

**UNL**

Universidad Nacional del Litoral

*Escuela Industrial Superior*

Construcciones

**EIS**

# *Topografía*

## **NIVELACIÓN**



**Unidad 4**

## UNIDAD TEMÁTICA N°4

### Nivelación

**Objetivos:** Que el alumno sea capaz de comprender los diferentes tipos y metodologías de nivelación que se pueden llevar a cabo en un trabajo topográfico como también las precisiones que se manejan en cada uno de ellos. Además, el alumno deberá ser capaz de efectuar una nivelación simple o compuesta utilizando un nivel de anteojo y resolver una planilla de nivelación por los diferentes métodos existentes.

### Contenidos:

- Concepto de altimetría.
- Distintos tipos de nivelación, geométrica, trigonométrica y barométrica.
- Precisiones.
- Nivelación geométrica, determinación de desniveles, método del punto extremo, método del punto medio.
- Nivelación geométrica simple y compuesta.
- Niveles de anteojo, descripción y manejo de niveles automáticos.
- Error de inclinación del eje de colimación.
- Planilla de nivelación por planos visuales y por diferencias.

**Trabajos Prácticos:** Se realizará un trabajo práctico en donde el alumno se familiarizará con el instrumental de nivelación y sus accesorios. Además, aprenderá los métodos para determinar los desniveles que existen en el terreno.

### Bibliografía

**Bibliografía obligatoria:** Apuntes de la cátedra.

**Bibliografía extra:** Apuntes proporcionados por la cátedra Topografía General de la Universidad Nacional del Litoral. En página web:

<https://sites.google.com/site/topografiagr/apuntes-de-catedra> o Leonardo Casanova Matera (2002), "*Topografía plana*" Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Departamento de Vías. Ed. Merida. En página web: <https://vagosdeunisucre.files.wordpress.com/2013/12/libro-de-topografc3ada-plana-leonardo-casanova-m.pdf> o <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/Inova/>. Jorge Mendoza Dueñas / Samuel Mora Quiñones, "*Altimetría-Capítulo 4*". En página web: <http://es.slideshare.net/ISTENE-COMPUTACION/topografia-8246899>

**Concepto de altimetría:** Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos "*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 2: Altimetría*" Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap2-altimetra>.

**Distintos tipos de nivelación, geométrica, trigonométrica y barométrica:** Nadia Chacón Mejía, "*Topografía elemental – Unidad 4*" Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-4-levantamientos-de-campo.pdf>.

**Precisiones:** Nadia Chacón Mejía, "*Topografía elemental – Unidad 4*" Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-4-levantamientos-de-campo.pdf>.

**Nivelación geométrica, determinación de desniveles, método del punto extremo, método del punto medio:** M. Farjas "*Nivelación Geométrica – Tema 4*". En página web: [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_NG\\_Tema4.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_NG_Tema4.pdf) o la página web: <http://ing-andresmorales.blogspot.com.ar/2009/03/nivelacion-topografica.html>.

**Nivelación geométrica simple y compuesta:** Nadia Chacón Mejía, "*Topografía elemental – Unidad 4*" Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-4-levantamientos-de-campo.pdf> o M. Farjas "*Nivelación Geométrica – Tema 4*". En página web: [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_NG\\_Tema4.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_NG_Tema4.pdf) o Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos "*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 2:*

*Altimetría*” Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap2-altimetra>.

**Niveles de antejo, descripción y manejo de niveles automáticos:** Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos “*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 2: Altimetría*” Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap2-altimetra>.

**Error de inclinación del eje de colimación:** J.L. de la Cruz González, “*Tema 2: Incertidumbres y errores en Topografía*”. En página web: [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/contenidos/Mis\\_documentos/Tema-2-Errores-e-Incertidumbres/Tema\\_2\\_Incertidumbre\\_Observaciones\\_Topograficas.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/contenidos/Mis_documentos/Tema-2-Errores-e-Incertidumbres/Tema_2_Incertidumbre_Observaciones_Topograficas.pdf)

**Planilla de nivelación por planos visuales y por diferencias:** Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos “*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 2: Altimetría*” Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap2-altimetra>.

**Ejemplos prácticos de nivelación en la construcción:** Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos “*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 2: Altimetría*” Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap2-altimetra>.

## Índice

<b>Concepto de altimetría.....</b>	<b>5</b>
Superficie de Nivel .....	5
Nivel medio del mar .....	5
Altitud de un punto y cota .....	5
Diferencia de nivel.....	6
Planos de comparación .....	6
Pendiente .....	6
<b>Tipos de nivelaciones o métodos para nivelar .....</b>	<b>9</b>
Nivelación geométrica .....	9
Nivelación trigonométrica .....	9
Nivelación barométrica .....	9
Nivelación con GPS .....	10
Nivelación con manguera de agua .....	10
<b>Precisiones .....</b>	<b>11</b>
Error .....	11
Precisión en los distintos tipos de nivelación .....	11
Tolerancia .....	11
<b>Nivelación geométrica, determinación de desniveles, método del punto extremo, método del punto medio.....</b>	<b>12</b>
Nivelación geométrica .....	12
Método del punto extremo.....	12
Método del punto medio.....	13
Nivelación recíproca.....	14
Método de la doble mira.....	14
<b>Nivelación geométrica simple y compuesta.....</b>	<b>16</b>
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE .....	16
Nivelación geométrica simple con puntos intermedios .....	16
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA.....	17
Nivelación geométrica compuesta con puntos intermedios .....	17
<b>Niveles de antejo, descripción y manejo de niveles automáticos.....</b>	<b>19</b>
Partes de un nivel. ....	19
Ejes de un nivel.....	20
Tipos los niveles .....	20
<b>Error de inclinación del eje de colimación .....</b>	<b>24</b>
<b>Planilla de nivelación por planos visuales y por diferencias.....</b>	<b>25</b>
Planilla de nivelación sin puntos intermedios .....	25
Planilla de nivelación sin puntos intermedios por “planos visuales” .....	25
Planilla de nivelación sin puntos intermedios por “diferencias” .....	26
Planilla de nivelación sin puntos intermedios .....	27
Planilla de nivelación con puntos intermedios por “planos visuales” .....	28

Planilla de nivelación con puntos intermedios por “diferencias” .....	29
Conclusiones .....	30
<b>Ejemplos prácticos de nivelación en la construcción.....</b>	<b>31</b>
Excavación o un relleno del terreno .....	31
Verificación de la flecha de una estructura .....	31
Excavación con pendiente: piscina .....	31
Verificación de un plano inclinado .....	32
Verificar altura mínima de un lugar o pendientes .....	32
Cálculo de altura de un tanque de agua .....	33
Control de pendiente de pavimentación .....	33

## Concepto de altimetría

La **ALTIMETRÍA** estudia las diferencias de nivel existentes entre puntos de un terreno o de una construcción. Para poder conocer estas diferencias de nivel hay que medir distancias verticales directa o indirectamente. Esta operación se denomina “**nivelación**”.

La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde una superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de la línea vertical que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada (figura 4.1).

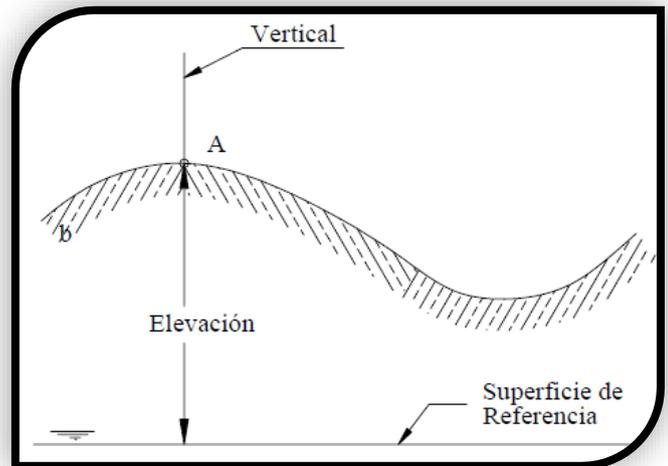


Figura 4.1: Planialtimetría

### Superficie de Nivel

Sobre un punto de la superficie terrestre actúan principalmente las siguientes fuerzas: la atracción de la gravedad, la fuerza centrífuga debida al movimiento de rotación de la Tierra, las atracciones de los cuerpos celestes y la presión atmosférica. La resultante de todas estas fuerzas se llama “**gravedad**” y tiene por dirección la “**vertical**”. La vertical queda materializada por el hilo de una plomada en equilibrio.

Se denomina “**Superficie de Nivel**” a una superficie cualquiera tal que, en cada uno de sus puntos, es perpendicular a la vertical correspondiente. Se llama “**Geoide**” a la superficie de nivel correspondiente al nivel medio del mar.

### Nivel medio del mar

Sabemos que, por efecto de las atracciones combinadas de la Luna y el Sol, las aguas del mar suben y bajan periódicamente produciéndose las oscilaciones que se denominan “flujo” y “reflujo”.

El complejo fenómeno de las mareas es objeto de continuo estudio y de largas investigaciones con aplicación de la estadística. Estas investigaciones interesan de modo particular a la navegación y a la hidráulica, y se vigila constantemente el nivel del mar por medio de aparatos registradores llamados “mareógrafos”, instalados en varios puntos de las costas y en los puntos principales.

El nivel medio del mar de cada punto es la intersección del Geoide con la vertical en ese punto, y se determina tomando el valor medio de las operaciones señaladas en dicho punto por un mareógrafo un largo período de años, con objeto de que se anulen los efectos de todas las causas perturbadoras del equilibrio del agua.

Cuando se trata de trabajos de topografía se puede sustituir el Geoide, como superficie de referencia, por un elipsoide de revolución; y si las operaciones de levantamiento altimétrico no se extienden más allá de los 9 km alrededor de un punto, el elipsoide puede sustituirse por una esfera. Este es el caso más común que se presenta en topografía. Teniendo en cuenta la mencionada limitación, se definirá como superficie de nivel que pasa por un punto a la superficie esférica concéntrica con la terrestre, que pasa por dicho punto.

### Altitud de un punto y cota

**Altitud** de un punto es la altura del mismo sobre el nivel medio del mar. En la figura 4.2 la altitud de A es AA'. Se denomina **Cota** de un punto a la distancia entre dicho punto y una superficie de nivel ya sea el nivel medio del mar o una superficie arbitraria de referencia. Se denomina superficie de referencia a la superficie de nivel adoptada como origen para medir las cotas. En el caso de la figura 4.2 la cota de A es AA”.

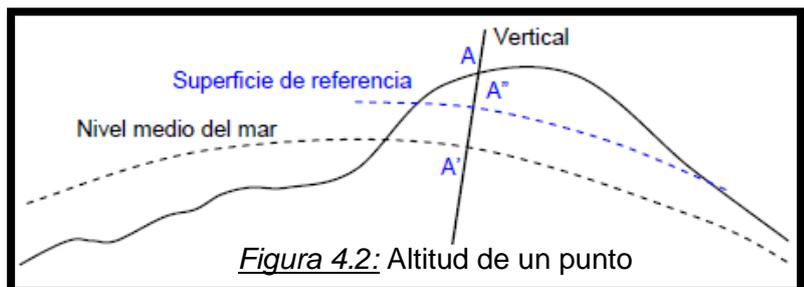
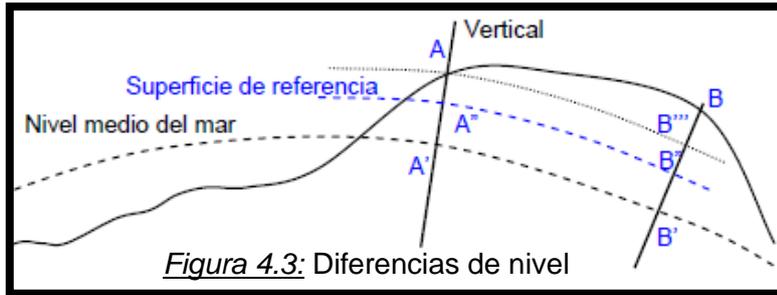


Figura 4.2: Altitud de un punto



### Diferencia de nivel

Se denomina **Diferencia de Nivel** entre dos puntos a la cota de uno cualquiera de ellos, referida a la superficie de nivel que pasa por el otro. También puede definirse Diferencia de Nivel entre dos puntos a la diferencia entre sus altitudes o sus cotas.

En la figura 4.3 la diferencia de nivel entre los puntos A y B es la

diferencia de sus altitudes AA' y BB', o la diferencia entre sus cotas AA'' y BB''. Se observa que resulta ser el segmento BB'''.

### Planos de comparación

De acuerdo con lo dicho anteriormente, la superficie de referencia se considera plana, llamándose **plano de comparación**. Las distintas reparticiones técnicas han adoptado su plano de comparación, es decir el plano cuyos puntos posean altitud cero. En Mar del Plata se han efectuado prolijas investigaciones para determinar el nivel medio del mar respecto a una referencia fija (cero del mareógrafo), dando por resultado que el nivel medio del mar está a 0,80 m del cero del mareógrafo del lugar.

Por otro lado, la primera nivelación efectuada con referencia al mar fue efectuada por el Ing. Ducllant, quien relacionó el nivel medio del estuario del Plata (llamado cero del Riachuelo) con la estrella central del peristilo de la Catedral de la ciudad de Buenos Aires, obteniendo una diferencia de 18,975 m, que alcanzó 19 m en operaciones posteriores.

Por decreto nacional del 13 de agosto de 1899 se adoptó el cero de la escala del Mareógrafo del Riachuelo como cero normal para todas las nivelaciones nacionales, fijando así la superficie de nivel que pasa por dicho cero como el horizonte de la altimetría del país.

Este horizonte se supone coincidente con el nivel de las aguas bajas ordinarias del estuario del Plata que pasa al mismo tiempo, a 19 metros exactos de la estrella central del peristilo de la Catedral de la ciudad de Buenos Aires.

El Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) ha efectuado a su vez mediciones precisas para vincular el cero del Riachuelo con el cero de Mar del Plata obteniendo una diferencia de 0,2442 m por debajo del cero del Riachuelo.

El I.G.N. ha adoptado el nivel medio del mar de Mar del Plata como superficie de referencia por encontrarse su mareógrafo en pleno océano en mejores condiciones para señalar el nivel medio del mar.

De acuerdo a dicha determinación, a las cotas referidas al cero del Riachuelo debe sumarse 0,56 m (0,5558 m) para que ellas estén referidas al nivel medio del mar. En la figura 4.4 se indican los planos de comparación adoptados por algunos organismos técnicos de nuestro país.

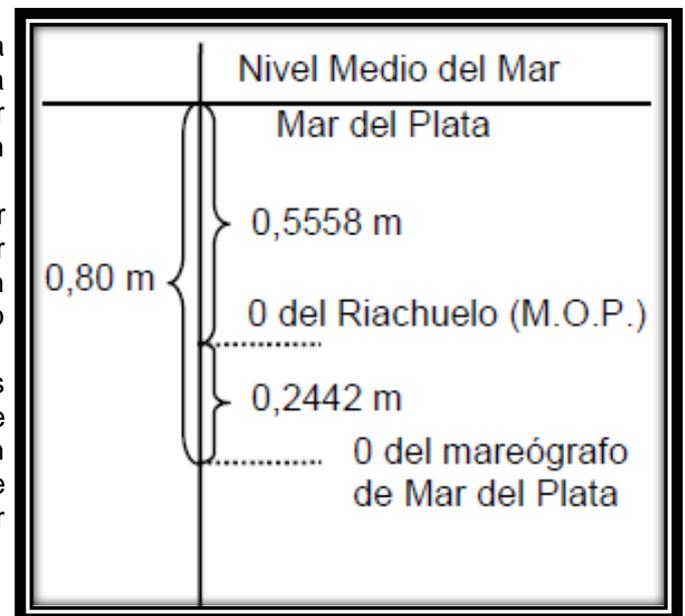


Figura 4.4: Planos de comparación

### Pendiente

La pendiente del terreno es la inclinación que tiene el mismo; en otras palabras, es el ángulo que forma la dirección entre dos puntos del terreno con la proyección en un plano horizontal

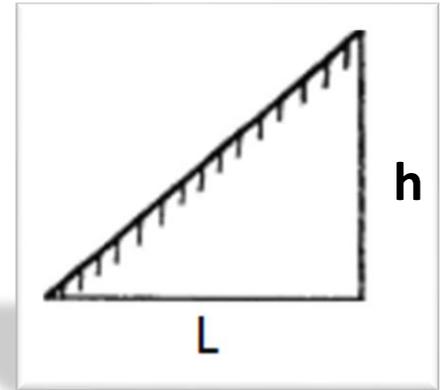
El valor de la inclinación de la pendiente queda determinado por las magnitudes siguientes:

- Desnivel entre ambos puntos (Distancia vertical)
- Distancia entre ambos puntos (Distancia horizontal)

### Expresión de las pendientes.

Existen cuatro formas de expresar las pendientes, a saber: gradientes, grados, milésimos y porcentaje. La expresión menos utilizada de las cuatro es la de milésimos.

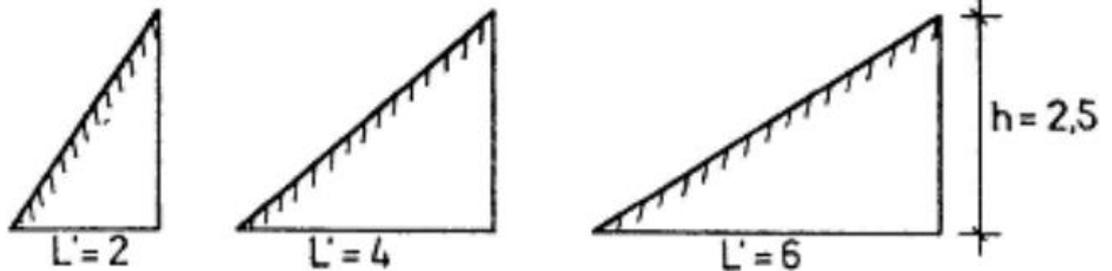
**1. Pendiente expresada en gradiente:** La pendiente pueden ser expresada como un gradiente (g); es decir, como una simple fracción que muestre la relación del desnivel entre los puntos considerados (h), con la distancia horizontal entre ambos (L). Ver figura 4.5.



*Figura 4.5:* Pendientes

$$g = \frac{h}{L}$$

Ejemplo:



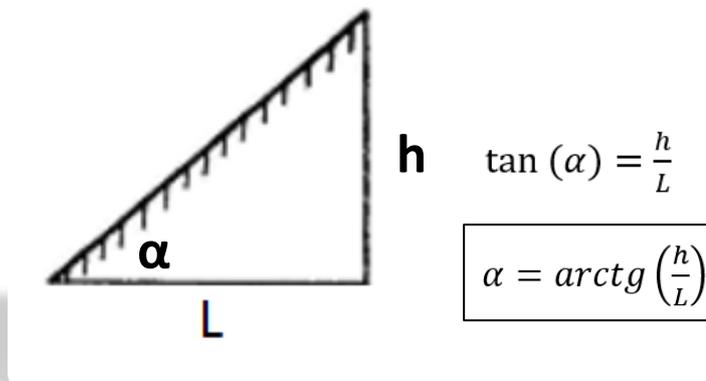
*Figura 4.6:* Ejemplos de pendientes

En el caso de la figura 4.6, para un mismo valor de  $h = 2,5$  m, cambia el valor de L (2; 4 y 6 m). La mínima pendiente está dada para el valor  $L = 6$  m ya que:

$$g_1 = \frac{2,50 \text{ m}}{2 \text{ m}} = \boxed{1,25} \quad g_2 = \frac{2,50 \text{ m}}{4 \text{ m}} = \boxed{0,62} \quad g_3 = \frac{2,50 \text{ m}}{6 \text{ m}} = \boxed{0,42}$$

Para calcular la pendiente en grados, porcentaje y milésimos es necesario determinar, previamente, el gradiente de la misma.

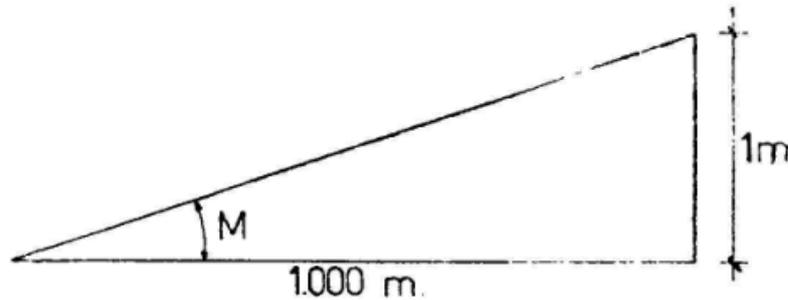
**2. Pendiente expresada en grados:** Si una pendiente está expresada en gradiente resultará fácil darla en grados a través de la trigonometría (figura 4.7), está contenida en el mismo.



*Figura 4.7:* Pendiente expresada en grados

$$\text{Pendiente en grados (G)} = \arctan \frac{h}{L} = \arctan(g)$$

**3. Pendiente expresada en milésimos:** La resolución de este problema se basa en la definición de milésimos. Milésimos es el ángulo bajo el cual se eleva 1 en 1000 m de distancia normal a la visual (figura 4.8).



*Figura 4.8:* Pendiente expresada en milésimos

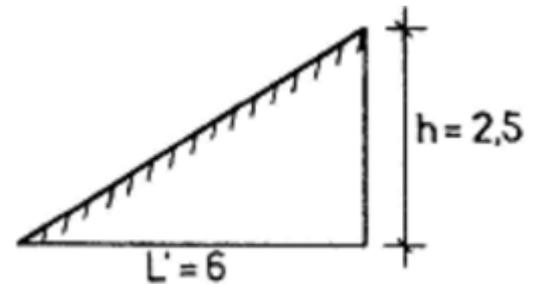
Si una pendiente está expresada en gradiente y se la quiere expresar en milésimos, se debe averiguar las veces que 1/1000 está contenido en el mismo.

$$\text{Pendiente en milésimos (M)} = \frac{h}{L} / \frac{1}{1000} = \frac{h \times 1000}{L} = \boxed{g \times 1000}$$

**4. Pendiente expresada en porcentaje.** Ésta es una de las formas más convenientes para expresar las pendientes. La resolución de este problema se basa en el porcentaje (%), expresado en la relación 1/100.

En el ejemplo de la figura 4.9 se obtendría de la siguiente manera:

$$p(\%) = \frac{2.5}{6} \cdot 100 = 41,67\%$$



*Figura 4.9:* Pendiente expresada en porcentaje

Si una pendiente está expresada en gradiente y se desea expresar en porcentaje, se debe averiguar las veces que 1/100 está contenido en el mismo.

$$\text{Pendiente en Porcentajes (P)} = \frac{h}{L} / \frac{1}{100} = \frac{h \times 100}{L} = \boxed{g \times 100}$$

## Tipos de nivelaciones o métodos para nivelar

Las nivelaciones se clasifican en:

- 1) Nivelación geométrica.
- 2) Nivelación trigonométrica.
- 3) Nivelación barométrica.
- 4) Nivelación con GPS.
- 5) Nivelación con manguera de agua

**Nivelación geométrica:** (figura 4.10) es aquella que tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos o más puntos mediante visuales horizontales (con el nivel de anteojo) dirigidas hacia miras de nivelación colocadas en dichos puntos. Es el método más preciso de los mencionados a continuación

Este tipo de nivelación se va a desarrollar en el apunte y con la que se trabajará en el resto del cuatrimestre.

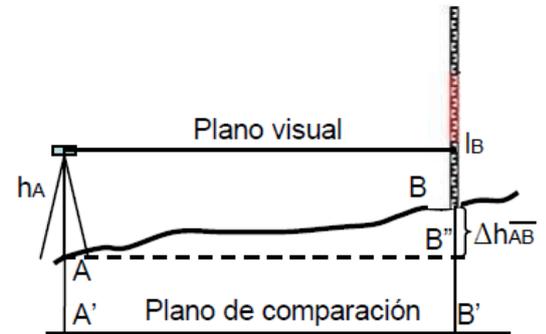


Figura 4.10: Nivelación geométrica

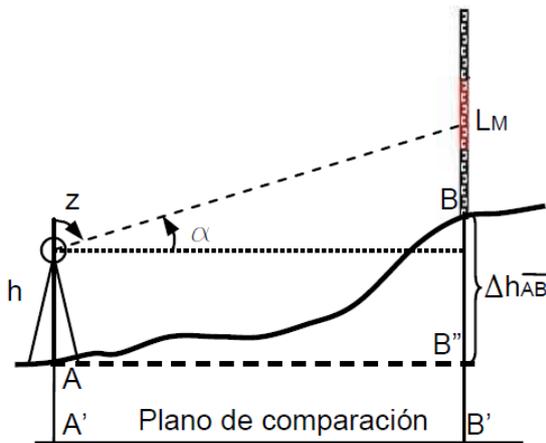


Figura 4.11: Nivelación trigonométrica

**Nivelación trigonométrica:** es la que utiliza el teodolito y la mira (figura 4.11). Se miden ángulos verticales. Le sigue en precisión a la nivelación geométrica.

Los instrumentos que se emplean en la nivelación trigonométrica son aquellos con los cuales se pueden medir ángulos verticales, y la mira.

Denominaremos "simple", cuando se pueden determinar las cotas (o desniveles) de dos o más puntos del terreno, referidas a una misma superficie de comparación, por medio de una sola estación del instrumento; y "compuesta" cuando es necesario hacer varias estaciones.

**Nivelación barométrica:** se basa en una propiedad del aire: se sabe que la presión atmosférica disminuye rápidamente con la altura según una ley conocida, de modo que, con la diferencia de presión entre dos puntos, se deduce la diferencia de nivel que se busca. El error medio que se comete es apreciable: un metro o más por kilómetro nivelado.

### Objeto y fundamento de la nivelación barométrica

La presión atmosférica varía en forma inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar; así, en función de la presión en un determinado lugar se puede determinar su altura; por lo tanto, si se conoce la diferencia de presión entre dos puntos, se puede determinar la diferencia de nivel existente. En este principio se basa la nivelación barométrica, llamada así por ser el barómetro el aparato usado en la determinación de la presión atmosférica (figura 4.12).

Existen dos clases de barómetros a) el barómetro de mercurio, que da la presión según la altura de la columna de mercurio en un tubo al vacío y b) el barómetro aneróide, que mide la deformación experimentada por una cápsula parcialmente al vacío, al ser sometida a la presión atmosférica; esta deformación es transformada por medios mecánicos en el movimiento de una aguja que marca directamente sobre un cuadrante circular graduado, la presión existente y la altura correspondiente.

Debido a que el barómetro de mercurio es muy delicado para su transporte y a que una lectura toma bastante tiempo mientras llega a su posición definitiva la columna de mercurio, el aneróide, que



Figura 4.12: Barómetro

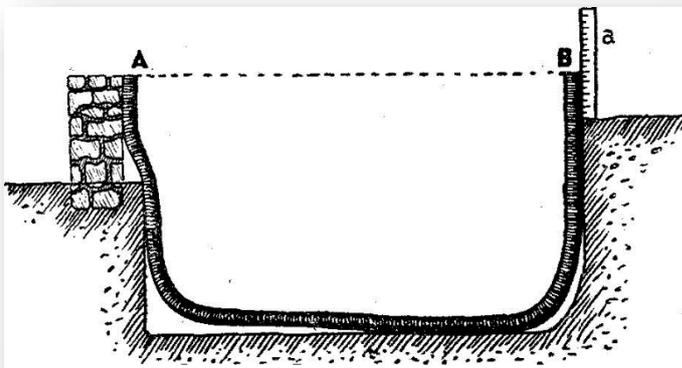
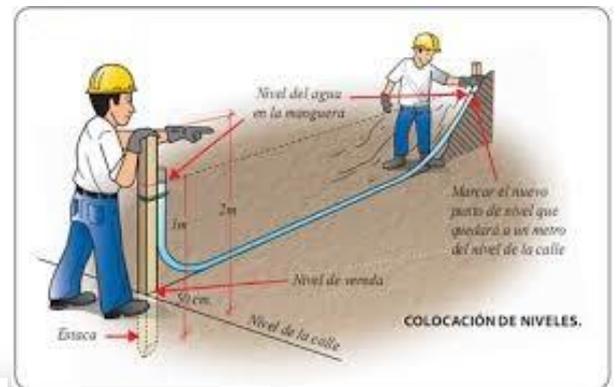
es, además, más liviano y pequeño, lo ha reemplazado, tanto más cuanto que día a día se perfeccionan la medición de la deformación experimentada por el diafragma de la cápsula y los mecanismos que convierten esta deformación en movimiento de la aguja indicadora. Los últimos modelos de aneroides, llamados altímetros, son los que actualmente se utilizan en esta clase de nivelación y con ellos se obtienen alturas que sólo presentan errores promedios de un metro aproximadamente.

Como la presión atmosférica varía además con la temperatura y con la humedad relativa, se deben hacer las correcciones necesarias, para lo cual existan tablas y gráficos que generalmente se suministran con el Instrumento. Debido a esto y a que los instrumentos de medición no son totalmente exactos, las alturas que se determinan por medio de la nivelación barométrica no son muy precisas, utilizándose esta clase de nivelación sólo para determinaciones aproximadas de diferencias de nivel entre puntos de terrenos montañosos.

NOTA: Existen métodos para corregir parte del error producido por estos instrumentos mediante mediciones con dos altímetros o más.

**Nivelación con GPS:** se desarrollará en topografía aplicada con mayor detalle.

**Nivelación con manguera de agua:** No es realmente un método de determinación de desniveles, sino de marcación de iguales niveles., ya se basa en el principio físico de los vasos comunicantes. Es un sistema tan sencillo como preciso, siempre que se tomen las precauciones adecuadas de que no existan fugas de agua, dobleces en la manguera ni burbujas de aire. Es el método más utilizado por los albañiles, aunque sólo hasta distancias máximas de unos 20m. (Figura 4.13)



*Figura 4.13:* Nivel de manguera

## Precisiones

Hay imperfecciones en los aparatos y en el manejo de los mismos, por tanto ninguna medida es exacta en topografía y es por eso que la naturaleza y la magnitud de los errores deben ser comprendidas para obtener buenos resultados. Estas imperfecciones generan errores que pueden ser producidos por falta de cuidado, por distracción o por falta de conocimiento.

### Error

El error es la diferencia que surge entre una medición y la realidad, es decir, es la resta entre un valor medido y otro valor verdadero:

$$\varepsilon = O - V$$

Siendo:  $\varepsilon = \text{error}$ ;  $O = \text{medición observada}$ ;  $V = \text{valor verdadero}$

### Precisión en los distintos tipos de nivelación

Las precisiones de los diferentes tipos de nivelaciones varían dependiendo del instrumental utilizado y del cálculo de las alturas.

En una **nivelación barométrica** se tiene una precisión de varios metros, es decir, posee una precisión muy baja ya que depende de un cálculo en donde interviene la presión atmosférica y no sólo la altura es un condicionante de la misma, sino que otros factores también intervienen como por ejemplo la humedad y la temperatura. Estos últimos condicionantes se pueden reducir en el cálculo mediante fórmulas, pero nunca serán eliminados completamente. Este tipo de nivelación se emplea principalmente en los levantamientos de exploración o de reconocimiento, cuando las diferencias de elevación son grandes, como en las zonas de colinas o montañosas.

Por otro lado, la **nivelación trigonométrica** posee una precisión de aproximadamente 1 cm ya que si bien el instrumental utilizado es preciso, en el cálculo de las alturas se utilizan fórmulas en donde intervienen los ángulos y en estos existen errores en la medición de los segundos por el teodolito o estación total empleado. Este método es adecuado para muchos proyectos de control vertical y su uso es apropiado para terrenos montañosos donde existen grandes diferencias de altitud.

La **nivelación geométrica** posee una precisión del orden del milímetro y por eso se toma hasta dicha lectura. La misma depende de las condiciones de visibilidad en el terreno, del instrumental utilizado y de la distancia relevada. Es muy utilizado en terrenos planos debido a que la visibilidad entre los puntos es mejor.

### Tolerancia

Se llama tolerancia, en Topografía, al error máximo admitido, existiendo fórmulas con las cuales se calculan los valores de las tolerancias para los distintos tipos de trabajos.

En nivelación existen, de acuerdo con la índole de los trabajos, varias fórmulas. Por ejemplo:

- Nivelación de primer orden: *Alta precisión*:  $T=3mm L(km)$ ; Siendo  $L$ =Recorrido total en km.  
*Precisión*:  $T=5mm L(km)$  ;
- Nivelación de segundo orden:  $T=1cm L(km)$  ;
- Nivelación de tercer orden:  $T=3cm L(km)$ ; (nivelación de canales o caminos)
- Nivelación de cuarto orden:  $T=10cm L(km)$ ; (nivelación para cálculos de desmonte, movimientos de suelos)

En el caso en que el valor del **error de cierre altimétrico** supere al de la **tolerancia**, el trabajo no es aceptado y debe repetirse. En el caso que sea igual o menor, el trabajo es aceptado y, en nivelaciones muy precisas se corrigen los valores de las cotas de todos los puntos. Para ello se pueden seguir distintos criterios explicados en la Unidad temática 5: "Métodos de nivelación geométrica".

## Nivelación geométrica, determinación de desniveles, método del punto extremo, método del punto medio

### Nivelación geométrica

Los **niveles** son utilizados en la construcción para poder calcular diferencias de nivel o de alturas mediante un método sencillo que se compone de un *plano horizontal* generado por este instrumento y una **mira** (regla vertical graduada).

El procedimiento se realiza con 2 operadores y consta de apoyar el instrumento sobre un **trípode** o una base aproximadamente plana y, con la ayuda de 3 **ornillos calantes** que se encuentran en la parte inferior del nivel, generar un plano totalmente horizontal. Para esto, se encuentra en el centro del instrumento un **nivel tórico**, es decir, un nivel de burbuja. Su función es indicar si el nivel está horizontal o inclinado. Si la burbuja se encuentra sobre un costado indica que está inclinado y, en el caso que la misma se encuentre en el centro, indica que el nivel está completamente horizontal y por lo tanto podremos trabajar con el mismo.

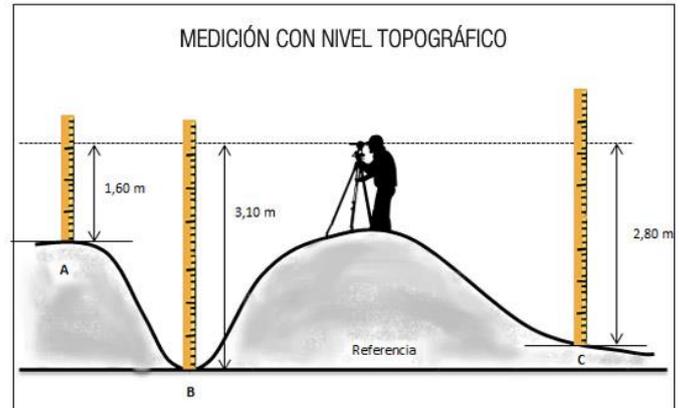


Figura 4.14: Medición con nivel

El nivel no solamente observa hacia adelante o hacia una sola dirección, sino que el mismo puede girar 360° sobre sí mismo y, para realizar esto, cuenta con un **ornillo de movimiento horizontal** de grandes movimientos y otro tornillo de movimientos micrométricos. Estos tornillos también se encuentran en el centro del instrumento y al ajustarlos se fija una dirección mientras que al aflojarlos podremos mover el nivel 360° para observar la mira que posee el otro operador.

Una vez encontrada la mira se anota la medida en una *planilla de nivelación* la cual posee todos los datos que relevamos en el terreno. Dichas medidas se llaman *lecturas* e indican la distancia desde el plano visual horizontal generado por el nivel hasta en terreno. De esta manera si tenemos una medida grande indica que el punto se encuentra muy por debajo del plano visual y si tenemos una medida chica el punto se encuentra cercano al plano visual. Con estos datos podremos calcular las *diferencias de nivel* o de altura que existe entre un punto y otro. Este método sigue siendo utilizado en la actualidad en la construcción para calcular la profundidad a la que hay que ubicar las bases de un edificio, el comienzo de las columnas, para obtener donde existe mayor o menor pendiente, hacia dónde se va a dirigir el agua en el caso de una lluvia o hasta incluso para realizar modelos en 3 dimensiones del terreno.

Para determinar el desnivel de dos puntos se pueden seguir diferentes métodos, entre ellos el *método del punto extremo* y el *método del punto intermedio*.

### Método del punto extremo

Este método consiste en determinar la diferencia de nivel entre dos puntos, colocando el nivel en uno de ellos y la mira en el otro. Supongamos que se quiere determinar la diferencia de nivel entre los puntos A y B ( $\Delta h_{AB}$ ) de la figura 4.15. Se coloca, el nivel de anteojo en A, por ejemplo, y la mira en B. Después de centrar la burbuja, se mide la altura  $h_A$  del centro del ocular con respecto a A y se efectuará la lectura sobre la mira ( $l_B$ ). La diferencia de nivel  $\Delta h_{AB} = h - l_B$  y será positivo en el caso de la figura 4.15. Si en cambio, el punto B se encontrara por debajo de A, sería negativo.

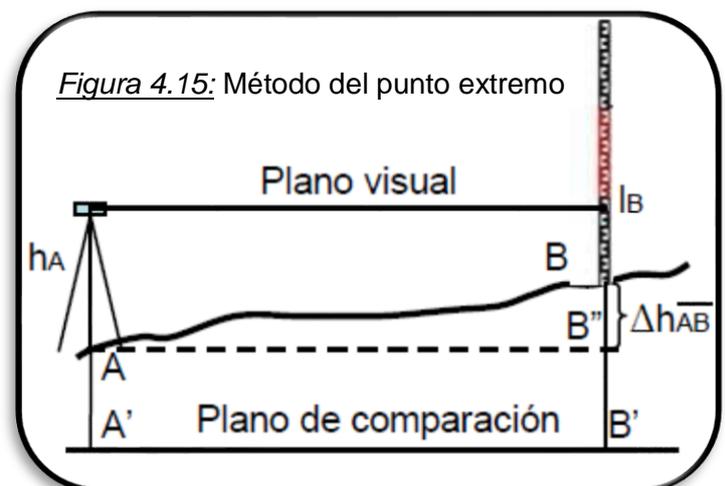


Figura 4.15: Método del punto extremo

**Crítica del método:** Requiere que la distancia horizontal de A a B sea corta para poder depreciar los errores debido a la esfericidad terrestre y a la refracción atmosférica, pues en este método no se anulan ni se atenúan estos errores. Además, exige que el instrumento (nivel de anteojo) esté perfectamente corregido.

Por último, la medición de la altura del aparato (h) es una operación incómoda y no muy exacta.

**Método del punto medio**

Se hace estación con el nivel de anteojo en el punto E (figura 4.16) situado a la misma distancia aproximadamente entre A y B. Se efectúa la lectura de la mira en A (IA) y luego la lectura en B (IB). La diferencia de nivel en este caso, se obtiene de realizar la resta entre la lectura obtenida del punto A con la del punto B.

$$\Delta h_{AB} = I_A - I_B$$

Este método presenta sobre el anterior las siguientes ventajas:

1º) Se anula el error debido a una eventual falta de horizontalidad del eje de colimación (falta de paralelismo entre eje de colimación y eje de nivel). En figura 4.17 el nivel se encuentra descorregido, por lo que, cada vez que se efectúe una lectura se estará obteniendo a través de una visual inclinada en vez de la visual horizontal. Por lo tanto, se obtendrán las lecturas IA0 y IB0 (afectadas de error), en vez de IA y IB (verdaderas).

Al calcular:  $\Delta h_{AB} = I_{A0} - I_{B0}$

$$\Delta h_{AB} = (I_A + e) - (I_B + e)$$

$$\Delta h_{AB} = I_A + e - I_B - e$$

$$\Delta h_{AB} = I_A - I_B$$

eliminandose el error, y resultando correcto la diferencia de nivel.

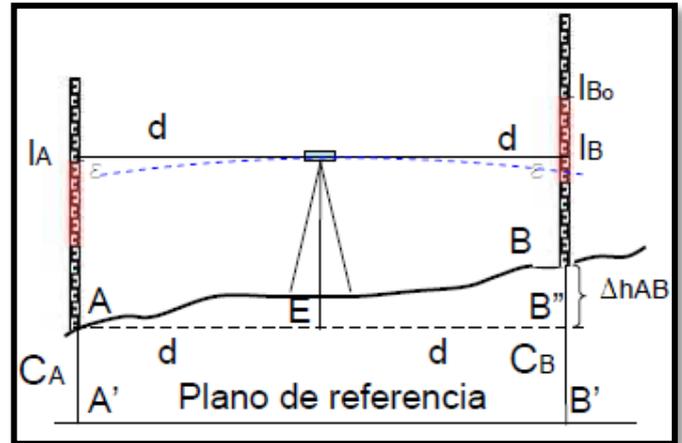


Figura 4.16: Método del punto medio

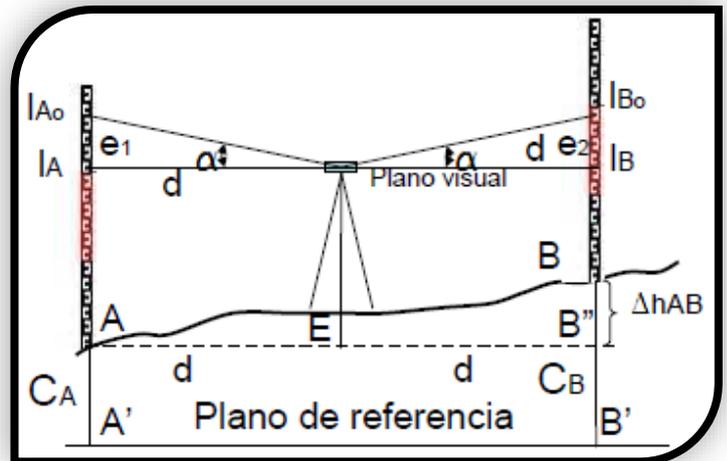


Figura 4.17: Anulación de los errores

2º) Se anula el error debido a la esfericidad terrestre y a la refracción atmosférica pues las lecturas que se efectúan sobre las miras son afectadas ambas de la misma magnitud del error ε y en forma análoga a la anterior se demuestra que se eliminan estos tipos de errores.

3º) La distancia horizontal entre los puntos A y B puede ser el doble que la utilizada en el método de los puntos extremos debido a que el anteojo posee un determinado alcance dependiendo del instrumento y del aumento que posea el mismo.

4º) La diferencia de nivel entre dos puntos es independiente de la altura del instrumento y, por lo tanto, más precisa.

5º) No hace falta hacer estación necesariamente sobre uno de los puntos, sino que se puede ubicar el nivel en el punto más cómodo siempre y cuando se encuentre aproximadamente en el centro de la distancia entre un punto y otro.

Por todas estas razones se prefiere utilizar el *método del punto medio* y NO el método del punto extremo.

Por otro lado, se pueden utilizar otros métodos en caso de que no se pueda realizar estación en sobre el centro de la distancia como por ejemplo la *nivelación recíproca* y el *método de la doble mira*.

**Nivelación recíproca**

1º) Se coloca el nivel sobre el punto A (figura 4.18) y se lee en la mira ubicada sobre el punto B obteniendo de esta manera la lectura en B “observada” ( $l_{Bo}$ ). La diferencia de nivel entre A y B será:

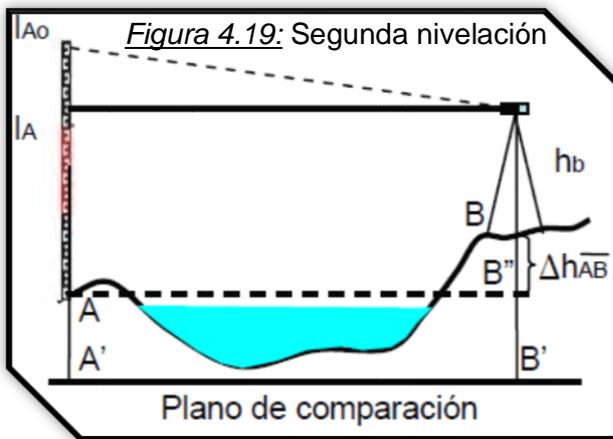
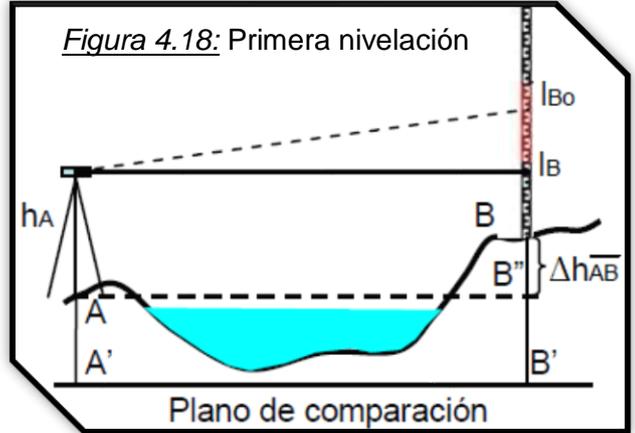
$$\Delta h_{ABo} = h_A - l_{Bo}$$

La cual será incorrecta ya que posee error y se debería leer  $l_B$  en lugar de leerse  $l_{Bo}$ .

$$\Delta h_{ABo} = h_A - (l_B + \epsilon)$$

$$\Delta h_{ABo} = h_A - l_B - \epsilon$$

El error  $\epsilon$  se origina por la falta de paralelismo entre el eje de colimación y el eje del nivel.



2º) Se coloca el nivel sobre el punto B (figura 4.19) y se toma la lectura en la mira colocada sobre el A ( $l_{Ao}$ ) la cual también es incorrecta por poseer el error  $\epsilon$ .

$$\Delta h'_{ABo} = l_{Ao} - h_B$$

$$\Delta h'_{ABo} = (l_A + \epsilon) - h_B$$

$$\Delta h'_{ABo} = l_A + \epsilon - h_B$$

El promedio de los dos desniveles será:

$$\frac{\Delta h_{ABo} + \Delta h'_{ABo}}{2} = \frac{h_A - l_B - \epsilon + l_A + \epsilon - h_B}{2} = \frac{(h_A - l_B) + (l_A - h_B)}{2} = \frac{2\Delta h_{ABo}}{2} = \Delta h_{ABo}$$

Se obtiene que dicho promedio da el desnivel correcto  $\Delta h_{AB}$  y que, por lo tanto, se han anulado todos los errores (esfericidad, refracción y error por falta de paralelismo entre eje de colimación con el eje de nivel).

Como este procedimiento exige la medición de las alturas del instrumento ( $h_A$  y  $h_B$ ) en sus dos estaciones es más conveniente utilizar una variante de este método que es el método de la doble mira se explica a continuación.

**Método de la doble mira**

Sean A y B los puntos cuya diferencia de nivel se quiere determinar. Se empieza por elegir dos puntos M, y N alineados con A y B de tal modo que  $MA = NB = d$  (Figura 4.20 o figura 4.21).

1º) Se hace estación en M (figura 4.20). Si el instrumento está descorregido las lecturas que se efectúan son  $l_{A1}$  y  $l_{B1}$ , afectadas respectivamente, de los errores  $e_1$  y  $e_2$ .

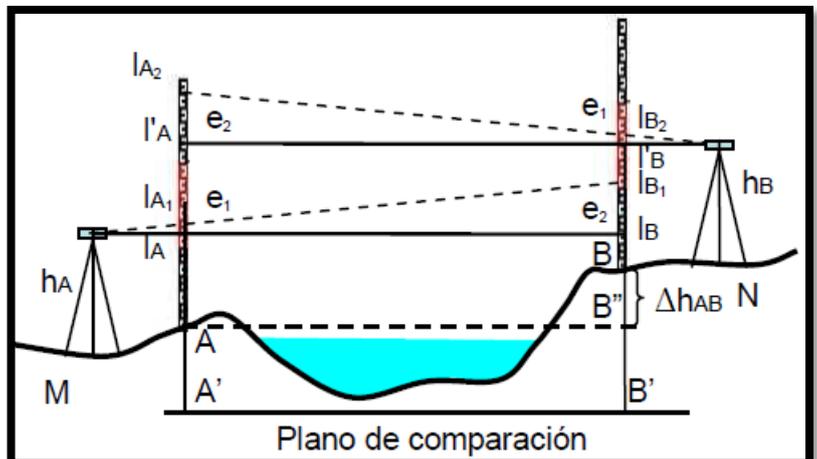


Figura 4.20: Método de la doble mira

Al calcular las diferencias de nivel con estas lecturas se tendrá:

$$\begin{aligned} \Delta h_{AB_0} &= I_{A1} - I_{B1} \\ \Delta h_{AB_0} &= (I_A + e_1) - (I_B + e_2) \\ \Delta h_{AB_0} &= I_A + e_1 - I_B - e_2 \\ \Delta h_{AB_0} &= I_A - I_B - (e_2 - e_1) \quad (1) \end{aligned}$$

Es decir, esta diferencia de nivel estará afectada de un error  $(e_2 - e_1)$

2°) Se hace luego estación con el nivel de anteojo sobre el punto N (figura 4.21) y se dirige la visual hacia la mira colocada sobre el punto A, y luego sobre el punto B, obteniendo de esta manera las lecturas  $I_{B2}$  y  $I_{A2}$ , ambas afectadas respectivamente, a los mismos errores  $e_1$  y  $e_2$  vistos anteriormente, a raíz de la igualdad de las distancias.

Se calcula la diferencia de nivel:

$$\begin{aligned} \Delta h'_{AB_0} &= I_{A2} - I_{B2} \\ \Delta h'_{AB_0} &= (I'_A + e_2) - (I'_B + e_1) \\ \Delta h'_{AB_0} &= I'_A + e_2 - I'_B - e_1 \\ \Delta h'_{AB_0} &= I'_A - I'_B + (e_2 - e_1) \quad (2) \end{aligned}$$

Vale decir que la diferencia de nivel así calculada está afectada del mismo error, pero con signo contrario. Efectuando la semisuma de ambos miembros de (1) y (2) tendremos:

$$\frac{\Delta h_{AB_0} + \Delta h'_{AB_0}}{2} = \frac{I_A - I_B - (e_2 - e_1) + I'_A - I'_B + (e_2 - e_1)}{2} = \frac{(I_A - I_B) + (I'_A - I'_B)}{2} = \frac{2\Delta h_{AB}}{2} = \Delta h_{AB}$$

Se obtiene que dicho promedio da el desnivel correcto  $\Delta h_{AB}$  y que, por lo tanto, se han anulado todos los errores (esfericidad, refracción y error por falta de paralelismo entre eje de colimación con el eje de nivel).

Los puntos M y N elegidos pueden estar ubicados a una distancia "d" de A y B respectivamente hacia afuera de la alineación (mostrado en la figura 4.20) como también en el interior de la alineación AB, como se observa en la figura 4.21.

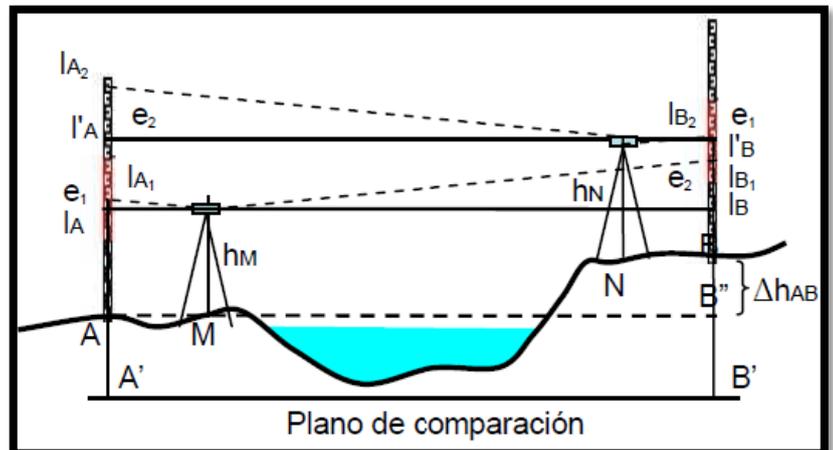


Figura 4.21: Método de la doble mira

## Nivelación geométrica simple y compuesta

### NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE

La nivelación geométrica es simple (figura 4.22) cuando se pueden determinar las cotas (o desniveles) de dos o más puntos del terreno, referidas a una misma superficie de comparación, por medio de una sola estación del nivel de anteojo.

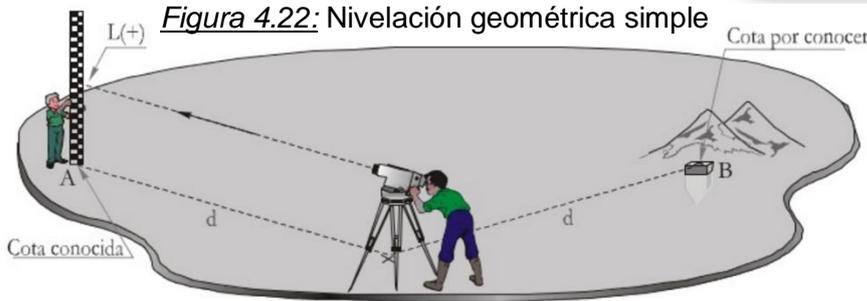
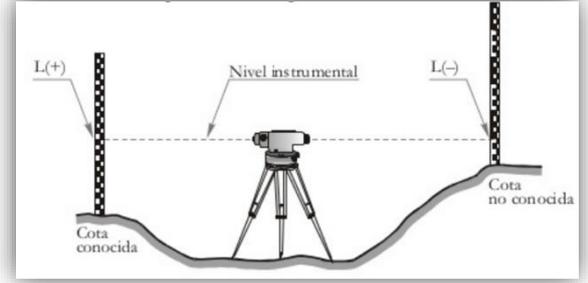


Figura 4.23: Nivelación geométrica simple (en perfil)

### Nivelación geométrica simple con puntos intermedios

Supongamos que, además de los puntos A y B, se desea nivelar desde una misma estación E otros puntos tales como los puntos 1, 2 y 3 de la figura 4.24, llamados puntos intermedios. Para esto se utiliza un solo nivel de anteojo observando primeramente la mira colocada sobre el punto A y efectuando la medición de la misma ( $L_A$ ), esta lectura es llamada "**lectura atrás**" por ser el punto del que se conoce la cota con el plano de comparación ( $C_A$ ) y, por lo tanto, por ser la primera lectura. Luego, la mira se coloca sobre el punto 1 obteniendo la lectura  $L_1$  (llamada "**lectura intermedia**"), sobre el punto 2 obteniendo  $L_2$  (lectura intermedia) y sobre el punto 3 obteniendo  $L_3$  (lectura intermedia). Finalmente se coloca la mira

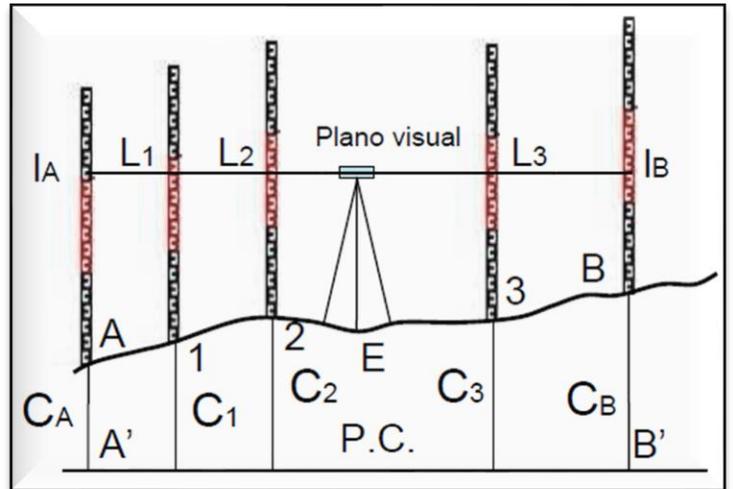


Figura 4.24: Nivelación con puntos intermedios

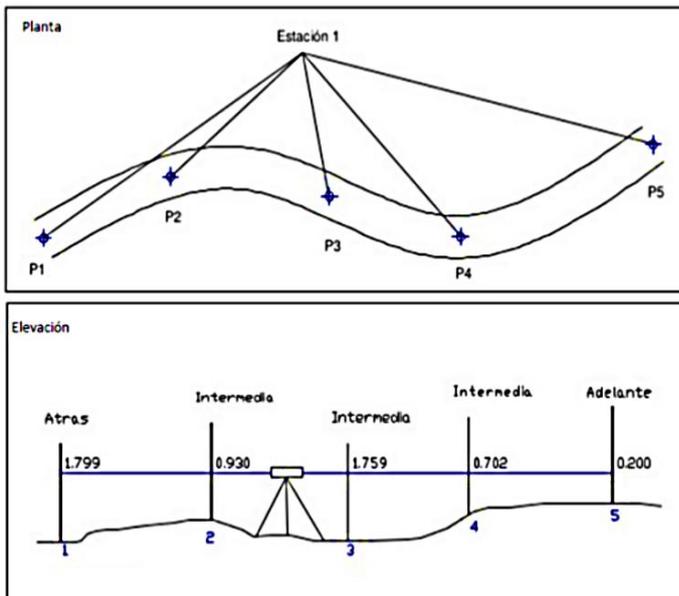


Figura 4.25: Ejemplo de nivelación simple en planta y ejemplo de nivelación simple de perfil

sobre el punto B obteniendo  $L_B$ , la que es llamada "**lectura adelante**" ya que es la última lectura realizada).

Supongamos que P.C. sea el *plano de comparación* que posee cota = 0,000 m y que  $C_A$  sea la cota del punto A que como dijimos es conocida. La cota o altura del plano visual de la estación E será  $C.P.V. = C_A + L_A$ . Si a esa cota del plano visual se le resta la lectura de la mira colocada en 1 ( $L_1$ ), tendremos la cota del punto 1.

$$C_1 = C.P.V. - l_1$$

Si a la cota del plano visual se le resta la lectura de la mira colocada en 2, se tendrá la cota de 2, y así sucesivamente obteniendo que:

$$C_2 = C.P.V. - l_2$$

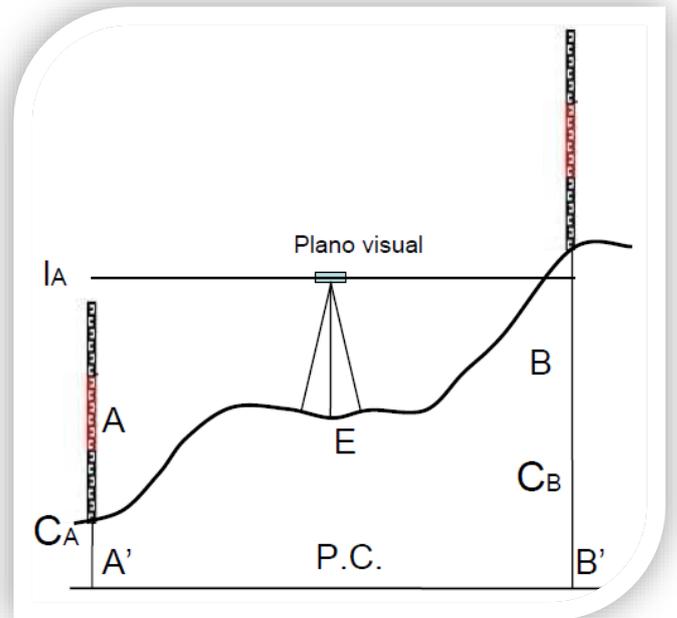
$$C_3 = C.P.V. - l_3$$

$$C_B = C.P.V. - l_B$$

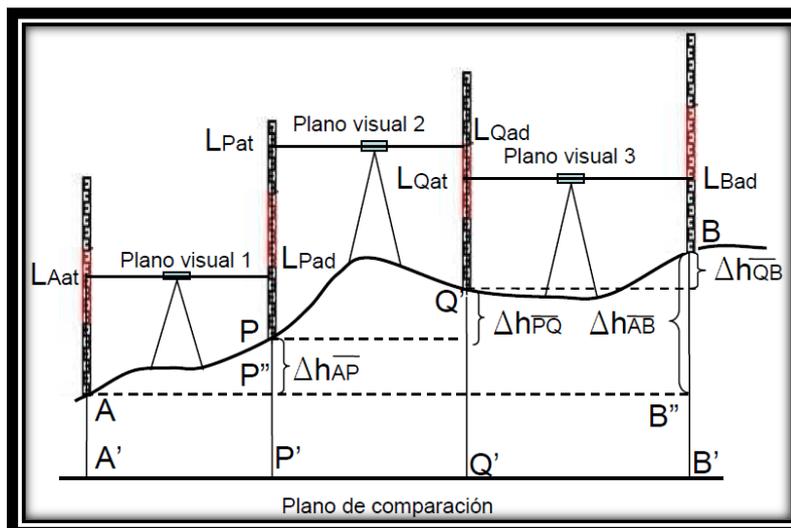
### NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

Puede ocurrir, en algunas mediciones, que las miras estén tan alejadas y que no permitan, aún con el aumento del anteojo, poder distinguir los milímetros o centímetros de la mira. Por otra parte, puede ocurrir que el terreno tenga fuerte pendiente y, desde la estación donde está el nivel de anteojo, la visual horizontal dirigida a la mira no bisecte a ésta, o pase por encima de la misma como sucede en la figura 4.26. Como consecuencia de estos dos casos planteados tendremos que es imposible la nivelación simple (una sola estación), debiéndose efectuar varias estaciones vinculadas entre sí con puntos de paso, lo que recibe el nombre de *nivelación geométrica compuesta*.

Supongamos que sean A y B los puntos a nivelar en la figura 4.27. En este caso se hace estación con el nivel de anteojo en un punto E<sub>1</sub>, tal que la distancia a la mira ubicada sobre el punto A sea compatible con una buena lectura en la mira (ya sea para leer centímetros o milímetros según la naturaleza del trabajo). Se lee la primera



*Figura 4.26:* Causa de realizar nivelación compuesta



*Figura 4.27:* Nivelación geométrica compuesta

lectura  $L_{Aat}$  (llamada "lectura atrás" por ser el punto del que se conoce la cota ( $C_A$ )). A continuación, el portamira se desplaza a otro punto, tal como el punto P de modo que la distancia  $\overline{PE_1}$  sea aproximadamente igual a  $\overline{AE_1}$  (para eliminar errores, según ya se vio anteriormente). Se efectúa la lectura  $L_{Pad}$  (llamada "lectura adelante"). Luego el operador levanta el nivel de E<sub>1</sub> y lo lleva a otro punto E<sub>2</sub> (segunda estación) y se repite el procedimiento ya explicado en la estación E<sub>1</sub>. Se obtiene la lectura atrás  $L_{Pat}$  y la lectura adelante  $L_{Qad}$  y luego se hace estación en E<sub>3</sub>, y se efectúa el procedimiento de igual manera hasta terminar.

### Nivelación geométrica compuesta con puntos intermedios

En el caso de la figura 4.28, se desea hallar las cotas de puntos extremos como la de otros que se encuentran marcados sobre el mismo como lo son los puntos 1, 2 y 3.

#### Trabajo de campo

Se hizo estación en E<sub>1</sub> y se bisectó la mira colocada en el punto A para obtener la "lectura atrás" ( $L_{AAT}$ ), luego se coloca la mira en el punto 1 y se efectúa la lectura adelante de la primera estación ( $L_{1AD}$ ). Una vez tomada la lectura, el portamira se queda sobre el punto 1 mientras se realiza estación sobre el punto E<sub>2</sub>. En esta estación se toma la lectura atrás sobre el punto 1 ( $L_{1AT}$ ) y la lectura adelante sobre el punto 2 ( $L_{2AD}$ ). Nuevamente, el portamira se queda sobre el punto 2 mientras se realiza estación en E<sub>3</sub>. En esta estación se toma la lectura atrás del punto 2 ( $L_{2AT}$ ), la lectura intermedia del punto 3 ( $L_{3INT}$ ) y la lectura final sobre el punto B ( $L_{BAD}$ ) para obtener la diferencia de nivel entre cada punto. Como se puede observar, el punto 3 es un punto intermedio ya que con la misma estación se pudo tomar la lectura del punto 2 (lectura atrás) y del punto B (lectura adelante).

### Trabajo de gabinete

Se calcula la cota del plano visual 1 (C.P.V.1) haciendo la cota de A (suponiendo que es la cota conocida) más la  $L_{AAT}$  ( $C_{PV1}=C_A+ L_{AAT}$ ). Luego se calcula la cota de 1 restandole a esa suma la  $L_{1AD}$  ( $C_{PV1}-L_{1AD}=C_1$ ). Una vez obtenida la cota de 1 se realiza el mismo procedimiento para hallar la cota de 2 pero utilizando el plano visual 2:  $C_{PV2}=C_1+ L_{1AT}$ ;  $C_{PV2}-L_{2AD}=C_2$ . Por último, tanto la cota del punto 3 como la del punto B se obtienen de restarle a la cota del plano visual 3 sus respectivas lecturas. La  $C_{PV3}$  estaría dada por la suma de la cota del punto 2 más la  $L_{2AT}$  ( $C_{PV3}=C_2+L_{2AT}$ ); la cota de 3 ( $C_3$ ) se obtiene de la resta:  $C_{PV3}-L_{3INT}=C_3$  y la cota del punto B se obtiene de restar  $C_{PV3}-L_B=C_B$ .

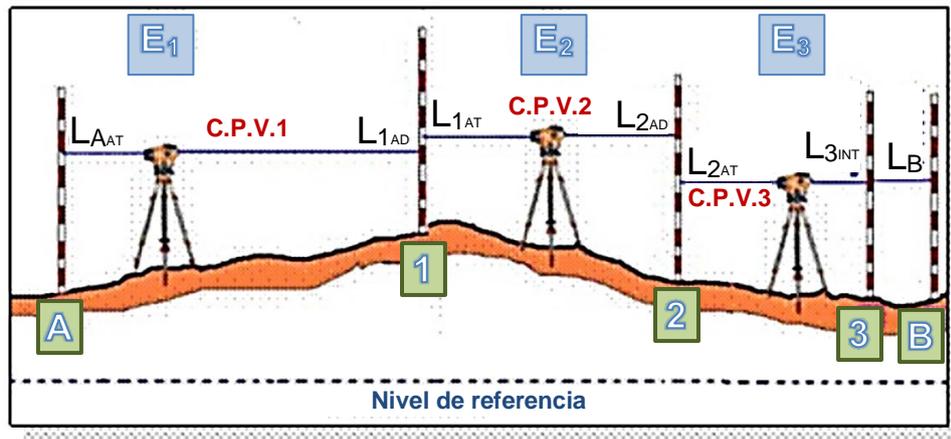


Figura 4.28: Nivelación compuesta con puntos intermedios

Otro ejemplo de nivelación geométrica compuesta con puntos intermedios es la que se muestra en la siguiente figura 4.29 que posee 2 estaciones en donde, la primera, posee 3 puntos intermedios y la segunda posee sólo 1. Además, se observa que el punto de paso (P.P.) es un punto donde la pendiente cambia de signo positivo a negativo.

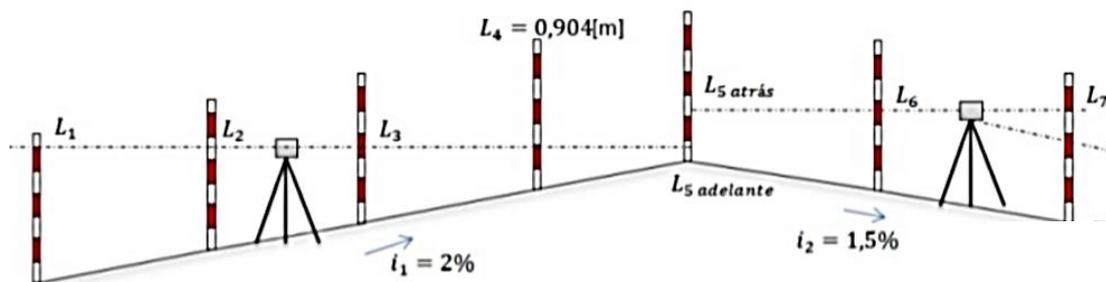


Figura 4.29: Nivelación geométrica compuesta con puntos intermedios

## Niveles de anteojo, descripción y manejo de niveles automáticos

### Partes de un nivel.

Las partes fundamentales con las que cuenta un nivel de anteojo se observan en la figura 4.30 y son las siguientes:

Base nivelante: Es la parte que sirve de unión entre el trípode y el nivel.

Anteojo: Consta de un conjunto de lentes. Puede ofrecer una visión directa o invertida.

Ocular: sirve para el enfoque de los hilos del retículo.

Tornillos calantes: son el apoyo del instrumento sobre su base. Sirven para realizar la nivelación al ser girados por el operador.

Nivel esférico: permite hacer una nivelación inicial

Tornillo de enfoque: Es el tornillo que sirve para aclarar la imagen de la mira.

Tornillo de movimiento milimétrico horizontal: También llamado tangencial, debido a su ubicación, sirve para obtener movimientos milimétricos horizontales del nivel en el momento de la medición.

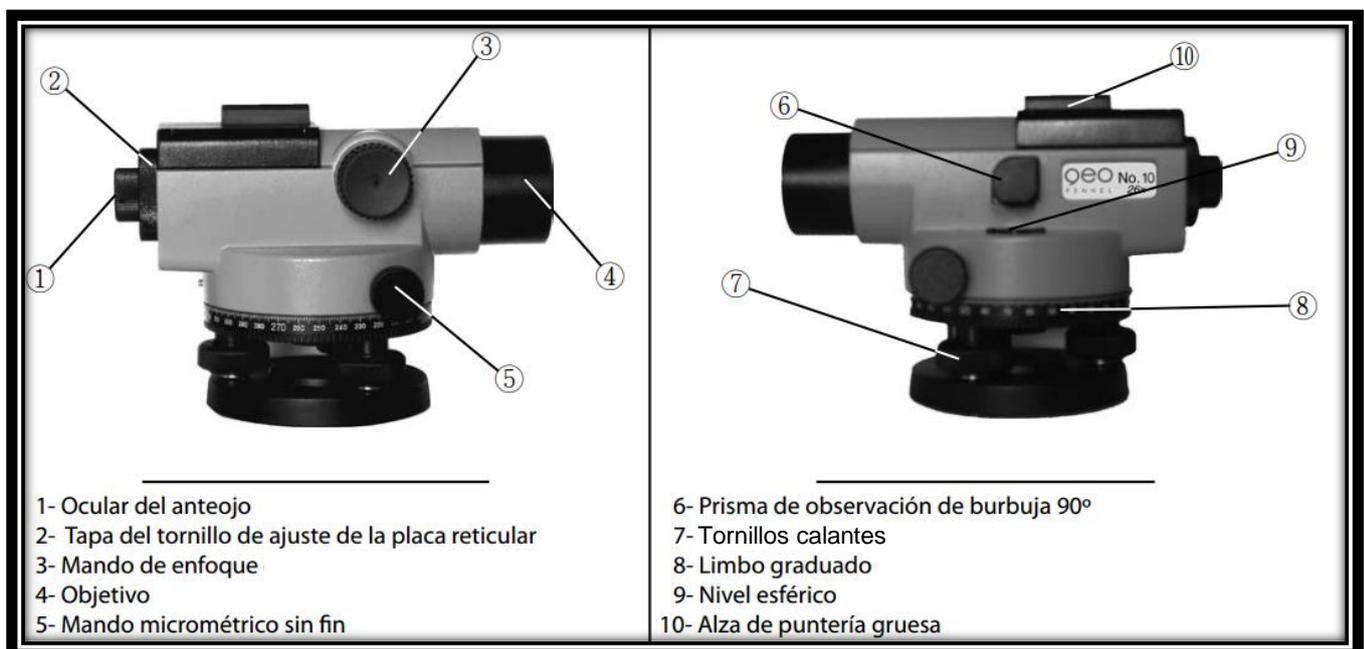


Figura 4.30: Partes de un nivel

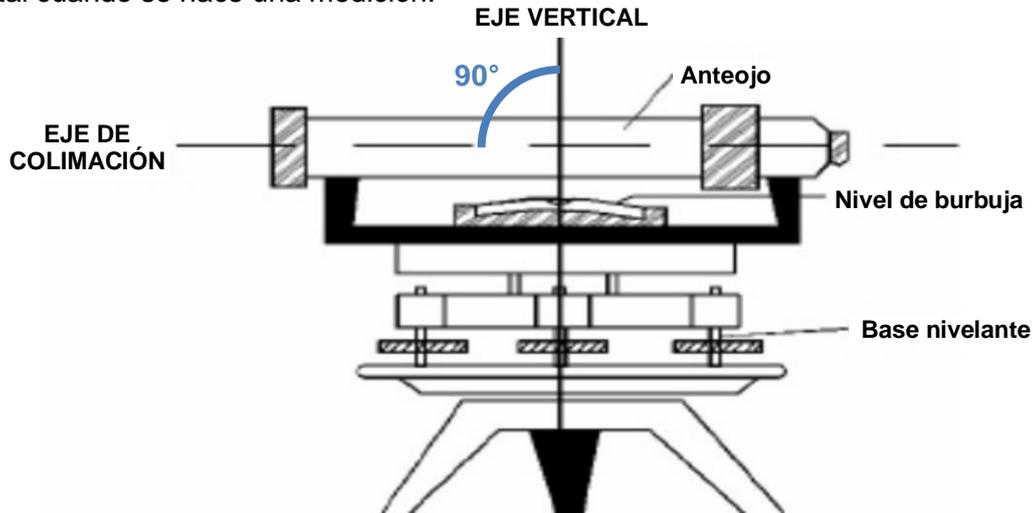


Figura 4.31: Secciones de un nivel

**Ejes de un nivel**

El **eje vertical** (figura 4.32) es el eje sobre el cual gira el instrumento y debe ser paralelo al hilo de la plomada una vez que el nivel ha sido horizontalizado.

El **eje de colimación** (figura 4.32) es la recta que une el centro óptico del objetivo con el centro del retículo. El eje de colimación puede considerarse como la intersección de dos planos, determinados respectivamente por el centro óptico del objetivo y las líneas horizontal y vertical del retículo; al primero se le denomina plano horizontal de colimación y, al segundo, plano vertical de colimación. Los planos horizontales y verticales de colimación deben ser respectivamente vertical y horizontal cuando se hace una medición.



*Figura 4.32: Ejes de un nivel*

**Tipos los niveles**

Existen distintos criterios para agrupar a los niveles

Clasificación según las características del anteojo y nivel:

- a) Nivel de anteojo fijo- nivel fijo
  - a1) Sin tornillo de elevación
  - a2) Con tornillo de elevación
- b) Nivel fijo- anteojo móvil (EGAUL)
- c) Nivel móvil- anteojo móvil (o reversible)
  - c1) Sin tornillo de elevación
  - c2) Con tornillo de elevación
- d) Automático
- e) Digital

Desde el punto de vista si posee tornillos de elevación o no clasifican en:

- a) Nivel sin tornillo de elevación o niveles de plano
- b) Nivel con tornillo de elevación o niveles de línea
- c) Automáticos

También se pueden clasificar en:

- a) Nivel ordinario
- b) Nivel de precisión

Algunos ejemplos de los mencionados son los siguientes:

- *Anteojo fijo - nivel fijo (figura 4.33)*

En este instrumento el nivel de aire o de burbuja es solidario al anteojo, es decir, ambos no pueden experimentar movimientos de uno con respecto al otro, salvo en el caso especialísimo que se desee corregir errores instrumentales.



**Figura 4.34:** Nivel de anteojo fijo- nivel fijo. Con tornillo de elevación

Pertencen a esta categoría los niveles anteojo fijo-nivel fijo sin tornillo de elevación (figura 4.33) y con tornillo de elevación (figura 4.34).

La diferencia fundamental del nivel fijo sin tornillo de elevación con el que posee reside en que este último está provisto de un tornillo llamado inclinación o de elevación o de basculamiento que permite girar el anteojo conjuntamente con el nivel tórico en un ángulo vertical. Este tipo de nivel era el más utilizado.

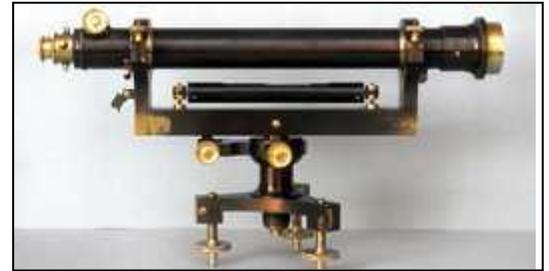


**Figura 4.33:** Nivel de anteojo fijo- nivel fijo. Sin tornillo de elevación

- *Nivel de anteojo móvil- nivel fijo (egault)*

Los niveles de este tipo son muy antiguos y su uso en nuestro país fue muy raro.

Constan de una plataforma nivelante (Figura 4.35) con tres tornillos calantes. En esta plataforma están también los tornillos de presión y de pequeños movimientos horizontales de giro de la alidada alrededor del eje principal (T1 y T2). Se prolonga este eje en un travesaño que lleva el nivel de aire y termina en dos horquillas, o cojinetes, en las que penetra el anteojo y apoya en ellas por dos collares de bronce, que constituyen la parte más delicada de los niveles. Los cojinetes se cierran por dos bisagras, encima de los collares, una vez introducido el anteojo.



**Figura 4.35:** Nivel de anteojo móvil- nivel fijo

A uno de los cojinetes puede dársele un pequeño movimiento correctivo de subida y bajada por medio de un tornillo T3, llamado tornillo de corrección.

Los dos collares deben estar esmeradamente torneados y formar parte de un mismo cilindro, de este modo el anteojo en los cojinetes, tiene un movimiento alrededor de un eje mecánico (Im) de 180°, limitado por los topes.

El anteojo está provisto de un retículo y en las dos posiciones extremas del giro, alrededor de los collares, deberá quedar uno de los hilos perfectamente horizontal; el tope suele establecerse por una aleta que tropieza con un tornillo T3 y moviendo este pueden variar las condiciones límites.

El eje del cilindro que constituyen los collares se denomina eje geométrico.

- *Nivel de anteojo móvil- nivel móvil (reversible)*

#### Sin tornillo de Elevación

Es el nivel llamado americano Gurloy, también muy antiguo. Se diferencia del anterior (nivel de anteojo móvil - nivel fijo) por la posición de su nivel de aire, que en estos va unido al anteojo en vez de ser solidario al soporte. El anteojo, a su vez, gira alrededor del eje mecánico.

Las características propias del nivel móvil - anteojo móvil sin tornillo de elevación son:

- El anteojo puede girar 180° alrededor de su eje mecánico, junto con el nivel.
- El anteojo puede sacarse de sus soportes y dársele vuelta, así como si fuera de campana.

### Con tornillo de Elevación

En todos los niveles reversibles el anteojo gira 180° alrededor de un eje mecánico que puede ser exterior al anteojo o coincidente con el eje de colimación. Ver figura 4.36.

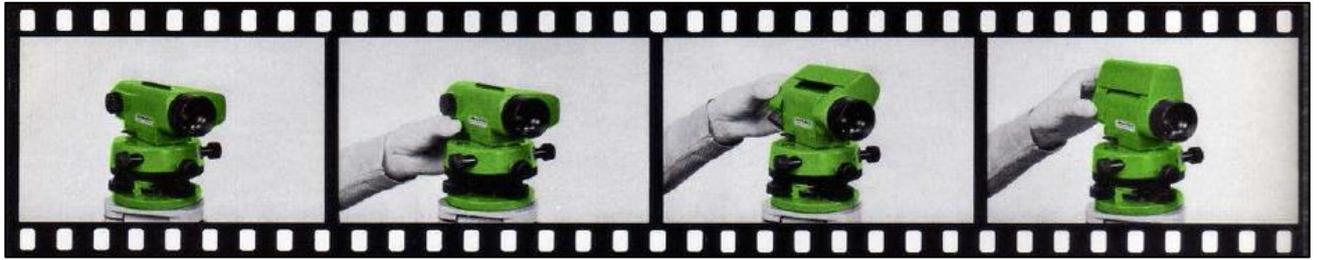
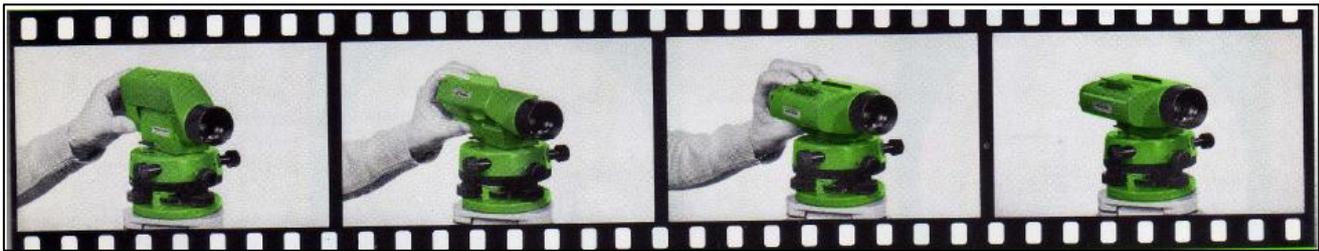


Figura 4.36: Nivel de anteojo móvil- nivel móvil. Con tornillo de elevación



- *Niveles automáticos*

En los anteriores niveles para verticalizar el eje de giro de un nivel se debe efectuar el calaje del mismo y utilizar un nivel esférico, pero después es necesario perfeccionar la horizontalidad de cada visual mediante un nivel sensible (nivel tórico) lo que es un inconveniente ya que requiere de un mayor tiempo de trabajo debido a realizar el centrado de la burbuja con exactitud en cada medición; además, se corre el riesgo de un posible olvido de efectuar esta operación antes de tomar cualquier lectura en las miras.

Los niveles automáticos poseen la ventaja de evitar esta última operación (centrado del nivel tórico), mediante un mecanismo compensador que sólo requiere tener centrado el nivel esférico (de algunos minutos de sensibilidad). El mecanismo compensador coloca automáticamente el eje de colimación horizontal a través de espejos compensadores, sistemas de péndulos, pesas y otros.



Figura 4.37: Nivel automático óptico



Figura 4.38: Nivel automático digital

Estos tipos de niveles se clasifican en dos tipos:

i) **Ópticos:** son los más comunes y emplean estadales convencionales. (Figura 4.37).

ii) **Digitales o electrónicos:** pueden leer estadales con código de barras, obteniendo la lectura en pantalla y pudiendo almacenarla en una memoria. Se requiere de una mira de nivelación especial que posee el código de barra. (Figura 4.38).

- *Niveles laser (figura 4.39)*

El procedimiento consta en apoyar este instrumento sobre un *trípode* o una base aproximadamente plana y, con la ayuda de 2 *tornillos calantes* poder generar un plano horizontal. Este nivel, al ser más moderno, no posee un nivel de burbuja como los mencionados anteriormente para saber si se encuentra totalmente horizontal el plano, sino que, a través de un sistema de luces, el mismo indica si se encuentra nivelado o no. (Con color verde indica que se genera un plano horizontal y con color rojo que el plano se encuentra inclinado indicando hacia donde se debe girar cada tornillo para poder ubicarlo en la posición correcta).

En la parte superior de este instrumento se encuentra un láser que gira 360° sobre un eje vertical. Este laser indica en la mira las *lecturas* que proporcionan la distancia desde el plano visual horizontal generado por el nivel hasta en terreno. De esta manera si tenemos una medida grande indica que el punto se encuentra muy por debajo del plano visual y si tenemos una medida chica el punto se encuentra cercano al plano visual. Con estos datos podremos calcular las diferencias de nivel o de altura que existe entre un punto y otro.

La ventaja de este nivel radica en que un solo operador puede realizar la nivelación, mientras que, con un nivel de anteojo, se necesitan 2.

Este método es utilizado actualmente en la construcción para calcular la profundidad a la que hay que ubicar las bases de un edificio, el comienzo de las columnas, para obtener donde existe mayor o menor pendiente, hacia dónde se va a dirigir el agua en el caso de una lluvia o hasta incluso para realizar modelos en 3 dimensiones del terreno.



*Figura 4.39:* Nivel automático digital

De todos los tipos de niveles topográficos vistos, los niveles automáticos ópticos son los más utilizados hoy en día por su sencillez, rapidez y relación costo-beneficio, con aplicaciones que van desde la edificación de viviendas, jardinería y nivelación de terrazas hasta excavaciones, construcción de cimientos y paisajismo.

## Error de inclinación del eje de colimación

El único error que sistemático en los niveles automáticos, sean electrónicos o no, es que una vez nivelado, el *eje de colimación* no coincida con la línea  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$  del supuesto cenital, es decir, del *eje vertical* (figura 4.40 y 4.41), bien sea por un movimiento del retículo o por un error del compensador.

La única forma de comprobarlos es mediante el método de punto medio-punto extremo.

Este método se realiza estacionando en punto medio (por lo menos a 30 m de distancia) y haciendo una lectura a ambas miras; a continuación, se estaciona lo más cercano posible a una mira y volvemos a leer a las dos miras.

El desnivel observado por punto medio estará exento de sistemáticos, ya que, de existir, tendrá el mismo valor al ser la distancia igual en las dos observaciones. En el punto extremo, la mira cercana no tendrá sistemáticos ya que la distancia a la mira es muy pequeña para que se ponga de manifiesto y todo el error de la observación recaerá en la lectura sobre la mira más lejana.

Para que no exista error de colimación ambos desniveles deben ser iguales o muy cercanos debido a otros errores accidentales como por ejemplo el error de puntería, de verticalidad y de lectura en la mira (ver bibliografía complementaria).

La única corrección posible para el error de colimación es manipular el retículo, ya que el sistema automático que poseen no es accesible para nosotros; no obstante, dicha manipulación es sumamente peligrosa y es preferible enviarlo al servicio técnico u operar por el método del punto medio anulando así los errores sistemáticos de la observación.

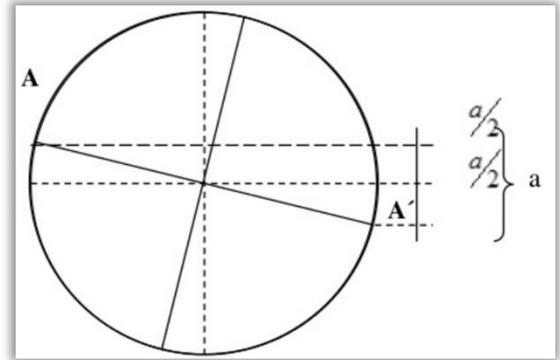


Figura 4.40: Error del eje de colimación

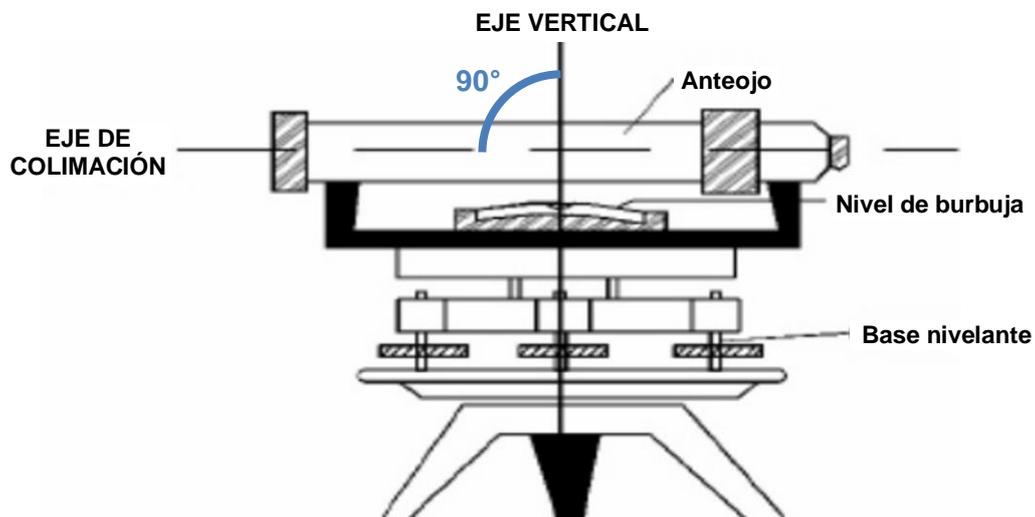


Figura 4.41: Error del eje de colimación

## Planilla de nivelación por planos visuales y por diferencias

La planilla de nivelación es una planilla que facilita el trabajo en campaña del topógrafo y para su explicación, utilizaremos la figura 4.42. En la misma se representa una nivelación compuesta relativamente corta y es por eso que, se puede realizar el croquis de lo relevado en el campo, ya que, en caso de ser una nivelación de mayor tamaño, deberíamos solamente generar la *planilla de nivelación* por la dificultad que nos genera representar la misma en una figura.

### Planilla de nivelación sin puntos intermedios

#### Trabajo de campaña

En la nivelación primeramente se realizó estación sobre E<sub>1</sub> (figura 4.42) y se tomaron las lecturas de los puntos A y P. Luego se realizó estación sobre E<sub>2</sub> y se tomaron las lecturas de los puntos P y Q y, por último, se realizó estación sobre E<sub>3</sub> y se tomaron las lecturas de los puntos Q y B. A medida que se iba avanzando en la nivelación se fueron tomando la distancia entre los puntos A y P, luego P y Q y por último Q y B para poder calcular en gabinete la distancia total nivelada.

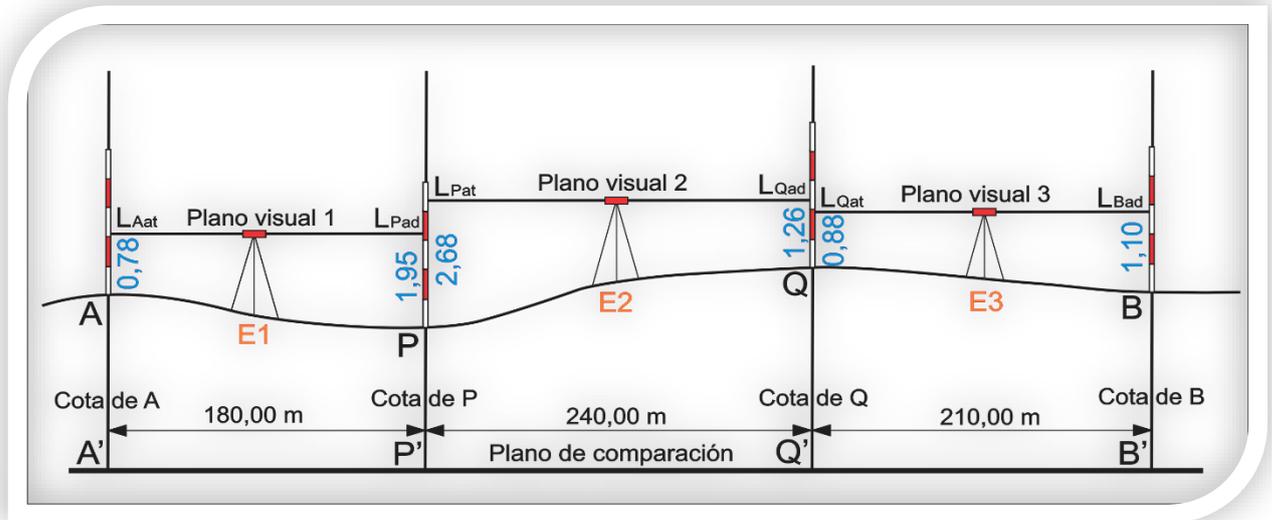


Figura 4.42: Nivelación compuesta sin puntos intermedios

Cuando el operador coloca el nivel en la estación E<sub>1</sub> y lee en la mira colocada sobre el punto A la lectura atrás de 0,78 m, anota el valor en la columna 4 de la planilla de nivelación. (Ver figura 4.43). Luego desde la misma estación lee la lectura adelante en la mira colocada sobre el punto P, leyendo 1,95 m, este valor se anota en la columna 6 en correspondencia con la fila del punto visado P.

Luego de colocar el nivel sobre el punto E<sub>2</sub> se toma la lectura atrás del punto P y se lo anota nuevamente en la columna 4 en correspondencia con la fila del punto visado (P, en este caso). Desde esa misma estación toma la lectura adelante sobre el punto Q y se lo anota en la columna 6 sobre la fila del punto Q. Este procedimiento se sigue realizando para todos los puntos que se deseen relevar, anotando, además, las distancias parciales entre un punto y otro. Por ejemplo, la distancia AP se la anota en la columna 2 sobre la fila del punto P mientras que la distancia PQ se la coloca en la columna 2 pero sobre la fila del punto Q.

#### Trabajo de gabinete

La resolución de la planilla de nivelación se puede realizar por diferentes métodos como por ejemplo a través de “planos visuales” o por “diferencias”.

### Planilla de nivelación sin puntos intermedios por “planos visuales”

Primeramente, se coloca la cota conocida del primer punto relevado, en nuestro caso el punto A que posee para este ejemplo 10,00 m sobre el plano de comparación. Este valor se lo anota sobre la columna 8, en la fila del punto A. Luego, en la figura 4.42 se observa que si a la cota de este punto A, le sumamos la lectura observada desde la estación 1, obtenemos la cota del eje de colimación (que es el eje visual, o sea que pasa por el ojo del observador). A este valor se lo llama **cota del plano visual** en la estación E<sub>1</sub> o cota del plano visual 1.

$$C.P.V._1 = 10,00 \text{ m} + 0,78 \text{ m} = 10,78 \text{ m}; \text{ valor que se anota en la columna 7.}$$

En la figura 4.42, también se observa que si le restamos a este valor la lectura adelante en el punto P se obtiene la cota de P:

$C_P = 10,78 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = 8,83 \text{ m}$ ; este valor se lo anota en la columna 8, sobre el renglón del punto P.

En la figura 4.42, deducimos que la cota del plano visual en la estación E<sub>2</sub> será: cota de P más lectura atrás en P,

$$C.P.V._2 = 8,83 \text{ m} + 2,68 \text{ m} = 11,51 \text{ m}; \text{ valor que se anota en la columna 7.}$$

La cota del punto Q se obtendrá de la diferencia entre la cota del plano visual 2 y la lectura adelante de Q.

$$C_Q = 11,51 \text{ m} - 1,26 \text{ m} = 10,25 \text{ m}; \text{ valor que se anota en la columna 8.}$$

Y así se debe continuar la resolución de la tabla hasta llegar al último punto:

La cota del plano visual en la estación E<sub>3</sub> será: cota de Q más lectura atrás en Q,

$$C.P.V._3 = 10,25 \text{ m} + 0,88 \text{ m} = 11,13 \text{ m} \text{ que se anota en la columna 7.}$$

Finalmente, la cota de B será:  $C_B = 11,13 \text{ m} - 1,10 \text{ m} = 10,03 \text{ m}$  que se anota en la columna 8. Se han calculado así todas las cotas de los puntos y lo que resta calcular es la distancia de nivelación realizada (columna 3 de la planilla). Para poder completar la misma, se debe sumar a la distancia acumulada anterior, la distancia parcial hasta el punto. Es decir, la distancia acumulada hasta el punto P será de 180,00 m (0,00 m + 180,00 m); la distancia acumulada hasta el punto Q será la distancia acumulada hasta el punto P más la distancia parcial entre P y Q (180,00 m + 240,00 m = 420,00 m). Por último, la distancia hasta el punto B será la distancia acumulada hasta el punto Q más la distancia existente entre Q y B (420,00 m + 210,00 m = 630,00 m).

Planilla de nivelación con planos visuales							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Punto visado	Distancias (m.)		Lecturas (m.)			Cota Plano Visual (m.)	Cotas (m.)
	Parcial	Acumulada	Atrás	Intermedia	Adelante		
A	0,00	0,00	0,78			10,78	10,00
P	180,00	180,00	2,68		1,95	11,51	8,83
Q	240,00	420,00	0,88		1,26	11,13	10,25
B	210,00	630,00			1,10		10,03
		$\sum$ lect. atrás	4,34	$\sum$ lect. adelante	4,31		

*Figura 4.43:* Planilla de nivelación compuesta resuelta por “planos visuales”

### **Planilla de nivelación sin puntos intermedios por “diferencias”**

Primeramente, al igual que la resolución por “planos visuales”, se coloca la cota conocida del primer punto relevado sobre la columna 9 que en nuestro caso es el punto A y posee para este ejemplo 10,00 m sobre el plano de comparación. (Ver figura 4.44).

Luego se puede observar en la figura 4.42 que, si restamos la lectura realizada del punto A con la obtenida del punto B, tendremos como resultado la diferencia de nivel entre estos dos puntos

$\Delta h_{AP} = 0,78 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = -1,17 \text{ m}$ ; a este valor se le anota el módulo de este sobre la columna 7 u 8 dependiendo del signo que posea, en este caso, al ser negativo se ubica el valor de 1,17 m en la columna 8.

Luego, en forma análoga se obtiene la diferencia de nivel entre todos los puntos restantes. Para el caso de P y Q se puede observar en la figura 4.42 que al restar la lectura atrás de P con la lectura adelante del punto Q se obtiene la diferencia de nivel, entonces:

$\Delta h_{PQ} = 2,68 \text{ m} - 1,26 \text{ m} = 1,42 \text{ m}$ ; en este caso, por ser un valor positivo se lo anota en la columna 7.

Por último, la diferencia entre Q y B es:

$\Delta h_{QB} = 0,88 \text{ m} - 1,10 \text{ m} = 0,22 \text{ m}$ ; al ser negativo se lo anota en la columna 8 de manera positiva por ser el módulo el valor a anotar.

Para el cálculo de las cotas se suma algebraicamente la cota del primer punto con la diferencia de nivel entre ese punto y el siguiente, anotando los resultados en la columna 9.

En el primer caso tenemos que la cota del punto A es de 10,00 m y que, la diferencia con el punto B, es de 1,17 m con signo negativo. Por lo tanto:

$$C_P = C_A + \Delta h_{AP} = 10,00 \text{ m} + (-1,17 \text{ m}) = 8,83 \text{ m}$$

Luego de calcular la cota del punto P con la misma podríamos calcular la cota de Q al sumarle la diferencia de nivel entre el punto P y Q, es decir:

$$C_Q = C_P + \Delta h_{PQ} = 8,83 \text{ m} + 1,42 \text{ m} = 10,25 \text{ m}$$

Por último, la cota del punto B se obtiene de realizar la cota de Q más el desnivel entre Q y B que, al ser negativo, lo terminaríamos restando de la cota de Q.

$$C_B = C_Q + \Delta h_{QB} = 10,25 \text{ m} + (-0,22 \text{ m}) = 10,03 \text{ m}$$

Planilla de nivelación con "diferencias"								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Punto visado	Distancias (m.)		Lecturas (m.)			Diferencias $\Delta h$ (m.)		Cotas (m.)
	Parcial	Acumulada	Atrás	Intermedia	Adelante	(+)	(-)	
A	0,00	0,00	0,78					10,00
P	180,00	180,00	2,68		1,95		1,17	8,83
Q	240,00	420,00	0,88		1,26	1,42		10,25
B	210,00	630,00			1,10		0,22	10,03
		$\Sigma$ lect. atrás	4,34	$\Sigma$ lect. adelante	4,31			

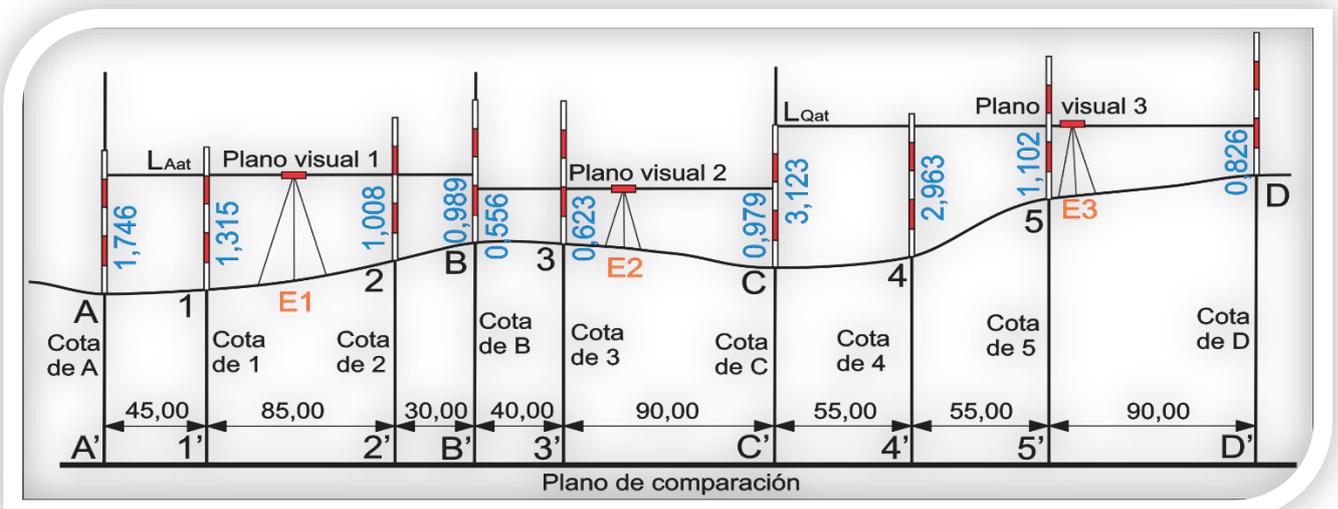
**Figura 4.44:** Planilla de nivelación compuesta resuelta por "diferencias"

Se han calculado así todas las cotas de los puntos y lo que resta calcular es la distancia de nivelación realizada (columna 3 de la planilla), este procedimiento se realiza de la misma manera que la ya descrita en el método de "planos visuales".

### **Planilla de nivelación con puntos intermedios**

#### **Trabajo de campaña**

En la nivelación primeramente se realizó estación sobre E<sub>1</sub> (figura 4.45) y se tomaron las lecturas de los puntos A, 1, 2 y B. Luego se realizó estación sobre E<sub>2</sub> y se tomaron las lecturas de los puntos B, 3 y C y, por último, se realizó estación sobre E<sub>3</sub> y se tomaron las lecturas de los puntos C, 4, 5 y D. A medida que se iba avanzando en la nivelación se fueron tomando la distancia entre los puntos para poder calcular en gabinete la distancia total nivelada.



**Figura 4.45:** Nivelación compuesta con puntos intermedios

Cuando el operador coloca el nivel en la estación E<sub>1</sub> y lee en la mira colocada sobre el punto A la lectura atrás de 1,746 m, anota el valor en la columna 4 de la planilla de nivelación. Luego desde la misma estación lee la lectura intermedia de los puntos 1 y 2, las cuales son anotadas en la columna 5 y en la fila de cada punto respectivamente (1,315 m en la fila del punto 1 y 1,008 m en la fila del punto 2). Por último, toma la lectura adelante sobre la mira colocada en el punto B, leyendo 0,989 m y anotando ese valor en la columna 6 en correspondencia con la fila del punto visado B.

Luego de colocar el nivel sobre el punto E<sub>2</sub> se toma la lectura atrás del punto B (0,556 m) y se lo anota nuevamente en la columna 4 en correspondencia con la fila del punto visado (B, en este caso). Desde esa misma estación toma la lectura del punto intermedio 3 (0,623 m) y se lo anota en la columna 5 sobre la fila del punto. Por último, se toma la lectura adelante sobre el punto C y se lo anota en la columna 6 sobre la fila de dicho punto.

En la última estación E<sub>3</sub> se toma la lectura atrás del punto C (3,123 m) y se lo anota nuevamente en la columna 4 en correspondencia con la fila del punto visado (C, en este caso). Desde esa misma estación toma la lectura de los puntos intermedios 4 y 5 que son anotados en la columna 5 y en la fila de cada punto respectivamente (2,963 m en la fila del punto 4 y 1,102 m en la fila del punto 5). Por último, se toma la lectura adelante sobre el punto D y se lo anota en la columna 6 sobre la fila de dicho punto.

Este procedimiento se sigue realizando para todos los puntos que se deseen relevar, anotando además, las distancias parciales entre un punto y otro. Por ejemplo, la distancia AP se la anota en la columna 2 sobre la fila del punto P mientras que la distancia PQ se la coloca en la columna 2 pero sobre la fila del punto Q.

#### Trabajo de gabinete

La resolución de la planilla de nivelación se puede realizar, al igual que como hemos visto anteriormente, por diferentes métodos como por ejemplo a través de “planos visuales” o por “diferencias”.

#### **Planilla de nivelación con puntos intermedios por “planos visuales”**

Primeramente, se coloca la cota conocida del primer punto relevado, en nuestro caso el punto A que posee para este ejemplo 100,00 m sobre el plano de comparación. Este valor se lo anota sobre la columna 8, en la fila del punto A. Luego, en la figura 4.45 se observa que si a la cota de este punto A, le sumamos la lectura observada desde la estación 1, obtenemos la cota del eje de colimación (que es el eje visual, o sea que pasa por el ojo del observador). A este valor se lo llama, como vimos anteriormente, **cota del plano visual** en la estación E<sub>1</sub> o cota del plano visual 1.

$C.P.V._1 = 100,000 \text{ m} + 1,746 \text{ m} = 101,746 \text{ m}$ ; valor que se anota en la columna 7.

Planilla de nivelación con planos visuales							
Punto visado	Distancias (m.)		Lecturas (m.)			Cota Plano Visual (m.)	Cotas (m.)
	Parcial	Acumulada	Atrás	Intermedia	Adelante		
A	0,00	0,00	1,746			101,746	100,000
1	45,00	45,00		1,315			100,431
2	85,00	130,00		1,008			100,738
B	30,00	160,00	0,556		0,989	101,313	100,757
3	40,00	200,00		0,623			100,690
C	90,00	290,00	3,123		0,979	103,457	100,334
4	55,00	345,00		2,963			100,494
5	55,00	400,00		1,102			102,355
D	90,00	490,00			0,826		102,631
		∑ lect. atrás	5,425	∑ lect. adelante	2,794		

**Figura 4.46:** Planilla de nivelación compuesta resuelta por “planos visuales” con lecturas intermedias

En la figura 4.45, también se observa que si le restamos a este valor las lecturas realizadas sobre cada punto que se tomó en la estación 1 se obtienen las cotas de los mismos:

$$C_1 = 101,746 \text{ m} - 1,315 \text{ m} = 100,431 \text{ m}$$

$$C_2 = 101,746 \text{ m} - 1,008 \text{ m} = 100,738 \text{ m}$$

$$C_B = 101,746 \text{ m} - 0,989 \text{ m} = 100,757 \text{ m}; \text{ valores que se anotan en la columna 8.}$$

En la figura 4.45, deducimos que la cota del plano visual en la estación E<sub>2</sub> será: cota de B más lectura atrás en B,

$$C.P.V._2 = 100,757 \text{ m} + 0,556 \text{ m} = 101,313 \text{ m}; \text{ valor que se anota en la columna 7.}$$

La cota de los puntos 3 y C se obtendrán de la diferencia entre la cota del plano visual 2 y las lecturas realizadas sobre dichos puntos:

$$C_3 = 101,313 \text{ m} - 0,623 \text{ m} = 100,690 \text{ m}$$

$$C_C = 101,313 \text{ m} - 0,979 \text{ m} = 100,334 \text{ m}; \text{ valores que se anotan en la columna 8.}$$

Y así se debe continuar la resolución de la tabla hasta llegar al último punto: la cota del plano visual en la estación E<sub>3</sub> será la cota de C más lectura atrás en C,

$$C.P.V._3 = 100,334 \text{ m} + 3,123 \text{ m} = 103,457 \text{ m} \text{ que se anota en la columna 7.}$$

Finalmente, las cotas de los puntos 4, 5 y D serán:

$$C_4 = 103,457 \text{ m} - 2,963 \text{ m} = 100,494 \text{ m}$$

$$C_5 = 103,457 \text{ m} - 1,102 \text{ m} = 102,355 \text{ m}$$

$$C_D = 103,457 \text{ m} - 0,826 \text{ m} = 102,631 \text{ m}; \text{ que se anota en la columna 8.}$$

Se han calculado así todas las cotas de los puntos y lo que resta calcular es la distancia de nivelación realizada (columna 3 de la planilla). Para poder completar la misma, se debe sumar a la distancia acumulada anterior, la distancia parcial hasta el punto. Es decir, la distancia acumulada hasta el punto 1 será de 45,00 m (0,00 m + 45,00 m); la distancia acumulada hasta el punto 2 será la distancia acumulada hasta el punto 1 más la distancia parcial entre 1 y 2 (45,00 m + 85,00 m = 130,00 m); la distancia acumulada hasta el punto B será la distancia acumulada hasta el punto 2 más la distancia parcial entre 2 y B (130,00 m + 30,00 m = 160,00 m). De esta manera se puede calcular que la distancia total nivelada es de 490,00 m.

### **Planilla de nivelación con puntos intermedios por “diferencias”**

Primeramente, al igual que la resolución por “planos visuales”, se coloca la cota conocida del primer punto relevado, en nuestro caso el punto A que posee para este ejemplo 100,00 m sobre el plano de comparación. Este valor se lo anota sobre la columna 9, en la fila del punto A.

Luego se puede observar en la figura 4.45 que, si restamos la lectura realizada del punto A con la obtenida del punto 1, tendremos como resultado la diferencia de nivel entre estos dos puntos

$\Delta h_{A1} = 1,746 \text{ m} - 1,315 \text{ m} = 0,431 \text{ m}$ ; a este valor se le anota el módulo de este sobre la columna 7 u 8 dependiendo del signo que posea, en este caso, al ser positivo se ubica el valor de 0,431 m en la columna 7.

Luego, en forma análoga se obtiene la diferencia de nivel entre todos los puntos restantes. Para el caso de 1 y 2 se puede observar en la figura 4.45 que al restar la lectura de 1 con la lectura del punto 2 se obtiene la diferencia de nivel, entonces:

$\Delta h_{12} = 1,315 \text{ m} - 1,008 \text{ m} = 0,307 \text{ m}$ ; en este caso, por ser un valor positivo se lo anota en la columna 7.

$\Delta h_{2B} = 1,008 \text{ m} - 0,989 \text{ m} = 0,019 \text{ m}$ ; en este caso, por ser un valor positivo se lo anota en la columna 7.

Finalizando las diferencias realizadas en la primera estación E<sub>1</sub>, podemos realizar, según la figura 4.45, el mismo procedimiento para la estación E<sub>2</sub>, en donde la diferencia de nivel entre el punto B y 3 será:

$\Delta h_{B3} = 0,556 \text{ m} - 0,623 \text{ m} = -0,067 \text{ m}$ ; en este caso, por ser un valor negativo se lo anota en la columna 8.

Una vez calculadas todas las diferencias podremos pasar al cálculo de las cotas de los puntos, es decir a completar la columna 9. Para esto, se suma algebraicamente la cota del primer punto con la diferencia de nivel entre ese punto y el siguiente.

En el primer caso tenemos que la cota del punto A es de 100,00 m y que, la diferencia con el punto 1, es de 0,431 m con signo positivo. Por lo tanto:

$$C_1 = C_A + \Delta h_{A1} = 100,000 \text{ m} + 0,431 \text{ m} = 100,431 \text{ m}$$

Luego de calcular la cota del punto 1 con la misma metodología podríamos calcular la cota de 2 al sumarle la diferencia de nivel entre el punto 1 y 2, es decir:

$$C_2 = C_1 + \Delta h_{12} = 100,431 \text{ m} + 0,307 \text{ m} = 100,738 \text{ m}$$

De esta manera podríamos seguir completando la columna 9 de la tabla hasta obtener en el punto D, una cota de 102, 631 m.

Planilla de nivelación con "diferencias"								
Punto visado	Distancias (m.)		Lecturas (m.)			Diferencias $\Delta h$ (m.)		Cotas (m.)
	Parcial	Acumulada	Atrás	Intermedia	Adelante	(+)	(-)	
A	0,00	0,00	1,746					100,000
1	45,00	45,00		1,315		0,431		100,431
2	85,00	135,00		1,008		0,307		100,738
B	30,00	160,00	0,556		0,989	0,019		100,757
3	40,00	200,00		0,623			0,067	100,690
C	90,00	290,00	3,123		0,979		0,356	100,334
4	55,00	345,00		2,963		0,160		100,494
5	55,00	400,00		1,102		1,861		102,355
D	90,00	490,00			0,826	0,276		102,631
		$\sum$ lect. atrás	5,425	$\sum$ lect. adelante	2,794			

*Figura 4.47:* Planilla de nivelación compuesta resuelta por "diferencias" con lecturas intermedias

Se han calculado así todas las cotas de los puntos y lo que resta calcular es la distancia de nivelación realizada (columna 3 de la planilla), este procedimiento se realiza de la misma manera que la ya descrita en el método de "planos visuales"

### **Conclusiones**

Se puede observar que las cotas calculadas por el método de "planos visuales" como por "diferencias" son las mismas siendo más rápido el cálculo de la planilla de nivelación por el método de "diferencias" pero con la desventaja de que, al cometer un error, este se arrastrará sobre todos los cálculos sin que el mismo pueda ser observado por el operador.

## Ejemplos prácticos de nivelación en la construcción

Ejemplos prácticos en la construcción utilizando nivelación geométrica simple:

### Excavación o un relleno del terreno

Cuando se necesita verificar o realizar una excavación o un relleno del terreno para ubicar sobre el mismo una estructura importante de una edificación como los son las bases de la misma, los cimientos o una platea de fundación, se debe recurrir a una nivelación geométrica simple ya que se tiene la cota de un punto (generalmente el de la vereda u otro punto definido) y se deben ubicar o verificar los demás (figura 4.48)

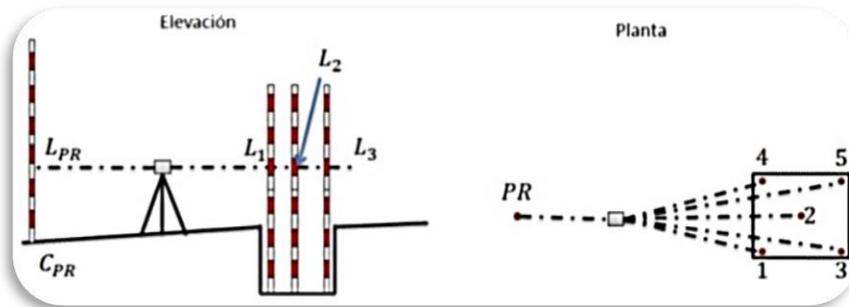


Figura 4.48: Estructuras de fundación

### Verificación de la flecha de una estructura

Cuando se quiere verificar la flecha de una losa o una viga para conocer el pandeo que se genera por el peso que recae sobre ellas se puede realizar una nivelación geométrica en donde se calcula la diferencia de nivel entre los vértices de la estructura con la lectura central. En el caso de la figura 4.49, se observa que las miras fueron colocadas de manera invertida ya que, la flecha de una estructura se mide sobre la parte inferior de la misma.

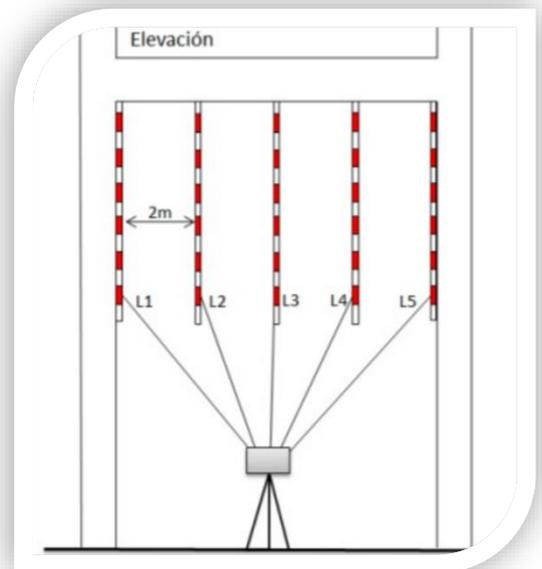


Figura 4.49: Flecha de estructuras

### Excavación con pendiente: piscina

Cuando se requiere hacer una excavación con pendiente como lo es una piscina, siempre se debe verificar la pendiente requerida y la profundidad de excavación. Para esto se utiliza una nivelación geométrica simple, en donde se deben medir los vértices de la misma como también el punto central (figura 4.50) para respetar la horizontalidad de algunos lados como la pendiente en otros. Además, se debe tomar la lectura de puntos que se encuentran en el exterior de la misma para observar la altura que posee la piscina a medida que se va desarrollando la excavación. De esta manera se puede controlar tanto la pendiente como la profundidad que tendrá la futura piscina.

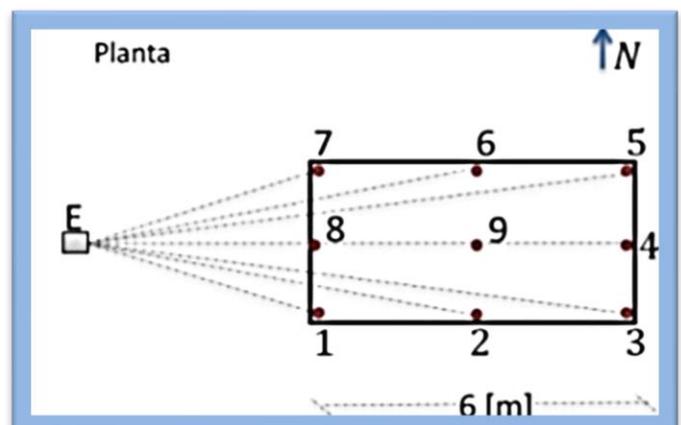
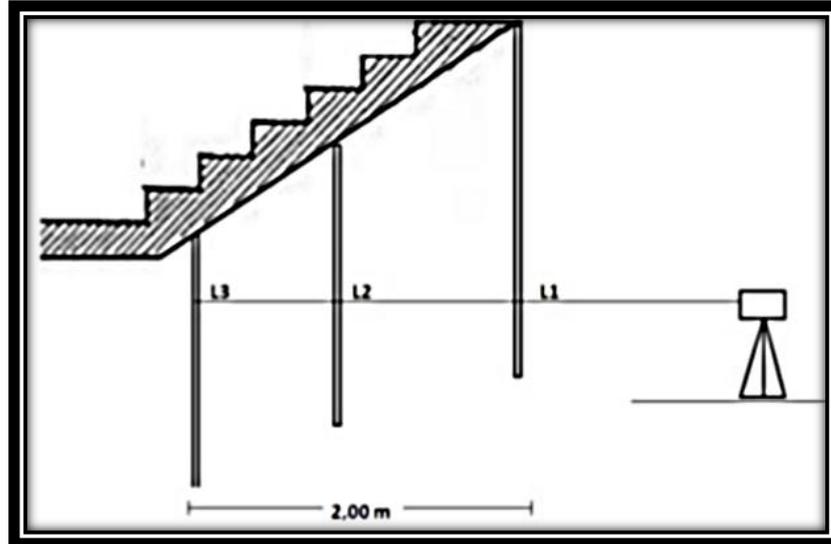


Figura 4.50: Excavación con pendiente para piscinas

### Verificación de un plano inclinado

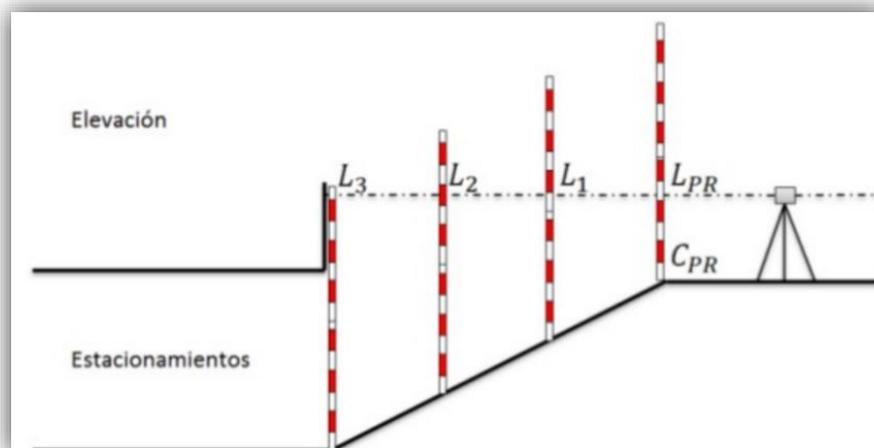
Cuando se requiere verificar la exactitud de un plano inclinado, como por ejemplo la parte inferior de la vida de una escalera, se puede realizar una nivelación geométrica simple como la que se muestra en la figura 4.51. En la misma se toman lecturas sobre el punto inferior y sobre el punto superior de la escalera como también otras lecturas intermedias separadas a una misma distancia para simplificar los cálculos.



*Figura 4.51:* Verificación de un plano inclinado

### Verificar altura mínima de un lugar o pendientes

Cuando se requiere verificar una altura mínima de un lugar como por ejemplo la de los estacionamientos subterráneos como así también la pendiente máxima para acceder a ellos. En el reglamento de edificación de la ciudad de Santa Fe (Ordenanza n°7279), establece en el punto 7.4.1 a) que “los sitios destinados a la circulación de vehículos tendrán una altura libre mínima de 2,10 m, comprendida entre el solado y el cielo raso o parte interior de vigas u otras salientes”. Por otro lado, en el inciso d) del mismo punto aclara que “la rampa de ingreso o egreso tendrá una pendiente máxima, en el sentido de su eje longitudinal, del 20%”. Ambos requerimientos se pueden cumplimentar con una nivelación geométrica simple como se observa en la figura 4.52, en donde la pendiente es calculada en cada tramo y comparada con la requerida mientras que la altura mínima del estacionamiento se puede comprobar con la nivelación y se la debe comparar con la proyectada para que respete la medida establecida.



*Figura 4.52:* Estacionamientos subterráneos

Ejemplos prácticos en la construcción utilizando **nivelación geométrica compuesta**:

### Cálculo de altura de un tanque de agua

Cuando se requiere determinar el volumen de agua contenido en un tanque o en un estanque como el que se muestra en la figura 4.53, se puede realizar una nivelación geométrica compuesta para determinar de esta manera la altura de este ya que no siempre se puede medir con la cinta este tipo de distancias. Luego, con el área de la base, se podrá obtener el volumen del mismo.

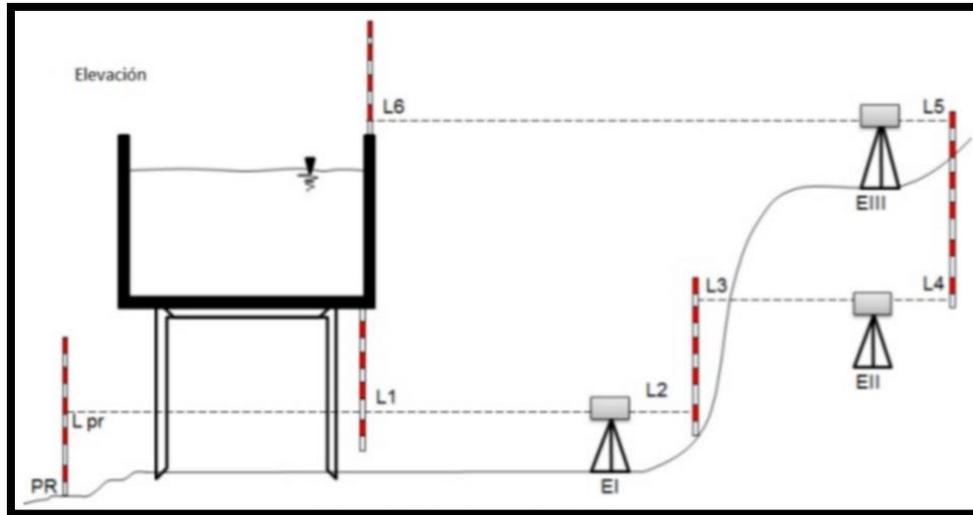


Figura 4.53: Altura de un tanque

### Control de pendiente de pavimentación

Cuando se requiere verificar un sector de pavimentación o se requiere realizar una, se puede determinar a través de una nivelación geométrica compuesta (figura 4.54), las pendientes que posee (en caso de una verificación) o las pendientes que se deben replantear (en caso de querer realizar una).

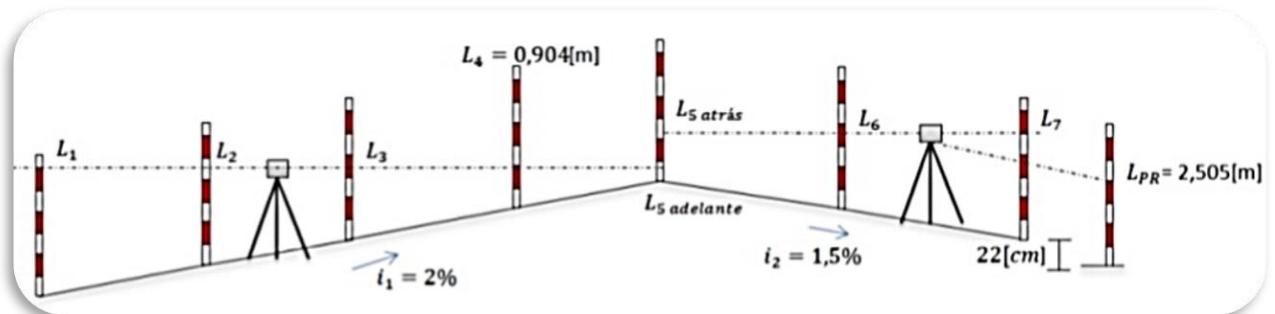


Figura 4.54: Pendiente de pavimentación