

## Unidad de Aprendizaje N°3:

### TAQUIMETRÍA.

#### Aprendizajes Esperados

1. Utilización del *Taquímetro* y la toma de datos en terreno.
2. Cálculo de coordenadas planimétricas a partir de los datos obtenidos en terreno.
3. Cálculo de cotas trigonométricas a partir de los datos obtenidos en terreno.

#### 1. OBJETIVO.

Determinar el valor de Coordenadas planimétricas y de cotas trigonométricas a partir de los datos obtenidos en terreno con la utilización del taquímetro, para la elaboración de un plano topográfico con valores de altura graficadas en curvas de nivel.

#### 2. ANTECEDENTES GENERALES.

#### Aplicación.

Esta guía abarca los siguientes aspectos:

- A. Instalación del instrumento topográfico.
- B. Realización de lecturas sobre la mira.
- C. Estacado de vértices para el levantamiento topográfico.
- D. Selección del método de medición.
- E. Medición en terreno y registro de Levantamiento.
- F. Cálculo de Azimut.
- G. Cálculos de coordenadas topográficas (parciales y absolutas).
- H. Cálculo de Cotas trigonométricas.
- I. Elaboración de plano topográfico.
- J. Determinación de curvas de nivel.

#### Glosario de Términos.

**TAQUÍMETRO:** Instrumento topográfico que describe un plano horizontal y vertical sobre el cual es posible determinar, a partir de valores angulares y lecturas sobre la mira, posiciones y direcciones de puntos a partir de un punto de referencia.



**MIRA:** Accesorio topográfico sobre el cual se puede interpretar la lectura en un valor métrico que posee precisión milimétrica.



**BURBUJA ESFÉRICA:** Elemento que forma parte del Taquímetro, el cual al ser nivelado (burbuja esférica al centro) asegura que el plano horizontal que describe el taquímetro se encuentra totalmente horizontal.

**BURBUJA TUBULAR:** Elemento que forma parte del Taquímetro, el cual al ser nivelado asegura que el plano vertical que describe el taquímetro se encuentra totalmente perpendicular al plano horizontal determinando así un eje a partir del cenit.

**TRÍPODE:** Accesorio topográfico que se utiliza para sostener un equipo topográfico.



**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:** Es la representación gráfica de un terreno a partir de valores angulares y de distancias tomadas en terreno con algún instrumento topográfico, que en un proceso de cálculo topográfico, son transformadas en coordenadas topográficas y en valores de altura.

Existen 2 tipos de levantamientos:

1.- Levantamientos Planimétricos: tienen por objetivo la determinación de las coordenadas planas de puntos en el espacio, para representarlos en una superficie plana: plano o mapa. Cada punto en el plano queda definido por sus coordenadas referidas a algún sistema de referencia planimétrico.

2.- Levantamientos Altimétricos: La altimetría o nivelación tiene por objetivo la determinación de la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio, a partir de una superficie de referencia. A la altura de un punto determinado se denomina cota del punto.

**AZIMUT:** Angulo medido en sentido horario a partir del Norte Geográfico y posee valores comprendidos entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  en el sistema sexagesimal.

### Características del Procedimiento de medición en terreno

#### A. Instalación de Instrumento

- Se instala el trípode en una superficie firme el cual no presente desplazamiento, soltando los tornillos del trípode y extender la patas a una altura tal que la posición del instrumento este a la altura de los ojos.
- El plato del trípode debe estar lo más horizontal posible para facilitar la nivelación de la burbuja esférica.
- Se atornilla el Taquímetro en el tornillo de sujeción que posee el trípode para fijar el equipo y comenzar con la nivelación de éste.
- Para nivelar el equipo, se debe, en una primera etapa, nivelar la burbuja esférica con el desplazamiento de las patas del trípode (hacia arriba o hacia abajo) de tal manera que la burbuja de posición en la circunferencia de la burbuja esférica. Luego de estos movimientos, la burbuja se nivelará con la utilización de los tornillos nivelantes del equipo para ubicar dicha burbuja en el centro.



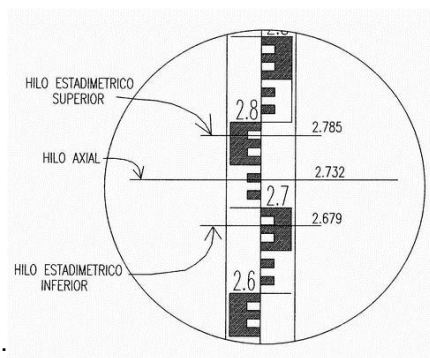
Luego se procede a nivelar la burbuja tubular, realizando movimientos finos de los tornillos. Esto asegura que el plano horizontal del equipo se encuentra perpendicular al eje vertical de rotación que describe este instrumento.

## B. Realización de lecturas

El taquímetro es un instrumento digital que posee una pantalla en la cual nos entrega la siguiente información:

- 1.- Angulo Horizontal : Angulo que nos permitirá direccionar nuestra visual y se encuentra en el sistema centesimal.
- 2.- Angulo vertical: Angulo que nos permitirá determinar diferencias de altura entre los vértices a partir de un punto que se encuentra arriba del equipo en el eje que pasa por el centro del equipo y es perpendicular con el suelo llamado zenit. La unidad de este ángulo también es el sistema centesimal.

El taquímetro también nos permite realizar lecturas sobre la mira el cual nos permitirá deducir valores de distancias entre los puntos



En terreno se deben registrar las lecturas al Hilo Superior, Axial o medio e inferior.

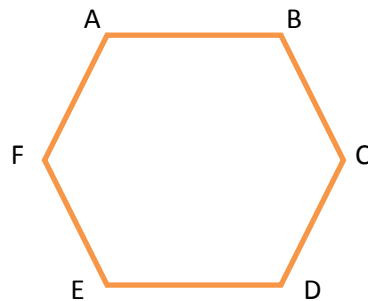
## C. Estacado de vértices para el levantamiento topográfico.

El estacado de los vértices debe cumplir los siguientes requisitos:

- 1.- Los vértices seleccionados deben describir una poligonal lo que nos permitirá la evaluación de nuestras mediciones.
- 2.- Los vértices deben estar posicionados y en cantidad tal que abarque lo más posible el área a levantar.
- 3.- Los vértices deben ser intervisibles para la correcta visualización de la mira instalada en el vértice a visar.
- 4.- Los vértices deben estar en lo posible en lugares en los cuales permita la instalación del equipo de forma segura y no se produzcan desplazamientos y además que estén materializados hasta el término de la obra.

#### D. Selección del método de medición

El método que se utilizara para la realización del levantamiento topográfico será el de Poligonación ya que nos permitirá la evaluación angular y lineal de los datos tomados en terreno.



#### E. Medición en terreno y registro del levantamiento

Las mediciones en terreno deben realizarse efectuando las lecturas hacia las miras instaladas en los vértices. La mira se instalara sobre y al centro de la estaca y se debe completar el siguiente registro:

Estación	Vértice	Angulo horizontal	Angulo vertical	Hs	Hm	Hi	Altura instrumental

En la primera columna, se pone el nombre de la estación en donde se instala el equipo.

En la segunda, se completa con el nombre donde uno realiza la visual (donde se instala la mira)

La tercera y cuarta columna lleva la información que nos entrega el display del taquímetro.

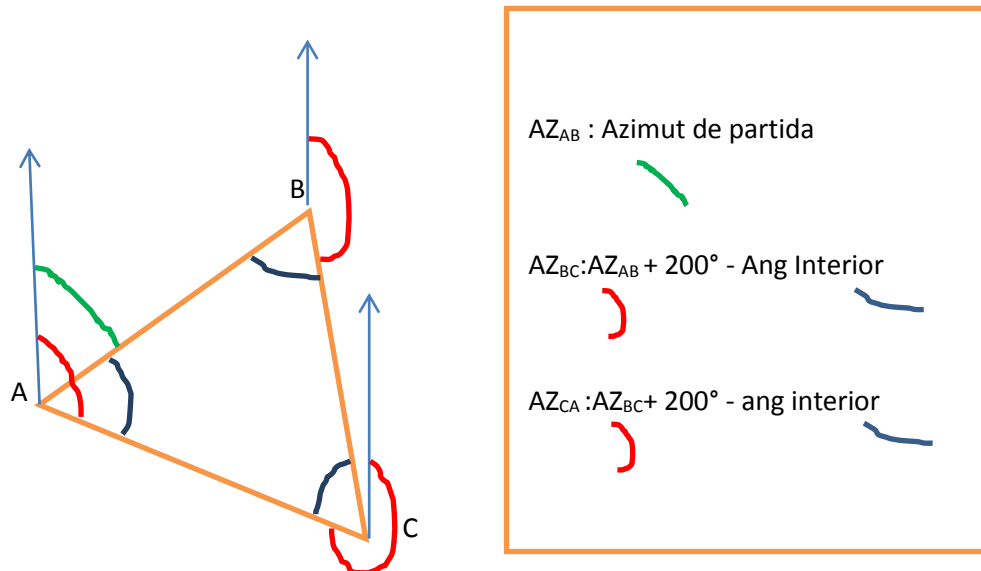
La quinta, sexta y séptima columna lleva la información de las lecturas de los hilos estadimétricos realizados hacia las miras instaladas en los vértices.

La última columna es la información de la altura que se encuentra instalado el equipo y se mide desde el vértice hasta el centro óptico del taquímetro que se encuentra materializado en una marca a un costado del equipo.

### F. Cálculo de Azimut

Azimut es el ángulo medido en sentido horario a partir del norte geográfico. Se debe tener en cuenta que es necesario tener un azimut en alguno de los vértices de la poligonal y los otros vértices se calcularán a partir de los ángulos medidos en el resto de la poligonal.

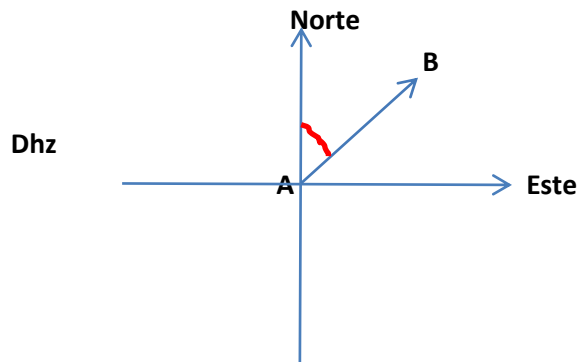
En el siguiente gráfico se observa como se calculan los azimut:



### G. Cálculos de coordenadas topográficas ( parciales y absolutas )

Las coordenadas Topográficas nos permiten ubicar la posición de los puntos en el espacio a partir de algún sistema de referencia con valores reales de ángulos y distancias orientados según el esquema anterior, con una referencia direccional.

Las coordenadas topográficas poseen dos ejes de referencia que son coincidentes con un plano cartesiano por lo que el eje X lleva la información de la coordenada Este y el eje Y llevara la información de la coordenada Norte.



Existen entonces 2 tipos de coordenadastopográficas:

1.- Coordenadas Parciales: son coordenadas que no dependen de un sistema de referencia por lo que sus valores representan diferencias y direcciones a partir del punto anterior, así por ejemplo el vértice B se encuentra más a la derecha o izquierda y más arriba o abajo del vértice A.

Las Formulas empleadas:

$$\Delta E : Dhz * \text{Seno} ( Az) \quad E2-E1$$

$$\Delta N: Dhz * \text{Coseno} ( Az) \quad N2-N1$$

**Dhz:** Distancia Horizontal se calcula trigonométricamente.

2.- Coordenadas Absolutas:

Estas coordenadas se calculan agregando un sistema de referencia. Es así, como el PR o Punto de referencia nos indicara el sistema de referencia en una obra.

Se calcula de la siguiente forma:

$$E2 = E1 \pm \Delta E$$

$$N2= N1 \pm \Delta N$$

## H. Evaluación de la poligonal y compensación

Por ser un sistema de medición o de levantamiento a partir de una poligonación, se debe evaluar el polígono a partir de los siguientes aspectos:

1.- Evaluación Angular: Angularmente, la figura debe cumplir:

$$\sum \text{Ángulos Interiores} = 200^\circ * (n - 2) \quad n: \text{n}^\circ \text{ de lados de la poligonal}$$

La compensación se dará entonces:

$$\text{Error cierre angular: } E_{\text{cang}} = \sum \text{Ángulos Interiores} - (200^\circ * (n - 2))$$

$$\text{Compensación: } \text{Angulo interior corregido} = \text{Angulo medido} - E_{\text{cang}} / n$$

2.- Evaluación Lineal: Linealmente se debe cumplir que:

$$\sum \Delta E \approx 0$$

$$\sum \Delta N \approx 0$$

Pero esto es una condición ideal por lo que en la práctica nos encontraremos con:

$$\sum \Delta E = E_e \text{ (error en el Este)}$$

$$\sum \Delta N = E_n \text{ (error en el Norte)}$$

Por lo tanto :

$$E_t \text{ (error total) } = \sqrt{E_e^2 + E_n^2}$$

$C_{N_i}$ : corrección Norte en el lado  $i = \frac{E_n}{\text{perímetro}} * L_i$  ( $L_i$  distancia parcial de la poligonal)

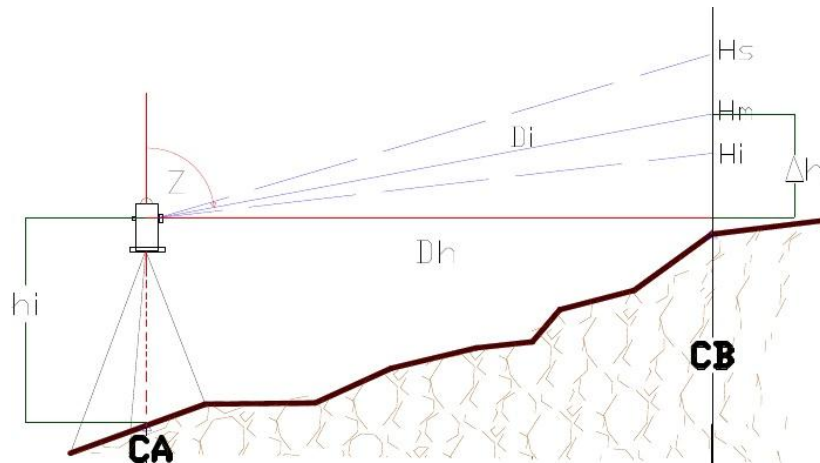
$C_{E_i}$ : corrección Este en el lado  $i = \frac{E_e}{\text{perímetro}} * L_i$  ( $L_i$  distancia parcial de la poligonal)

Si el error es negativo, la compensación será positiva y viceversa.



### I. Cálculo de cotas trigonométricas

Las cotas trigonométricas se calcularán de acuerdo al siguiente esquema:



Z : ángulo vertical o cenital

Hi: hilo inferior

Hm : hilo medio

Hs : hilo superior

.hi : altura instrumental

Dh :Dhz : Distancia horizontal

Ca : cota del vértice A

Cb : cota del vértice B

Δh : diferencia de nivel entre A y B

Di : distancia inclinada

K : constante = 100

G: Generador = Hs - Hi

$$Dhz : K * G * \text{seno}^2(Z)$$

$$\Delta h : \frac{K * G + \text{seno} ( 2 * Z )}{2}$$

2

$$Cb: Ca + hi - Hm \pm \Delta h$$

## J. Elaboración de plano topográfico

Para la elaboración del plano topográfico se necesita el programa AutoCAD en el cual se deben ingresar los datos de los puntos con 3 coordenadas Este, Norte, Cota. La ejecución correcta se debe realizar a partir del esquema de terreno ya que a partir de este esquema es que uno puede interpretar la unión y descripción de los puntos ingresados en la planilla

Para esto se debe realizar un archivo en Excel en el cual se ingresen los datos de los puntos en cada columna ( columna Este, columna Norte y columna Cota) para exportar este archivo en un tipo CSV delimitado por coma para que el programa Cad lo reconozca.

El plano topográfico debe incluir los siguientes elementos:

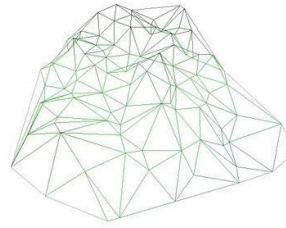
- Norte Geográfico
- Escala de ploteo
- Cuadro de simbología
- Plano de ubicación fuera de escala
- Viñeta
- Escala grafica

## K. Determinación de curvas de nivel

Las curvas de nivel se efectuaran a partir de una malla TIN que se construye a partir de los datos de altura de todos los puntos que se miden en terreno.

La malla Tin se construye a partir de triángulos formados por puntos del levantamiento cumpliendo los siguientes criterios:

- Los triángulos deben ser lo más equiláteros posible.
- Las líneas no se deben cruzar.
- La cantidad de triángulos queda definida por la calidad de estos.
- En terreno se debe considerar la toma de datos en los lugares en donde se visualice algún desnivel característico o importante del sector.



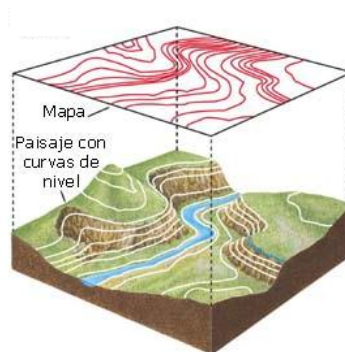
En cada uno de los lados de los triángulos de esta malla, se realiza una interpolación de cotas enteras que se encuentren en cada uno de estos lados, creando así una relación entre la diferencia de nivel entre los puntos y la distancia entre ellos.

Teniendo las cotas enteras graficadas en los lados de los triángulos, se van a definir las curvas índices e intermedias.

Las curvas de nivel entonces, son líneas que van a unir valores de cotas iguales en toda su trayectoria.

Las curvas Índiceson creadas bajo divisiones exactas (cada 5, 10, 50, 100, etc., mts) y siempre se les indica su valor.

Las curvas intermedias son la que trazamos entre dos curvas índice, también a la misma distancia entre ellas y se grafican más delgadas que las índice.



### 3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

Desarrollar una poligonal cerrada compuesta de 4 vértices y realizar las mediciones necesarias según esta guía.

Realizar el registro de terreno:

Estación	Vértice	Angulo horizontal	Angulo vertical	Hs	Hm	Hi	Altura instrumental

En la práctica se debe, dentro de lo posible, realizar las lecturas calando a la mira al centro y Hm a la altura instrumental.

En cada uno de los vértices, realizar al menos 15 lecturas a puntos intermedios. Estos puntos intermedios corresponderán a elementos significativos o característicos del lugar como cámaras, postes, arboles, cierres perimetrales, ejes de camino, soleras, etc.

Calcular coordenadas absolutas para todos los puntos medidos en terreno, considerando que el punto de partida es un PR con coordenadas Este, Norte y cota ( 100, 100, 100)

Realizar un esquema de terreno indicando posición relativa de los puntos tomados en terreno.

Realizar el plano en Autocad según lo descrito en la guía.

En un impreso aparte, plotear un despliegue de puntos con los valores de cota para realizar la malla TIN y dibujar las curvas de nivel según indicación del profesor ( separación curvas índice e intermedias)

#### **Procedimiento.**

- a) Estacar los vértices ( a 10 o 15 mts de distancia aproximadamente ).
- b) Realizar las mediciones en terreno
- c) Realizar el registro de terreno.
- d) Calcular error de cierre
- e) Compensar ángulos interiores.
- f) Calcular azimut de los vértices
- g) Calcular coordenadas parciales
- h) Calcular error lineal y compensar.
- i) Calcular coordenadas absolutas
- j) Crear planilla Excel para exportación de datos a Autocad
- k) Exportar datos y crear plano topográfico

- l) Plotear plano
- m) Plotear despliegue de puntos con los valores de cota
- n) Crear malla TIN
- o) Trazar curvas de nivel

#### 4. Completar

INDICAR SI ES V O F

- a.- ..... Las coordenadas topográficas remplazan el eje X con las coordenadas Norte.
- b.-..... Las coordenadas absolutas si dependen de un sistema de referencia.
- c.-..... La sumatoria de los ángulos interiores en una poligonal menos  $200*(n-2)$  da origen al error de cierre angular.
- d.- ..... La distancia horizontal se compensa con el error de cierre lineal.
- e.- ..... Una poligonal nos permite realizar una compensación angular y lineal.
- f.- ..... Las cotas trigonométricas son iguales a las cotas geométricas.

INDICAR Y DETALLAR EL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN TERRENO.

ADJUNTAR RESULTADOS DEL EJERCICIO PRACTICO

#### 5. INSUMOS.

- Cuaderno de registro

- Tiza

- Estacas

**6. EQUIPAMIENTO.**

Equipos.	CANTIDAD	N° MAX ALUMNOS
Taquímetro	1	5
Mira topográfica	2	5
Niveleta	1	5
Trípode	1	5
Plomo	1	5
Brújula	1	5
Huíncha	1	5

N°	Actividad	Puntaje.	
		Asignado.	Obtenido.
1.	El instrumento se encuentra instalado y nivelado.	0,5	
2.	El estacado se realiza de tal manera que los vértices sean intervisibles.	0,5	
3.	Se mide al rumbo de partida para el cálculo de azimut.	1	
4.	El registro de terreno se encuentra completo de acuerdo a los vértices tomados en terreno.	1	
5.	Se realiza el esquema de terreno.	1	
6.	Los cálculos de la poligonal están completos.	1	
7.	Se compensa la poligonal.	1	
8.	Se calculan los puntos intermedios.	1	
9.	Se realiza la planilla Excel para exportar a Autocad.	1	
10.	Se crea plano topográfico con todos los elementos.	1	

11.	Se plotea despliegue de puntos con valores de cotas.	1	
12.	Se crean las curvas de nivel a partir de la malla TIN.	1	
13.	<b>Total.</b>	11	

### 7.- AUTOEVALUACION

### 8. BIBLIOGRAFÍA

- Santamaría Peña Jacinto, Sanz Méndez T, Manual de Prácticas de Topografía y Cartografía, Universidad de la Rioja, 2005.
- Navarro Hudiel, Topografía Teoría de Errores, 2008.
- Quintana, Arturo, Apuntes de clases de topografía. Santiago, Escuela de Ingeniería, ediciones Universidad de Chile, 1995
- Zurita R, José, Topografía práctica para el constructor México, Editorial CEAC, 1993
- Valdés D, Francisco, Práctica de topografía, cartografía y fotogrametría México, Editorial CEAC, 1989
- Zurita Ruiz, José, Topografía aplicada a la construcción. México, Editorial Mc Graw – Hill, 1993
- Banrieter, A. y Ralymonds, S. Topografía práctica para el constructor Barcelona, Editorial CEAC, 1994
- Martín Y., José Manuel Técnicas modernas de topografía México, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., 1989.
- Alcántara García, Dante Topografía México, Editorial Mc Graw-Hill, 1990