

APUNTES TOPOGRAFIA (NIVELACION)

TOPOGRAFIA: Es la ciencia que prescindiendo de la esfericidad de la tierra, tiene por objetivo principal la representación gráfica de los detalles y accidentes del terreno, guardando las formas y proporciones. Sin embargo no es éste sólo el papel de la topografía, sino que comprende el trabajo de llevar al terreno datos e indicaciones obtenidas en dicha representación gráfica.

El primer trabajo toma el nombre de levantamiento, y el segundo de replanteo.

- a) **PLANIMETRIA:** Determinación de la proyección horizontal. El conjunto de estas operaciones se llama planimetría.
- b) **ALTIMETRIA:** Determinación de cotas y alturas. El conjunto de estas operaciones se llama altimetría.

De lo anterior deducimos que en topografía todas las observaciones se reducen a mediciones sobre las siguientes magnitudes.

- Distancias Horizontales
- Distancias Verticales
- Ángulos Horizontales
- Ángulos Verticales.

MEDIDAS HORIZONTALES

Existen métodos para medir distancias horizontales, el directo y el indirecto

PROCEDIMIENTOS DIRECTOS

Los procedimientos directos para la medición de distancias, varía mucho según la precisión que se necesita

Los procedimientos más burdos dan un error más o menos de un uno por ciento, y los más refinados, uno en un millón.

Los procedimientos más imperfectos son:

- Medición de distancia a pasos
- Medida por el cuenta kilómetros del automóvil
- Medida a huincha. Se engloban en este procedimiento las medidas con cadena, cintas de acero, cintas de tela, alambres metálicos (IMVAR), etc.

Medidas corrientes en terreno plano

En general la medida directa de longitud viene acompañada de un alineamiento previo, operación que se facilita usando jalones.

Para realizar la medida de una distancia A y B que están marcadas por dos jalones o dos estacas, son necesarias a lo menos dos personas, una en cada extremo de la cinta, el de adelante llevará 10 fichas y un jalón cuando sea necesario, y el de atrás un jalón, una libreta y un lápiz.

Medidas en terreno con pendiente

En el procedimiento de medir en terrenos con pendientes se utilizan dos métodos:

1.- POR ESCALONES O RESALTOS.

Las medidas se llevan manteniendo la huincha horizontal y aplicando plomada o jalón vertical en uno de sus extremos. Para asegurar una precisión en las medidas sobre el suelo, se necesita mucho cuidado. En efecto, el empleo descuidado de las plomadas puede dar lugar a fuertes errores. Para mantener la huincha horizontal se necesita, además, alguna experiencia, y como en casi toda su extensión está sin apoyo, habrá que aumentar la tensión para evitar los defectos de la flecha por el peso o por efectos del viento.

Cuando el desnivel entre los extremos es superior a 1, 80 m. el huinchero de adelante avanza toda la longitud de la huincha y después vuelve al punto intermedio desde el cual puede mantener la huincha horizontal. Se hace una medida parcial de un número exacto de metros y se clava ahí una ficha.

El huinchero de atrás avanza, entrega al de adelante una ficha y mantiene la huincha sobre la ficha recién clavada, sobre ésta o sobre su vertical, con la plomada. Esta operación se repite cuantas veces sea necesario, hasta completar la huincha exacta.

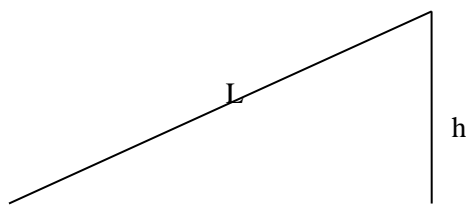
2.- POR MEDIDAS EN PENDIENTE

Si se dispone de medios para determinar la pendiente o diferencia de nivel entre los extremos de la huincha, pueden hacerse medidas según la pendiente con mayor precisión y rapidez que las medidas por trazos horizontales.

Como todo lo que se desea en este caso, en lo que respecta a medidas con huincha, es la distancia entre los extremos de la línea que se mide, el procedimiento es exactamente igual que en terreno plano. Las distancias horizontales se calculan entonces en función de las distancias en pendiente y la diferencia de nivel.

Sea **L** la longitud medida, **h**= la diferencia de nivel entre los extremos y **x**, la corrección.
De manera que:

$$L_h = L - x$$



$$L_h = L - x$$

De la figura se obtiene:

$$(L - x)^2 + h^2 = L^2$$

Si despreciamos X^2 por ser muy pequeño al lado de los otros términos resulta:

$$X = \frac{h^2}{2L}$$

Cuando la medida es de muchas huinchadas, no es necesario calcular las conexiones para cada una, sino que el cálculo se puede hacer en conjunto. Como por otra parte todas las huinchadas son iguales (salvo el saldo final), el valor de la conexión total (excluyendo la del saldo) es:

$$x = \frac{\sum h^2}{2L}$$

Errores en las medidas corrientes con cinta

En las medidas corrientes con cinta deben atribuirse errores a las siguientes causas:

1. La huincha no tiene la longitud estándar : esto produce un error sistemático constante que puede ser eliminado comparando la cinta con un patrón estándar.
2. Alineamiento imperfecto: el huinchero de adelante puede colocar las fichas a uno u otro lado de la verdadera línea. Esto produce un error sistemático variable dado por la fórmula:

$$L = \frac{R^2}{2L}$$

Este error no puede ser eliminado, sino que por su valor puede ser reducido a límites despreciables poniendo cuidado en el alineamiento. Generalmente es el menos importante de los errores de medidas con cinta.

Por ejemplo, si con una cinta de 20 mts. se comete un error de alineamiento de 20 cms. , la conexión que habrá que hacer a esta medida es:

$$\frac{0.20^2}{2 \times 20} = 0.0001 \text{ mts.}$$

3. Error por reducción al horizonte: en el caso de hacer medidas en terrenos aproximadamente planos, no se acostumbra a hacer la reducción al horizonte, lo cual introduce, como se ha visto anteriormente, un error de:

$$X = \frac{h^2}{L}$$

Siendo la diferencia de nivel entre los dos extremos de la cinta.

4. Errores de verticalidad o plomadas: lecturas imperfectas, imprecisión en la colocación de las fichas. Estos errores son accidentales, luego, su error probable tiende a variar con la raíz cuadrada del número de huinchas. El error debido a la falta de verticalidad de los jalones o del empleo de la plomada es el único de verdadera importancia. En medidas ordinarias en terreno accidentado, donde es necesario operar por resalto, el error probable por huinchada puede llegar a veces hasta $\pm 0,03$ m.

A pesar de que estos errores no pueden ser eliminados por el hecho de ser accidentales, su efecto en el error resultante, generalmente no es grande. Cuando la precisión exigida es mayor, los errores de verticalidad se pueden eliminar midiendo según la pendiente.

5. La cinta no está recta: cuando se mide a través de pastos o arbustos, o cuando el viento es fuerte, es imposible mantener la huincha en alineamiento perfecto con los extremos. El error proveniente de esta causa es sistemático, variable y equivale a medir con una huincha más corta. Si el huinchero de adelante toma la precaución al tender la huinchada observando que esté recta, mirando hacia atrás, este error no es de graves consecuencias.

Faltas

Algunas de las faltas que se cometen comúnmente por huincheros inexpertos son:

1. Agregar o quitar una huincha entera. Esto no es probable que suceda si ambos cadeneros cuentan las fichas o si se usan estacas numeradas. La edición de una o más huinchadas puede suceder si el huinchero de atrás olvida devolver la ficha al de adelante, al medir fracciones de huinchada en terrenos con pendientes.
2. Agregar o quitar un metro o un decímetro. Esto sucede generalmente al medir el saldo al extremo de la medida. Para evitar esta falta, después de hecha la lectura final por el huinchero de adelante, éste toma el cero de la huincha y lo coloca en el extremo y el huinchero de atrás comprueba en la última ficha el número de metros y decímetros, y el número de centímetros.

MEDIDAS INDIRECTAS DE DISTANCIAS.

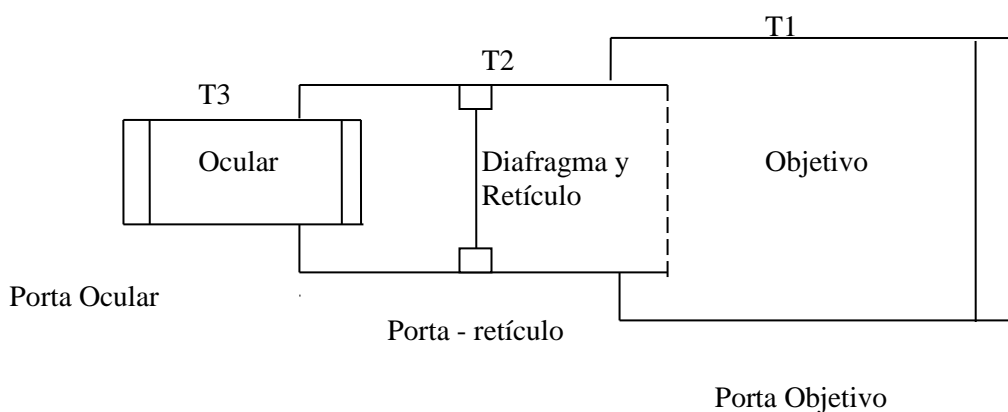
Las medidas indirectas de distancias son generalmente las empleadas en los trabajos topográficos. En este capítulo se estudian las medidas hechas con:

- a) El anteojo topográfico
- b) El telémetro

a. EL ANTEOJO TOPOGRÁFICO

El anteojo topográfico o de Galileo, se compone de tres tubos, como lo indica la figura, pudiendo deslizarse uno dentro de otro.

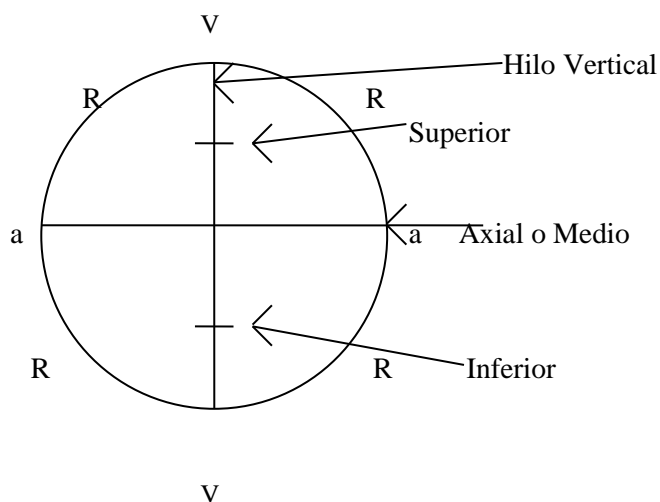
En uno de sus extremos lleva el objetivo y en el otro el ocular. Se sabe que el objetivo produce una imagen real que el operador debe ver por el ocular.



Descripción

El anteojo está formado por tres tubos cilíndricos que pueden deslizarse el uno en el otro. El primero, **T1**, se llama **PORTA OBJETIVO**. En su parte anterior se encuentra el objetivo. La otra extremidad presenta por el interior una superficie cilíndrica en la cual va embutido el segundo tubo, **T2**, llamado **PORTA RETICULO**. Este puede deslizarse en el primero por medio de un tornillo que lo hace avanzar o retroceder, de modo de llevar el retículo al plano de la imagen real dada por el objeto. Los hilos del retículo son, generalmente, cuatro:

- el primero **a**, está colocado según su diámetro horizontal y se llama hilo axial o hilo medio.
- el segundo **V - V** es perpendicular a **a - a**, y se llama hilo vertical.
- además se colocan otros dos **R - R** horizontales y a igual distancia del hilo medio. Son los hilos extremos o hilos superiores o inferiores.



El retículo debe ser susceptible de desplazarse tanto vertical como horizontalmente, para que pueda regular la posición del eje óptico y debe poder girar sobre sí mismo, para que el hilo axial pueda ser llevado a su posición horizontal.

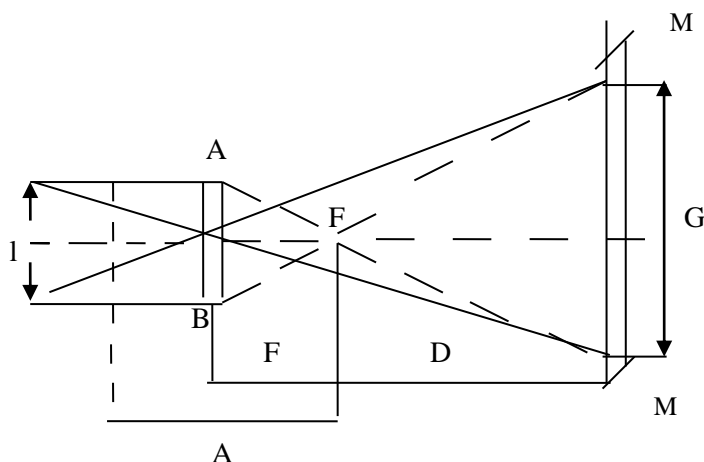
Y el tubo **PORTA OCULAR T3**, está cerrado en su parte posterior por un obturador, con un orificio regularmente pequeño en el que mira el observador a través de un sistema de pequeños lentes. El ocular debe poder deslizarse a lo largo del tubo para poder enfocar el retículo según el ojo de cada observador.

EMPLEO DEL OJO TOPOGRÁFICO PARA MEDIR DISTANCIAS

Las imágenes deben formarse en el plano del retículo que es el que nosotros observamos desde el ocular. Esto da motivo a la operación llamada **ENFOCAMIENTO** del punto observado, operación que consiste en llevar a coincidir el plano del retículo con el de la imagen de dicho punto.

La óptica geométrica enseña que:

- Los rayos pasan por el centro del objetivo, no se desvían.
- Los rayos que pasan por el foco después de pasar por el objetivo, siguen paralelos al eje óptico.
- La imagen de un punto se forma en la intersección de los dos rayos antes mencionados.



Supongamos que ahora tenemos el anteojo horizontal a cierta distancia de una mira vertical, la que hemos enfocado claramente. Para cada punto de la mira podríamos hacer una construcción como la de la figura anterior.

Consideremos sólo los puntos de la mira M' y M'' que forman sus imágenes sobre los hilos horizontales extremos del retículo.

De la figura se observa: $\triangle ABF \sim \triangle M' M'' F$

$$\text{luego: } \frac{l}{f} = \frac{G}{D}$$

f es la distancia focal del objetivo, que es un valor fijo.

Luego, la razón $\frac{f}{l}$ es un constante que llamaremos K .

$$D = K \cdot G$$

G es el trazo interceptado por dos hilos del retículo en la mira, o sea, la diferencia de las lecturas de la mira K se llama **CONSTANTE ESTADIMETRICA**.

Esta fórmula da entonces la distancia a partir del foco anterior del objetivo.

La distancia desde el centro del instrumento sería:

$$D_c = A \cdot K \cdot G$$

El valor de A es único para cada instrumento y se llama **CONSTANTE ANALITICA**.

En los instrumentos modernos, y por medio de una combinación de lentes, se lleva el foco a coincidir con el centro del instrumento, de modo que $A = 0$.

En cuanto al valor K , se acostumbra a construir los anteojos de modo que tenga el valor en números redondos, fáciles de calcular. Los valores son 50, 100 y 200.

En especial $K = 100$

El caso de visuales inclinados se verá en otro capítulo más adelante.

MEDIDAS DE DISTANCIAS VERTICALES

GENERALIDADES

La diferencia de elevación entre dos puntos en la superficie de la tierra es la distancia entre dos planos horizontales (imaginarios o reales) en que están los puntos, si se desprecia la curvatura de la tierra; si ésta se considera, se debe hablar de la distancia vertical entre las dos superficies de nivel correspondiente.

Las medidas de diferencia de nivel tienen que ver, ya sea directa o indirectamente, con la medida de distancias verticales. El conjunto de operaciones para hacer estas medidas toma el nombre de **nivelación**.

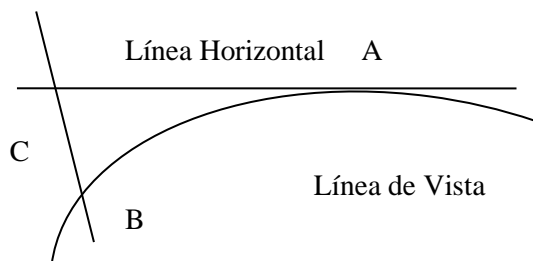
Las diferencias de nivel pueden medirse por los siguientes métodos:

1. Por medidas directas de distancias verticales, lo que constituye la **NIVELACION DIRECTA O GEOMETRICA**.
2. Por medidas de distancias horizontales y ángulos verticales, lo que constituye la **NIVELACION TRIGONOMETRICA**.
3. Por medidas de la variación de la presión de la atmósfera terrestre con un barómetro, lo que constituye la **NIVELACION BAROMETRICA**.

1. NIVELACION DIRECTA

A. Efecto de la envoltura de la tierra y la refracción atmosférica.

El efecto de despreciar la curvatura de la tierra, en el supuesto de que la visual Horizontal A siguiera una línea recta, es introducir un error de altura.



$$h_1 = 0,5 \frac{D^2}{R}$$

Pero un rayo de luz transmitido en la dirección de una línea horizontal en el punto de tangencia es refractado ligeramente hacia abajo, este fenómeno se llama **REFRACCION ATMOSFERICA**.

El valor de este efecto varía con las condiciones físicas de la atmósfera; pero como valor se puede dar:

$$H_2 = 0,08 \frac{D^2}{R}$$

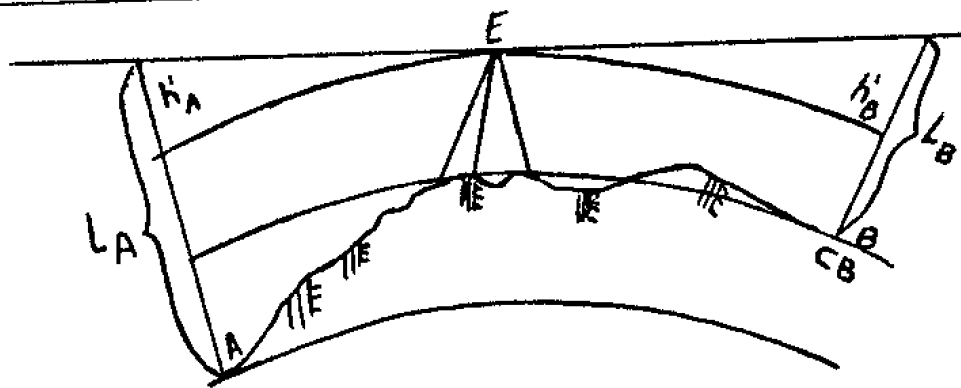
$$h_2 = 0,08 \frac{D^2}{R}$$

De manera que el efecto combinado de la curvatura y refracción nos da un error:

$$h' = h_1 - h_2 = 0,42 \frac{D^2}{R}$$

TEORIA DE LA NIVELACION DIRECTA

b) Teoría de la Nivelación directa.



En la figura **A** representa un punto de cota conocida **CA**, y **B** representa un punto cuya cota **CB** se quiere determinar. En el método de nivelación directa se coloca en algún punto intermedio, un instrumento capaz de dirigir hacia **A** y **B** visuales horizontales.

De la figura resulta:

$$CB = CA + (LA - h'A) - (LB - h'B) \text{ o sea:}$$

$$CB = CA + (LA - LB) - (h'A - h'B).$$

Si las distancias **AE** y **BE** son suficientemente pequeñas para que la tierra pueda ser considerada plana entre estos límites.

$$h'A - h'B = 0$$

Esta misma condición también se verifica si las distancias **AE** y **BE** son iguales, puesto que:

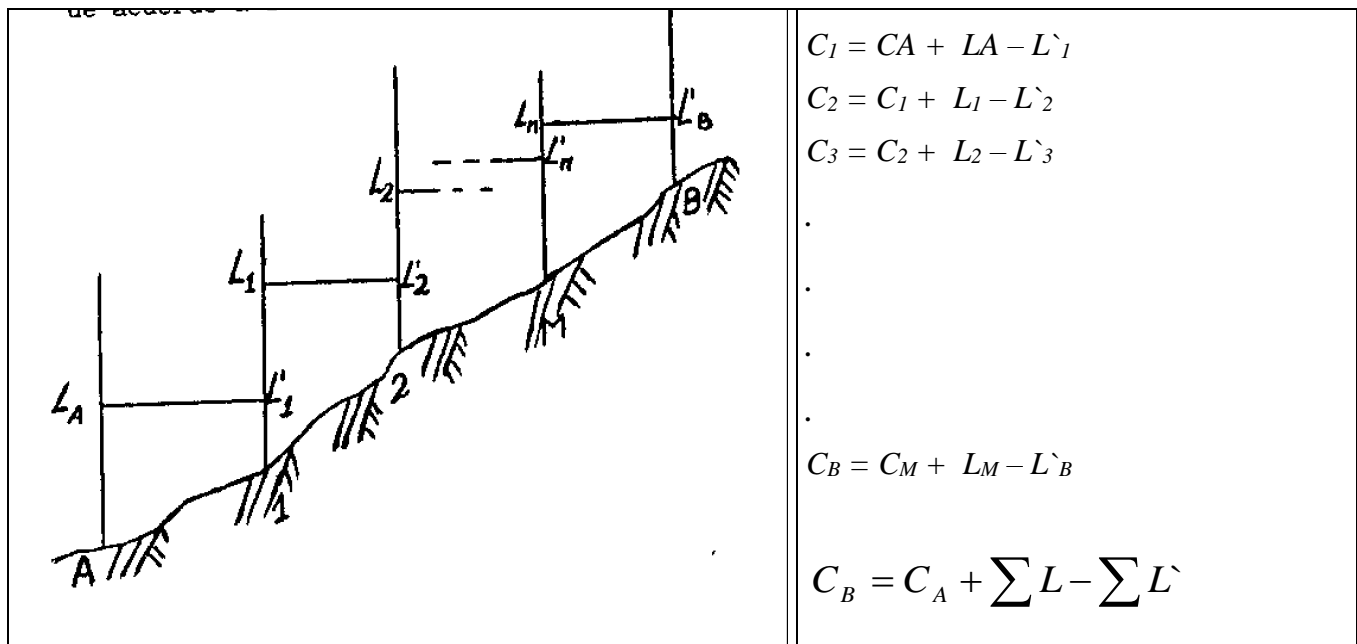
$$h'A = h'B$$

En ambos casos la fórmula es:

$$CB = CA + (LA - LB)$$

Entonces, manteniendo balanceadas las distancias en uno u otro sentido, la diferencia de cota entre dos puntos es igual a la diferencia de las lecturas de mira, considerando que en ambos puntos no es necesario introducir corrección por el efecto combinado de la curvatura y refracción.

Cuando los puntos cuya diferencia de cota se desea averiguar no son visibles entre sí, o están a gran distancia, se divide el trabajo por partes, intercalando una serie de puntos intermedios cuyas diferencias sucesivas de cotas se determinan de acuerdo a la fórmula anterior.



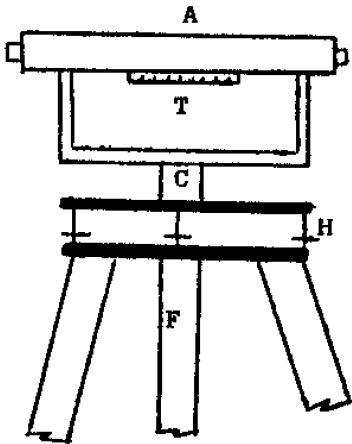
Las lecturas **L** se llaman **lecturas de atrás**, y las lecturas **L'** se llaman **lecturas de adelante**.

Se entiende aquí, que la lectura de atrás es la que se hace en una mira que se coloca en 1 punto y cuya cota se ha determinado. La lectura de adelante es la que se hace sobre un punto cuya cota es desconocida.

La fórmula anterior indica, entonces, que la cota del punto final es igual a la cota del punto inicial más la suma de las lecturas de atrás, menos la suma de las lecturas de adelante.

INSTRUMENTOS PARA LA NIVELACIÓN DIRECTA.

El nivel del Ingeniero

	<p>La figura indica esquemáticamente las partes principales del nivel. Consta de un anteojo topográfico A, montado en una pieza metálica B, que está ligada rígidamente a un tubo vertical C. Ligado generalmente al anteojo, y paralelo a él hay un tubo de nivel T. Todo el dispositivo superior se apoya por medio de un sistema de tornillos nivelantes H en el trípode F.</p>
---	--

LECTURAS DE LA MIRA

Una vez que el instrumento está puesto en estación, cada lectura de la mira se efectúa como sigue:

1. Se visa la mira
2. Se lleva el hilo vertical de la cruz filar exactamente sobre la mira
3. Se centra la burbuja
4. Se lee la mira
5. Se comprueba la burbuja.

Es importante recordar que con un instrumento de tres tornillos no deben tocarse los tornillos nivelantes, una vez que se ha efectuado la primera visual. El movimiento de cualquiera de ellos modificará la altura del instrumento.

OPERACIONES DE LA NIVELACION DIRECTA

Instalación del Instrumento:

Cuando se van a hacer observaciones, el nivel se coloca en la posición deseada con las patas bien abiertas y firmemente enterradas en el suelo, de manera que la plataforma quede aproximadamente horizontal. Se orienta el anteojo en la dirección de dos tornillos y se centra aproximadamente la burbuja. Enseguida se hace igual operación en la dirección del tercero. Se repite este proceso hasta que la burbuja quede bien centrada. Si las correcciones del instrumento se han hecho en buena forma, la visual es horizontal.

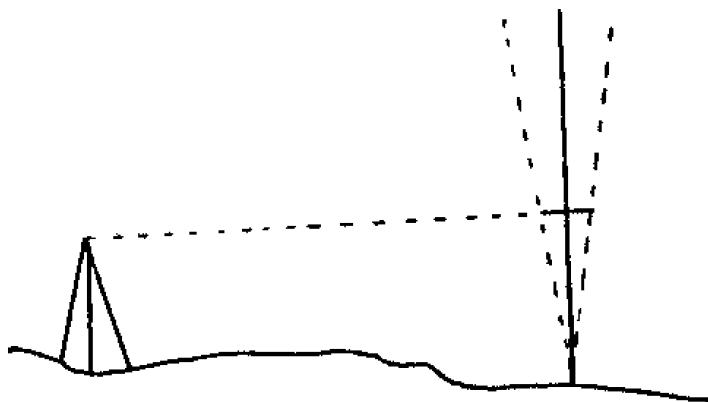
Debe poner atención a lo siguiente:

1. Las patas deben quedar suficientemente abiertas para que el trípode sea estable, y al mismo tiempo para que el objeto u objetos puedan ser observados desde una posición conveniente y fácil.
2. Para obtener una instalación firme en el suelo, debe hacer presión con el pie sobre las patas del trípode.
3. Cuando el terreno es pendiente, la manera correcta de instalación es con una pata hacia arriba y dos hacia abajo.
4. La manera más rápida de llevar una burbuja a su posición central cuando se ha orientado el anteojo en la dirección de dos tornillos nivelantes, consiste en accionar estos dos tornillos en sentido contrario.

Lecturas en la mira:

Para observaciones precisas, la mira se coloca en algún punto bien definido de un objeto estable. El alarife coloca la mira vertical por estimación o por medio de algún dispositivo ligado a ella. El operador del instrumento gira el anteojo alrededor de su eje vertical, hasta que la mira quede aproximadamente en el medio de campo de vista, enfoca para la visión distinta y centra cuidadosamente la burbuja. Hecho esto, el operador indica o anota la lectura observada en el hilo axial (posición aparente del hilo en la mira). Como comprobación, observa nuevamente la burbuja y la mira.

Cuando la mira no está provista de dispositivos para asegurar su verticalidad, se puede controlar con el hilo vertical del retículo que la mira se encuentre en el plano vertical que pasa a través del instrumento; pero, el observador no puede saber si la mira está o no inclinada hacia atrás o hacia adelante, dentro de ese plano. Si la mira está inclinada hacia atrás o hacia adelante, la lectura en la mira será mayor que la verdadera, como puede verse en la figura. Para eliminar este error, el alarife balancea suavemente la mira hacia atrás y adelante y el observador anota la menor lectura, que se verifica cuando la mira pasa por la vertical. Esta operación se llama **“bascular la mira”**. Mientras mayor es la lectura, mayor es el error, debido a la inclinación base, por lo cual es más importante bascular la mira para las lecturas grandes que para las pequeñas.



ALGUNAS RECOMENDACIONES

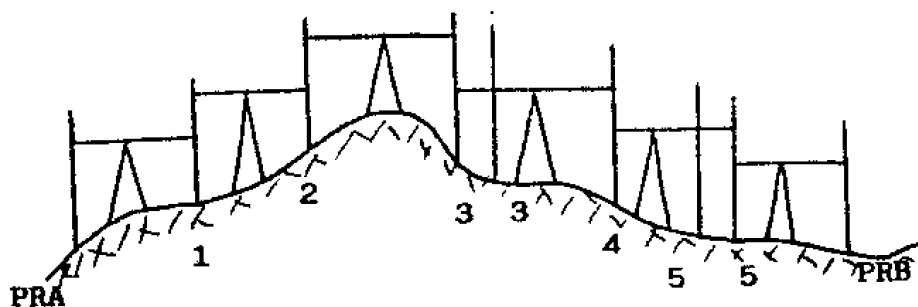
□ Cuando se está haciendo alguna observación, no se debe tocar el instrumento con el cuerpo o con la ropa, y se debe tener cuidado de no pisar cerca de las patas del trípode, cuando el terreno es muy blando. En el intervalo de tiempo entre la contracción de la burbuja y la lectura en la mira, el observador no debe mover sus pies, a menos de que se trate de un terreno muy firme.

□ El ocular debe estar correctamente enfocado en el retículo, de acuerdo con el eje del observador, antes de empezar la nivelación. Es necesario mover el eje ligeramente de arriba hacia abajo, mientras se observa la mira para asegurarse que no presenta paralelaje.

MARCHA DE LA NIVELACION

En general, el objeto de una nivelación es determinar las cotas de muchos puntos. En un levantamiento topográfico, estos puntos pueden ser las estaciones en que se han ubicado los instrumentos de levantamiento u otros puntos característicos bien definidos. Cuando se está estudiando la ubicación de una obra de Ingeniería, en especial acueductos o vías de comunicación, es necesario conocer cotas en puntos que se encuentran distribuidos a lo largo de la obra para servir de apoyo a trabajos posteriores; con este objeto se acostumbra a colocar distancia a lo largo de cierto número de señales bien definidas y estables, que toman el nombre de **puntos de referencia (PR.)**; la nivelación en este caso tendría por objeto determinar las cotas de dichos puntos de referencia y en algunos casos, además, gran número de otros puntos, más o menos definidos, que se encuentran en el trayecto entre dos PR.

Supongamos que se necesita llevar una nivelación desde un PR. A hasta un PR. B y se necesita además, las cotas de cierto número de puntos en el trayecto. Como en el caso general, no se podrá abarcar desde una sola posición los dos PR. y todos los demás puntos, será necesario usar varias instalaciones del instrumento, como se indica en la figura. Desde el punto de vista de la marcha de la nivelación, distinguimos las siguientes clases de puntos.



a) **Punto de cambio:** como los puntos A, 1, 2, 3, 4, 5, B que son los que sirven de apoyo para la marcha de la nivelación y sobre los cuales se hace una lectura de adelante y de atrás.

b) **Puntos intermedios:** como 3' y 5' sobre los cuales se ha hecho una instalación simple de mira, que no interviene en la marcha de la nivelación y en los cuales se hace sólo una lectura.

Se comprende que sea necesario un mayor cuidado para las lecturas en los puntos de cambio que en los puntos intermedios.

PRECISION DE LA NIVELACION GEOMETRICA

Depende, tal vez, de un mayor número de factores que cualquier otra operación de levantamientos. Depende, entre otras cosas, del instrumento empleado, del cuidado del nivelador y del grado de refinamiento con que se ejecuta el trabajo. Para una longitud determinada de nivelación, el error resultante depende del número de instalaciones, por lo tanto, debe esperarse un mayor error en una nivelación en terreno quebrado en que las visuales son cortas, que en terreno plano, donde el número de instalaciones será menor y podrán balancearse las distancias de atrás y de adelante, manteniéndolas siempre dentro de ciertos límites.

Sin embargo, el error de lectura en la mira crece rápidamente con la distancia, de manera que para visuales demasiado largas, la precisión será menor que para visuales normales. Por otro lado, debido a los errores en la longitud de la mira, desigual refracción y otras causas, la precisión de nivelación entre dos puntos de gran diferencia de nivel, es menor que la precisión entre dos puntos a igual distancia que las anteriores, más o menos a la misma cota.

Como las condiciones son tan variables, no es posible dar reglas tendientes a obtener una determinada precisión. Sin embargo, la práctica indica que bajo condiciones medias, con un nivel corregido, los errores máximos pueden mantenerse dentro de los límites indicados a continuación:

1. **Nivelación Grosera:** se emplea en reconocimientos rápidos o levantamientos preliminares, visuales hasta 300 metros de longitud. Lecturas aproximadas de mira al medio decímetro. No se toman precauciones para igualar las distancias. Error máximo por Km. en metros.

$$\text{Error máximo (m)} = 0,1\sqrt{L} \quad (L = \text{distancia en Km.})$$

2. **Nivelación corriente:** empleada en conexión con la construcción de obras de ingeniería. Visuales de hasta 150 metros, lecturas estimando fracciones de centímetros. Distancias atrás y adelante balanceadas groseramente. Puntos de apoyo en objetos sólidos.

$$\text{Error máximo (m)} = 0,02\sqrt{L}$$

3. **Nivelación precisa:** para puntos de referencia principales de un levantamiento extenso o para ligar en cotas las bocas de un túnel en construcción. Visuales hasta 100 metros. Lecturas al milímetro. Distancias atrás y adelante medidas a pasos y balanceadas aproximadamente entre puntos de referencia. Se bascula la mira para las lecturas. Se centra cuidadosamente la burbuja para cada visual. Puntos de apoyo metálicos o puntos bien definidos en objetos sólidos. Trípode instalado en suelo firme.

$$\text{Error máximo (m)} = 0,01\sqrt{L}$$

4. **Nivelación de gran precisión:** para establecer puntos de referencia con gran exactitud en puntos apartados y distribuidos. Nivel de precisión equipado con estadía y ampolleta muy sensible. Correcciones verificadas diariamente. Visuales hasta 70 metros. Mira aplomada con nivel esférico y con soportes metálicos. Lecturas en los tres hilos horizontales al milímetro o menos. Puntos de apoyo metálicos. Visuales tomadas atrás y adelante en rápida sucesión. Nivel protegido del sol. Burbuja centrada cuidadosamente y bajo observaciones en el momento de hacer la lectura. Distancias atrás y adelante balanceadas entre puntos de referencia por medio de la estadía o huincha, nivel enterrado en terreno firme. Evite operar con viento

$$\text{Error máximo (m)} = 0,005\sqrt{L}$$

Se debe tener presente que los errores límites dados más arriba representan los errores máximos para condiciones medias. Los errores más probables serán usualmente menores.

FALTAS EN LA NIVELACION

Algunas de las faltas que se cometen regularmente en la nivelación son:

1. **Confusión de números en las lecturas:** como por ejemplo leer y anotar 3,85 metros por 2,85 mtrs.
2. **Anotar las lecturas de atrás en la columna de adelante o viceversa.**
3. **Punto de apoyo errado:** cuando el punto de cambio no es bien definido el alarife puede cambiar la posición de apoyo en la mira entre la lectura de adelante y la de atrás.
4. **Error de cálculo:** sumar las lecturas de adelante y restar las lecturas de atrás, omisión de sumas o rectas, etc. Estas faltas serán descubiertas haciendo las sumas de las lecturas de atrás y la suma de las de adelante y rectándolas.

REGISTRO POR COTA INSTRUMENTAL,

	DISTANCIAS		LECTURAS DE MIRA			COTAS		
PUNTOS	Parciales	Totales	Atrás	Inter.	Adelante	Del Instr.	Del Punto	Observaciones y Croquis
A			1,480			101,480	100.00	
1				2,120			99,36	
2			2,470		3,09	100,860	98,39	
3				2,230			98,63	
4				1,140			99,72	
5				0,960			99,90	
B					2,54		98.32	
		Z 1 =	3,950	Z 1' =	5,63			

A la cota inicial se agregó la lectura de atrás en A, se obtuvo 101,480 que es la cota instrumental de la primera instalación del instrumento; desde esta instalación se observan los puntos 1 y 2. Para obtener la cota de 1 se restó a la cota instrumental, la cota intermedia 2,120. Para obtener la cota 2 se restó la lectura de adelante 3.090; como este último punto es de cambio, se parte de él para calcular la nueva cota instrumental, que vale:

$$98,390 + 2,47 = 100,860$$

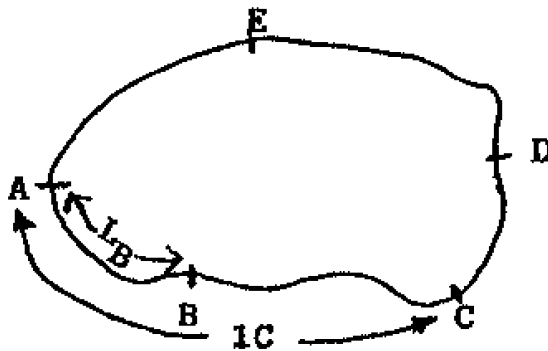
Enseguida se prosigue el cálculo en igual forma. Como comprobación de los cálculos se puede calcular independientemente la cota de B por la fórmula:

$$\begin{aligned} C_B &= C_A + Z_1 - Z_1' \\ C_B &= 100 = 3,950 - 5,63 \\ C_B &= 98,32 \end{aligned}$$

Corrección de las cotas: cuando se nivela un circuito cerrado la cota que se obtiene para el punto inicial (también final) a través de la nivelación completa, no corresponde a su valor verdadero conocido de antemano. La diferencia entre la cota de partida y la de llegada es el error verdadero de la nivelación y toma el nombre de **error de cierre**. Es evidente que todos los puntos del recorrido de la nivelación están también afectados de error, que será necesario corregir. La aplicación de la teoría de los errores indica que la cota de dichos puntos debe corregirse proporcionalmente el camino recorrido desde el punto inicial.

Si consideramos un circuito cerrado ABCD...A, y se obtiene un error de cierre C ; llamado L la longitud total del circuito y l_1, l_2 las distancias desde A hasta los puntos sucesivos, se obtiene:

$$B = \frac{-L_B * e}{L} \qquad C = \frac{-L_C * e}{L}$$



Ejemplo:

La cota aceptada para un punto de referencia de partida A, es 543,786 metros. La longitud del circuito es 10 Km. La cota final del punto inicial es 543,886 mtrs. Calcular las correcciones y cotas corregidas de los puntos de referencia que se indican en el cuadro siguiente:

PUNTOS	Distancia desde A (km.)	Cotas Calculadas	Corrección	Cotas Corregidas
A	0,0	543,786	0,000	543,786
B	2,0	597,180	-0,020	597,160
C	4,5	615,232	-0,045	615,187
D	6,0	700,418	-0,060	700,358
E	8,0	560,612	-0,080	560,532
A	10,0	543,886	-0,100	543,786

$$e = 543,886 - 543,786 = 0,100 \text{ metros}$$

$$e = - \frac{2}{10} \cdot 0,10 = 0,020 \text{ metros}$$

$$e = - \frac{4,5}{10} \cdot 0,10 = 0,045 \text{ metros}$$

$$e = - \frac{6}{10} \cdot 0,10 = 0,060 \text{ metros}$$

$$e = - \frac{8}{10} \cdot 0,10 = 0,080 \text{ metros}$$

Debe destacarse que si el error de cierre es positivo, todas las correcciones deben restarse y viceversa.

REGISTRO DE NIVELACION

		LECTURAS			COTAS	
Estación.	Punto	Atrás	Intermedia	Adelante	Instrumental	Punto