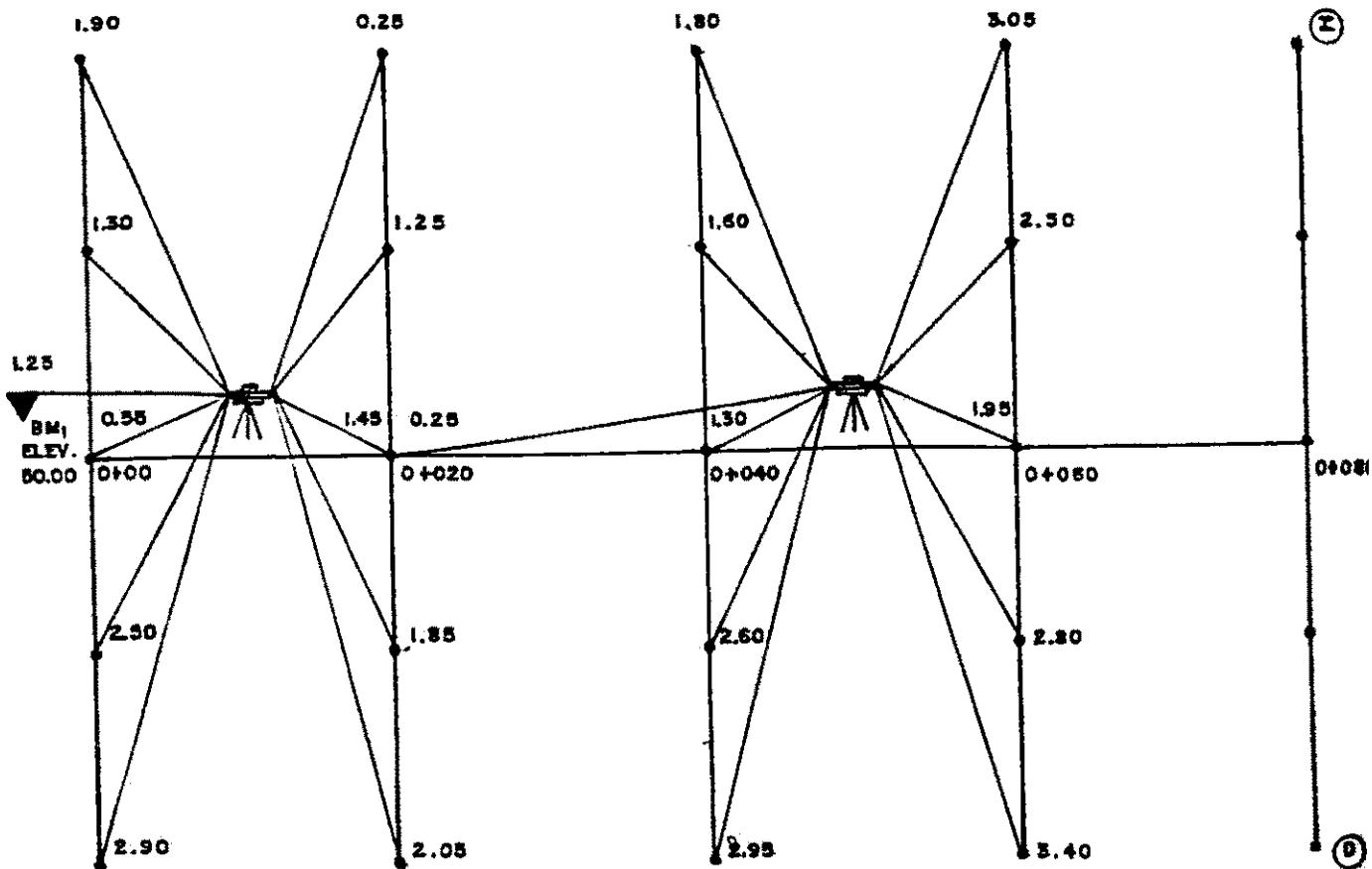
- Secciones longitudinales:** Estas son las elevaciones que se determinan a todo lo largo del eje (línea central) del trabajo a ejecutar. En ciertos trabajos, como para determinar la profundidad del corte de una zanja solo se puede levantar la sección longitudinal.
- Secciones Transversales:** Estas son las elevaciones que se determinan a puntos situados perpendicularmente a la sección longitudinal (línea central).

La información obtenida de estas secciones suministra datos para:

- a) Determinar la pendiente adecuada para la obra que se va a construir.
- b) Calcular el volumen de los trabajos de movimiento de tierra.
- c) Dar datos sobre la profundidad de los cortes y alturas de los rellenos que sean necesarios.

5.5 Cálculo de Elevaciones y Registro de Datos

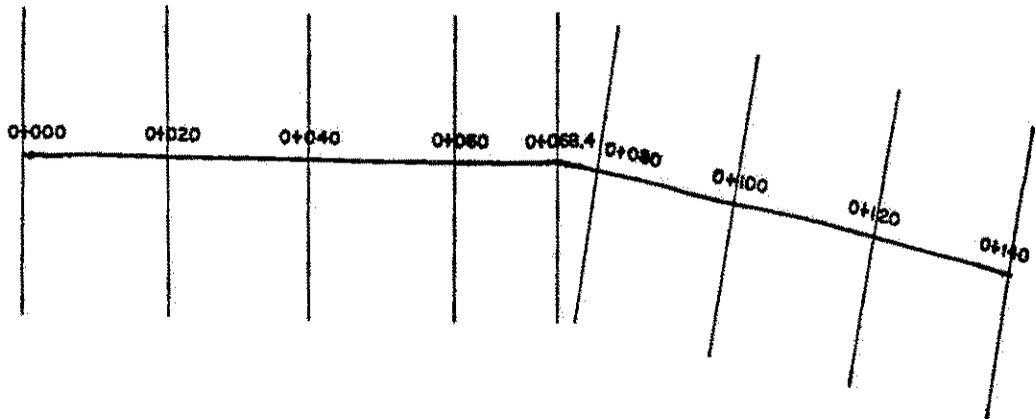
Para el cálculo de las elevaciones se determinan al igual que la nivelación y el registro de datos en las estaciones hay que tener en cuenta si son a la derecha o izquierda de la línea central, para aclarar vamos a ver un ejemplo:



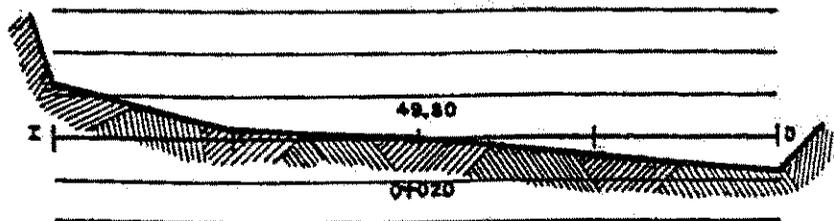
Modelo de cartera de registro de datos de secciones transversales

ESTACION	VA(+)	HI(Σ)	LI	VF(-)	ELEVACION
BM ₁	1.25	51.25			50.00
0+000			0.55		50.70
5I			1.30		49.95
10I			1.90		49.35
5D			2.50		48.75
10D			2.90		48.35
0+020			1.45		49.80
5I			1.25		50.00
10I			0.25		51.00
5D			1.85		49.40
10D				2.05	49.20
0+020	0.25	50.05			49.80
0+040			1.30		48.75
5I			1.60		48.45
10I			1.80		48.25
5D			2.60		47.45
10D			2.95		47.10
0+060			1.95		48.10
5I			2.50		47.55
10I			3.05		47.00
5D			2.80		47.25
10D				3.40	46.65

Gráfica de la acción longitudinal con su sección transversal:



Dibujo de las secciones transversales: El dibujo de las secciones transversales es parecido al de los perfiles longitudinales, con la diferencia de que cada sección se dibuja por aparte y la distancia horizontal y vertical (elevaciones) se dibujan a una misma escala. Con los datos del ejemplo de las elevaciones de la sección transversal, vamos a dibujar la sección transversal de la estación 0+020. Para mayor facilidad las secciones se dibujan en papel milimetrado.



5.6 Determinación de la Pendiente

Se entiende por pendiente de un terreno en general a su inclinación respecto a la horizontal, pueden ser ascendente o descendente según el punto de observación. Si el terreno es horizontal su pendiente es cero.

La pendiente es el cociente que resulta de dividir la diferencia de nivel existente entre dos puntos y la distancia horizontal que separa ambos puntos.

La forma más usual de expresar la pendiente es en tanto por ciento (%) indicando el número, la diferencia de nivel existente por cada 100 unidades. Aunque en la práctica está generalizado indicar el tanto por uno por cuestiones de cálculo y es la diferencia de nivel por cada unidad horizontal.

Pendiente expresada en Porcentaje

$$P = \frac{DN}{DH} \times 100 = \%$$

Donde:

P = Pendiente.

DN = Diferencia de nivel.

DH = Distancia horizontal.

100 = Expresión en porcentaje.

Pendiente expresada en tanto por uno.

$$P = \frac{DN}{DH} = m/m$$

Donde:

P = Pendiente

DN = Diferencia de nivel.

DH = Distancia horizontal.

Ejemplo:

Calcular la pendiente entre las estaciones 0+000 y la 0+060 si las elevaciones respectivas son 50.85 y 52.90

$$DN = 52.90 - 50.85 = 2.05 \text{ (Positivo)}$$

* El signo nos dice si la pendiente es ascendente o descendente.

Positivo = ascendente y negativo = descendente.

$$DH = 0+060 - 0+000 = 60 \text{ mt.}$$

Por lo tanto:

$$p = \frac{DN}{DH} = \frac{2.05}{60} = 0.034 \text{ m/m}$$

Pendiente expresada en porcentaje.

$$p = \frac{DN}{DH} \times 100 \therefore p = \frac{2.05}{60} \times 100 = 3.41\%$$

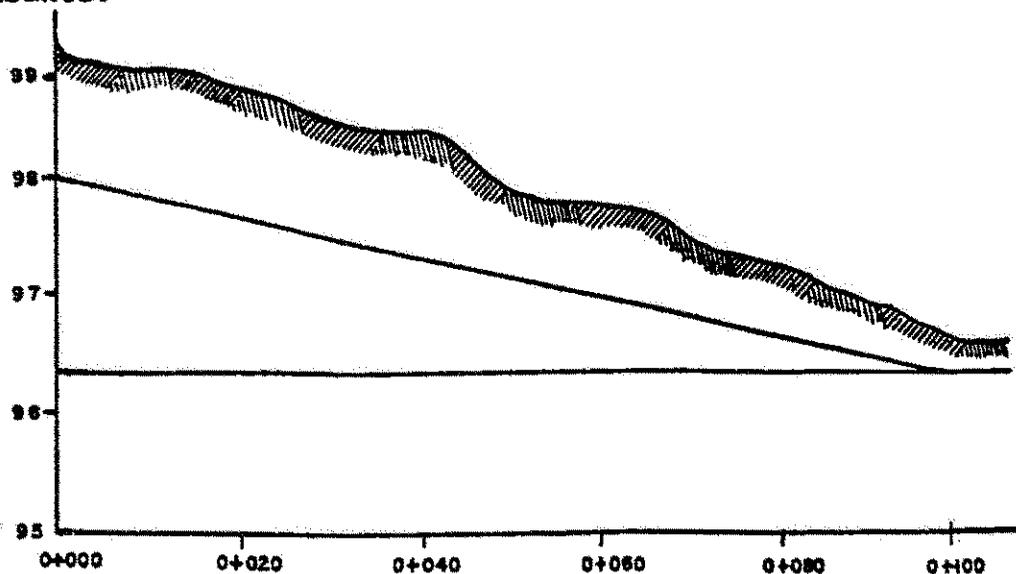
5.7 Determinación de la Rasante.

Es frecuente el caso en Topografía que se quiere trazar en el terreno una línea con pendiente determinada. Esto se presenta generalmente en la construcción de canales, carreteras, obras de instalación de tuberías, etc. Donde la RASANTE es la línea que configura la obra tal como queremos que quede el terreno después de realizada la misma. Al proyectar la Rasante en cualquier obra es necesario determinar la pendiente que hay que darle, tratando de construirla con el menor movimiento de tierra ya que esto supone menores costos. La Rasante en los canales facilitan la conducción de agua por gravedad, por lo tanto se proyectan como líneas obligadas a los desniveles existentes.

Cálculo de la Rasante: Para calcular las elevaciones de la Rasante se necesitan los siguientes datos:

1. Pendiente de la Rasante o dos elevaciones por las que debe pasar y la distancia horizontal.
2. Una elevación de partida en el caso que me den la pendiente.
3. Orientación para saber si la pendiente es positiva o negativa.
4. Las estaciones por la que debe pasar la Rasante.

Supongamos el siguiente perfil para el cálculo de la Rasante.



Datos:

1. Elevación de la Rasante en la estación.

$$0+000 = 98 \text{ mt.}$$

2. Elevación de la Rasante en la estación.

$$0+100 = 96.40$$

Se determina la diferencia de nivel restando la cota de la estación 0+100 de la estación 0+000

$$DN = 96.40 - 98 = -1.60 \text{ mt.}$$

* El signo negativo indica que la pendiente es descendente.

Luego se calcula la pendiente de la Rasante con la distancia horizontal que es de 100 mt.

$$P = \frac{DN}{DH} = \frac{1.60}{100} = 0.016 \text{ m/m}$$

$$P = \frac{DN}{DH} \times 100 = \frac{1.60}{100} \times 100 = 1.6\%$$

Para calcular las cotas o elevaciones de la Rasante de la estación 0+000 a la estación 0+100 para estaciones cada 20 mt., bastará multiplicar la pendiente expresada en tanto por uno por la cantidad de metros que la separa (para este caso 20 mt.).

1. Elevación de la Rasante en la estación 0+000=98m.

$$0 + 000 = 98 \text{ m.}$$

2. Elevación de la Rasante en: 0 + 020 = 97.68 m.

$$98.00 - 0.32 = 97.68 \text{ m.}$$

Si $P = 0.016 \text{ m/m}$ entonces para 20 mt. será:

$$0.016 \times 20 = 0.32 \text{ mt.}$$

3. Elevación de la Rasante en: 0 + 040 = 97.36 m.

$$97.68 - 0.32 = 97.36 \text{ m.}$$

También se puede calcular para los 40 m.

$$0.016 \text{ m/m} \times 40 \text{ m} = 0.64 \text{ m.}$$

Por lo tanto:

$$98.00 - 0.64 = 97.36 \text{ m.}$$

4. Elevación de la Rasante en 0 + 060 = 97.04 m.

$$97.36 - 0.32 = 97.04 \text{ m.}$$

También se puede calcular para los 60 m.

$$0.016 \text{ m/m} \times 60 \text{ m.} = 0.96$$

Entonces:

$$98.00 - 0.96 = 97.04$$

5. Elevación de la Rasante en 0 + 080 = 96.72 m.

$$97.04 - 0.32 = 96.72$$

Para: 80 mt = 1.28

Entonces:

$$98.00 - 1.28 = 96.72$$

6. Elevación de la Rasante en la 0 + 100 = 96.40

$$96.72 - 0.32 = 96.40$$

Para: 100 = 1.60

Entonces:

$$98.00 - 1.60 = 96.40$$

Ejemplo:

Calcular las elevaciones de la Rasante en cada estación si la pendiente de la rasante es de 2% (+). La Rasante parte de la estación 0+000 y termina en la 0+060 con estaciones cada 10 mt. y tiene que pasar a una elevación de 56.50 en la subestación 0+36.50

$$P = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m/m}$$

<u>Estaciones</u>	<u>Elevación de la Rasante</u>
0+000	55.77
0+010	55.97
0+020	56.17
0+030	56.37
0+036.5	56.50
0+040	56.57
0+050	56.77
0+060	56.97

Entonces:

$$98.00 - 0.96 = 97.04$$

5. Elevación de la Rasante en 0 + 080 = 96.72 m.

$$97.04 - 0.32 = 96.72$$

Para: 80 mt = 1.28

Entonces:

$$98.00 - 1.28 = 96.72$$

6. Elevación de la Rasante en la 0 + 100 = 96.40

$$96.72 - 0.32 = 96.40$$

Para: 100 = 1.60

Entonces:

$$98.00 - 1.60 = 96.40$$

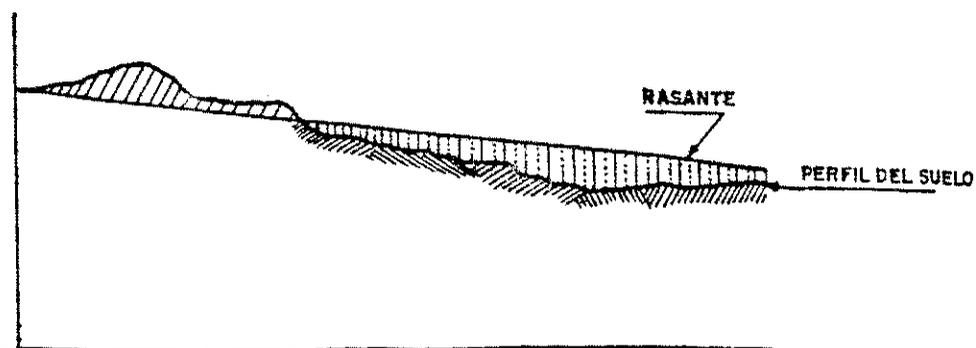
Ejemplo:

Calcular las elevaciones de la Rasante en cada estación si la pendiente de la rasante es de 2% (+). La Rasante parte de la estación 0+000 y termina en la 0+060 con estaciones cada 10 mt. y tiene que pasar a una elevación de 56.50 en la subestación 0+36.50

$$P = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m/m}$$

<u>Estaciones</u>	<u>Elevación de la Rasante</u>
0-000	55.77
0+010	55.97
0+020	56.17
0+030	56.37
0+036.5	56.50
0+040	56.57
0+050	56.77
0+060	56.97

Relleno o terraplén: lugar donde se ha colocado material a fin de lograr, sobre el terreno una altura determinada (rasante).



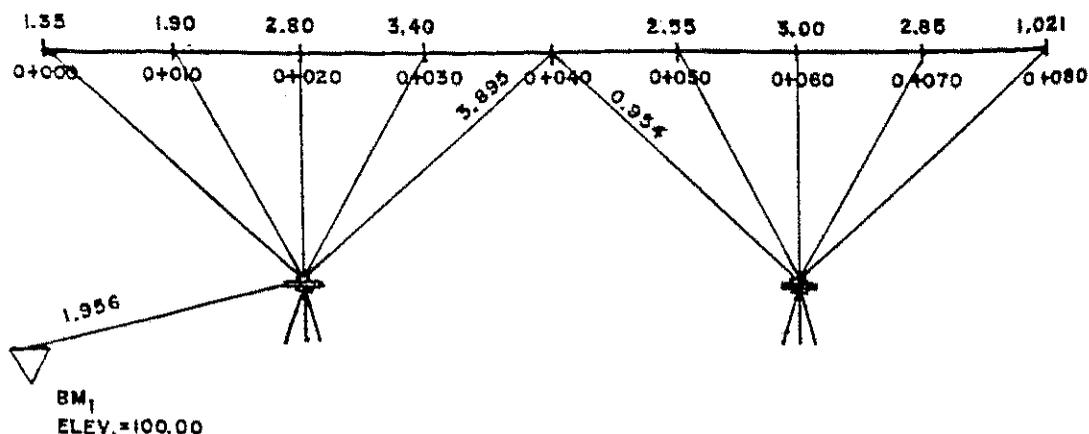
Nota:

Cuando se proyecta la rasante se debe tratar de que los volúmenes de corte sean iguales a los volúmenes de relleno para que la obra se pueda construir con el menor movimiento de tierra, lo que supone menores costos.

Ejercicio sobre la elevación de la rasante

Se quiere establecer 80 mt. de tuberías para el descargue de aguas negras que se quiere llevar desde la casa al tubo madre, la pendiente para estos casos es del 2%. El tubo madre está en la estación 0+080 y a una profundidad de 2.80 mt. de la superficie del terreno. Calcular la elevación de la rasante que es la que va a definir el fondo de la zanja donde vamos a colocar la tubería.

1. Paso: Nivelación del Terreno (Perfil)



2. Paso: Calcular las elevaciones de ese perfil que es la línea central por donde vamos a excavar la zanja para instalar la tubería.

Registro de datos del perfil longitudinal:

ESTACION	VA(+)	HI (A)	LI	VF (-)	ELEVACION
BM ₁	1.956	101.956			100.00
0+000			1.35		100.606
0+010			1.90		100.056
0+020			2.80		99.156
0+030			3.40		98.556
(PC)0+040	0.954	99.015		3.895	98.061
0+050			2.55		96.465
0+060			3.00		96.015
0+070			2.85		96.165
0+080				1.021	97.994

3. Paso: Calcular las elevaciones de la rasante o sea el fondo de la zanja la cual tiene una pendiente del 2%.

Elevación de la rasante en la estación 0+080 es igual a la elevación del terreno menos los 2.80 mt. de profundidad a que se encuentra el tubo madre.

Elevación rasante en la estación 0+080 = 95.194

$$97.994 - 2.80 = 95.194$$

Cálculo de la pendiente por cada metro

$$P = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m/m}$$

Elevación de la rasante en la estación 0+070 = 95.394

Para 10 mt. = $10 \times 0.02 = 0.20$

$95.194 + 0.20 = 95.394$

Elevación de la rasante en la estación 0+060 = 95.594

$95.394 + 0.20 = 95.594$

Elevación de la rasante en la estación 0+050 = 95.794

$95.594 + 0.20 = 95.794$

Elevación de la rasante en la estación 0+040 = 95.994

$95.794 + 0.20 = 95.994$

Elevación de la rasante en la estación 0+030 = 96.194

$95.994 + 0.20 = 96.194$

Elevación de la rasante en la estación 0+020 = 96.394

$96.194 + 0.20 = 96.394$

Elevación de la rasante en la estación 0+010 = 96.594

$96.394 + 0.20 = 96.594$

Elevación de la rasante en la estación 0+000 = 96.794

$96.594 + 0.20 = 96.794$

Nota:

Como podemos notar en los dos ejercicios de rasante es necesario conocer muy bien el concepto de pendiente, ya que es ésta, la que determina el nivel final de la rasante. La diferencia de nivel de la pendiente se va a sumar o restar dependiendo si la pendiente es ascendente o descendente con respecto a la horizontal.

4. Corte y Relleno: Determinada la elevación del terreno, el cálculo del corte y el relleno es bastante fácil.

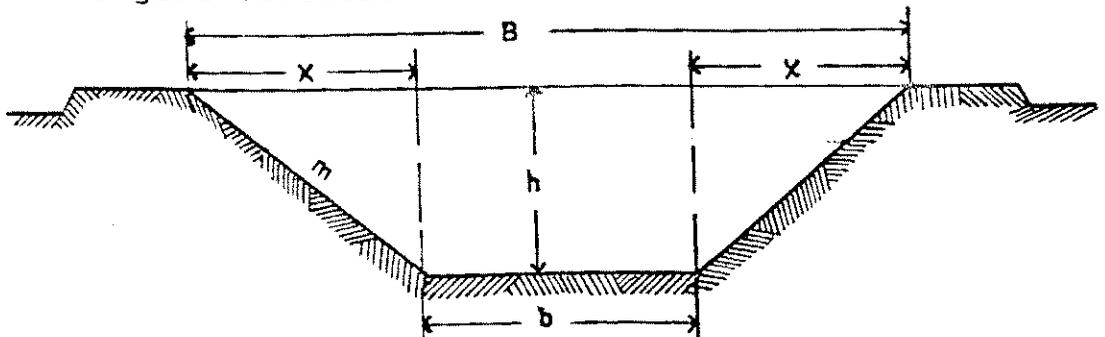
Corte: Si la elevación del terreno es mayor que la elevación de la rasante nos indica corte y el corte es igual a la diferencia de la elevación del terreno y la de la rasante la cual sería positiva.

Diferentes secciones en canales abiertos:

- a) **Sección Semicircular:** La sección semicircular es bastante ventajosa (menor perímetro mojado y el mayor radio hidráulico por unidad de área de conducto) para los conductos abiertos, frecuentemente, no puede ser realizada por razones estructurales, dificultades de construcción o inexistencia de revestimiento en los canales excavados. El área de la sección sería igual a la mitad del área de la circunferencia.
- b) **Sección rectangular:** La forma rectangular generalmente es adoptada en los canales de concreto y en los canales abiertos en roca. Tratándose de sección rectangular, la más favorable es aquella para la cual la base es el doble de la altura y el área de la sección sería igual a la base por la altura.
- c) **Sección trapezoidal:** En la sección trapezoidal sin revestimiento, se debe tomar en cuenta la inclinación de las paredes laterales del canal la cual debe satisfacer al talud natural de las tierras, para su estabilidad y permanencia. El área de la sección es igual al producto de la profundidad por la media de sus anchuras en la superficie y en el fondo.

$$A = h \frac{B + b}{2} \quad (1)$$

En la figura tenemos:



Donde:

h = altura o profundidad de corte o relleno

b = plato del canal (anchura mínima)

B = boca del canal (anchura máxima),

m = pendiente o relación de los taludes.

En la figura vemos que

$$B = x + b + x$$

$$\text{Si } m = \frac{\text{Distancia horizontal}}{\text{Distancia vertical}}$$

$$m = \frac{x}{h} \therefore x = mh$$

$$\text{Luego } B = 2 mh + b$$

Sustituyendo en (1)

$$A = h \left[\frac{(2 mh + b) + b}{2} \right]$$

$$A = h \left(\frac{2 mh + 2 b}{2} \right)$$

$$A = hb + mh^2$$

d) **Secciones irregulares:** En el caso de secciones irregulares, el área se determina recorriendo el perímetro con un planimetro polar, en las secciones dibujadas a una determinada escala.

Cálculo del Volumen de Tierra: Para el cálculo del volumen de tierra, se debe de tomar en cuenta el área de la sección del canal y la distancia a la que se tomaron los datos de cada sección o sea la distancia entre cada estación. El método más empleado es el llamado de la sección media, el cual dice que el volumen entre dos secciones transversales consecutivas es la media de ambas superficies, multiplicada por la distancia entre las mismas:

$$V = \frac{d}{2} (A_1 + A_2)$$

Donde:

V = Volumen en metros cúbicos

d = Distancia entre las dos secciones

A₁ A₂ = Areas de las secciones consecutivas en metros cuadrados.

Nota:

Este método para el cálculo del volumen es bastante exacto cuando $A_1 = A_2$.

Cuando una de las áreas se aproxima a cero, como sucede cuando se pasa de corte a relleno en un mismo tramo de dos secciones, el volumen se calcula como si fuera una pirámide.

$$V = 1/3(A \cdot d)$$

Donde:

V = Volumen en metros cúbicos

A = Area de la sección

d = distancia de el área de la sección al punto donde se -
aproxima a cero.

PROBLEMAS PROPUESTOS

- 1.- Con los siguientes datos que aparecen en el modelo de cartera se pide calcular las elevaciones de cada estación y subestación y dibujar el perfil utilizando una escala horizontal de 1:1500 y una escala vertical de 1:150.

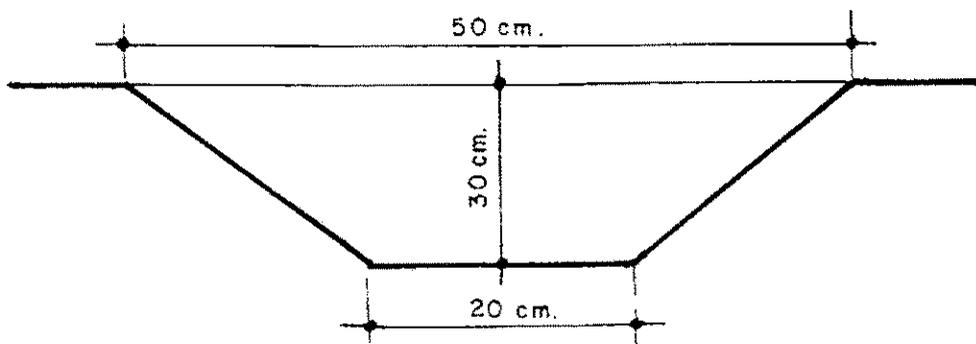
EST	VA (+)	HI	LI	VF (-)	ELEV.
BM ₁	0.05				75.00
0+000			1.50		
0+030			2.75		
0+060			3.35		
0+090	0.15			3.95	
0+120			2.95		
PL ₁	0.35			3.65	
0+135			1.55		
0+150			2.85		
0+180	0.55			3.45	
0+210			1.65		
0+240			2.85		
0+270			3.35		
0+300				3.85	

- 2.- De A hacia B existe una pendiente del 2.4 % (+) y una distancia de 25 metros si en A se realiza una lectura de mira con el nivel de ingeniero de 2.55 cuanto se debe leer en B para que se cumpla lo antes descrito.
- 3.- Calcular las elevaciones de la rasante para la construcción de un canal con una pendiente de 0.5% (-) y una longitud de 200 metros con estaciones cada 20 metros, la rasante debe pasar por la sub estación 0+105 a una elevación de 55.45.
- 4.- Calcular las elevaciones de la rasante para la construcción de un canal, la rasante parte de la estación 0+000 con una elevación de 45.65 y termina en la estación 0+240 con una elevación de 44.45 y estaciones cada 20 metros.

5.- En el siguiente modelo de cartera aparecen anotados los datos de un perfil (estaciones y elevaciones) para calcular las alturas de corte de una zanja para la instalación de tubos con el objetivo de drenar un área; la rasante tiene una pendiente de 0.9% (-) y debe pasar por la subestación 0+075 a 1.85 metros por debajo del nivel del terreno.

EST	ELEV. TERRENO	ELEV. RASANTE	CORTE	RELLENO
0+000	35.75			
0+030	35.65			
0+060	35.70			
0+075	35.80			
0+090	35.85			
0+120	35.81			
0+130	35.74			
0+150	35.68			
0+180	35.63			
0+210	35.67			
0+215	35.73			
0+240	35.77			

6.- Calcular el volumen de tierra que generaría la excavación de un canal de forma trapezoidal en un terreno bastante plano con las siguientes dimensiones plato del canal 20 centímetros, boca del canal 50 centímetros, altura de corte 30 centímetros.



CAPITULO VI CURVAS DE NIVEL Y REPLANTEO

6.1 Generalidades

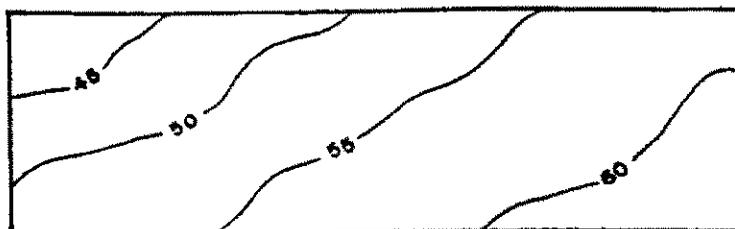
La representación del relieve del terreno en un mapa o plano ayuda a resolver una gran cantidad de problemas a los diferentes profesionales que hacen uso de estos mapas y planos. El ingeniero agrónomo puede resolver problemas como son la selección de áreas planas para siembra, cálculo de pendiente entre dos puntos, selección del método de riego en función de la topografía del terreno, planificación de obras de conservación de suelos etc.

El método más usado para dar una idea de la topografía o relieve del terreno es el llamado curva de nivel.

6.2 Curva de Nivel

Es una línea dibujada en un mapa o plano, la cual une todos los puntos que tienen la misma altura o elevación con respecto a un plano de referencia que puede ser arbitrario o el nivel medio del mar.

Intervalo vertical entre dos curvas de Nivel : El intervalo o equidistancia entre curvas de nivel es la distancia vertical o diferencia de elevación constante que separa dos secciones horizontales consecutivas. En otras palabras intervalo vertical es la diferencia de elevación a que se encuentran las curvas de nivel en el terreno. Ejemplo: si un mapa muestra las curvas de nivel de la siguiente manera (ver figura).



quiere decir que la diferencia de elevación entre una curva y otra (consecutiva) es de 5 mt.

El concepto de intervalo vertical o equidistancia no debe confundirse con la separación horizontal a que se encuentran las curvas de nivel en el plano, la distancia vertical (equidistancia) es constante en cambio la distancia horizontal entre curvas es variable.

Selección del intervalo vertical: La selección del intervalo vertical depende de varios factores tales como:

- a) La escala a la que se va a dibujar el plano
- b) La Topografía del terreno (diferentes grados de pendientes).
- c) Propósito para el que se va a utilizar el plano.

Si partimos de que la pendiente entre dos curvas es igual a:

$$P = \frac{IV}{S} \therefore S = \frac{IV}{P}$$

Donde:

P = Pendiente en tanto por uno m/m

IV = Intervalo vertical o equidistancia

S = Separación en el terreno de las curvas de nivel.

La Escala estaría dada por:

$$\frac{1}{E} = \frac{s}{S} \therefore S = E \cdot s$$

Donde:

E = Módulo escalar (denominador de la escala)

s = Separación en el plano de las curvas de nivel

S = Separación en el terreno de las curvas de nivel.

Sustituyendo tenemos:

$$\frac{IV}{P} = E \cdot s \therefore IV = P \cdot E \cdot s$$

Nota:

Por razones de dibujo la separación mínima de dibujo entre dos curvas de nivel no debe ser menor de 2 mm, de lo contrario quedarían superpuestas al momento de dibujarlas.

Ejemplo:

Determinar la separación máxima y mínima de las curvas de nivel para confeccionar un plano a escala 1:5000 de una área donde existen zonas con pendientes máximas de 10% y mínimas de 0.5% se quieren dibujar usando un intervalo vertical de 0.5 m.

Partimos de la fórmula

$$IV = P \cdot E \cdot s \cdot s = \frac{IV}{P \cdot E}$$

$$s_{\text{máxima}} = \frac{IV}{P_{\text{mínima}} \cdot E} = \frac{0.5}{0.005 \times 5000} = 0.02 \text{ m}$$

$$s_{\text{mínima}} = \frac{IV}{P_{\text{máxima}} \cdot E} = \frac{0.5}{0.1 \times 5000} = 0.001 \text{ m}$$

Como podemos observar la separación mínima no permite dibujar las curvas de nivel usando un intervalo vertical de 0.5 m. existen dos soluciones, las cuales serían aumentar el intervalo vertical o dibujar las curvas en un plano con una escala mayor. Ejemplo 1:500, 1:100

6.3 Determinación de la configuración topográfica del Terreno.

En la determinación de la configuración topográfica del terreno vamos a ver algunos elementos que hay que tener presente para poder interpretar un mapa con curvas de nivel.

- a) La distancia horizontal entre las curvas de nivel es inversamente proporcional a la pendiente, lo que quiere decir que las curvas de nivel con espacios pequeños entre sí indican una pendiente escarpada.
- b) Las curvas de nivel con espacios anchos entre sí indican una pendiente suave.
- c) Las curvas de nivel con espacios iguales entre sí indican una pendiente uniforme.
- d) En una superficie plana las curvas de nivel son rectas.
- e) En una superficie plana, no horizontal son rectas y paralelas entre sí.
- f) Las elevaciones están determinadas por una serie de curvas cerradas que van aumentando la elevación hacia el centro.

- g) Las depresiones están determinadas por una serie de curvas cerradas que van disminuyendo su elevación hacia el centro.
- h) La divisoria o parte agua es la curva de nivel que tiene a cada lado puntos más bajos que ella.

Características de las curvas de Nivel: Al momento de graficar las curvas de nivel se debe tener presente lo siguiente:

- a) Todos los puntos situados sobre una curva de nivel se encuentran a una misma altura o elevación.
- b) Cada curva de nivel cierra en si misma, ya sea dentro o fuera de los límites del plano o mapa.
- c) Las curvas de nivel nunca se ramifican o bifurcan.
- d) Las curvas de nivel nunca se cruzan entre si, excepto en cuevas o algunos salientes de acantilados.
- e) Una curva de nivel no puede estar situada entre otras dos de mayor o menor cota que ella.

6.4 Levantamiento de curvas de Nivel

Para poder graficar las curvas de nivel se necesitan los datos de las elevaciones del terreno de los puntos de apoyo. El levantamiento de estos puntos de apoyo se realiza por el método de cuadrícula y por el método de secciones transversales.

a) **Por el método de la cuadrícula:** Como su nombre lo indica consiste en cuadricular el terreno (bien pueden ser cuadrados o rectángulos) y determinar las elevaciones de cada vértice de la cuadrícula por nivelación.

b) **Por el método de secciones transversales:** Este es el método más empleado en canales, caminos, vías férreas, etc. Se emplea cuando la sección longitudinal tiene una distancia bastante considerada y la sección transversal es pequeña como es el caso de canales, caminos, etc. El trabajo de campo determina las elevaciones de la línea central (sección longitudinal) y las elevaciones de puntos situados perpendicularmente a la línea central (secciones transversales).

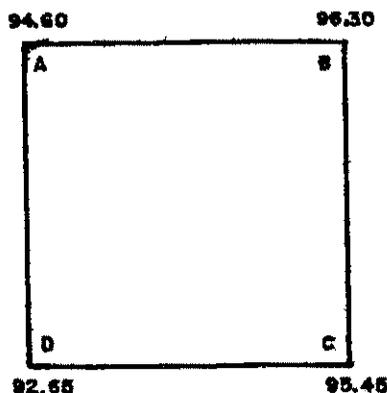
6.5 Interpolación de curvas de Nivel

La operación de distribuir las curvas de nivel proporcionalmente entre los vértices de las cuadrículas o entre

los puntos de cota conocida, se llama interpolación. Se debe estar claro que cuando vamos a interpolar curvas de nivel, estas deben tener una diferencia de elevación (Distancia Vertical) entre una curva y otra consecutiva igual al Intervalo Vertical.

Ejemplo:

Si se define un Intervalo Vertical de 0.5 m en una cuadrícula que tiene las siguientes elevaciones (ver figura).



Las curvas de nivel que pasan entre A y B son la curva de nivel con elevación 95, 95.50 y 96.

* En el mismo ejemplo si el intervalo vertical a graficar o interpolar es de 0.25 m. las curvas de nivel que pasan entre B y C son: 95.50, 95.75, 96 y 96.25

* En el mismo ejemplo si el intervalo vertical a graficar o interpolar es de 1 m. las curvas de nivel que pasan entre C y D son: 93, 94 y 95.

Para el dibujo o interpolación de curvas de nivel vamos a ver dos métodos.

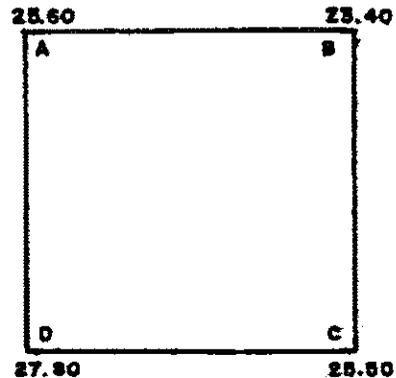
a) Método aritmético.

b) Método a estima o al ojo.

a) **Método aritmético:** Este método se emplea cuando el mapa requiere de una precisión apreciable, ya que tiene la ventaja de determinar la verdadera distancia horizontal entre cada cuadrícula a la que debe pasar determinada curva de nivel. La desventaja del método es el procedimiento de cálculo y dibujo, el cual es bastante tardado debido a la precisión que tiene este método.

Ejemplo:

Graficar las curvas de nivel en la siguiente cuadrícula de 20 m x 20 m. con un intervalo vertical de 1 m.



Lado AB

Distancia horizontal = 20 m

Diferencia de nivel = 25.60 - 23.40 = 2.2 m.

Curvas de nivel que pasan con un intervalo vertical de 1 m = 24 y 25.

Distancia para la curva de nivel 24

Si en 2.2 ___ 20

$$\text{Para } 0.6 \text{ ___ } x = \frac{0.6 \times 20}{2.2} = 5.45 \text{ m}$$

* 0.6 es la diferencia de nivel del vértice B a la curva de nivel con elevación 24.

Distancia para la curva de nivel 25

Si en 2.2 ___ 20

$$\text{Para } 1.6 \text{ ___ } x = \frac{1.6 \times 20}{2.2} = 14.54 \text{ m}$$

* 1.6 es la diferencia de nivel del vértice B a la curva de nivel con elevación 25.

Lado CD

Diferencia de nivel = 2.30

Curvas de nivel que pasan = 26 y 27

Distancia para la curva 26

Si en 2.30 20

$$\text{Para } 0.5 \text{ } x = \frac{0.5 \times 20}{2.30} = 4.34 \text{ m.}$$

* 0.5 esta diferencia de nivel del vértice C a la curva con elevación 26

Distancia para la curva 27

Si en 2.30 20

$$\text{Para } 1.5 \text{ } x = \frac{1.5 \times 20}{2.30} = 13.04 \text{ m}$$

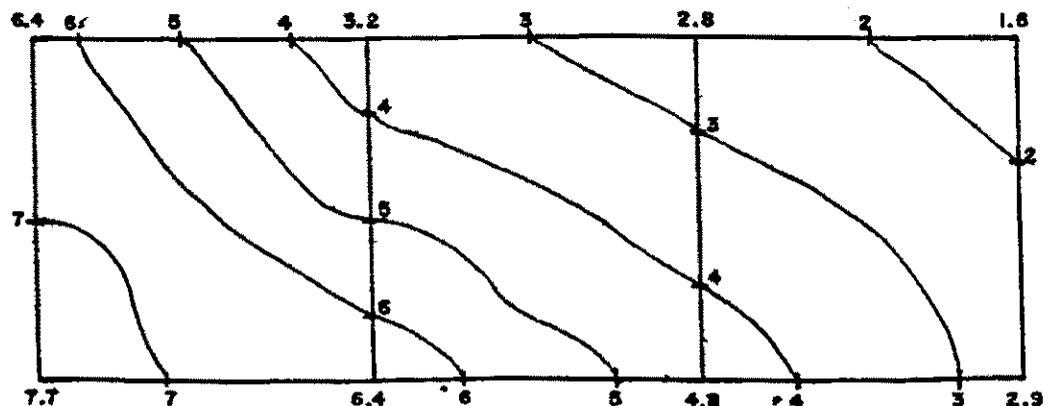
* 1.5 es la diferencia de nivel del vértice C a la curva con elevación 27.

Para el lado BC y el lado AD es el mismo procedimiento. Para graficar las curvas se mide del vértice de la cuadrícula la distancia calculada y se ubican las curvas para luego unir los puntos con igual elevación.

b) **Método a estima:** Conocido también como método al ojo. Este método consiste en interpolar las curvas de nivel de la siguiente manera, la distancia a la que pasa cada curva entre uno y otro vértice de la cuadrícula, se hace de una forma estimada, teniendo la ventaja este método que la interpolación es más rápido que el aritmético.

Ejemplo:

Interpolar las curvas de nivel en la siguiente cuadrícula usando un intervalo vertical de 1 m.



Nota:

En el ejemplo podemos notar que la menor elevación de un vértice de la cuadrícula es 1.6m y la mayor 7.7m. por lo tanto si el intervalo vertical es de

En las curvas de nivel que se tienen que graficar son las que tienen elevación 2, 3, 4, 5, 6 y 7m. Usando la distancia horizontal entre cada cuadrícula de una manera aproximada.

6.6 Dibujo de un plano con curvas de nivel

La confección de un plano topográfico completo se compone de tres partes.

- a) La situación de los vértices que forman la red de apoyo horizontal, respecto a la cual se toman todos los detalles que constituyen el relleno del mapa.
- b) La representación de todos estos detalles, incluyendo los puntos de cota conocida que han de servir para indicar el relieve.
- c) El trazado de las curvas de nivel a la equidistancia dada, apoyadas en los puntos de cota o elevación conocida.

Además de los puntos del terreno cuya cota se conoce o se ha determinado por nivelación, es natural que las curvas de nivel han de trazarse, en cierto modo, a estima. Por esta razón el dibujante que traza las curvas de nivel debe tener experiencia para que las curvas de nivel representen verdaderamente la configuración topográfica del terreno.

Las curvas de nivel se trazan en cotas o elevaciones que sean múltiplo del intervalo vertical o equidistancia y su dibujo se hace a mano. Es costumbre que cada 5 curvas de nivel se dibuje una con un trazo más grueso que las demás y por lo general son estas las que se dibujan primero para facilitar el trazado de las intermedias.

Las cotas de las curvas de nivel se indica con números colocados a intervalos convenientes; lo normal es numerar las curvas de cinco en cinco. Siempre que sea posible se disponen los números de manera que se puedan leer desde uno o desde dos lados del mapa. cuando hay puntos cuya cota o elevación sea interesante señalar (cruce de calles, puentes, cima de montañas, hondonadas, etc.) se indica esta en el mapa con las cifras correspondiente.

6.7 Aplicación de las curvas de Nivel

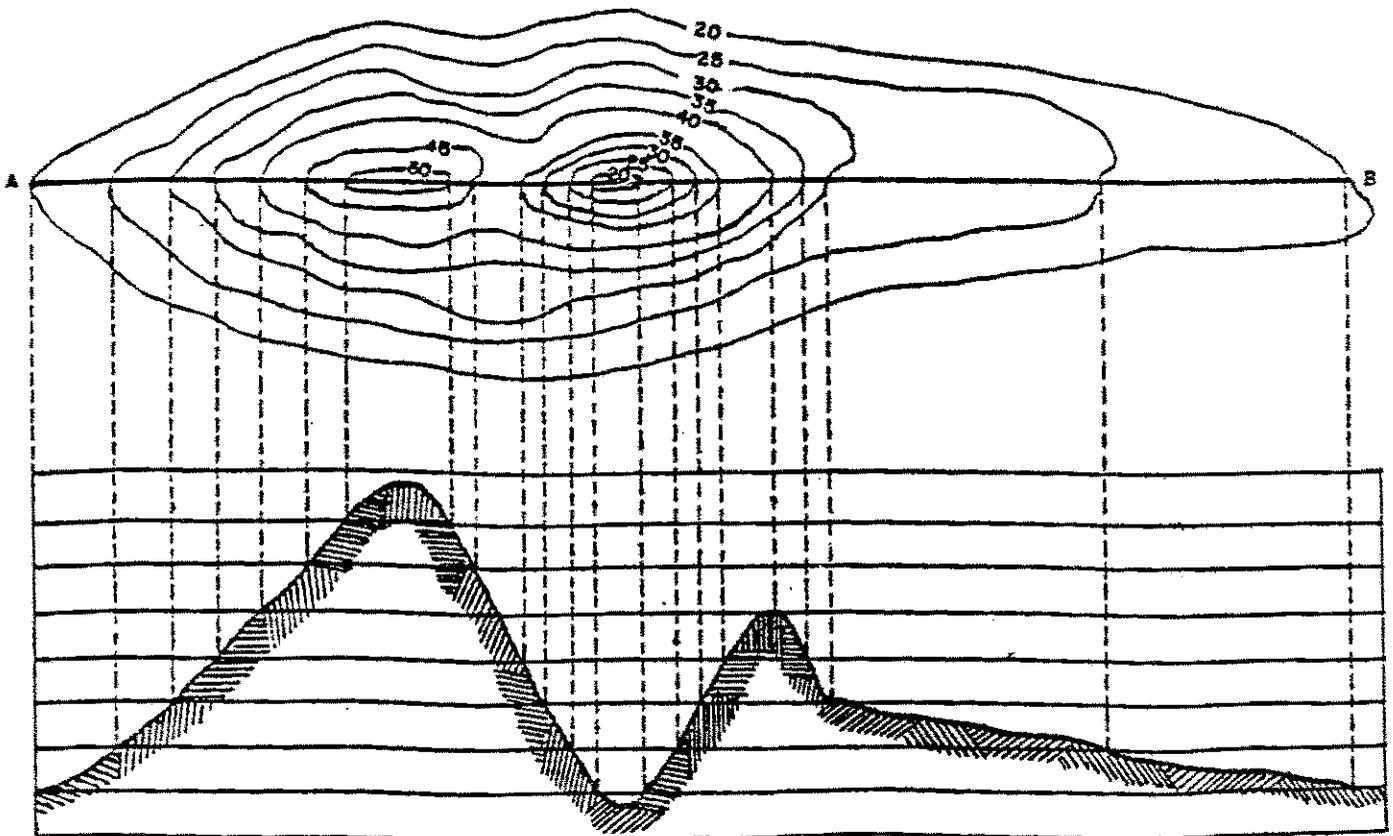
La interpretación de mapas y planos es de vital importancia para el ingeniero agrónomo, ya que en su actividad profesional se verá en la necesidad de leer o interpretar los mapas

o planos topográficos con el fin de tener una idea general de la configuración topográfica del terreno, por la razón de que esto no es posible visitando el lugar, principalmente cuando el área es bien extensa y presenta muchos accidentes (diferencias de elevación). Además de que los mapas y planos contienen los datos necesarios para realizar estudios preliminares anteproyectos, y proyectos del área que representan. A continuación vamos a ver algunos usos que se le pueden dar a un plano o mapa con información planimétrica y altimétrica.

a) **Cálculo de la pendiente:** Si estamos en presencia de un mapa o plano con las curvas de nivel podemos determinar la pendiente entre dos puntos, ya que del plano o mapa se pueden calcular la distancia entre los dos puntos en función de la escala del plano o mapa y la diferencia de elevación entre los dos puntos en función de las curvas de nivel. La pendiente quedaría definida por:

$$p = \frac{DN}{DH} = \frac{\text{Cota final} - \text{Cota inicial}}{\text{Distancia}}$$

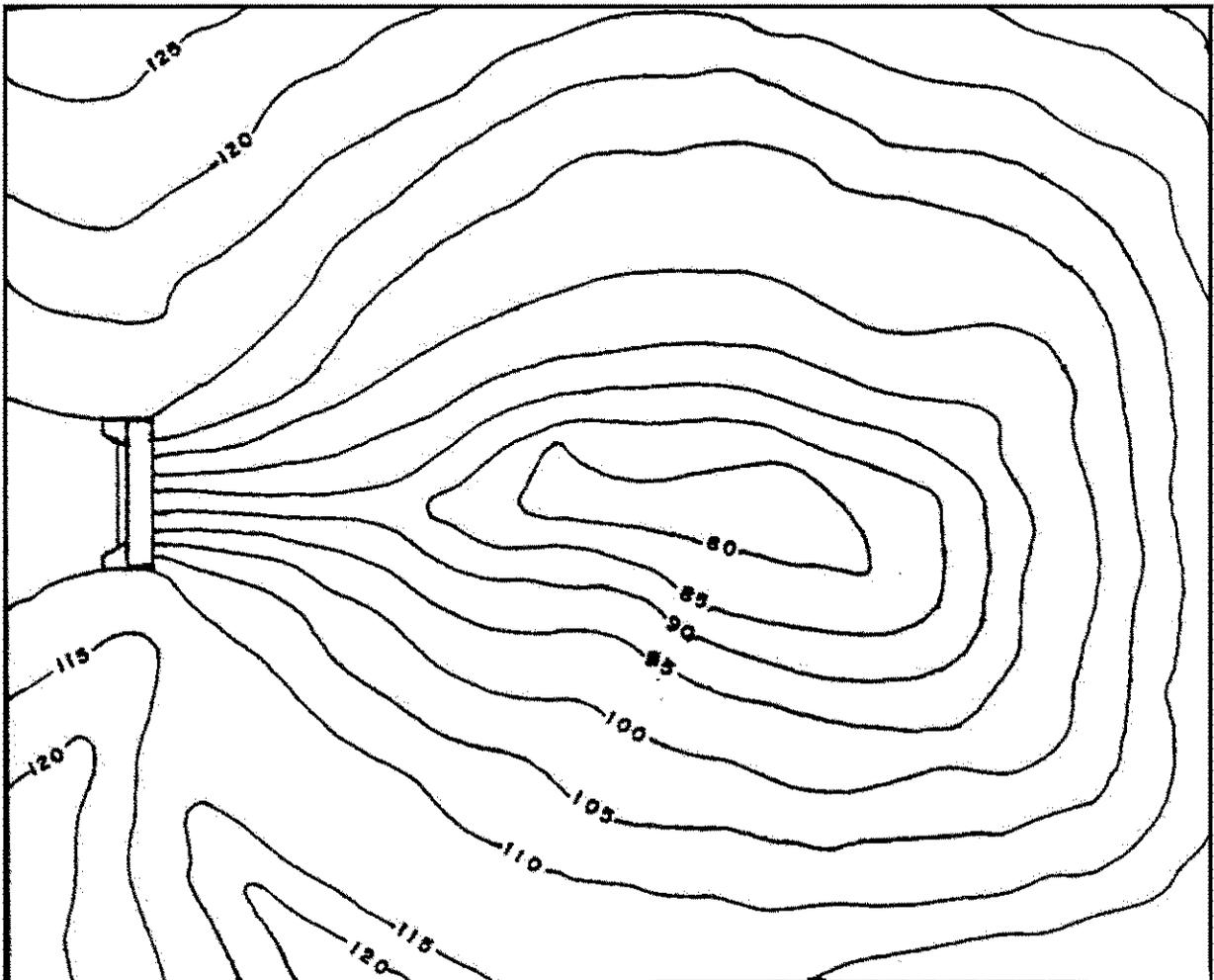
b) **Perfil de una línea trazada en el plano:** Para obtener el perfil del terreno de un plano o mapa con las curvas de nivel se traza sobre el plano la recta AB que define la línea central del perfil longitudinal y luego se dibuja una escala de referencia de las elevaciones donde se ubican las intersecciones de las curvas de nivel con la recta AB. Uniendo los puntos sobre la escala de referencia se obtiene el perfil. Para comprender mejor esto, vamos a ver un ejemplo: En el siguiente plano con las curvas de nivel determinar el perfil de la recta AB.



Nota:

Como podemos observar en el gráfico, el perfil se dibuja en la escala de referencia de las elevaciones que para este caso se utilizó una escala de 15 a 55 que son la menor y mayor elevaciones que tiene el plano de las curvas de nivel; en los puntos donde se intersectan las curvas con la recta AB se bajan perpendiculares a la escala de referencia ubicando cada punto con su respectiva elevación para luego unir a mano alzada, todos los puntos y de esta forma obtener el perfil.

- c) **Cálculo de la capacidad de embalse de una presa:** La capacidad de embalse de una presa es el volumen de agua expresado en metros cúbicos que se puede almacenar. La construcción de una presa siempre se realiza en el lugar más estrecho entre dos vertientes y donde sea posible lograr el mejor volumen de embalse dentro de la cuenca, siempre y cuando las condiciones geológicas del terreno permitan su construcción. Para el cálculo del volumen de almacenamiento, vamos a ver un ejemplo (ver plano).



En el plano aparecen las curvas de nivel con un intervalo vertical de 5 metros y el área de la presa o vaso de almacenamiento la cual está limitada por la curva de nivel 110 y la cortina de la presa.

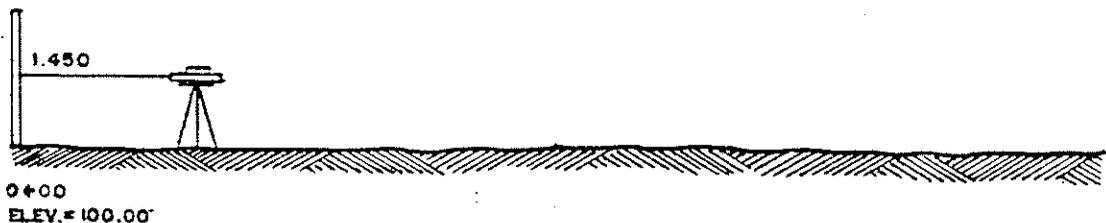
Para calcular el volumen se hace por volúmenes parciales, comprendidos entre las laderas y los planos horizontales que pasan entre dos curvas de nivel sucesivos y la presa. De esta forma podemos decir que el V_1 sería igual al área promedio definida por la curva 110 y 105 multiplicada por la altura que existe entre estas dos curvas que sería igual al intervalo vertical, el área de las curvas se calcula con el planímetro. el V_2 será igual al área promedio comprendida entre las curvas 105 y 100 por el intervalo vertical, el V_3 al área promedio entre las curvas 100 y 95 por el intervalo vertical, el V_4 al área promedio entre las curvas 95 y 90 por el intervalo vertical, el volumen total será igual a la suma de los volúmenes parciales.

6.8 Trazado de una línea con pendiente dada.

Para el trazado de líneas con pendiente dada es de gran importancia tener dominio absoluto sobre pendiente y nivelación. Vamos a tratar de explicar como se puede trazar una línea con pendiente dada en el campo, ya que como el título de este capítulo es **Replanteo** de eso se trata de replantar una línea con una pendiente dada en el campo, para eso vamos a ver un ejemplo.

Problema:

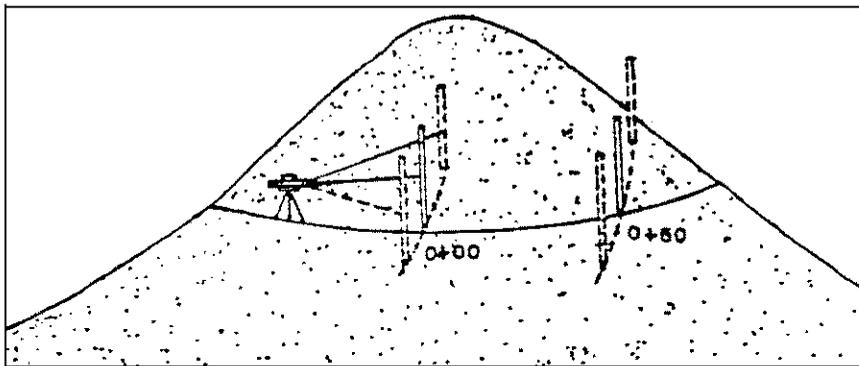
Replantar una línea de 500 mts. con un nivel de ingeniero con puntos o estacas cada 50 mts. y una pendiente de 1%.



Pasos:

- 1) Plantar el nivel a una distancia adecuada del punto de partida, sobre la línea a nivelar.
- 2) Asumir una elevación arbitraria del punto de partida, para nuestro ejemplo el punto es la estación 0+000 con una elevación de 100.00

- 3) Efectuar una lectura de VA con el el objetivo de determinar la altura del instrumento para nuestro ejemplo la lectura de VA sobre la estación 0+000 es de 1.450 por lo tanto la altura del instrumento será 101.450.
- 4) Calcular para 50 mts. cuánto debo leer en la mira para que ese punto con respecto a la estación 0+000 tenga una pendiente del 1%. Para 100 mts. hay una diferencia de nivel de 1 mt. por lo tanto para 50 mts. será de 0.50 mts. y como la pendiente es positiva, entonces el punto a 50 mts. que lo llamaremos estación 0+050 estará a una elevación de 100.50.
- 5) Si la altura del instrumento es 101.450 y la elevación de la estación 0+050 es de 100.50, entonces la lectura de vista de frente (VF) para que de 100.50 será: $101.450 - 100.50 = 0.95$
- 6) Para poner ese punto lo que se hace es que con una cuerda de 50 mts. un extremo se sostiene en la estación 0+000 y con el otro extremo el estadalero se moverá describiendo un círculo de arriba hacia abajo por indicación del nivelador hasta que este pueda leer en la mira 0.95 como lo indica la figura.



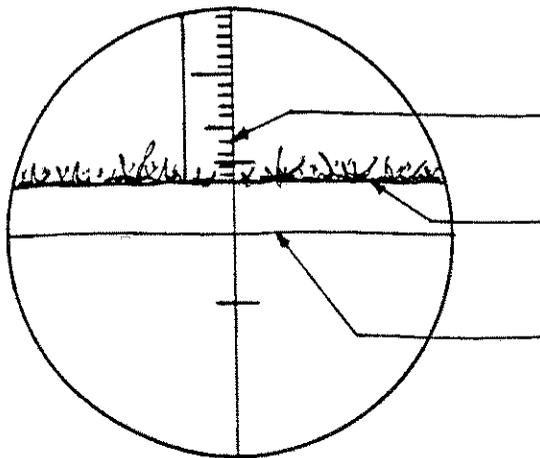
Observaciones:

El cambio de nivel se puede dar por:

- 1) Falta de visibilidad
- 2) En el caso de pendiente positiva que la mira se entierre
- 3) En el caso de pendiente negativa que la extensión de la mira sea menor.

Gráfica del caso 2 y 3

Caso 2.



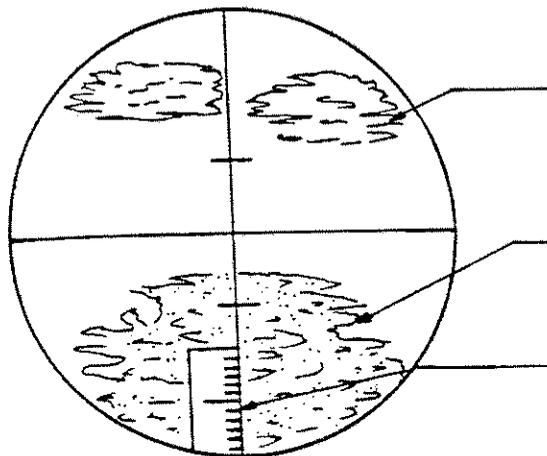
Mira colocada sobre el terreno y su posición con respecto al hilo del retículo vertical.

Nivel del Terreno.

Hilo horizontal, que es el de referencia para hacer la lectura.

Campo de Visibilidad del anteojo del nivel

Caso 3.



Nubes

Copa de árbol

Mira por debajo del hilo horizontal.

Campo de Visibilidad del anteojo del nivel

Continuando con el ejemplo en la estación 0+100 vamos a leer 0.45 y para la estación 0+150 vamos a tener problemas ya que en la mira solo tenemos 0.45 por lo que se hace necesario un cambio del nivel de ingeniero para poder seguir adelante.

Cambio del nivel de ingeniero: Para cambiar el nivel, vamos a realizar una lectura de vista atrás en un punto de elevación conocida o asumimos cualquier punto con elevación arbitraria. Para este caso, vamos a efectuar la lectura de vista atrás en la estación 0+000 que tiene una elevación de 101, la cual sumada nos da la nueva altura de instrumento para seguir trabajando.

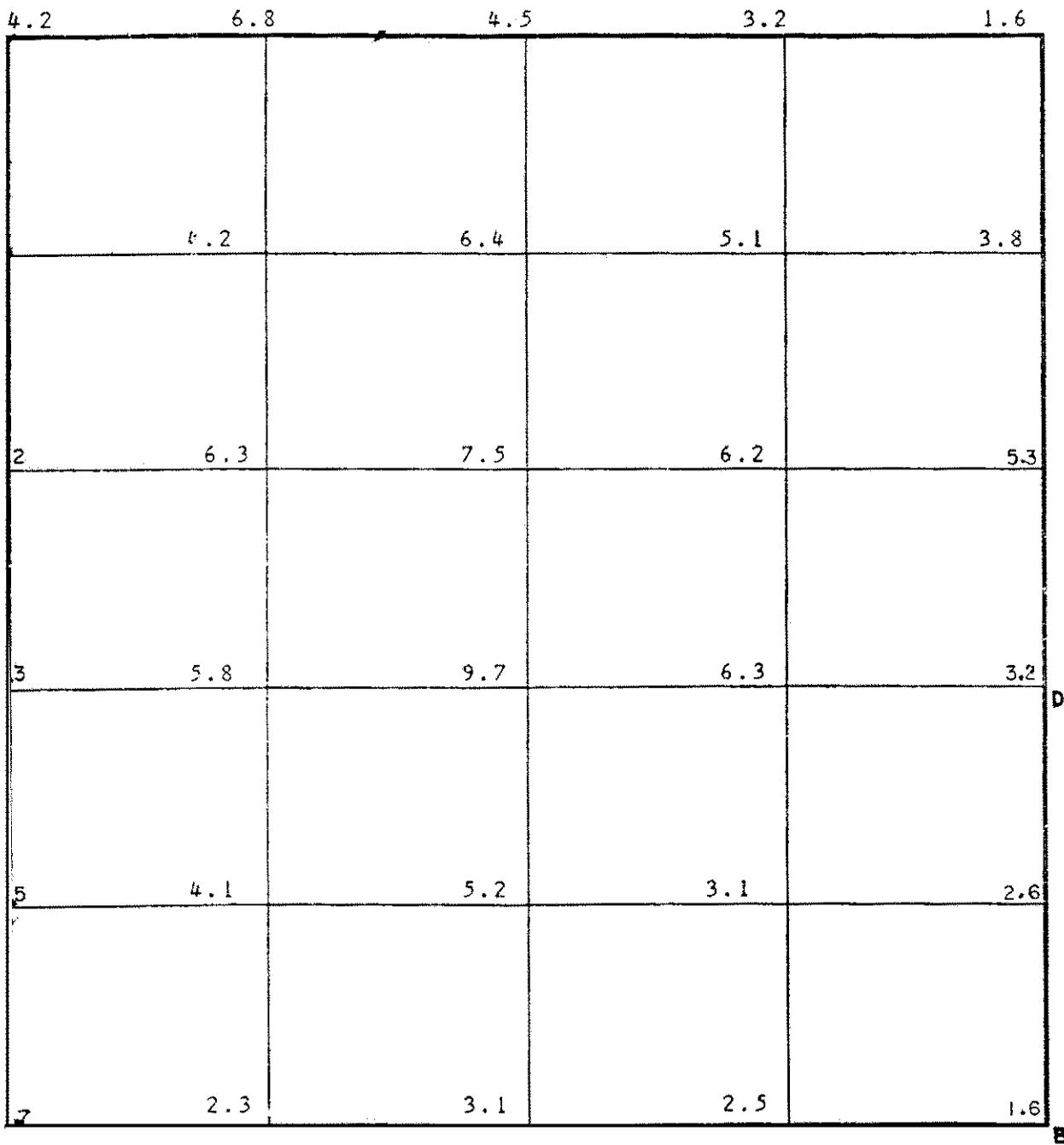
Nota:

Para realizar este tipo de trabajo, lo más ideal es trabajar con miras de lectura Indirecta o sea usando tarjeta.

6.9 Trazado de líneas a nivel o cota fija

Para el trazado de líneas con cota fija se sigue el mismo procedimiento anterior, con la diferencia que en caso de la lectura, el nivelador tiene que leer la misma lectura efectuada en el punto cuya elevación se quiere repetir y en el caso de usar miras con tarjetas, esta se mantendrá en el mismo lugar para el cambio de aparato por falta de visibilidad en la última estaca puesta se usa como punto de liga, se cambia el nivel y en el punto de liga se ajusta la tarjeta o se efectúa una nueva lectura para continuar adelante, ya sea con la nueva lectura o con la nueva posición de la tarjeta.

4.- En la siguiente cuadrícula se pide interpolar o dibujar las curvas de nivel con un intervalo vertical de 0.75m utilizando el método a estima. Luego trace una línea uniendo los puntos A y B y dibuje el perfil, luego trace la línea C, D y grafique el perfil.



BIBLIOGRAFIA

- 1.- DAVIS, FOOTE y KELLY "Tratado de Topografía"
- 2.- GARCIA MARQUEZ F. "Curso Básico de Topografía", México.
- 3.- GOMEZ QUEZADA y RODRIGUEZ APARICIO, "Topografía para Ingenieros Agrónomos".
- 4.- GORT CRUZ S. "Dibujo Cartográfico". Edit. Pueblo y Educación. La Habana Cuba.
- 5.- MONTES DE OCA M. "Topografía" Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México DF.
- 6.- RODRILGUEZ LEON L. "Topografía Básica Tomo I y II" Edit. Pueblo y Educación. La Habana Cuba.
- 7.- ROTH L. y SANCHEZ A. "Interpretación de Mapas para la Ecología y Recursos Naturales".
- 8.- TORREZ A. y VILLALTA E. "Topografía". Edit. Norma. Cali Colombia.