



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

APUNTES DE ALTIMETRÍA

NIVELACIÓN DIFERENCIAL



Preparado por:
Ing. Paul Reyes Ayala

Nivelación diferencial

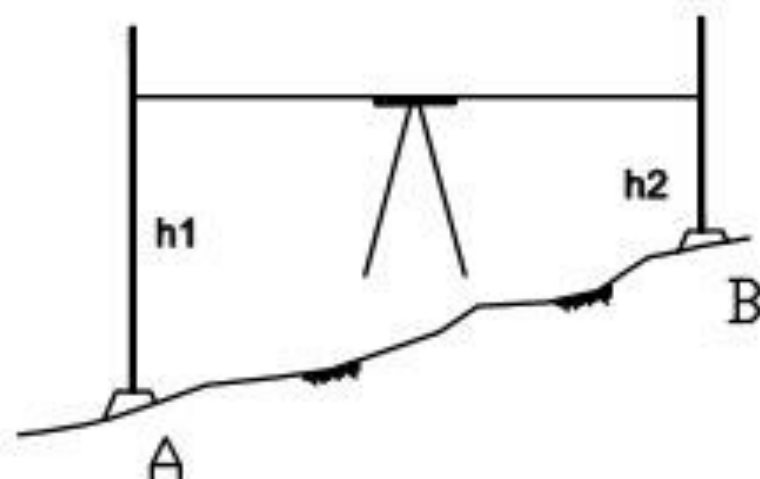
Su objetivo es establecer la diferencia de nivel que existe entre dos puntos que generalmente son Bancos de Nivel.

Un Banco de Nivel es un lugar fijo, único y específico, determinado para establecer el control vertical de un trabajo. La mayor de las veces se trata de una mojonera que tiene en su parte superior un fragmento de varilla para que la cota asignada a ese punto sea única e invariable.

Operación Básica

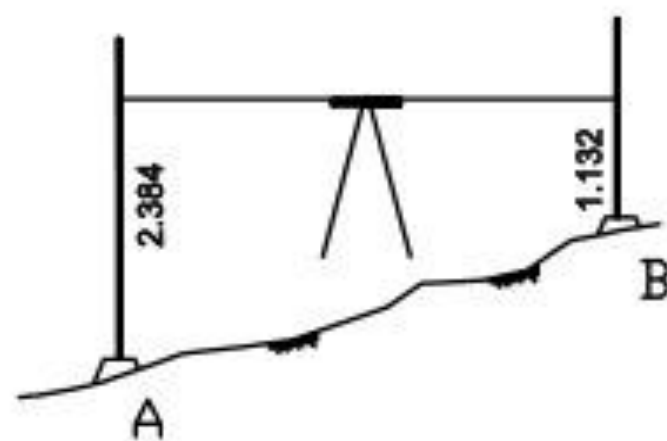
Llamaremos así a la medición simple y directa del desnivel entre dos puntos. El diagrama lo muestra en forma general.

Operación básica



$$\text{Desnivel AB} = h1 - h2$$

Con cantidades tendremos



$$\begin{aligned}\text{Desnivel AB} &= 2.384 - 1.132 \\ &= 1.252 \text{ m}\end{aligned}$$

- Por triángulos semejantes podemos hacer la comprobación de la lectura del hilo medio. En la práctica y con la experiencia no es necesario hacer las tres lecturas, bastará con hacer la lectura del hilo medio, si se tiene la confianza de que la medición fue realizada estando el estadal colocado a una distancia prudente del instrumento, si estaba bien nivelado el estadal al momento de la lectura y si el instrumento estaba nivelado.

- Las distancias a las que debe estar el estadal del instrumento son variables, pero no se recomienda muy lejano a más de 50 m, o muy cercano a menos de 5 m, ya que los errores en las lecturas son mayores. Los estadales se colocan en los puntos físicos de referencia para obtener desniveles por diferencia de alturas y elevaciones o cotas de los puntos donde se coloca el estadal. El instrumento es el que se coloca a criterio del operador en sitios que le permitan visar los puntos a las mismas distancias entre los estadales, en lugares donde no se obstruya el tráfico o se interfiera con otras actividades.

NIVELACION GEOMÉTRICA

La Nivelación Geométrica también se conoce como nivelación diferencial, toda vez que los desniveles y elevaciones o cotas, se determinan por diferencia de alturas. Hay dos tipos:

- Nivelación Diferencial Simple (Una sola puesta de instrumento)
- Nivelación Diferencial Compuesta (Dos o más puestas de instrumento)

NIVELACION DIFERENCIAL

Nivelación simple

Es aquella en la cual desde un punto o una sola posición del aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los diferentes puntos que deseamos nivelar. En este se sitúa el nivel en el punto más conveniente el cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre al estadia colocada en el punto estable y fijo que se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido.

Nivelación compuesta

nivelación es igual a la simple con la única diferencia que el aparato se plantara más de una vez y por consiguiente la altura de instrumento será diferente cada vez que se cambie. Este tipo de nivelación se realiza cuando los terrenos son bastantes accidentados y exceden visuales de 200 m. en otras palabras la nivelación compuesta es una serie de nivelaciones simples amarradas entre si por puntos de cambio o de liga del aparato.

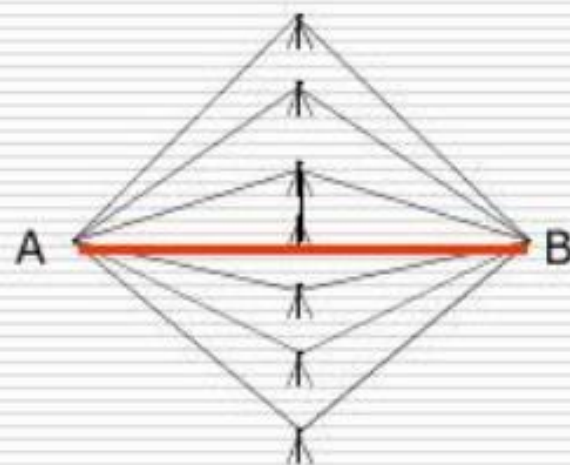
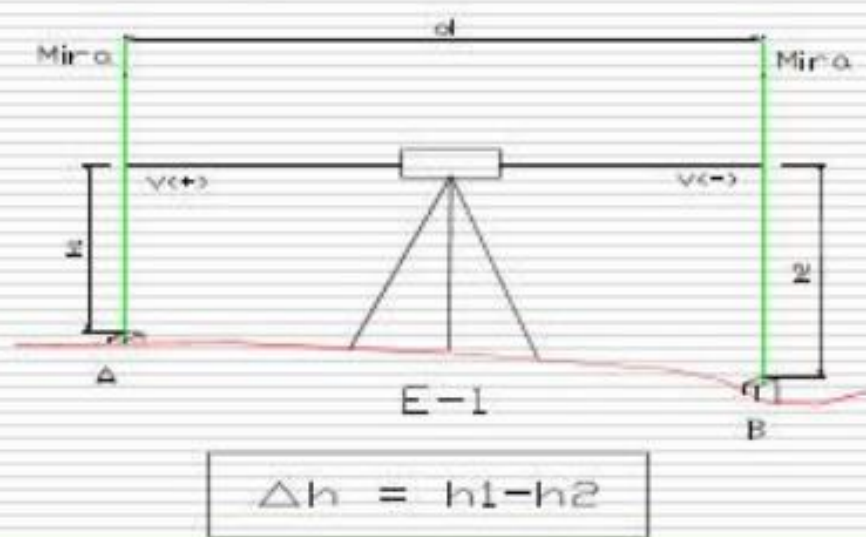
Para un trabajo de nivelación diferencial, los datos se recaban de manera ordenada en un registro de campo que facilita el cálculo de las elevaciones o cotas de los puntos. En el registro de campo, no aparece la ubicación del instrumento, solo los datos de los puntos visados para realizar altimetría. Cuando sólo se desea conocer el desnivel entre dos puntos con una sola puesta de aparato es suficiente y por la diferencia de lecturas en el estadoal (alturas) se obtiene. A este tipo de nivelación se le conoce como nivelación diferencial simple.

Nivelación diferencial simple:

(ó del Punto medio)

Es el método más usado para determinar desniveles entre dos puntos tales como A y B.

El instrumento se coloca entre los dos puntos, de manera que las dos distancias a ellos sean poco más o menos iguales, pero sin preocuparse de que el instrumento se estacione en la línea recta que une los dos puntos.



Vista Negativa o Vista Adelante $V(-)$

Vista Positiva o Vista Atrás $V(+)$

$$AI = 100 + 1.535 = 101.535 \text{ m}$$

$$\text{Altura de Instrumento} = \text{Cota BN} + V(+)$$

$V(+)$ L0

1.535

$V(-)$ L1

1.625

$V(-)$ L2

1.935

Bench Mark (BM)

Cota = 100 m.s.n.m.

Banco de Nivel (BN)

NIVEL

$$H_{BN-1} = L0 - L1$$

$$\text{Cota 1} = 101.535 - 1.625 = 99.91 \text{ m}$$

$$\text{Dif Alt}_{BN-1} = 1.535 - 1.625 = -0.09 \text{ m}$$

$$\text{Dif Alt}_{BN-1} = 100 - 99.91 = -0.09 \text{ m}$$

H

$$H_{1-2} = L2 - L1$$

$$\text{Cota 2} = 101.535 - 1.935 = 99.60 \text{ m}$$

$$\text{Dif Alt}_{1-2} = 99.91 - 99.60 = -0.31 \text{ m}$$

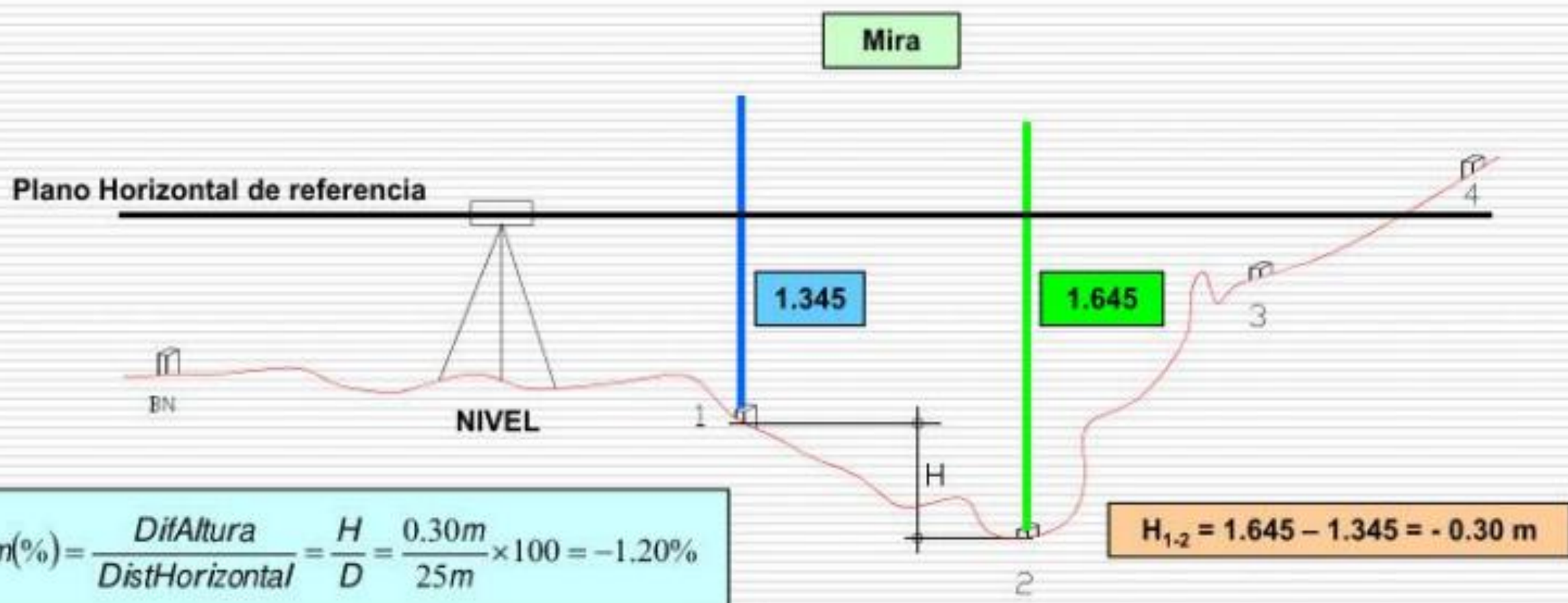
$$\text{Dif Alt}_{1-2} = 1.935 - 1.625 = -0.31 \text{ m}$$

4

3

1

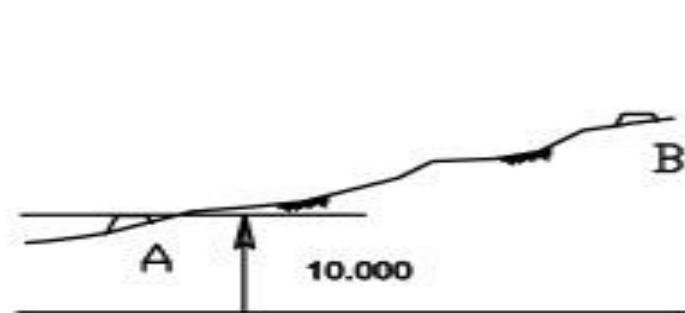
“A MAYOR lectura de Mira el punto esta mas bajo, a MENOR lectura de Mira el punto esta mas elevado”



Con cotas tendremos

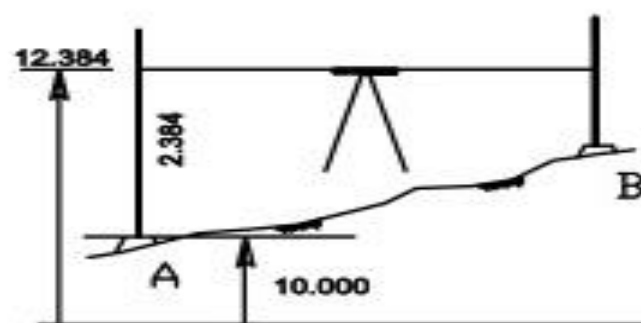
Si asignamos una cota arbitraria

Al punto A, por ejemplo 10.0 m



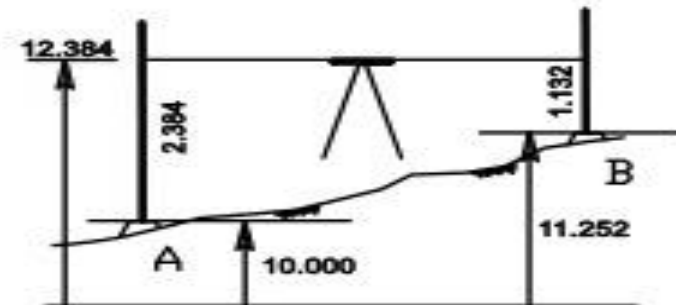
Entonces la cota de la

altura del aparato será 12.384 m



Así la cota del punto B será

$12.384 - 1.132 = 11.252$ m



Registro de campo

Cálculo de cotas

PO	+	π	-	Cota
A	2.384			
B			1.132	

PO	+	π	-	Cota
A	2.384	12.384		10.000
B			1.132	11.252

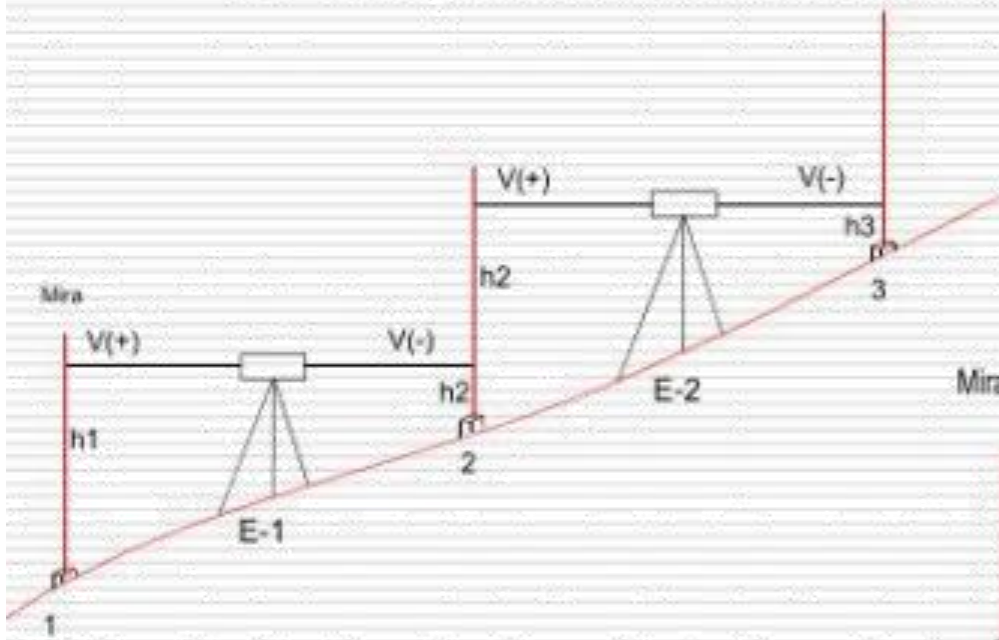
Como el desnivel entre los puntos es la diferencia de sus cotas

Desnivel AB = $11.352 - 10.000 = 1.252$ m

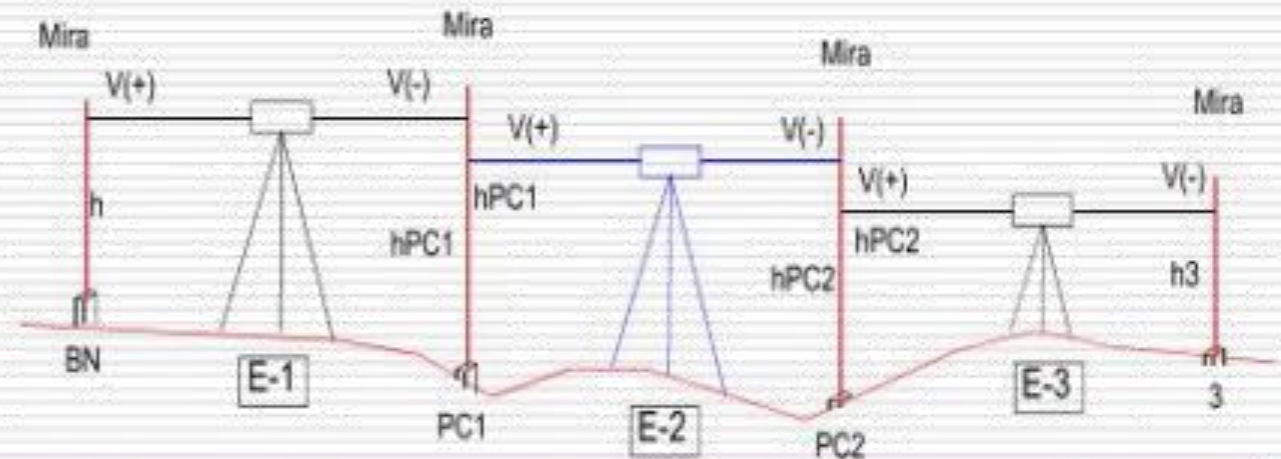
Se explica la operación básica con todo detalle porque en trabajos de mayor extensión, ésta se tiene que repetir tantas veces como sea necesario hasta abarcar la longitud deseada.

Nivelación diferencial compuesta:

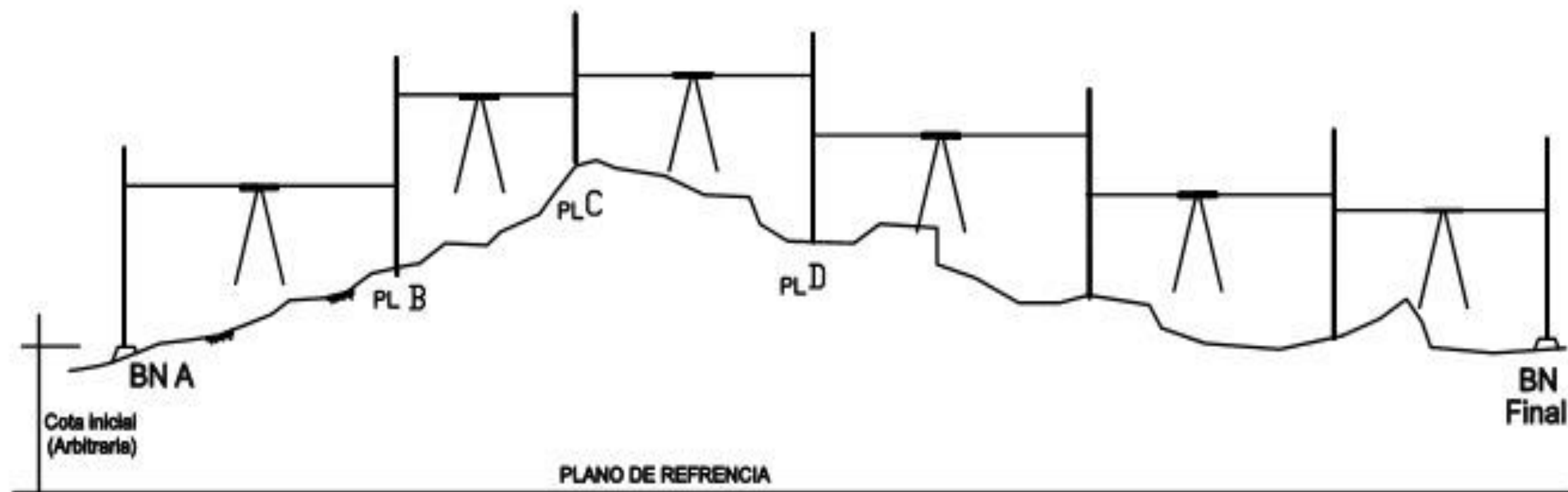
Resulta de efectuar cuando las circunstancias lo requieran, dos o más nivelaciones diferenciales simples consecutivas. Se utiliza para hallar la diferencia de nivel entre puntos distantes o entre puntos de mayor altura.

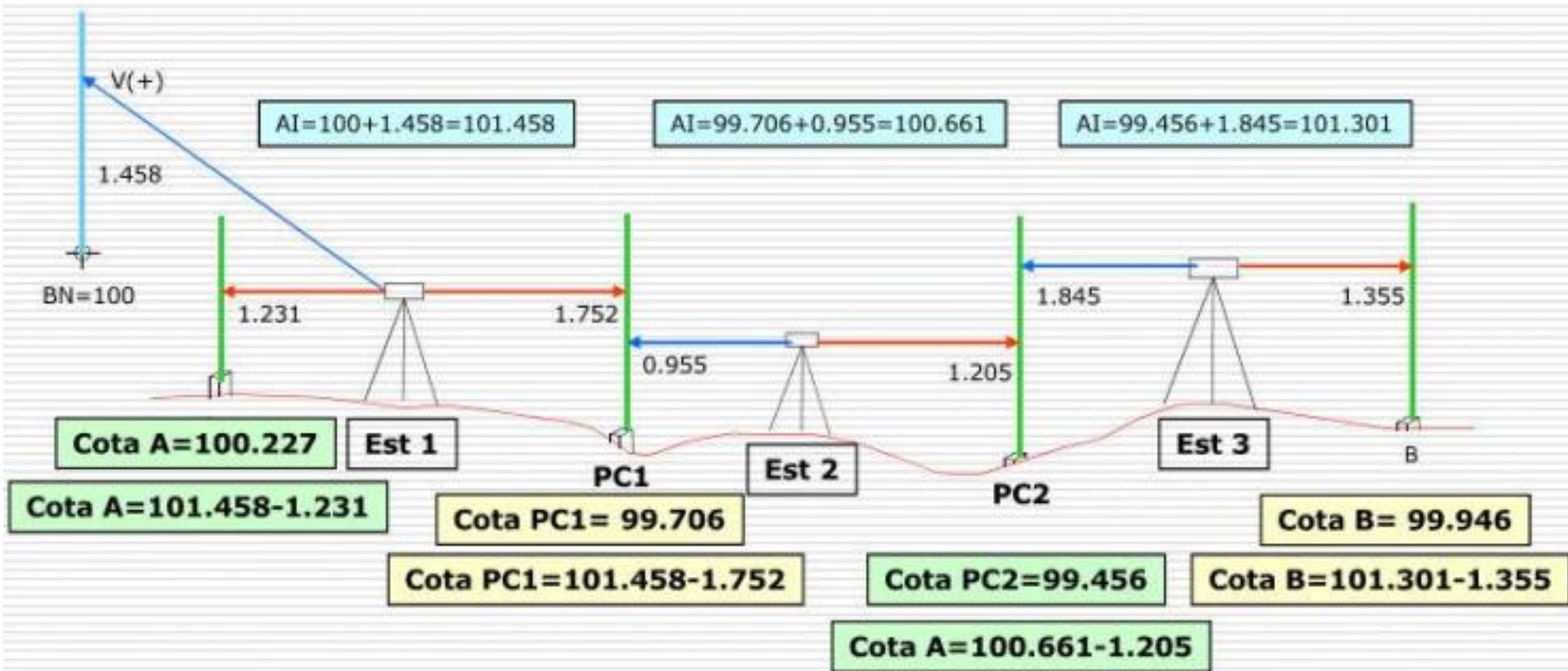


Cuando los puntos de los cuales se desea conocer el desnivel se encuentren muy alejados, se requiere de varias puestas de instrumento, por lo tanto debemos auxiliarnos de puntos de control también conocidos como puntos de cambio o puntos de liga, que provisionalmente nos auxiliaran para ir propagando las elevaciones hasta llegar al punto deseado



Tal es el caso cuando dos bancos de nivel están alejados y el desnivel no se puede obtener con una sola puesta de aparato. Entonces el punto B se convierte en un Punto de Liga (PL) entre una y otra operación básica. Y así tantas veces como sea necesario se repite la operación hasta llegar a nuestro banco de nivel final. Es decir, una vez que se ha calculado la cota de B, a partir de ésta se calcula la cota de C, y a partir de ésta se calcula la cota de D y así sucesivamente hasta llegar al punto final.





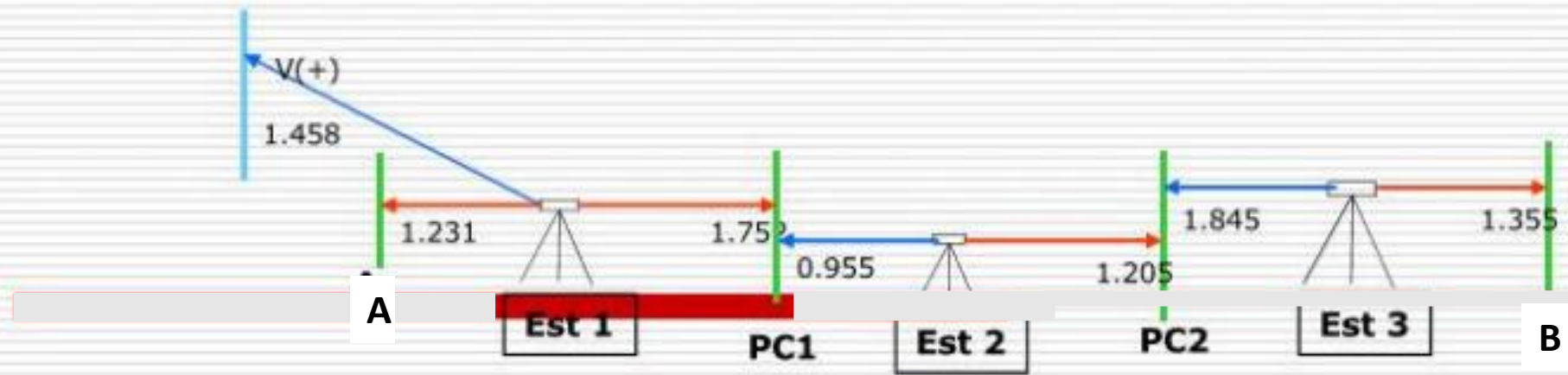


$$\text{Suma } V(+)_A-B = +1.231 + 0.955 + 1.845 = + 4.031 \text{ m}$$

$$\text{Suma } V(-)_A-B = -1.752 - 1.205 - 1.355 = - 4.312 \text{ m}$$

$$H_{A-B} = + 4.031 - 4.312 = - 0.281 \text{ m}$$

- Se puede obtener el desnivel entre puntos por la diferencia de alturas y por la diferencia de cotas o elevaciones, como se observa en las ilustraciones podemos determinar el desnivel por la suma de las lecturas positivas menos la suma de las lecturas negativas nos debe dar el mismo desnivel obtenido por diferencia de cotas y así comprobamos nuestras operaciones.
- Cuando realicemos las lecturas sobre el estadal, este debe estar perfectamente vertical. Sin embargo, en la práctica es muy difícil ubicarlo exactamente “a plomo”, a menos de que este provisto de una niveleta , por lo que se recurre al artificio de “bombear” el estadal, que significa moverlo ligeramente hacia adelante y hacia atrás de la vertical.
- Así el observador tendrá que tomar la lectura de menor cantidad porque en ese momento el estadal estará pasando por la posición vertical. A fin de evitar errores por un pequeño desajuste en el instrumento, aún cuando la burbuja del nivel este en su marca central, este debe ubicarse lo más centrado posible entre los estadales, cuya distancia entre ellos no podrá excederse de 140m(distancia llamada golpe de estadal). Es decir, la distancia máxima que podrá haber entre el aparato y uno de los estadales(PL's) será de 70m.



NIVELACION

Lugar:

Operador:

Libretista:

Hora Inicio:

Hora de Término:

Clima:

P.V.	V(+)	Altura Instrumento	V(-)	Observaciones	COTA (m.s.n.m)
BN	1.458	101.458		Cota BN=100 msnm	100.000
A		101.458	1.231		100.227
PC1		101.458	1.752		99.706
PC1	0.955	100.661			
PC2		100.661	1.205		99.456
PC2	1.845	101.301			
		101.301	1.355		99.946

Error de cierre de la Nivelación

- En una poligonal de Apoyo cerrada el error de cierre de la nivelación esta dado por:

$$Ec_{Niv} = CotadePartida_A - CotadeLlegada_A$$

$$Ec_{Niv} = 100.173 - 100.162 = -0.011m$$

$$Ec_{Niv} = \sum V(+) - \sum V(-)$$

$$Ec_{Niv} = +4.925 - 4.936 = -0.011m$$

❑ Error Máximo permisible:

Orden	Clase	Error Maximo Permisible
1er.	I	$4\text{mm} * (K)^{0.5}$
	II	$5\text{mm} * (K)^{0.5}$
2do.	I	$6\text{mm} * (K)^{0.5}$
	II	$8\text{mm} * (K)^{0.5}$
3er.		$12\text{mm} * (K)^{0.5}$
4to.		Nivelacion Barometrica

Donde:

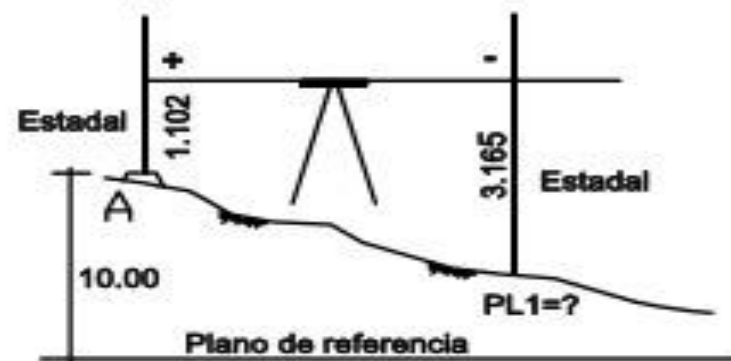
"K" es la longitud total Nivelada en KILOMETROS

FUENTE: Clasificacion y Normas en estados Unidos
Federal Geodetic Control Committee (FGCC)

$$\text{❑ } E_{c_{niv}} < E_{c_{mp}} = 0.011 < 0.012$$

Paso a paso lo vemos en la siguiente nivelación diferencial que se realizó entre los BNA y BNB, con el registro de campo que se indica:

PO	+	π	-	Cotas
BNA	1.102			10.000
PL1	0.714		3.165	
PL2	1.321		2.816	
BNB			1.916	

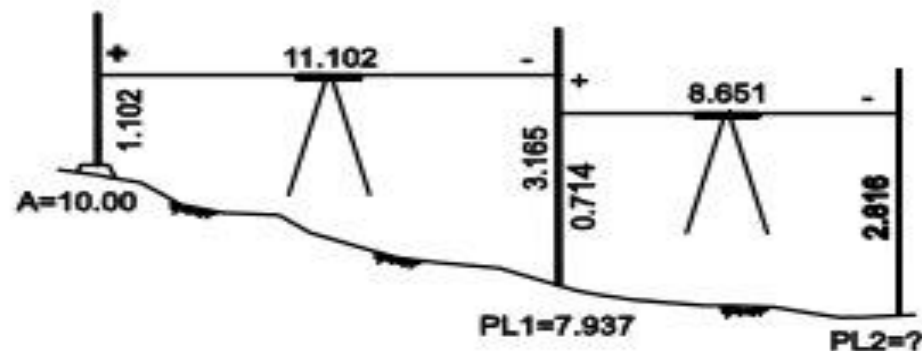


Desarrollo: Si construimos un diagrama para que veamos en forma esquemática las operaciones que tenemos que realizar, tendremos:

Cuando observamos al punto A obtuvimos una lectura de 1.102 y, cuando observamos al PL1, la lectura fue mayor, 3.165. Esto quiere decir que el PL1 está más abajo del punto A

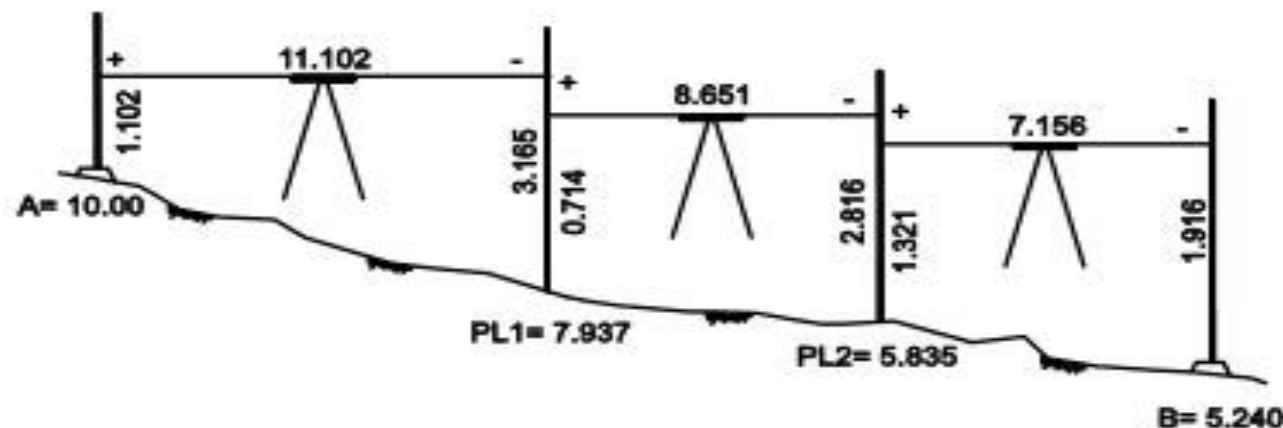
Como se puede observar en el diagrama, para obtener la cota de la altura del aparato tendremos que sumar la cantidad de 1.102 a la cota de A (10.00), y a partir de esta restarle la que hicimos al PL1.

$$\begin{array}{r} 10.000 \\ + 1.102 \\ \hline 11.102 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11.102 \\ - 3.165 \\ \hline 7.937 \end{array}$$



Si repetimos la operación para la siguiente puesta de aparato, tendremos que la nueva lectura realizada al PL1 fue de 0.714 y la del PL2 fue 2.816. Entonces

$$\begin{array}{r} 7.937 \\ + 0.714 \\ \hline 8.651 \end{array} \quad \begin{array}{r} 8.651 \\ - 2.816 \\ \hline 5.835 \end{array}$$



Finalmente tendremos que la nueva lectura al PL2 fue de 1.321 y la del punto B = 1.916 entonces:

$$\begin{array}{r}
 5.835 \\
 - 1.321 \\
 \hline
 7.156
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 7.156 \\
 - 1.916 \\
 \hline
 5.240
 \end{array}$$

Si ya dominamos este planteamiento, podemos resolver directamente el cálculo en la tabla.

PO	+	Σ	-	Cotas
A	1.102	11.102		10.000
PL1	0.714	8.651	3.165	7.937
PL2	1.321	7.156	2.816	5.835
			1.916	5.240

Por lo tanto el desnivel entre A y B =

$$\begin{array}{r}
 10.000 \\
 - 5.240 \\
 \hline
 4.760
 \end{array}$$

Una forma rápida de comprobar la nivelación diferencial es efectuar la suma de todas las lecturas positivas y la suma de todas las negativas. La diferencia entre estas dos, deber ser igual al desnivel.

$$\begin{array}{r}
 \Sigma + = 3.137 \\
 \Sigma - = 7.897 \\
 \hline
 3.137 \\
 - 7.897 \\
 \hline
 - 4.760
 \end{array}$$



Puede haber nivelaciones de varios kilómetros de recorrido, con varias decenas o centenas de PUNTOS DE LIGA o puntos de cambio provisionales.



	A	B	C	D	E
1	REGISTRO DE CAMPO				
2					
3	P.V	(+)		(-)	COTAS
4	BN	3.481			
5	1	1,960		2.143	
6	2	1.396		1408	
7	3	0.707		1.719	
8	4	2.274		3.133	
9	5			1.131	
10					
11					
12					
13					
14					

Comprobación de la nivelación diferencial

Para comprobar el resultado de una nivelación diferencial, solo se puede hacer con otra nivelación, por lo que se acostumbra hacerla de "ida y vuelta". Y como habrá una diferencia entre las dos, ésta deberá quedar debajo de la tolerancia $T = 1\text{cm}\sqrt{K}$ donde k es el número total de kilómetros recorridos tanto en un sentido como en el otro. La diferencia se distribuye proporcionalmente en los puntos de liga en función de las distancias que haya entre ellos.

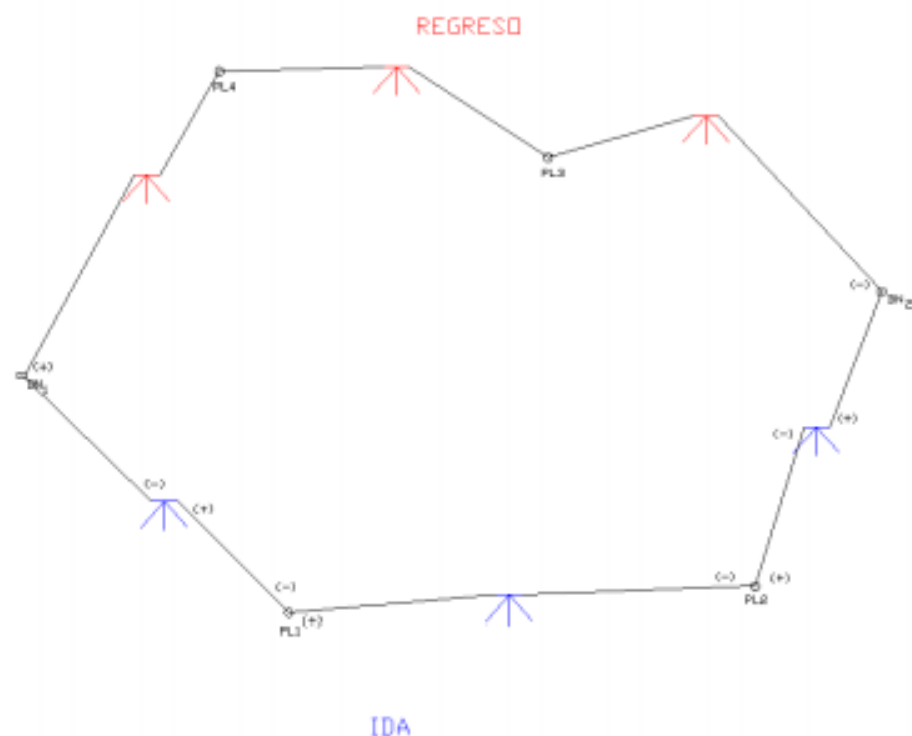
En las nivelaciones como en cualquier tipo de trabajo topográfico es necesario que los resultados tengan una debida comprobación, con el objetivo de detectar cualquier equivocación cometida y de poder controlar los errores propios del proceso natural del trabajo. Los principales tipos de comprobación son tres:

HAY TRES MÉTODOS PARA COMPROBAR UNA NIVELACIÓN DIFERENCIAL COMPUESTA:

- **MÉTODO DE IDA Y REGRESO**
- **MÉTODO POR DOBLE ALTURA DE INSTRUMENTO**
- **MÉTODO POR DOBLE Ó TRIPLE PUNTO DE LIGA**

MÉTODO DE IDA Y REGRESO

- Este método consiste en partir de un punto conocido A (Banco de Nivel) y mediante puntos auxiliares (puntos de liga) llegar hasta otro punto B (Banco de Nivel), pueden ser cientos o miles de metros la distancia entre A y B. Con la cota de partida del punto A se van obteniendo las cotas de los puntos de liga hasta obtener la cota del punto de llegada B. Posteriormente se hace otra nivelación, ahora partiendo del punto B hacia el punto A, se pueden utilizar otros puntos de liga y con la cota de partida del punto B se determina la cota de llegada del punto A. De esta forma tendremos 2 cotas del punto A: Cota de IDA y cota de REGRESO la diferencia entre ellas será el error en la nivelación. A este procedimiento también se le conoce como Nivelación de circuito.



COMPROBACION DE LAS NIVELACIONES

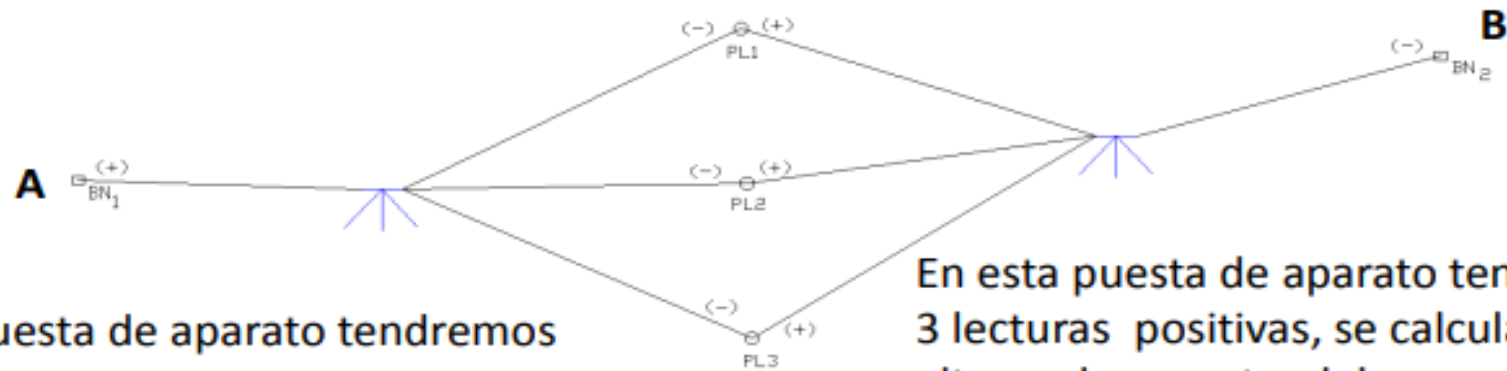
Método Nivelación de Ida y Vuelta

Cuando no existen puntos de cota definida, es el mejor método para comprobar el trabajo, es el mas practico y mas usado en la topografía para comprobar la nivelación, este método consiste en correr la nivelación de un BM inicial a uno final y luego se regresa partiendo del BM final al inicial por una ruta diferente a la primera, la forma de chequearse es que partiendo del BM final deberá llegarse al BM inicial con la misma elevación. Es preferible hacer la nivelación de vuelta en diferentes horas y días para trabajos de alta precisión.

Si la línea es muy larga, deberá dividirse en tramos no mayores de dos kilómetros, realizando la nivelación de ida y vuelta en cada uno de los tramos.

MÉTODO POR DOBLE Ó TRIPLE PUNTO DE LIGA

- Este método consiste en partir de un punto conocido A (Banco de Nivel) y mediante puntos auxiliares (puntos de liga) llegar hasta otro punto B (Banco de Nivel), pueden ser cientos o miles de metros la distancia entre A y B. Con la cota de partida del punto A se calcula la altura de instrumento y se colocan 2 ó tres puntos de liga, procurando equidistancias entre el aparato y los puntos, se puede medir a pasos, depende de la precisión requerida el número de puntos de liga a colocar. Se cambia de estación y con cada punto de liga se tomará lectura positiva y se calcularán las dos ó tres alturas de aparato, deben coincidir, diferencias de 1 ó 2 mm pueden ser tolerables, depende de la exigencia del trabajo en cuanto a la precisión. De ser tolerable el error se sigue el procedimiento hasta llegar al Banco de Nivel 2, como se muestra en la figura.



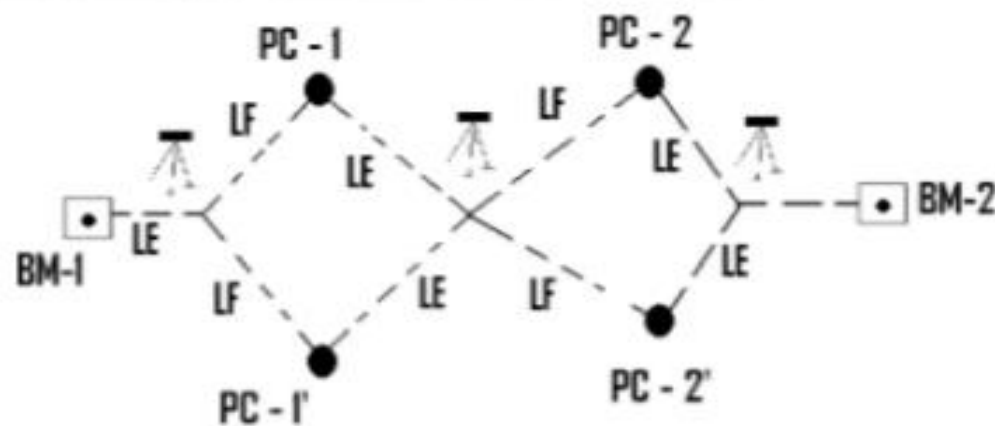
En esta puesta de aparato tendremos 3 lecturas negativas, se calculan las cotas de cada punto de liga.

En esta puesta de aparato tendremos 3 lecturas positivas, se calculan las 3 alturas de aparato, deben ser iguales.

MÉTODO POR DOBLE O TRIPLE PUNTO DE LIGA

Con el instrumento situado en la primera posición se toma una mira de espalda sobre el punto de cota conocido BM-1 y miras de frente en los puntos de cambio PC-1 y PC-1'. En la segunda posición del instrumento se toman miras de espalda sobre los puntos PC-1 y PC-1' y miras de frente a los puntos PC-2 y PC-2' y se termina la nivelación tomando una lectura de frente en el BM-2 que es el punto que queremos conocer.

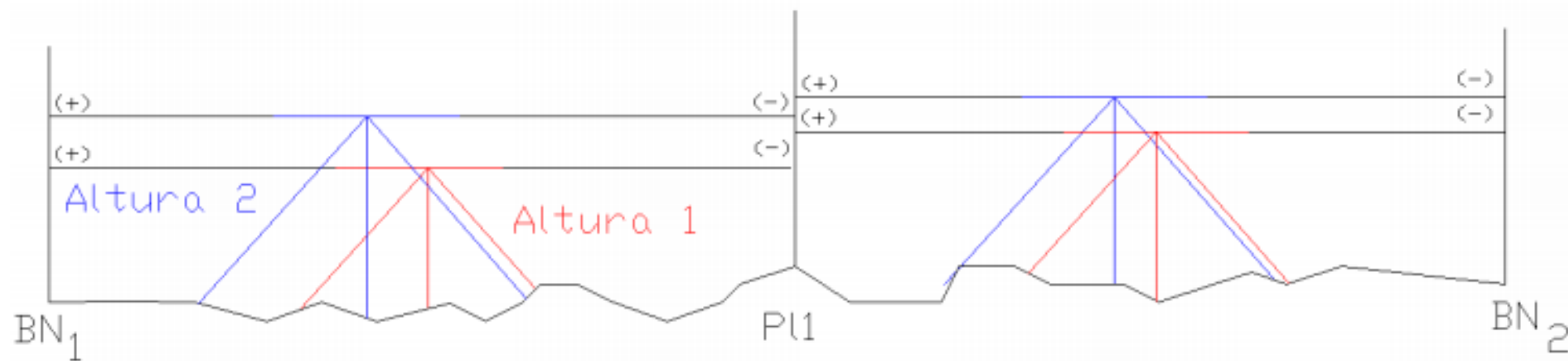
La cota BM-2 puede ser calculada por dos rutas o caminos (BM-1, PC-1, PC-2, BM-2 o BM-1, PC-1', PC-2', BM-2). Si la diferencia entre los niveles está en el rango permisible la elevación del BM-2 será el promedio de las dos cotas calculadas por cada uno de los caminos.



A este método también se le conoce como doble punto de cambio ó de control.

MÉTODO POR DOBLE ALTURA DE INSTRUMENTO

- Este método consiste en partir de un banco de nivel, tomar la lectura positiva, calcular la altura de instrumento, colocar un punto de control ó punto de liga, tomar la lectura negativa y calcular su cota respectiva. Se mueve el instrumento ahí mismo, se puede variar la altura únicamente, pero ya sería como otra estación ahí mismo, se repite el procedimiento de nivelación y con diferentes lecturas se deberán obtener las mismas cotas de los puntos. Para este método de nivelación es necesario llevar dos registros de campo paralelos en la libreta.

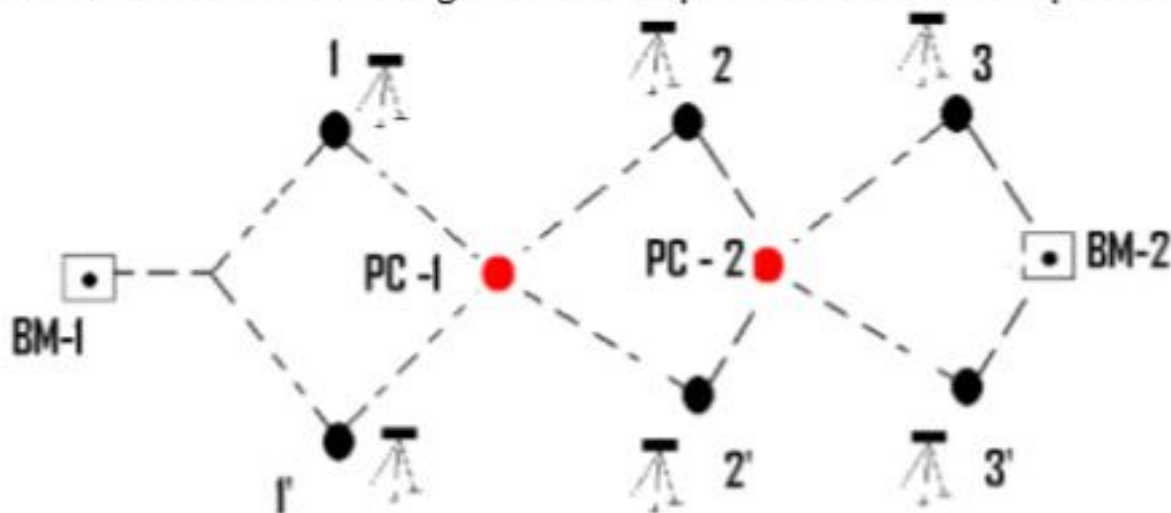


MÉTODO POR DOBLE ALTURA DE INSTRUMENTO

Método por doble puesta de instrumento

Este método es similar al anterior con la salvedad que es necesario realizar dos puestas de instrumento para cada punto de cambio. En este método se llevan dos registros de campo, pero el proceso es mas lento y trabajoso ya que en cada nivelada se realizaran dos nivelaciones de instrumento. El procedimiento de campo es el siguiente:

Con el instrumento en la posición 1 tomamos una lectura de espalda BM-1 y una lectura de frente en PC-1. con el instrumento en la posición 1' observamos de nuevo una mira de espalda BM-1 y otra de frente al PC-1. El proceso se continua de esta forma hasta llegar al BM-2 que es la elevación que buscamos.



En los trabajos de nivelación estamos expuestos a cometer muchos errores, entre ellos, la lectura en el estadal, por eso debemos comprobar la confiabilidad de nuestro trabajo haciendo nivelaciones dobles para verificar los datos.

En todo trabajo se requerirá de una precisión y una tolerancia y eso dependerá de la importancia del proyecto, cuando se trate de proyectos de ingeniería en construcción se requerirá de más precisión, en trabajos de nivelación de tierras o preparación de tierras pudiera haber mayor tolerancia, pero en construcción donde se involucran otros recursos materiales y humanos si es muy importante la precisión.

MENCIONE LOS ERRORES



OBSERVACIONES DE LA IMAGEN ANTERIOR

- La verticalidad del estadal puede ser uno de los errores y eso se debe a la posición que tiene la compañera con respecto al observador, lo ideal es que el estadalero se coloque de frente hacia el observador para cerciorarse de que la cara graduada del estadal se dirija directamente hacia la visual del observador y apoyándose con una niveleta poner el estadal en posición vertical.
- La mala posición del observador, nunca se debe colocar el observador sobre alguna de las extensiones del tripié, debe colocarse entre ellas para evitar tocarlo, o moverlo, puede desnivelar el instrumento. Si no se cuenta con una niveleta para la verticalidad del estadal se puede usar una plomada. Se puede usar una plomada y hacer coincidir el estadal con el hilo de la plomada para su verticalidad.
- El estuche del instrumento siempre debe estar con el observador, donde se encuentre el instrumento, se puede perder, o en lluvia repentina se puede mojar el nivel.

TOLERANCIAS

Nivelación de alta precisión

Es la usada en trabajos de mayor precisión tal como la localización de banco de nivel geodésicos.

Visuales 90 m de longitud.

Lecturas de mira al milímetro.

Equidistancia entre LE y LF.

Error máximo en metros = $\pm 0.004 (D)^{\frac{1}{2}}$ D: distancia en Km.

Nivelación de precisión

Es la usada en trabajos de planos poblacionales o para establecer puntos de referencia de referencias principales de levantamientos de cierta extensión.

Visuales 90 m de longitud.

Lecturas de mira al milímetro.

Equidistancia entre LE y LF.

Error máximo en metros = $\pm 0.01 (D)^{\frac{1}{2}}$ D: distancia en Km.

* Por ejemplo si en un problema realizado por nivelación de doble puesta de instrumento se obtuvo un error de 0.02 m y si la longitud de nivelada fue 1 Km. entonces los errores máximos tolerables son:

0.08 m Nivelación Aproximada

0.02 m Nivelación Ordinaria

0.01 m Nivelación de Precisión

0.004 m Nivelación de alta Precisión.

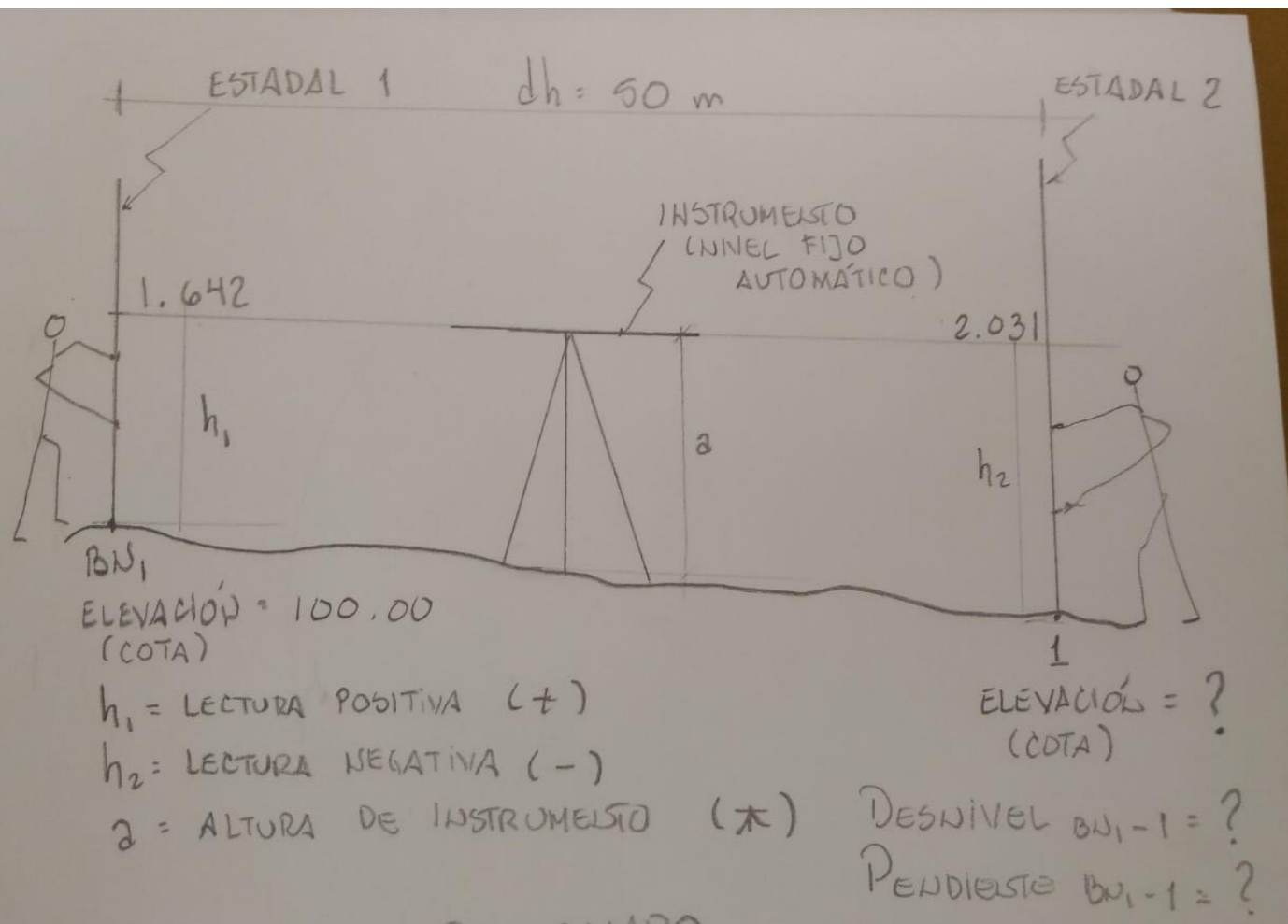
Comparando este error con los tolerables podemos clasificar la nivelación como tipo ordinaria.



EJERCICIOS

- Por ejemplo: Si tengo una lectura positiva de 1.500 m, estando colocado el estadal en un punto A con una cota de 100.000 m ¿Cuál sería la Cota de instrumento (Altura de aparato)?
- Ahora bien, ya con esa cota de instrumento ahora visando hacia otro estadal colocado en un punto B y veo una lectura de 1.200 m, ¿cuál sería la cota del punto B?
- ¿Que desnivel hay del punto A al punto B?
- Si la distancia horizontal entre los puntos A y B es de 80 m, ¿Cuál es la pendiente porcentual del punto B hacia el punto A?

- Por ejemplo: Si tengo una lectura positiva de 1.500 m, estando colocado el estadal en un punto A con una cota de 100.000 m ¿Cuál sería la Cota de instrumento (Altura de aparato)?
- **Respuesta:** Cota de instrumento= Lectura positiva + Cota A= 101.500m.
- Ahora bien, ya con esa cota de instrumento, se visa hacia otro estadal colocado en un punto B y veo una lectura de 1.200 m, ¿cuál sería la cota del punto B?
- **Respuesta:** Cota B= Cota de instrumento - Lectura negativa= 100.300m.
- ¿Que desnivel hay del punto A al punto B?
- **Respuesta:** Desnivel de A-B = Cota de B – Cota de A = 100.300 – 100.000 = 0.300 m.
- Si la distancia horizontal entre los puntos A y B es de 80 m, ¿Cuál es la pendiente porcentual del punto B hacia el punto A?
- **Respuesta:** Pend(%)= (Desnivel/DH) x 100= -0.375%



- ¿Qué tipo de nivelación es?
Es una nivelación diferencial simple
- Porque es una sola posición del instrumento, una sola puesta para hacer la medición de alturas
- Se requiere conocer la elevación o cota del punto 1, el desnivel entre los dos puntos y la pendiente porcentual entre ellos
- Primer paso:
Lo primero es hacer el registro de campo correspondiente

Registro de Campo

P.V.	(+)	Altura del instrumento	(-)	COTAS
BN1	1.642	101.642		100.00
1			2.031	99.661

DESNIVEL: COTA BN1 – COTA1 = 100.00 – 99.661 = -0.339 m

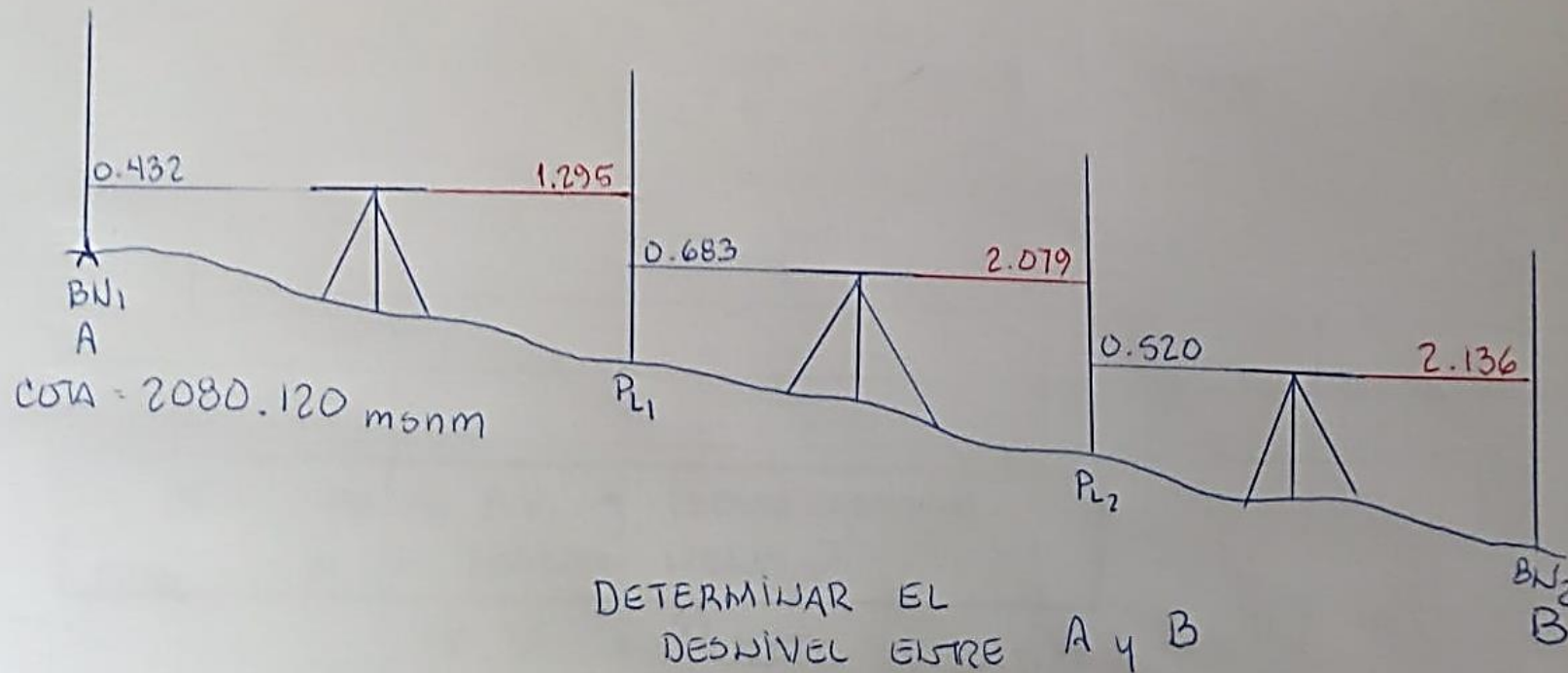
En el registro:

- **P.V.** = Punto visado
- **(+)** = Lectura positiva, Lectura atrás en el estadal colocado sobre el punto con cota conocida.
- **(-)** = Lectura negativa, lectura adelante, última columna Cota o elevación.

- La cota de instrumento (Altura de aparato = La Cota o elevación del punto de partida (Banco de Nivel) + la lectura positiva.
- La Cota del punto visado 1 = Altura de aparato - La lectura negativa (-).
- El desnivel entre los puntos se obtiene por la diferencia de Elevaciones o cotas de los puntos, o por diferencia de alturas (Lectura positiva - Lectura negativa)
 - ¿Cuál sería la pendiente de BN a 1 si la distancia horizontal entre ellos es de 50 m?

La pendiente porcentual de BN - 1 = - **0.678 %**

NIVELACION DIFERENCIAL COMPUESTA

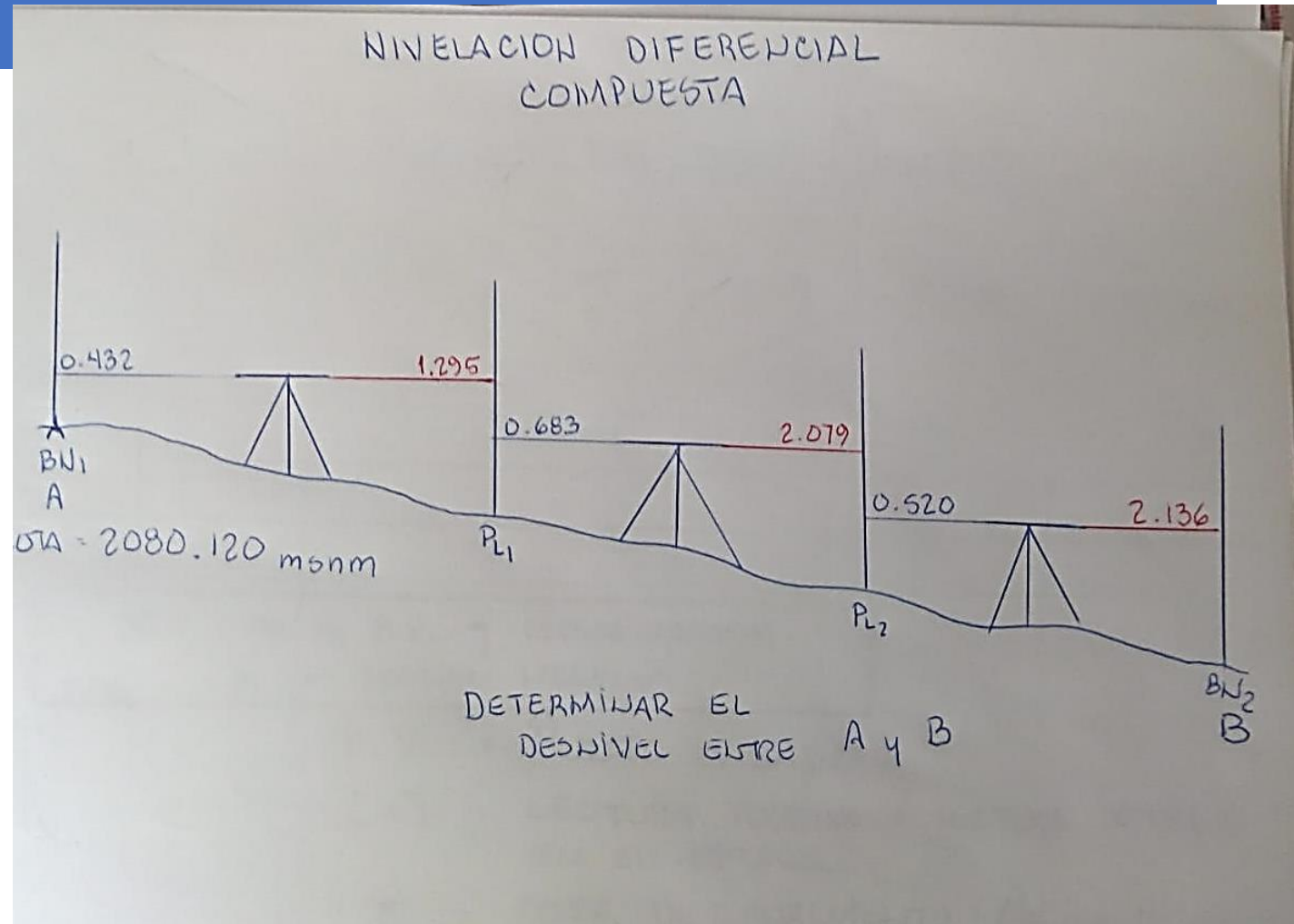


Pueden observar que las lecturas en los estadales, se diferencian por el color.

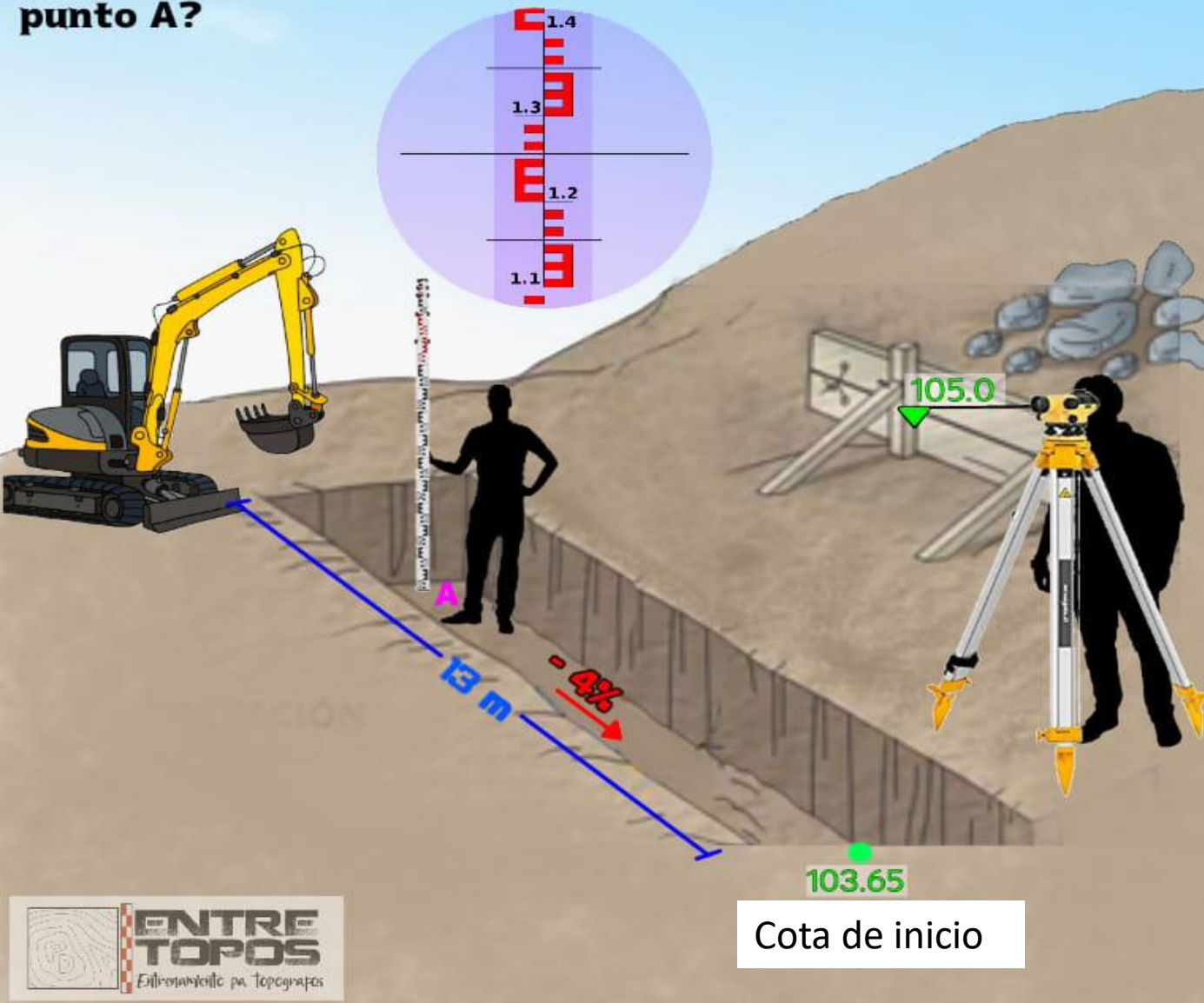
- ¿Cuales son las lecturas positivas?
- ¿Cuales son las lecturas negativas?
- ¿Cuántas cotas de instrumento se deben calcular?

EJEMPLO II

- ¿Cuáles son las lecturas positivas?
Las Azules
- ¿Cuáles son las lecturas negativas?
Las Rojas
- ¿Cuántas cotas de instrumento se deben calcular? **Tres cotas**
- Haga el registro de campo correspondiente y determine el desnivel entre los puntos A y B



La siguiente excavación debe tener una altura de 50 cm desde la cota de inicio, teniendo en cuenta la información de la imagen ¿cuanto debe subir o bajar la excavadora en el punto A?



Datos proporcionados:

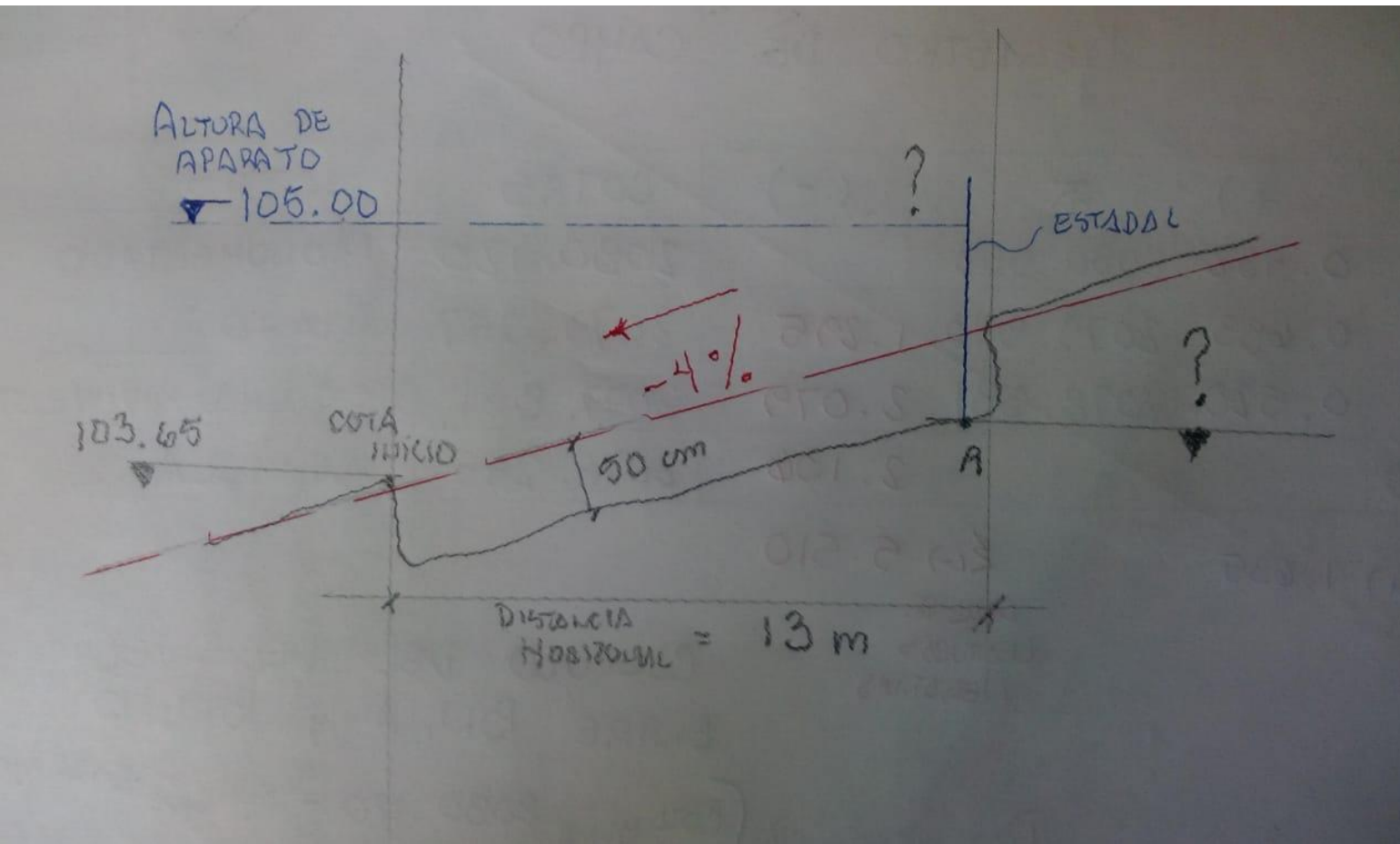
- Profundidad de la zanja: 50 cm
- Cota del terreno natural al borde de la zanja (Cota de inicio) = 103.650 m
- Longitud de la zanja = 13 m
- La pendiente de la zanja que es a partir del punto A en donde esta colocado el estadal hacia el otro extremo de la zanja = -4% .
- La altura del aparato (Cota de instrumento= 105.00 m).

INCÓGNITAS:

- La lectura en el estadal y la Cota o elevación del fondo de la zanja en el punto A, al conocer la elevación del punto A, sabremos si la excavadora corta (baja) o rellena (sube) tierra para alcanzar la cota de proyecto de la zanja y su profundidad sea de 0.500 m.

SOLUCIÓN:

Se dibuja un perfil esquemático para visualizar mejor el problema:



- ¿Cual es la lectura en el estadal?
- ✓ La lectura en el estadal es de **1.257 m**
- Con la lectura en el estadal podemos determinar la elevación o cota del punto A, ¿Cual sería?
- ✓ **(Cota de instrumento - Lectura en el estadal)**
 $105.00 - 1.257 = 103.743 \text{ m}$
- ¿Cual sería la cota del fondo de la zanja en e otro extremo de la zanja?
- ✓ **(Cota Inicio - Profundidad proyecto de la zanja)**
 $103.65 - 0.500 \text{ m} = 103.150 \text{ m}$
- **Desnivel entre los extremos de la zanja:**
 $103.150 - 103.743 = -0.593 \text{ m}$
- Determinar la cota de proyecto que debe tener el punto A para cumplir con las especificaciones del proyecto

- Determinar la cota de proyecto que debe tener el punto A

Teniendo conocimiento de la cota de inicio en el fondo de la zanja en uno de sus extremos y el desnivel entre los extremos, así como el extremo conocido esta más abajo que el punto A.

Tenemos como dato la pendiente porcentual de la zanja que es de - 4 % del punto A hacia el extremo de la zanja conocido y una longitud de 13 m, necesitamos calcular el desnivel (DV) entre esos puntos para determinar LA COTA DE PROYECTO en el punto A:

Sabemos que la pendiente porcentual es la relación del desnivel con respecto a la distancia horizontal por 100.

$$P = DV/DH$$

Donde:

- **P**: pendiente
- **DV**: desnivel entre los puntos
- **DH**: distancia horizontal que los separa.

Como lo que deseamos conocer es el desnivel proyecto, entonces:

$$DV = P * DH$$

Sustituyendo valores:

- **DV** = (0.04 * 13) 0.520 m

Es el desnivel de proyecto que debe haber entre los extremos de la zanja.

Así entonces, conocida la cota de inicio en el fondo de la zanja en uno de sus extremos y el desnivel entre los extremos y sabiendo que el extremo conocido esta más abajo que el punto A, entonces para calcular la cota de proyecto del punto A, le sumamos (por la pendiente positiva del otro extremo de la zanja hacia el punto A) a la cota del fondo de proyecto más el desnivel de proycto, y obtenemos la cota de proyecto del fondo de la zanja en el punto A.

$$\text{COTA DE A (PROYECTO)} = \text{COTA DEL OTRO EXTREMO (PROYECTO)} + \text{DESNIVEL ENTRE LOS EXTREMOS DE LA ZANJA (PROYECTO)}$$

$$\text{Cota de proyecto de A} = 103.15 + 0.520 \text{ m} = \mathbf{103.670 \text{ m}}$$

Ahora sí, conocida la Cota de proyecto en A (103.670 m) y la cota existente en A (103.743 m) podemos determinar si se corta o rellena y cuanto:

Se tiene que BAJAR, se cortan: 0.073 m de tierra para cumplir con las dimensiones proyecto de la zanja

Así aplicamos el conocimiento de altimetría en un problema de ingeniería directamente en campo.

Se le indica al operador de la excavadora que debe cortar 0.073 m en el punto A (7 cm) para cumplir con el proyecto.

REGISTRO DE CAMPO

P.V.	(+)	π	(-)	COTA	NOTAS

π = COTA DEL P.V. + LECTURA POSITIVA

COTA = π - LECTURA NEGATIVA

P.V. = PUNTO VISADO

(+) = LECTURA POSITIVA ó LECTURA ATRÁS
EN EL ESTADAL

π = COTA DE INSTRUMENTO (ALTURA DE APARATO)

(-) = LECTURA NEGATIVA ó LECTURA ADELANTE

COTA = ELEVACIÓN DEL PUNTO VISADO

LLENADO DEL REGISTRO

REGISTRO DE CAMPO

P.V.	(+)	$\bar{N}$	(-)	COTAS	NOTAS
BM ₁ A	0.432	2080.552		2080.120	MONUMENTADO
PL ₁	0.683	2079.940	1.295	2079.257	CLAVO
PL ₂	0.520	2078.381	2.079	2077.861	ESQUINA PAVIMENTO
BM ₂ B			2.136	2076.245	VARILLA

$\Sigma (+) 1.635$

SUMA DE
LECTURAS
POSITIVAS

$\Sigma (-) 5.510$

SUMA DE
LECTURAS
NEGATIVAS

CÁLCULO DEL DESNIVEL
ENTRE BM₁ A y BM₂ B

Por diferencia de cotas $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cota BM}_1 \text{ A } 2080.120 - \text{Cota BM}_2 \text{ B } 2076.245 \\ \text{Desnivel} = -3.875 \text{ m} \\ \text{A} \rightarrow \text{B} \end{array} \right.$

Por diferencia de alturas $\left\{ \begin{array}{l} \text{Suma de lect. (+)} - \text{Suma de lect. (-)} \\ \Sigma (+) 1.635 - \Sigma (-) 5.510 \\ \text{Desnivel} = -3.875 \\ \text{A} \rightarrow \text{B} \end{array} \right.$

- Desnivel $A - B = 2080.120 - 2076.245 = -3.875\text{m}$.

Los PL son los puntos de liga que nos sirven para propagar las cotas hasta llegar al punto deseado, también se conocen como puntos de cambio, porque implican un cambio de estación, otra puesta de instrumento.

Cabe señalar que en los registros no se indica dónde está colocado el instrumento, sólo se ponen los puntos visados , las lecturas positivas , la cota de instrumento, las lecturas negativas, las cotas o elevaciones y algunas notas, como en el ejemplo a veces es adecuado describir el tipo de punto y como está materializado como referencia de localización.

En libreta de campo así sería un registro de nivelación:

No. de Libreta

No. de Página

Libreta 031

031

NP - CIRCUITO I - A

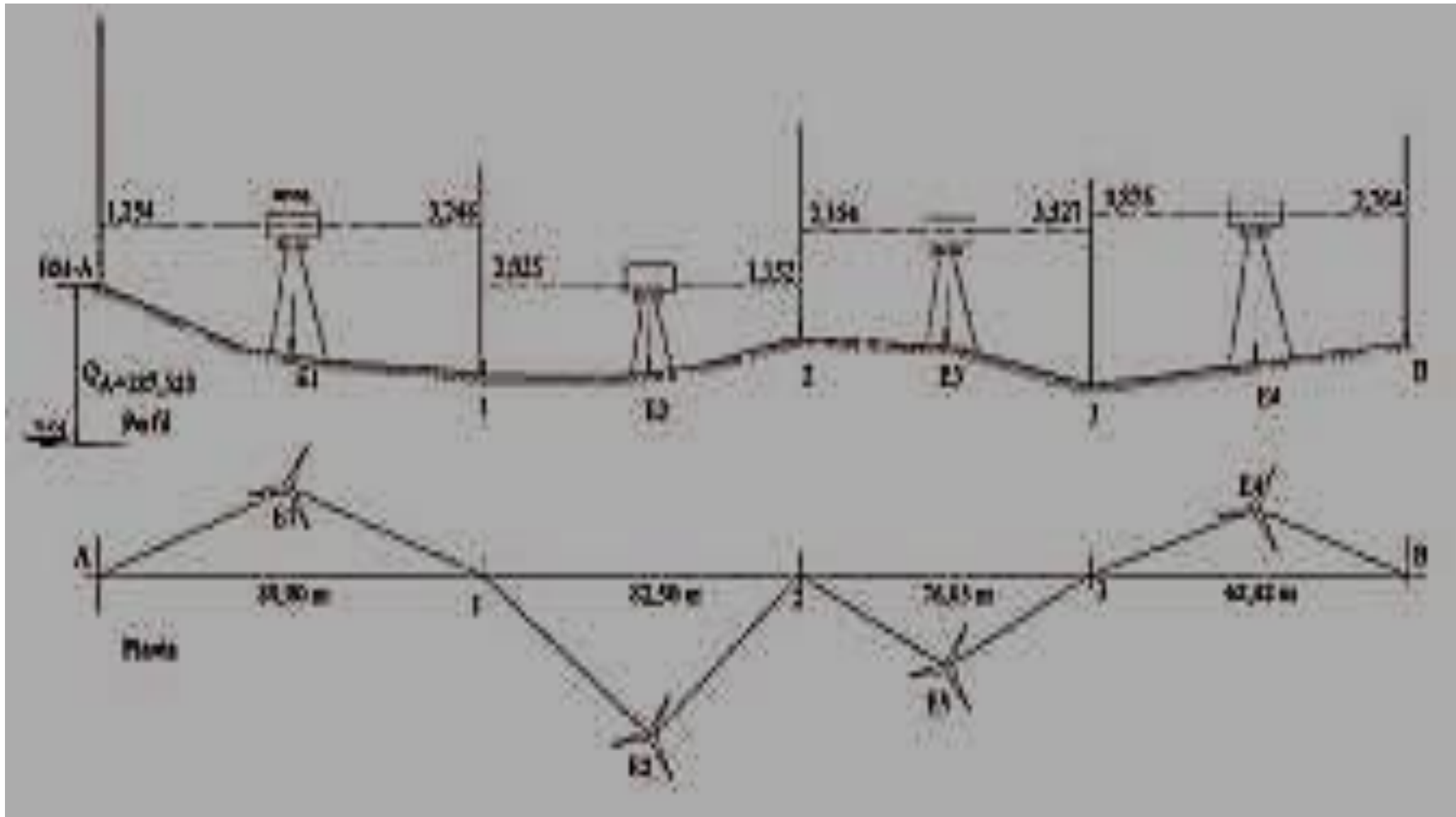
EST.	+	-	COMENT.
Altimetro	1.05052	—	Placa C. va. B. v. v.
Z-1	1.75078	1.70361	
Z-2	1.55152	0.59823	
Z-3	1.71618	2.01952	
Placa C. va. B. v. v.	0.16470	0.19009	Placa C. va. B. v. v.
Z-4	1.92351	2.10337	
Z-5	0.96109	2.10582	
Z-6	2.06171	2.00944	
Altimetro		1.27840	Placa C. va. B. v. v.

062

Juan García

16-02-06

Se puede hacer un croquis de la nivelación:



Otra de las necesidades para un Agrónomo, es la determinación de perfiles de terreno. Para poder diseñar un proyecto de Ingeniería como caminos, carreteras, redes de drenaje, canales de riego, construcción, cambio de uso y conservación de suelo, etc., se requiere de conocer el perfil del terreno. Para ello hacemos uso de la Nivelación de Perfil