



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

APUNTES DE TAQUIMETRÍA

CICLO LECTIVO 2013

Asignatura:	TOPOGRAFÍA		
Profesor Titular:	María Virginia Mackern		
Profesor Adjunto:	Guillermo Reta		
J.T.P.	María Laura Mateo		
Carrera:	Ingeniería Civil		
Año: 2013	Semestre: 2do	Horas Semestre: 90	Horas Semana: 6



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Objetivos:

- Que el alumno pueda conocer, descubrir, y representar el entorno geográfico en forma rápida.
 - Que el alumno reconozca los tipos de instrumentos topográficos utilizados para taquimetría.
 - Que el alumno sea capaz de construir una planilla de levantamiento.
 - Que el alumno adquiera la capacidad de plantear resolver una planilla taquimétrica.
-

INTRODUCCIÓN

Luego de haber estudiado en bolillas anteriores resoluciones de problemas en el plano (planimetría sencilla, poligonación y triangulación) y determinación de desniveles en Nivelación Geométrica, abordaremos un tema que propone la resolución simultánea de ambas situaciones.

Esto es la taquimetría un procedimiento expeditivo que nos permite un levantamiento planialtimétrico simultáneo de puntos de una porción de terreno mediante coordenadas polares y desniveles. Se usa tanto para levantamientos a escalas grandes como a escalas pequeñas. Grandes: desde escalas 1:1.000 a 1:10.000, los que se usan para evaluación de anteproyectos de ingeniería, como pueden ser, viales, hidráulicos, planificaciones de riego, sembradíos. Pequeñas: desde escalas 1:20.000 a 1:50.000 para fines turísticos, catastrales, urbanísticos.

Los elementos que se utilizan para esta sub-disciplina son:

- Teodolito
- Miras (la cantidad dependerá de la envergadura del trabajo)
- Planillas de levantamiento y croquizado.
- Radio transmisores

Los teodolitos deben poseer anteojos estadimétricos, con los cuales podremos determinar, aplicando algunas fórmulas, distancias desde el equipo hasta el punto relevado. Este es un método expeditivo y de menor precisión que utilizando una cinta métrica; excepto en los casos en los cuales el terreno tenga mucho desnivel o sea muy accidentado.



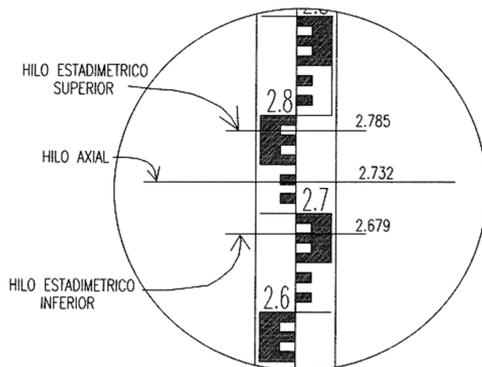
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

ANTEOJOS ESTADIMÉTRICOS

Estos anteojos tienen dos hilos paralelos y equidistantes al horizontal de la cruz del retículo (hilo estadimétrico superior, hilo medio o axial e hilo estadimétrico inferior), con los que efectuamos las lecturas sobre la mira. Estas lecturas las denominaremos LS (lectura superior), LM (lectura media) y LI (lectura inferior) según indica la figura.



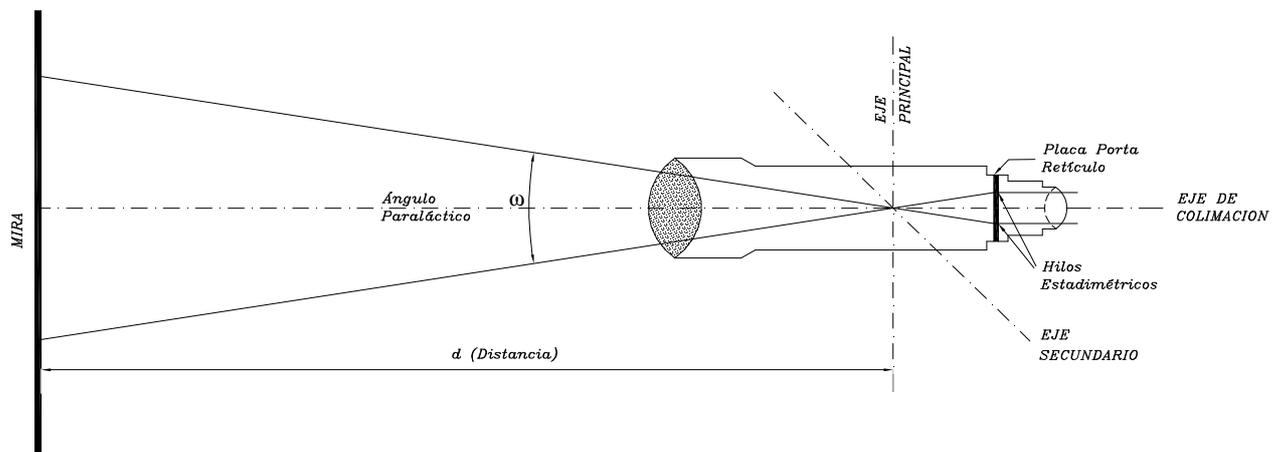
En estos métodos de medición encontramos la distancia desde el aparato al punto en cuestión efectuando la diferencia entre la lectura superior y la lectura inferior y multiplicándola por la constante multiplicativa que en la actualidad es siempre 100. En el caso del dibujo la distancia será, según lo leído en la mira:

LS: 2,785 m

LI: 2,679 m

$$D = (LS - LI) \times K = 0,106 \text{ m} \times 100 = 10,60 \text{ m}$$

Actualmente, todos los equipos poseen anteojos estadimétricos centralmente analíticos. Esta condición geométrica surge de tener una segunda lente acoplada a la lente objetivo que produce que el foco anterior del objetivo coincida con el centro del instrumento (eje secundario), según muestra la figura:



$$\tan \frac{\omega}{2} = \frac{m}{d} \therefore d = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \cot \frac{\omega}{2}$$



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Se puede observar, en la figura, que el valor ω es constante por ser un valor angular que depende del aparato, por lo tanto la expresión

$$\frac{1}{2} \cdot \cot \frac{\omega}{2} = k \text{ (constante)}$$

Por lo tanto:

$$d = m \cdot k$$

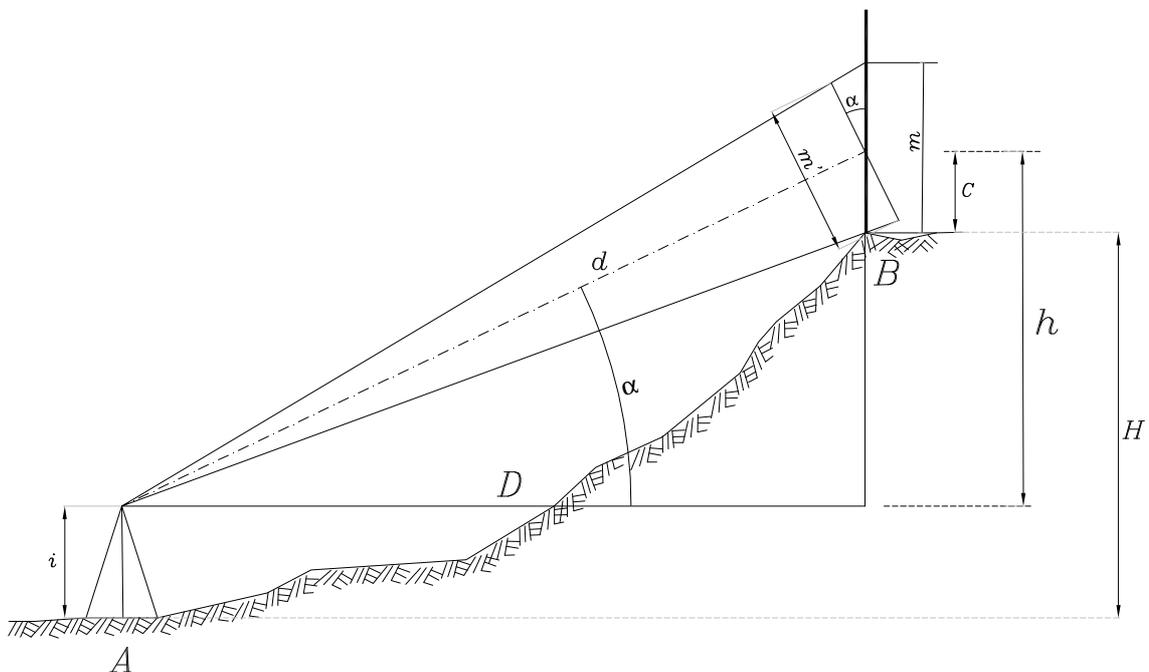
En la actualidad, y para facilitar el cálculo, el valor de $k=100$; de aquí podemos deducir el valor del ángulo ω que será:

$$k = \frac{1}{2} \cdot \cot \frac{\omega}{2}$$

$$2k = \cot \frac{\omega}{2}$$

$$200 = \cot \frac{\omega}{2} \therefore \omega = 0^{\circ} 34'$$

Pero este cálculo funciona cuando la mira está colocada perpendicularmente a la visual del anteojo, o lo que es lo mismo, cuando esa visual es horizontal. Para visuales inclinadas deberemos efectuar una deducción en base a analizar la siguiente figura:





UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Según ya hemos dicho la visual deberá ser perpendicular a la mira y en este caso los hilos estadimétricos interceptan a la mira produciendo un corte de mira con un valor m . El valor m' es el que deberíamos tener si existiera perpendicularidad entre el rayo óptico y la mira. De manera que por ser el ángulo de elevación igual al de inclinación de m' con respecto a la mira por tener sus lados correspondientes perpendiculares, podemos decir:

$m' = m \cos \alpha$; siendo α el ángulo de elevación del anteojo.

De manera que la distancia d (distancia inclinada) estará definida por la fórmula:

$$d = k \cdot m \cos \alpha$$

Pero la distancia que nos interesa a nosotros es la topográfica, o sea el valor D :

$$D = d \cos \alpha = k \cdot m \cos \alpha \cos \alpha$$

$$D = k \cdot m \cos^2 \alpha$$

En el análisis del desnivel H entre los puntos A y B intervienen varios elementos. La altura del teodolito (la cual se toma desde el punto estación hasta la altura del eje secundario del aparato y se indica con la letra i), la lectura del hilo medio (indicada con la letra c) y el valor de h (diferencia de altura entre el aparato y el hilo medio) obtenido mediante la siguiente expresión:

$$h = k \cdot m \cos \alpha \sin \alpha$$

La expresión $\cos \alpha \sin \alpha$ la podemos substituir por $\frac{1}{2} \sin 2 \alpha$ con lo que obtendremos:

$$h = \frac{1}{2} k \cdot m \sin 2 \alpha;$$

por lo tanto:

$$H = \frac{1}{2} k \cdot m \sin 2 \alpha + i - c$$

Por ello es que siempre, si las visuales nos lo permiten, apuntar a la mira, con el hilo medio al mismo valor que la altura del aparato

Si el teodolito tuviera nivel testigo no hay que olvidarse, antes de efectuar la lectura vertical, calar en nivel. Se debe mantener la mira lo más vertical posible, ya que los errores introducidos por inclinación de la mira son importantes. Veremos algunos ejemplos:



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Inclinación De la mira	Ángulo de Altura			
	0°	10°	20°	30°
2° 20'	0,08m	0,83m	1,59m	2,50m
1° 20'	0,03m	0,44m	0,88m	1,39m
0° 25'	0,00m	0,13m	0,27m	0,42m
0° 05'	0,00m	0,03m	0,05m	0,08m

Los valores que se obtienen en la inclinación de mira dependen de los accesorios que se utilicen para verticalizarlos:

- Sostenida sin accesorios: 2° 20'
- Sostenida con plomada física tenida a mano: 1° 20'
- Sostenida con nivel esférico tenida a mano: 0° 25'
- Sostenida con nivel esférico y bastones de sostén: 0° 05'

Se debe poner especial énfasis y atención cuando uno efectúa la lectura sobre mira, sobre todo en lecturas cercanas al horizonte, ya que una discrepancia de 1mm al multiplicarlo por 100 introduce un error de 0,10m. Uno de los problemas que puede causar una mala lectura es que exista error de paralaje en el momento de efectuarla. Recordemos que el error de paralaje es cuando la imagen del retículo no se forma en el mismo plano que el objeto.

PUNTOS NOTABLES:

Llamaremos puntos notables a todos aquellos puntos que para nosotros sean de interés en el levantamiento para poder así representar, lo más fidedignamente, el terreno a relevar. Estos puntos pueden ser bordes de acequias o caminos, árboles (en caso que nos interese si es para realizar un proyecto), compuertas, postes de luz o telefónicos, hitos kilométricos, alambrados, alcantarillas y todo otro dato de interés; pues estos nos servirán para efectuar una comprobación desde la siguiente estación. En caso que queramos representar la topografía del terreno (su forma para realizar, por ejemplo, un plano de curvas de nivel), deberemos tomar todos aquellos puntos en que se produce un cambio de pendiente.

Para el análisis de los puntos tomados, en este último caso, consideraremos que entre punto y punto tomados, los une una recta. Igual criterio utilizaremos cuando realicemos perfiles, tanto longitudinales como transversales, por lo que entre punto y punto estarán unidos por una línea recta.

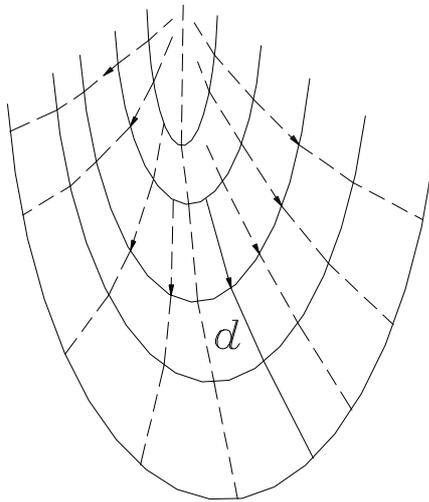
Cuando se trabaja en zonas montañosas se deben tomar las divisorias de agua (llamada así porque es la línea que separa la caída de las aguas en caso de lluvia o deshielo) para cada ladera; y la línea de vaguada o *talweg* que tienen las holladas.



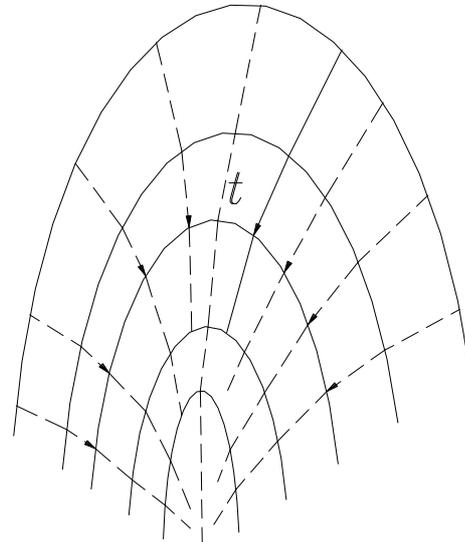
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...



Loma con Dorsal



Hondonada con Talweg

Cuando se desea realizar un estudio de una zona en el caso del diseño de un camino, se deberá replantear con estacas en el terreno los vértices de la poligonal de estudio. En esta poligonal se la levantarán los ángulos horizontales con teodolito y se nivelarán dichos vértices y puntos auxiliares con nivelación geométrica. En los vértices de la poligonal y puntos auxiliares se procederá a estacionar el teodolito taquimétrico y efectuar el relevamiento de la zona, el cual será de unos 200 o 300m a ambos lados de la poligonal. Estos puntos donde estacionamos el teodolito para efectuar el levantamiento lo llamaremos puntos de apoyo. Si en dicha poligonal realizamos el levantamiento altimétrico por medio de métodos taquimétricos, esta se llamará *Poligonal Taquimétrica*.

EQUIPO DE CAMPAÑA

El personal con que se deberá contar en campaña es el siguiente:

1. Director de trabajos
2. Operador
3. Croquizador
4. Anotador
5. Portamiras

El director de trabajos será el encargado de llevar la cronología de los puntos que se levanten, indicándole al croquizador la ubicación de los mismos. También dirigirá a los mireros (portamiras) los puntos notables a relevar.

El anotador deberá guardar la cronología de los puntos y estará en permanente contacto con el director de trabajos y el croquizador. Tanto el croquis de la zona



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

relevada como la planilla de anotación de datos deben ser lo suficientemente claros y prolijos para que cualquier otra persona las pueda entender fácilmente.

En el croquis deberán figurar tanto las características planimétricas como altimétricas. No sólo acequias, caminos, edificios y otros puntos de interés planimétrico, sino las líneas de cambio de pendiente, dorsales, hondonadas con talweg y todas otras características que puedan ser de utilidad al momento de realizar el dibujo de la zona.

La cantidad de mireros dependerá de la envergadura del trabajo. La rapidez del mismo dependerá de la habilidad en la elección de puntos a relevar y celeridad en el movimiento de los portamiras. Conviene que estén ubicados a distancias cercanas entre ellos para que el operador del teodolito no deba desplazarse alrededor del mismo cuando apunta a uno o a otro.

DATOS QUE SE TOMARÁN EN CAMPAÑA:

En la planilla que se adjunta a continuación se efectuarán las siguientes anotaciones:

- Punto Estación
- Altura del instrumento
- Punto Visado
- Lectura del Hilo Superior
- Lectura del Hilo Medio
- Lectura del Hilo Inferior
- Ángulo Acimutal
- Ángulo Vertical

Con estos datos se está en condiciones de calcular la planilla de taquimetría. El ángulo para cálculo es el suplementario (con su signo) del ángulo cenital o nadiral correspondiente al instrumento con que se trabaje.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

MEDICIÓN ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS

Existen algunos aparatos que tienen adosados otro equipo que recibe el nombre de distanciómetro. Estos tienen por finalidad enviar un rayo (actualmente infrarrojo) que rebota en una pantalla llamada prisma y vuelve al equipo. Éste calcula la distancia y la indica en una pantalla. Lo que obtenemos es la distancia inclinada desde el teodolito hasta la pantalla. Habrá que reducirla al horizonte y obtener el desnivel en función del ángulo vertical. A continuación veremos cómo está compuesta una planilla para volcar los datos cuando se trabaja con un equipo de esta naturaleza.



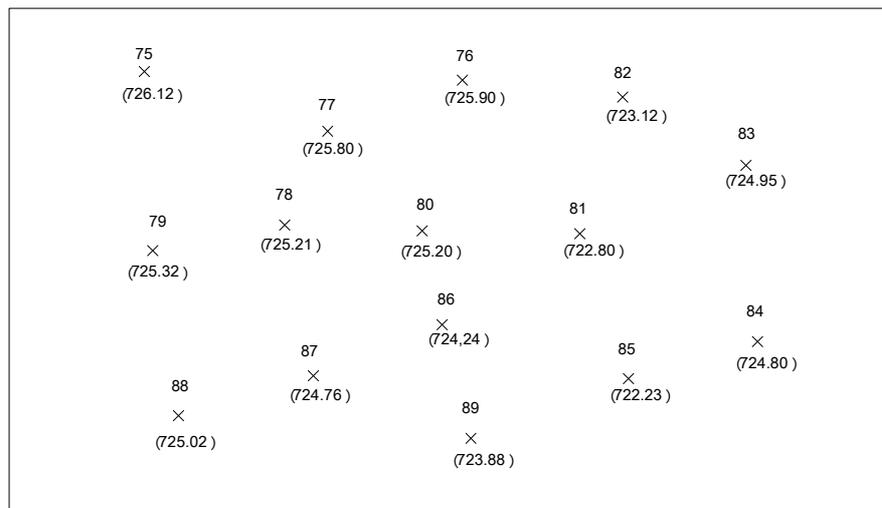
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

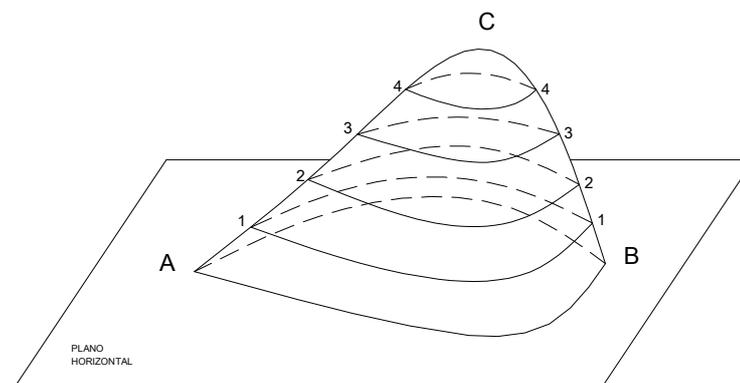
REPRESENTACIONES PLANIALTIMÉTRICAS

La forma más sencilla de representar los puntos levantados es por medio del *Plano Altimétrico* el cual contiene todos los puntos levantados, ubicados planimétricamente. Sobre cada punto se coloca el número de punto que le correspondió en el levantamiento y por debajo la cota del punto entre paréntesis.



En este tipo de planos no se distingue bien la topografía del terreno sin efectuar un detenido y laborioso análisis de la ubicación de los puntos y sus cotas. Por ello es que se realizan *Planos de Curvas de Nivel* que son planos en los que por medio de curvas imaginarias, en el terreno, se unen puntos de igual cota; manteniéndose una determinada diferencia de cota entre una y otra curva. A esa distancia altimétrica en que difieren una curva de otra la llamaremos *Equidistancia*. Esta equidistancia puede ser de 0,20m, 0,50m, 1m, 5m, 10m o más, dependiendo de la escala del plano y la topografía del terreno.

Supongamos una elevación de terreno que es cortado por planos horizontales a una determinada equidistancia, como muestra la siguiente figura:



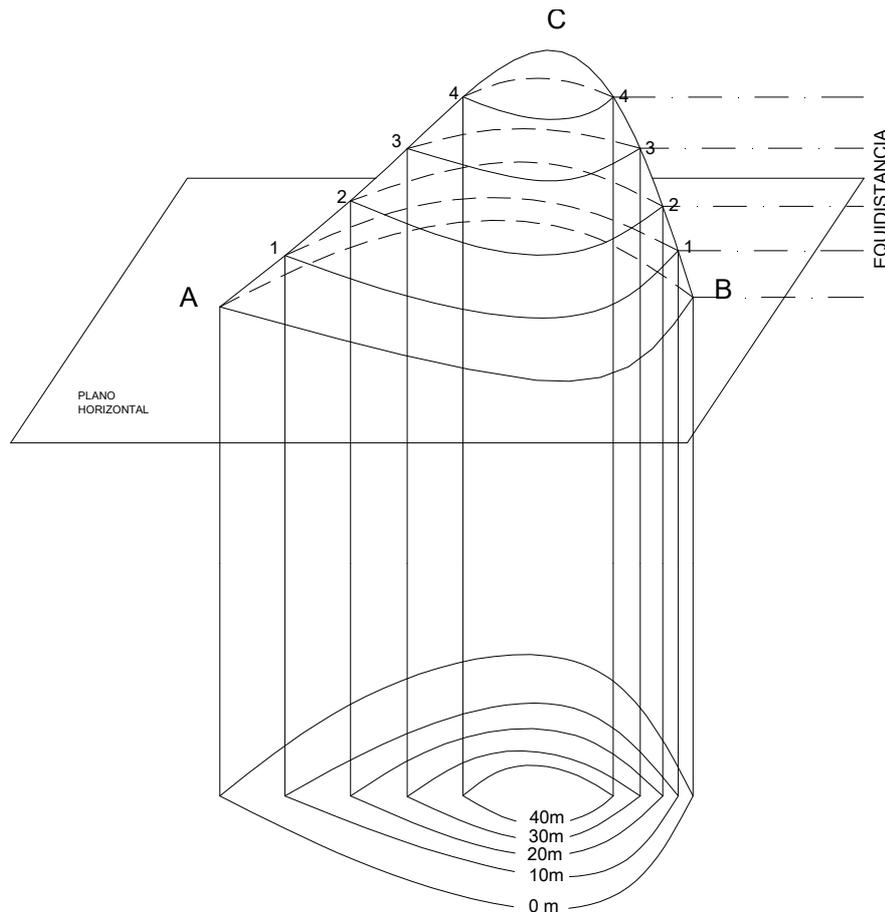


UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Las curvas de nivel serán A-B; 1-1; 2-2; 3-3 y 4-4 las cuales proyectadas en el plano horizontal nos dará como resultado el plano de curvas de nivel correspondiente a la elevación.



Las curvas de nivel tienen algunas características que hay que tener muy en cuenta a la hora de dibujarlas:

- La distancia horizontal entre curvas de nivel es inversamente proporcional a la pendiente; de manera que mientras más próximas se encuentren más inclinado será el terreno.
- En pendientes uniformes las curvas de nivel serán paralelas, este es el caso de un camino o vías férreas.
- En pendientes uniformes las curvas de nivel se encuentran a igual distancia.
- En todos los casos en que existan holladas o cerros, las curvas de nivel serán cerradas.
- Siempre una línea de máxima pendiente es perpendicular a las curvas de nivel.
- Nunca una línea de nivel puede bifurcarse.

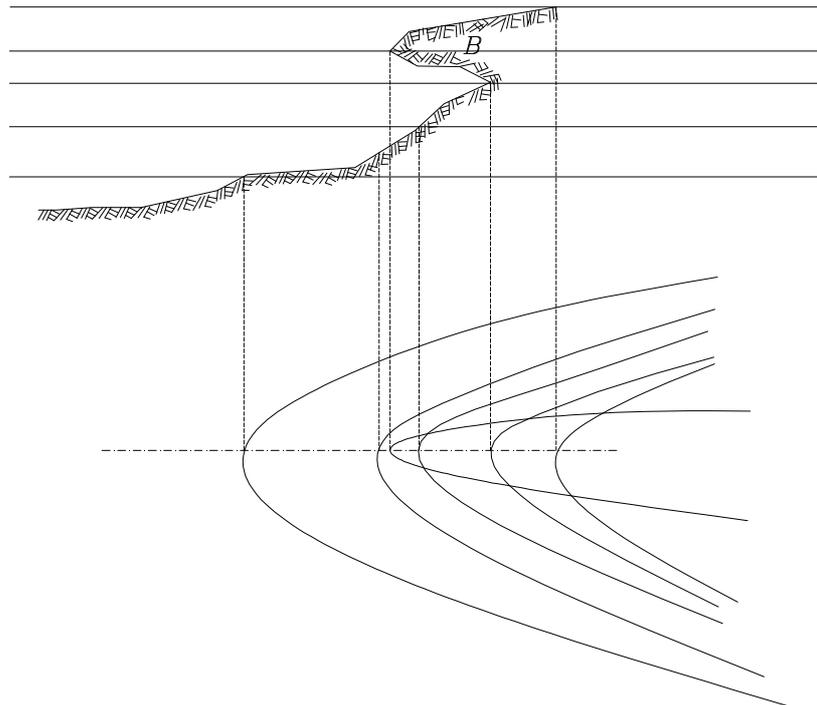


UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

- Las curvas de nivel nunca se interceptan, excepto en que exista una prominencia del terreno más elevado.



CONFECCION DE PLANO CON CURVAS DE NIVEL

Tres partes son las que se complementan para la confección de una carta o plano topográfico.

1. El dibujo de los puntos de apoyo de la poligonal.
2. El dibujo de todos los puntos de detalle relevados, incluyendo los de toma de cota.
3. El trazado de las curvas de nivel a una determinada equidistancia.

PRIMERO: Se vuelcan en el papel todos los puntos estación mediante las coordenadas rectangulares previamente calculadas, indicando, entre paréntesis, la cota que le corresponde al punto.

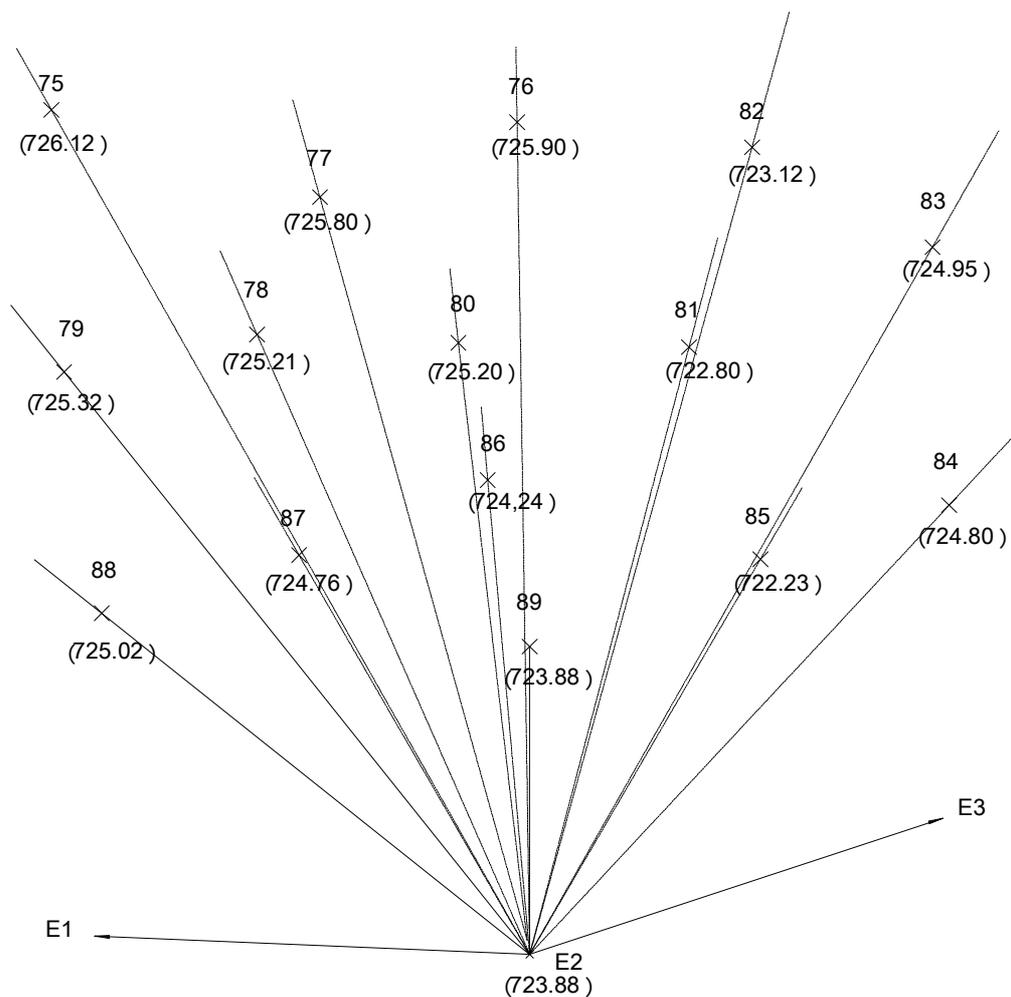


UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

SEGUNDO: Se procederá a volcar los puntos secundarios mediante coordenadas polares desde el punto estación que fueron levantados, en forma de rosetas. Una por cada punto estación.



En este dibujo se anotarán todos los datos levantados y anotados en la libreta de campaña. Esta roseta se consigue con la ayuda de un transportador que oficia las veces de limbo del teodolito, ayudándonos a conseguir cada una de las direcciones a los puntos levantados. Con la ayuda de un escalímetro determinaremos cada distancia a los respectivos puntos.

TERCERO: finalmente se trazan las curvas de nivel. Las mismas van a tener valores enteros en función de la equidistancia que tengan las curvas del dibujo que se realizará. Los puntos de apoyo de la poligonal tienen una cota cierta, al igual que los puntos del levantamiento taquimétrico, por lo tanto es válido decir que, en cierto modo, estimaremos la ubicación de



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

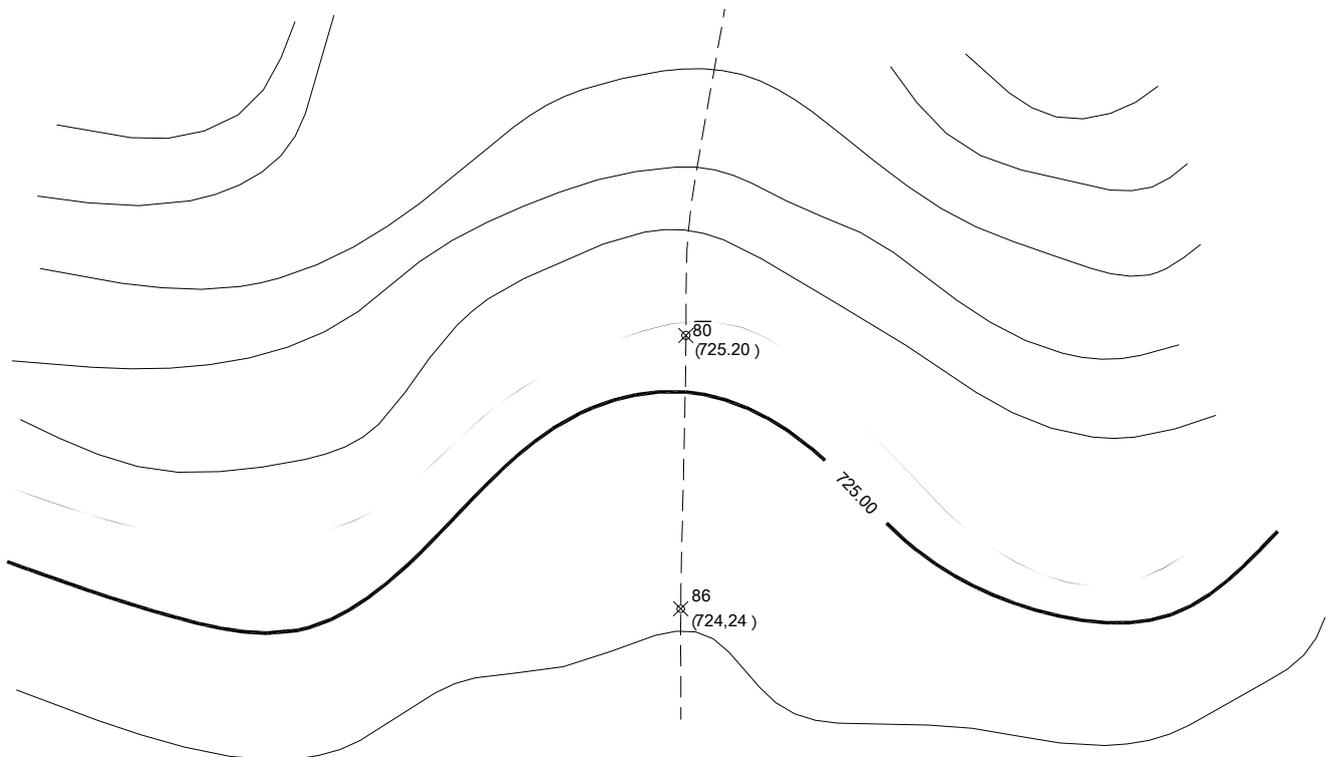
las curvas de nivel. Por ello quien trace las curvas debe tener vasta experiencia en la labor para que quede representado el terreno lo más semejante posible.

Es muy común que cada cinco líneas se dibuje una con mayor grosor para facilitar el trazado de las líneas intermedias. Para indicar la cota que posee la curva se lo hace interrumpiendo su trazo (a distancia conveniente) y en los bordes de la hoja.

Habrá que ubicar las líneas de vaguada o las divisorias de agua cuando las líneas cambian abruptamente de dirección, cosa que deberá venir croquizado en lalibreta de campaa.

La operación de distribuir las curvas de nivel de acuerdo a dos puntos de cota conocida se llama **Interpolación**. Para realizar la interpolación es fundamental consultar el croquis de campaa a ver si es posible realizarla entre esos dos puntos.

Consideramos por ejemplo en la siguiente figura los puntos 77 y 78, cuyas cotas son 725.80 725.21, respectivamente, para trazar la curva de cota 725.20 procederemos de la siguiente manera:



La equidistancia es de 10m por lo tanto entre los puntos 80 y 86 deberá pasar la curva de nivel de cota 725.00m, el problema es por dónde exactamente. Para ello utilizaremos el método de proporcionalidad. Y diremos que la distancia que separa los



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

puntos es de 3,78cm, con un desnivel entre ambos de 0,96m. La curva de nivel de cota 725.00m estará 0,76m más elevada que el punto 86, por lo tanto diremos:

$$\frac{0,96m}{3,78cm} = \frac{0,76m}{X}$$

Por lo tanto:

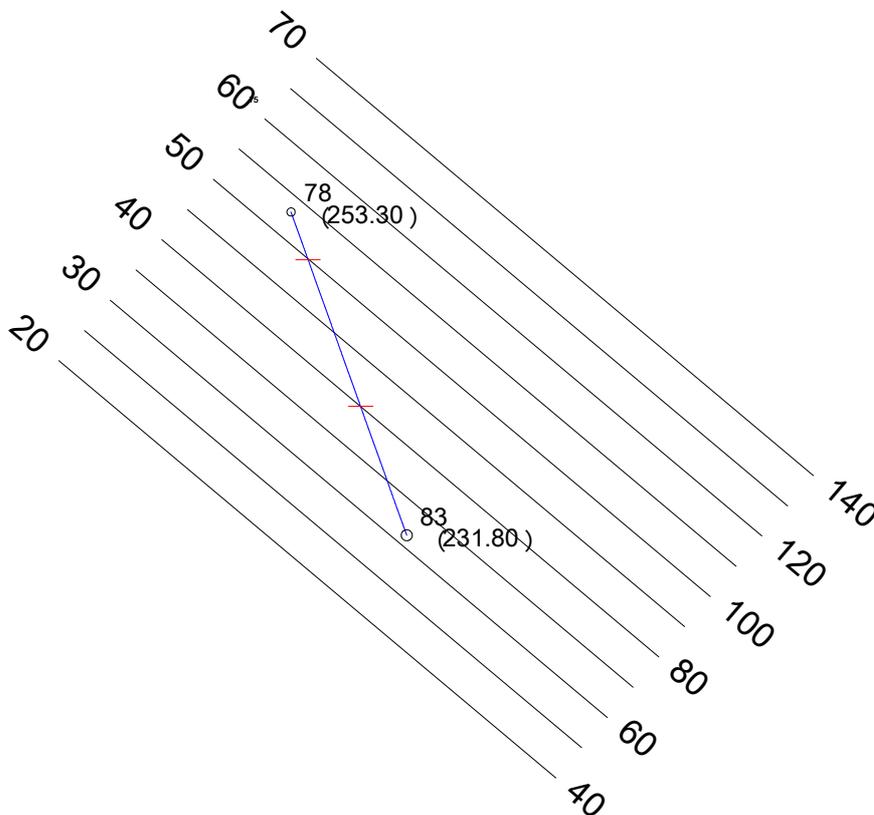
$$X = \frac{3,78cm \times 0,76m}{0,96m} = 2,99cm$$

O sea, que la curva de cota 725.00m pasará a 2,99cm del punto 86 en dirección al punto 80.

Existen **Métodos Gráficos** para la resolución de este mismo problema; a continuación describiremos el método del papel transparente y el método de la regla y escuadra.

METODO DEL PAPEL TRANSPARENTE

Se realiza una plantilla trazando líneas paralelas equidistantes entre sí, según muestra la siguiente figura:





UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

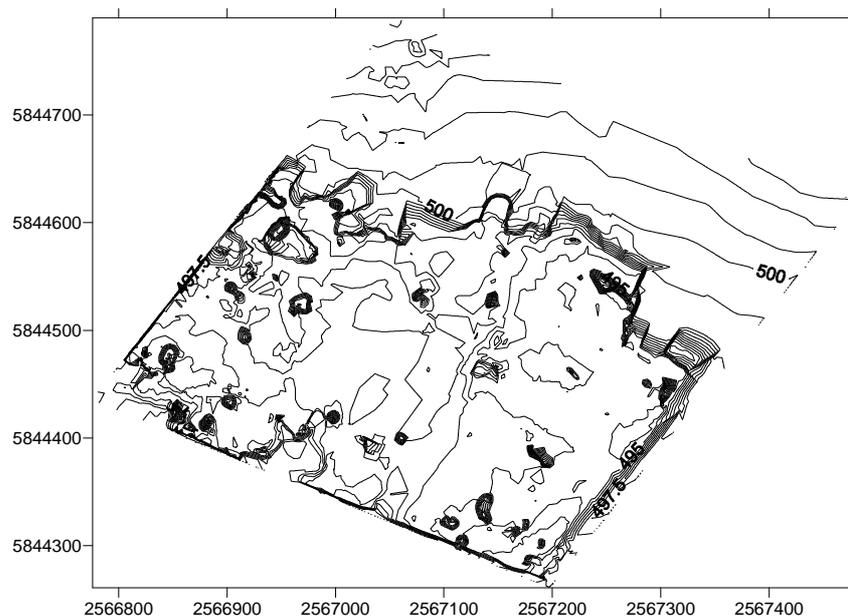
Se desea encontrar puntos correspondientes a las curvas de nivel de cota 240,00m y 250,00m entre los puntos 83 (231,80) y 78 (253,30m). Se coloca la plantilla sobre dichos puntos y se hace coincidir en la escala de la izquierda el punto 83 con el valor 31,80 aproximadamente, y se gira alrededor del mismo hasta que el punto 78 coincida con el valor 53,30 de la plantilla.

Luego procedemos a marcar, pinchando con un alfiler a través del papel transparente, en la hoja de dibujo los puntos intersección de la línea que une los puntos 83 y 78 con las líneas de la escala 40 y 50, que corresponden a los puntos por donde pasan las curvas de nivel 240.00m y 250,00m, respectivamente.

Si los puntos estuvieran muy próximos entre sí, debemos usar la parte derecha de la escala, pero las distancias que dan son el doble. De este modo nos puede servir la misma plantilla para terrenos con condiciones topográficas muy dispares.

En el mercado se encuentran programas que nos calculan y dibujan las curvas de nivel y las superficies en tres dimensiones de los terrenos en los cuales hemos tomado coordenadas planialtimétricas. Ejemplo de ellos es el *Surfer* y proponemos al alumno que investigue sobre el mismo y también presente la resolución del práctico de taquimetría con éste.

A los efectos de muestra, a continuación, mostraremos las imágenes de la resolución con Surfer de una taquimetría realizada en una cantera.

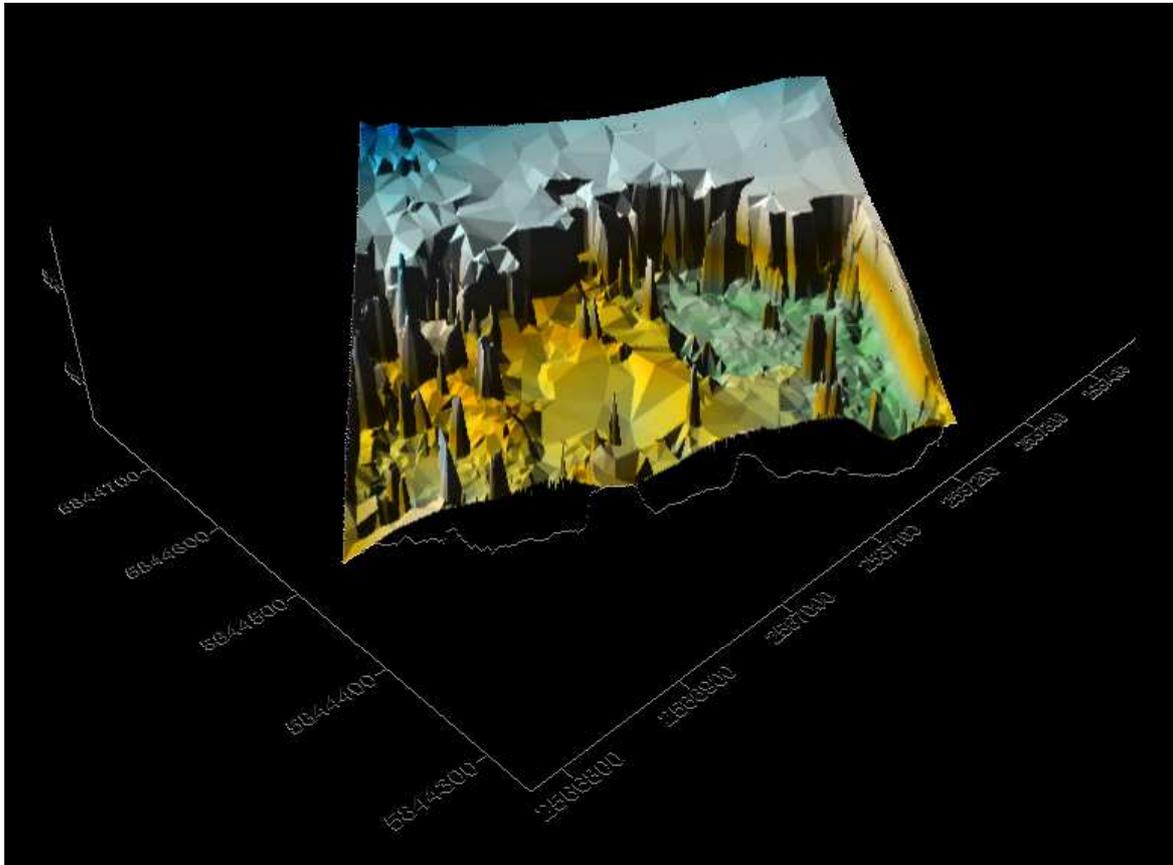




UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...



NOTA:

Se recomienda utilizar, para el grillado, el método de triangulación con interpolación lineal. Y lea detenidamente el informe que ofrece el soft al concluir el grillado de los puntos propuestos.