

TEMA 7: ESTACIÓN TOTAL - GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

Las estaciones totales son instrumentos topográficos que combinan las dos operaciones básicas de la topografía tradicional. Realizan las medidas de ángulos horizontales y verticales (operación realizada anteriormente por los llamados teodolitos) y distancias, realizadas en forma electrónica. Se diferencia en los teodolitos con un distanciómetro adosado, en que las estaciones totales, además cuentan con un microprocesador (que ha avanzado en el tiempo) con capacidad de guardar los datos relevados, así como realizar ciertos cálculos de interés para la técnica topográfica.

Entre sus grandes ventajas respecto de los instrumentos existentes anteriormente, podemos destacar la sencillez de su operación, el ahorro de tiempo (básicamente en la medida de distancias), lo que se traduce también en una disminución sustancial de los costos, y el hecho de minimizar las posibilidades de cometer equivocaciones en las lecturas, anotaciones o transcripciones de los datos, al realizarse éstos en forma automática. Al día de hoy, también existen estaciones con seguimiento de prisma, que permite ahorrar significativamente en tiempos de relevamiento.

COMPOSICIÓN BÁSICA DE LAS ESTACIONES TOTALES:

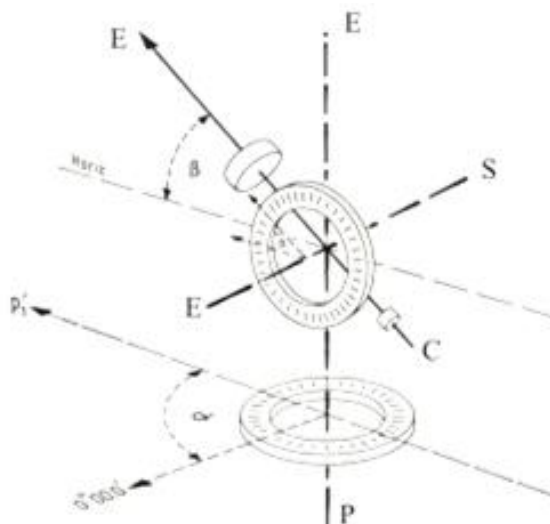
Esquemáticamente, la estación total se compone de un Eje Principal (EP), un Eje Secundario (ES), normal al anterior y un Eje de Colimación (EC), normal a su vez al Secundario.

1 - El Eje Principal es el eje de giro de la parte móvil de la estación total, llamada también alidada, y es el que debe verticalizarse sobre el punto, vértice del ángulo que ha de medirse.

2 - El Eje Secundario es el eje de giro del anteojo del instrumento, y al ser normal al primero, ha de quedar horizontal.

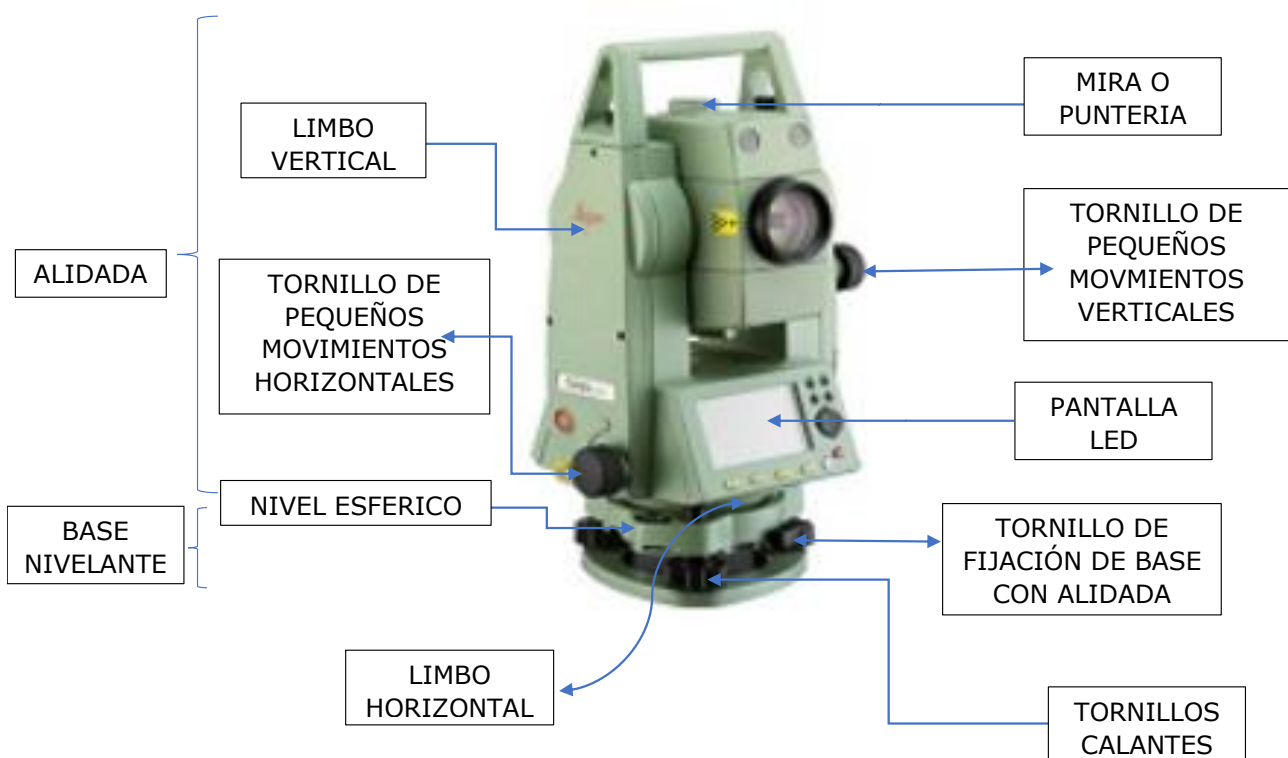
3 - El Eje de Colimación es el eje de puntería del instrumento y queda definido por el centro del sistema objetivo del anteojo y el centro de la cruz de hilos del "retículo". Al bascular el anteojo en torno al eje secundario, deberá describir un plano vertical.

Estos tres ejes se cortan en un punto llamado "centro analítico" del instrumento. En los teodolitos, podía pasar que esto no sucediera, (los llamados teodolitos excéntricos) en ese caso, el eje de colimación no pasaba por el punto de intersección del eje secundario con el eje principal.



Además de los tres ejes, el instrumento posee los siguientes componentes:

- Base, parte fija del instrumento que se sujeta al trípode, y posee tres tornillos de nivelación o “calantes”, así como un tornillo de sujeción entre la Base y la Alidada.
- Alidada, parte móvil del instrumento, lleva consigo el nivel tórico físico (si el instrumento posee uno), y el anteojo astronómico.
- distanciómetro coaxial con el anteojo
- Limbo horizontal y vertical, sus centros coinciden con el eje principal y secundario, respectivamente.
- Plomada, puede ser óptica o láser
- Nivel esférico y nivel tórico, el último en algunos modelos
- Teclado y Pantalla digital en uno o ambos lados del instrumento
- Batería



ELEMENTOS DE LÉCTURA DE ÁNGULOS:

Recordemos que las partes esenciales de un instrumento de medida de ángulos son un círculo graduado, llamado también **limbo**, y una parte móvil, la **alidada**, en las Estaciones Totales contamos con dos limbos, el vertical y el horizontal, cuyos ejes de giro son el eje secundario y el eje principal respectivamente.

Con los avances de la ingeniería electrónica, a partir de fines de la década de 1970 y comienzos de la década de 1980, se desarrollaron dispositivos electrónicos en la medición de los ángulos, presentando éstos grandes ventajas: permiten la visualización de los valores en una pantalla de cuarzo líquido (LCD), minimizando la posibilidad de cometer errores de apreciación, aumentando además la precisión y brindan la posibilidad de grabar estos datos en medios magnéticos internos o externos del instrumento.

Los sensores electrónicos de posición angular miden el ángulo girado por un eje (anteojo) respecto a una dirección. Para ello, disponen de unos limbos codificados que permiten a un sensor convertir valores analógicos en digitales para obtener las medidas.

El proceso de medición electrónica se efectúa mediante microprocesadores que convierten las señales en códigos de "0" y "1", llamados codificadores. Existen dos tipos de codificadores:

- **Codificador incremental:** No tiene valor fijado en su superficie, por lo que se puede fijar el "0" en cualquier posición. El ángulo de rotación se obtiene al convertir en señal eléctrica los cambios de luz y sombra que se generan en el sensor cuando el círculo de cristal gira, se obtiene además una alta resolución y precisión. Casi todas las Estaciones Totales adoptan este sistema.
- **Codificador Absoluto:** Sobre el círculo de cristal va grabado un diseño especial (código) a partir de un origen o cero absolutos. Al leer electrónicamente este código se determina la posición sobre el círculo respecto al valor absoluto. No es afectado por un error de cuenta, y no se obtiene además una alta resolución.

Codificador giratorio incremental

La estructura básica del equipo está formada por un limbo en el cual se han trazado unas ventanas (zonas claras y oscuras), un diodo emisor de luz y en la parte opuesta un fotodetector.

La luz generada por el LED atraviesa el limbo por las zonas claras y se interrumpe en las oscuras. Estos cambios luz-oscuridad se detectan en el fotodetector, y los convierte en señal eléctrica. Esta medida luego se convierte en forma digital, y se generan unos impulsos, fácilmente contables.

Contando el número de pulsos se podría saber el ángulo, girado, pero con esta medida sólo se llega a un valor aproximado, en función del tamaño de las rendijas y el punto inicial y final en ellas. Para salvar estas dificultades se utilizan más fotodetectores.

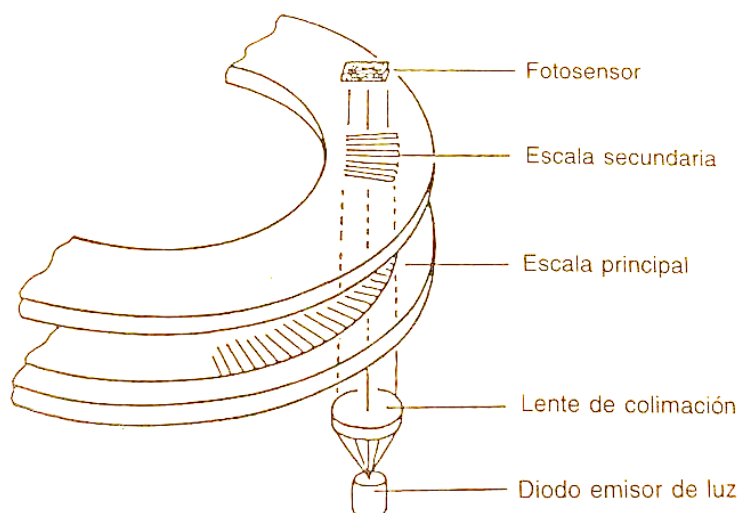


Imagen - Tratado de Topografía 1 – Chueca Pazos, Herraéz Boquera, Berné Valero

Primero, para saber el sentido de giro, se utiliza un segundo fotodetector, desplazado 90°, por lo que, en el primer fotodetector se produce una señal seno y en el segundo, un coseno. De tal manera, que el circuito de computación determina cuál de ellas empieza primero, determinando así, si hay que sumar o restar los pulsos.

Para la lectura se realiza una interpolación, se utilizan 4 fotodetectores desplazados entre sí $\frac{1}{4}$ de vuelta (0° , 90° , 180° , 270°) y las señales que determinan son:

$$V_1 = A \cdot \text{sen}(\varphi)$$

$$V_2 = A \cdot \text{sen}(\varphi + 90) = A \cdot \text{cos}(\varphi)$$

$$V_3 = A \cdot \text{sen}(\varphi + 180) = -A \cdot \text{sen}(\varphi)$$

$$V_4 = A \cdot \text{sen}(\varphi + 270) = -A \cdot \text{cos}(\varphi)$$

De modo que por la expresión $\tan \varphi = \frac{V_1 - V_3}{V_2 - V_4}$ por medios electrónicos se determina fácilmente el valor de φ .

Para la lectura del ángulo vertical es similar, pero es necesario fijar correctamente la posición del "0". Se dispone de dos escalas especiales. Una en el limbo y otra en la alidada, de tal manera que coincidan cuando el eje de colimación sea perpendicular al eje principal.

Para reiniciarlo una vez activado el instrumento es preciso cabecear el telescopio para que el detector explore las coincidencias y establezca el cero. El valor medido se compensará electrónicamente de la falta de perpendicularidad, de forma automática.

NIVEL ESFÉRICO O CIRCULAR Y NIVEL TÓRICO:

Nivel Tórico

El nivel tórico ha sido sustituido por los compensadores automáticos, aunque algunos instrumentos continúan presentándolos.

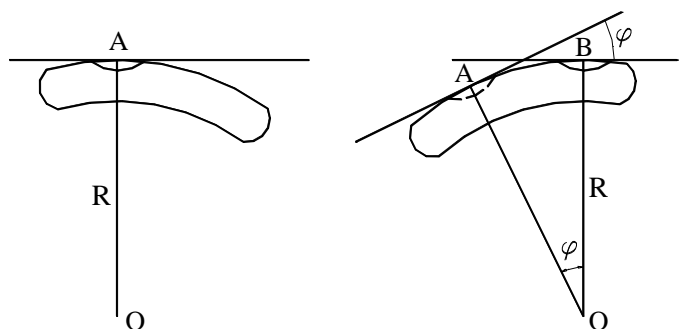
Están basados en la propiedad del equilibrio de los líquidos y gases en un tubo herméticamente cerrado. Esta propiedad nos indica que el más liviano (la burbuja de aire) ocupará siempre la parte superior del tubo, donde su tangente es horizontal.

El recipiente es un tubo de vidrio de sección tórica, con una serie de grabaciones en torno a su punto medio, y que contiene un líquido (alcohol, éter, bencina, etc.) que se llena casi completamente, dejando un espacio para una burbuja de aire saturada del vapor del mismo líquido.

El toro se obtiene haciendo girar una circunferencia alrededor de un eje situado en su plano y que no pasa por su centro.

Se define como *Eje del Nivel* a la tangente a la superficie en el punto medio de la graduación, y como *Radio del Nivel* como el radio de su sección meridiana.

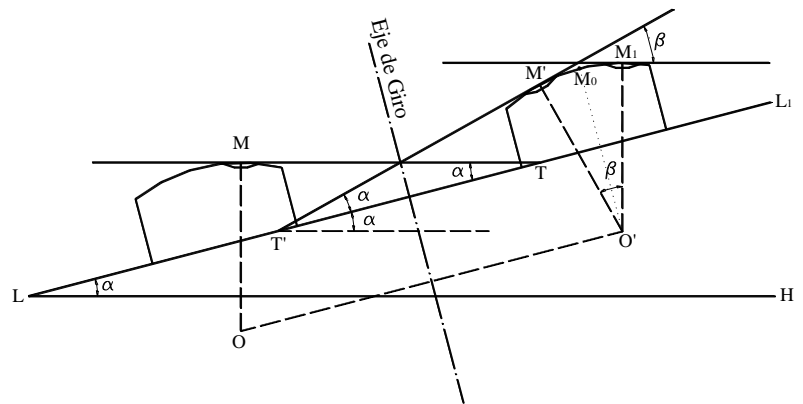
Para un nivel de un radio dado, el desplazamiento de la burbuja es proporcional al ángulo de giro del nivel en su plano meridiano, por lo que, cuanto mayor es el radio del nivel, mayor será el desplazamiento de la burbuja para un mismo ángulo de giro. La sensibilidad del nivel tiene una relación directa con el radio, y se mide por el desplazamiento de la burbuja para un determinado ángulo de giro.



$$AB = R * \varphi_r$$

Si se coloca un nivel sobre una base de apoyo y se hace la lectura correspondiente al centro de la burbuja, y luego se hace girar el nivel 180° alrededor de un eje normal a dicha base, la desviación acusada por el centro de la burbuja es el doble del ángulo que forma la base de apoyo con la horizontal.

$$\beta = 2\alpha$$



Se le llama “punto de juego” al punto en que se halla el centro de la burbuja cuando ésta permanece inmóvil al hacer girar el nivel respecto a un eje normal a su base de apoyo. Hay que tener en cuenta que el eje principal puede ser considerado dicho eje, aunque el mismo gire solidariamente.

Para que la Estación Total se encuentre en condiciones de ser utilizada, el eje principal debe de coincidir con la vertical del lugar, la cual es a su vez, a los efectos de la topografía normal a la superficie. El eje del nivel debe de ser normal al eje principal. Entonces, considerando la imagen, es necesario que la línea de apoyo LL1 sea horizontal, por lo que debemos girarla un ángulo α. La vertical de O' que pasaba por M1, pasará por el punto M0, punto medio de M'M1, en otras palabras el centro de la burbuja se desplazará de la posición M1 a M0.

Entonces tendremos que:

$$M_1\widehat{M}_0 = R * \alpha \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\beta}{2} \quad \Rightarrow \quad M_0 = \frac{M' + M_1}{2}$$

De lo anterior se desprende que cuando la línea de apoyo es horizontal y se hace girar el nivel respecto a un eje normal a esta línea, la burbuja permanecerá centrada en un punto (M0).

Nivel esférico

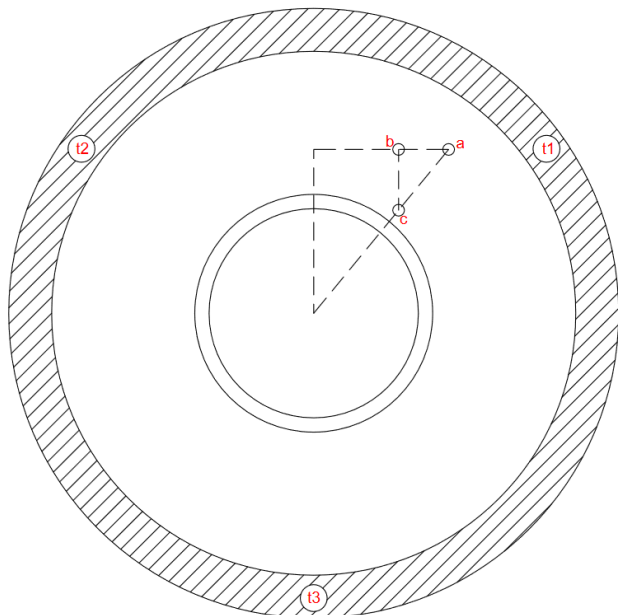
Están basados en la propiedad del equilibrio de los líquidos y gases, con la diferencia que, en estos niveles, la ampolla tórica se sustituye por una cápsula semiesférica, donde la burbuja ocupará el punto más alto de ella. Se cierra superiormente por una tapa de cristal, sobre ella, en su parte externa, hay señalados varios círculos concéntricos que sirven para facilitar el centrado de la burbuja, que es de forma circular, y que tiene lugar cuando su centro coincide con el de los círculos; en ese momento el plano tangente en el centro del nivel es horizontal.

Son menos precisos que los niveles tóricos, siendo su sensibilidad aproximada entre 3' y 8'. Se utilizan para conseguir rápidamente una nivelación aproximada en los instrumentos, posteriormente se nivela con el nivel electrónico.

Para centrar la burbuja en el círculo, se recomienda colocar el instrumento paralelo a 2 tornillos calantes para mover la burbuja en el sentido de la línea que une dichos tornillos (los tornillos moverlos en el mismo sentido, hacia dentro o hacia fuera) y con el tercer tornillo se mueve la burbuja

en el sentido perpendicular. Posteriormente girar el instrumento para comprobar que la burbuja continúa centrada.

Disponen de tres tornillos de corrección, y en este caso el ajuste de este se realiza en forma análoga a los tubulares:



Se sitúa el nivel sobre una plataforma nivelante y se cala la burbuja; después se hace girar 180°, y si esta descorregida la burbuja se habrá desplazado a un punto “a”. La mitad de este desplazamiento hay que corregirlo con los tornillos de corrección del nivel y la otra mitad con los de la plataforma nivelante.

Mediante los tornillos de corrección hemos de llevar la burbuja a la posición “c”. Este movimiento lo supondremos descompuesto en dos: uno el “ab”, paralelo a los dos tornillos de corrección t_1 y t_2 , y otro a “bc”, en dirección perpendicular a la anterior y por lo tanto en la del tercer tornillo t_3 .

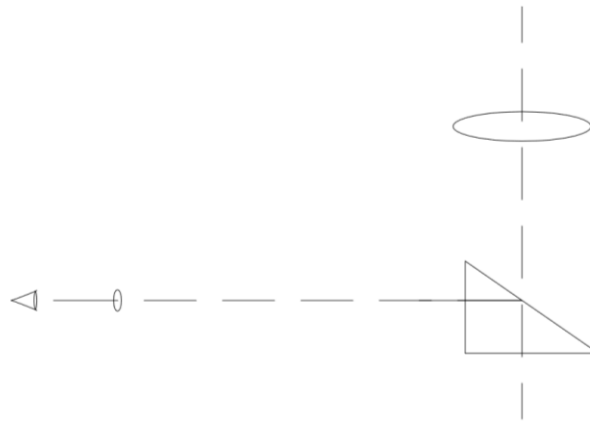
El nivel se corrige actuando en los tornillos t_1 y t_2 hasta que la burbuja ocupe la posición “b”, y después moviendo solo el t_3 hasta llevarla “c”. Si ahora se quiere nivelar la plataforma sobre la que está situado el nivel, se actúa sobre los tornillos nivelantes de la misma hasta llevar la burbuja al centro de los círculos concéntricos.

PLOMADA

La plomada está constituida por un cordón fino y flexible, de cuyo extremo pende un peso o “plomo” que la acción de la gravedad atrae en dirección hacia el centro de la Tierra, cuando se la suspende desde el otro extremo del cordón. Cuando la plomada queda en equilibrio, el cordón de la misma sigue la dirección de la gravedad terrestre materializando la vertical del lugar que pasa por el punto de interés. El peso o plomo que cuelga del cordón debe de tener ciertas características; el peso debe estar constituido por una masa metálica homogénea terminada en punta por su extremo libre y constituida de manera que dicha punta, cuando la plomada está suspendida, se encuentre en la prolongación del cordón.

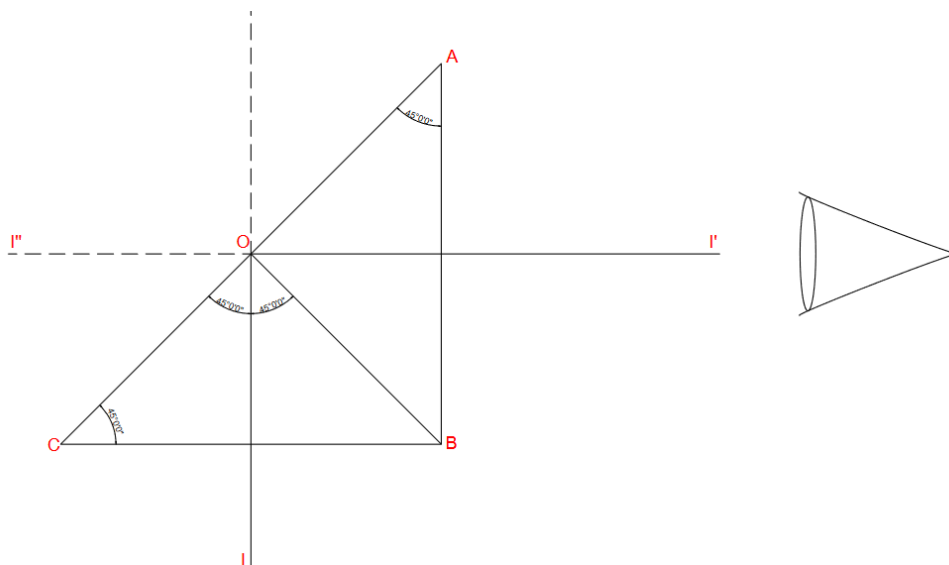
Plomada óptica

En los instrumentos antiguos la plomada de hilo descrita anteriormente se utilizaba para que, colgada en la parte inferior de aquellos, determinase sobre el terreno la proyección del eje principal del instrumento. Hoy en día, esta proyección se conoce por medio de la plomada óptica, que en esencia es un prisma de reflexión total, situado de tal forma, que la visual que por ella se dirige sigue, después de reflejarse, la dirección del eje del instrumento.



El fundamento de la plomada óptica es el siguiente: Sea ABC un prisma, cuya sección principal es un triángulo rectángulo isósceles, un rayo luminoso IO, que incide perpendicularmente a la cara BC del prisma, penetra en el mismo sin sufrir desviación alguna y al llegar a O forma con la cara AC un ángulo de 45° y, por consiguiente, con su normal OB otro ángulo de 45° .

Como el ángulo límite del vidrio corriente es alrededor de 41° , el rayo IO no se refracta, sino que se refleja, formando un ángulo de reflexión BOI' , igual al BOI de incidencia en la cara AC, es decir, de 45° ; deduciéndose que OI' es perpendicular a la cara AB, emergiendo de ésta última, por lo tanto, sin sufrir desviación. La cara AC ha hecho de espejo plano y un observador situado en I' vería la imagen de I en I'' .



Plomada láser

La plomada láser integrada al instrumental topográfico genera un rayo láser que emerge por la parte inferior del mismo coincidente con la dirección del eje principal, proyectando un círculo rojo sobre el terreno en el punto de incidencia del rayo.

Para comprobar de manera rápida que la plomada láser se encuentra en condiciones de ser utilizada, se debe realizar el siguiente procedimiento:

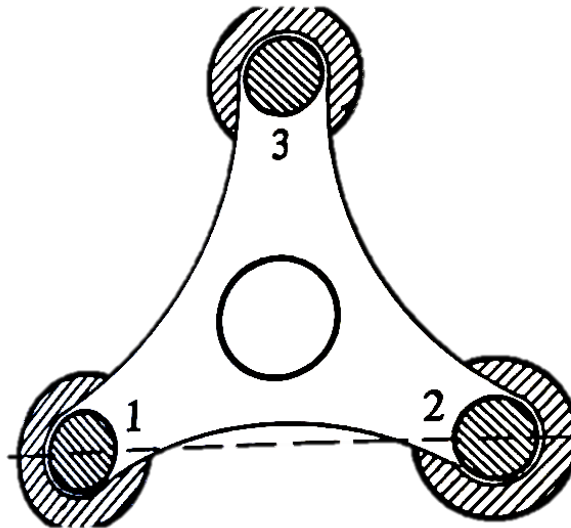
1. Colocar el instrumento sobre un trípode y nivelarlo.
2. Activar la plomada láser y marcar el centro del punto rojo.
3. Girar el producto 360° lentamente y observar mientras tanto el punto láser rojo.

El control de la plomada láser debe efectuarse sobre una superficie clara, plana y horizontal (por ejemplo, una hoja de papel). Si el centro del punto láser describe un círculo mientras se mueve o si éste se desplaza más de 3 mm del primer punto marcado, deberá realizarse un ajuste de la plomada, remitiéndose al servicio técnico correspondiente.

BASE NIVELANTE

La base nivelante, es la parte fija de los instrumentos topográficos, en ella se encuentra el nivel esférico y los tornillos nivelante o calantes.

Los tornillos calantes, se utilizan para “calar” la burbuja del nivel esférico, es decir que, con la ayuda de estos, se busca que la base nivelante se encuentre de manera horizontal. Son unos tornillos con rosca, dispuestos de tal manera que sus centros forman un triángulo equilátero, y el centroide de dicho triángulo debe coincidir con el eje principal.



COMPENSADORES

Los instrumentos topográficos modernos, opto-mecánicos o electrónicos, como las estaciones totales y los niveles automáticos, se encuentran provistos de ‘compensadores’ (monoaxiales o biaxiales) para corregir los efectos del error residual de nivelación y, según modelos, otros instrumentales.

Es importante aclarar que los compensadores, en realidad no compensan, sino que miden ciertas desviaciones, aplican ciertos modelos matemáticos, y luego corrigen directamente. Usando un compensador sin actualizar, el instrumento puede ofrecer lecturas erróneas observando solo en una posición. En cualquier caso, si se observa en ambas posiciones (círculo directo CD y círculo inverso CI), las medias de las lecturas serán las correctas.

Compensadores monoaxiales

Los compensadores monoaxiales se usan en goniómetros y equialtímetros, actúan en el plano longitudinal, y normalmente son opto-mecánicos: de péndulo o de líquido (el líquido utilizado es aceite de silicona ópticamente transparente).

Con ajustes actualizados, los compensadores monoaxiales pueden corregir en los teodolitos directamente el error de verticalidad del índice de eclímetro, o el error de horizontalidad del eje de colimación en los niveles.

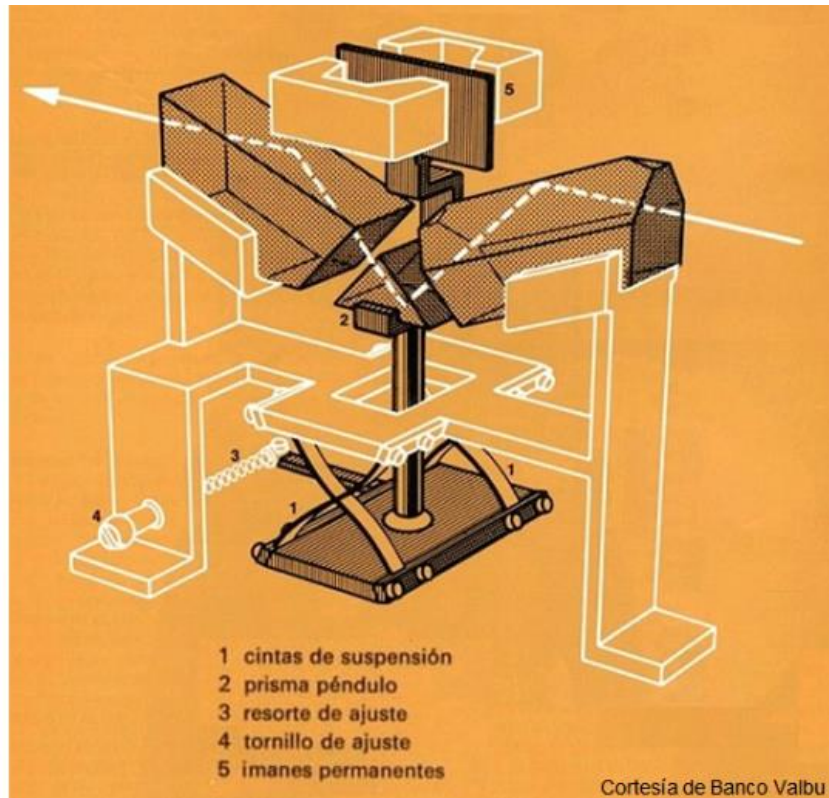
El índice del eclímetro, u origen de medida de la graduación del limbo vertical también se llama "línea de ceros" si se mide distancias cenitales.



Cortesía de Banco Valbu

Perpendicular con
prisma del nivel
WILD NA2 (desde
1962)

Estabilización $\pm 0,3''$



Compensadores biaxiales

Los compensadores biaxiales son optoelectrónicos, de líquido*, con reflexión interna sobre ángulo límite, o capacitivos. (siempre aceite de silicona, ópticamente transparente).

Los compensadores biaxiales miden la inclinación longitudinal y la transversal del eje principal.

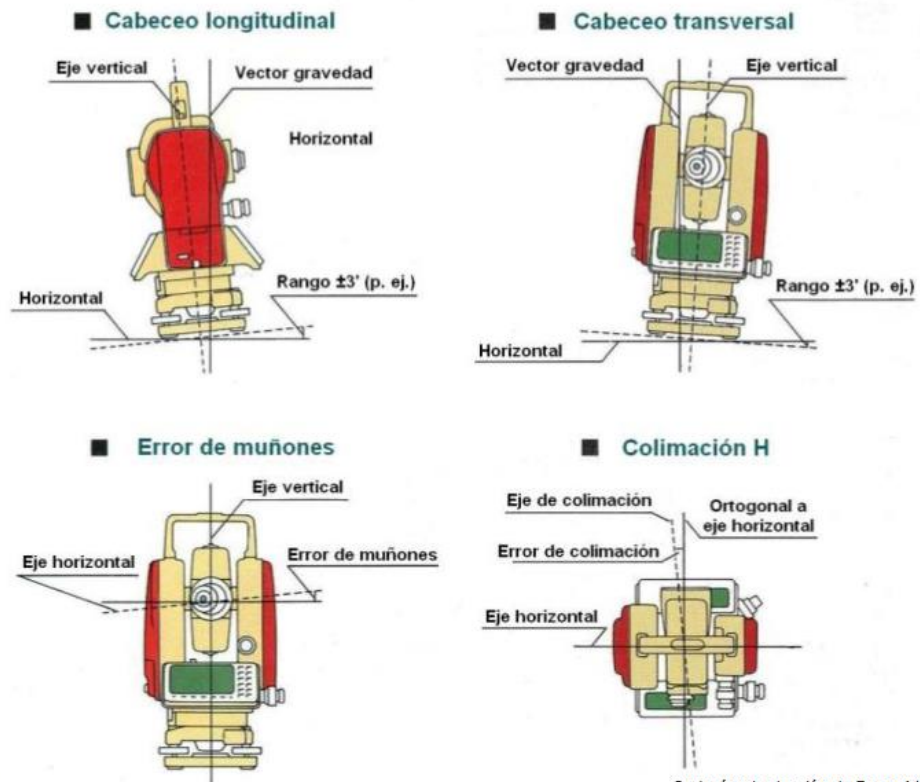
Disponiendo de estas medidas, y otros parámetros obtenidos siguiendo en campo el protocolo interno de verificación (los primeros, los errores de colimación V y H) puede modelarse y actualizarse en el software interno, según el modelo de instrumento, la corrección de los siguientes errores:

- De colimación V y H.
- De inclinación del eje de muñones o eje secundario.
- Error de lectura H por inclinación residual del eje vertical

Biaxiales

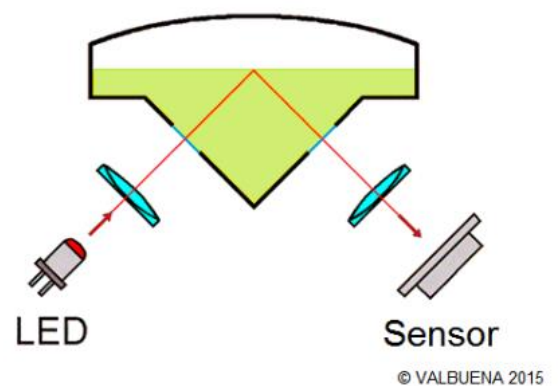
Dentro de un rango de inclinación de p. ej., $\pm 3'$, miden:

Calculan y aplican las correcciones de lectura H por error de colimación e inclinación del eje vertical y el de muñones



En 1983 KERN comercializó en sus teodolitos un compensador biaxial, que, al día de hoy, es el más difundido. Usa una reflexión inferior superando el ángulo límite en la superficie horizontal de cambio de medio (aire/aceite de silicona). El haz láser del LED tras la reflexión llega al sensor (matriz CCD), detectándose la posición del punto donde impacta.

El punto de impacto en el sensor dependerá de la inclinación del conjunto. Cuando hay una falta de verticalidad del eje principal del instrumento se pueden medir en el mosaico del sensor sus componentes longitudinales y transversales.



ANTEOJOS

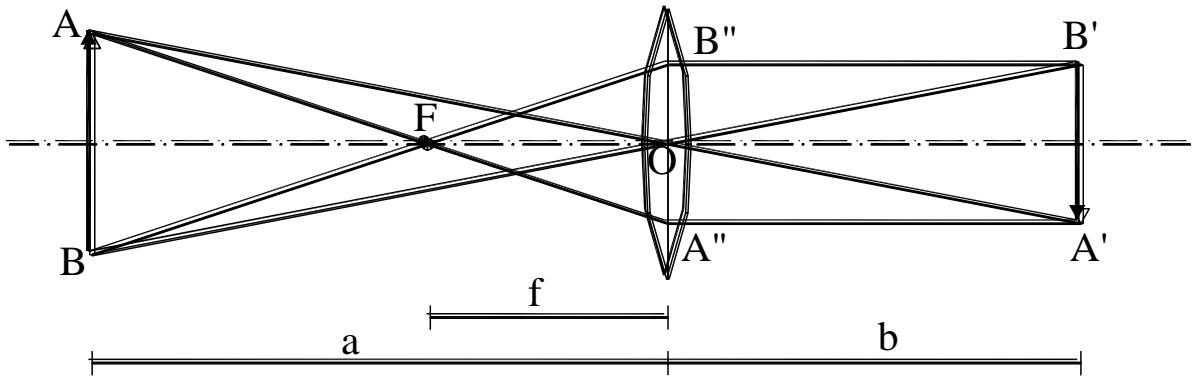
En la mayoría de los instrumentos topográficos, las visuales se efectúan a través de anteojos (p. Ej. Anteojo astronómico de Kepler) que consisten en un sistema de lentes centradas.

Se llama lente a un sistema dióptrico centrado constituido por un medio transparente y refractante, cuyas superficies pueden ser planas o esféricas. Estas lentes pueden ser convergentes o positivas, (las biconvexas, plano convexas, cóncavo convexas), o divergentes o negativas (bicóncavas, plano cóncavas, convexo cóncavas).

En las lentes biconvexas podemos establecer dos casos: cuando producen imágenes reales y cuando producen imágenes virtuales. Ambas dependen de la posición del objeto respecto a la lente.

Imagen real

Se produce cuando la distancia del objeto a la lente es mayor que la distancia focal de ésta.



Consideremos los triángulos semejantes **AOB** y **A'OB'**

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{b}{a} \quad \text{Pero} \quad A''B'' = A'B'$$

$$\frac{A''B''}{AB} = \frac{f}{a-f}$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{a-f} \implies \frac{b}{a} = \frac{f}{a-f} \implies \frac{a-f}{a} = \frac{f}{b} \implies 1 - \frac{f}{a} = \frac{f}{b}$$

$$1 = \frac{f}{a} + \frac{f}{b} \implies 1 = f \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \implies \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

Ecuación final correspondiente a las **imágenes reales** de las lentes biconvexas

Imagen virtual

Se produce cuando la distancia del objeto a la lente es menor que su distancia focal.

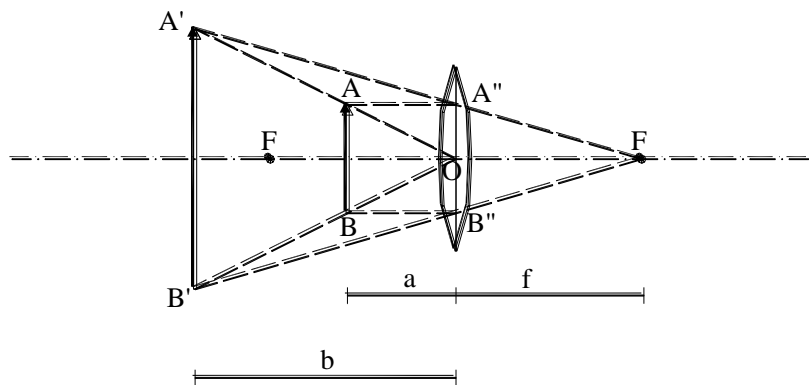
Triángulos semejantes:

$A''FB''$ y $A'FB'$,

Pero $A''B'' = AB$

Por lo que:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{f}{f+b}$$



En los triángulos AOB y A'OB' tenemos:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{a}{b} \quad \text{por lo que} \quad \frac{a}{b} = \frac{f}{f+b} \quad \Rightarrow \quad \frac{f+b}{b} = \frac{f}{a} \quad \Rightarrow \quad \frac{f}{b} + 1 = \frac{f}{a}$$

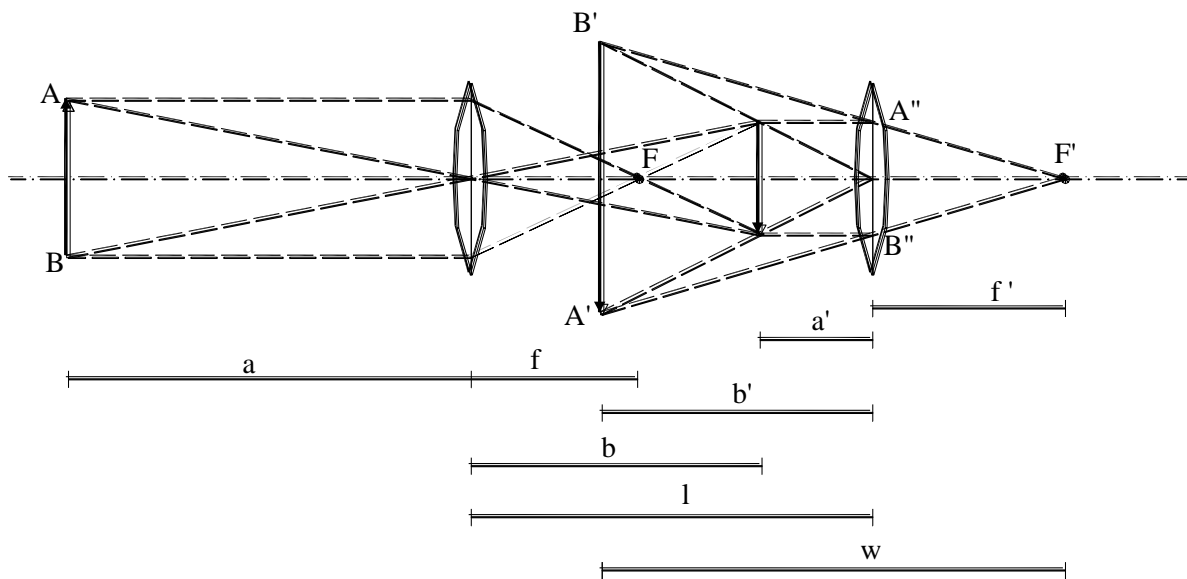
$$1 = \frac{f}{a} - \frac{f}{b} \quad \Rightarrow \quad 1 = f \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}}$$

Ecuación general de las lentes con **imágenes virtuales**

ANTEOJO ASTRONÓMICO O DE KEPLER

Consiste, en su expresión más reducida, en dos lentes **convergentes**, una el **objetivo**, de gran distancia focal y el **ocular**, de distancia focal pequeña.

El objetivo tiene por misión formar de un objeto lejano **AB** una imagen real, reducida e invertida, que se observa con el ocular que actúa como lupa y produce una imagen virtual y ampliada **A'B'**.



- a = distancia objeto – objetivo
- b = distancia de la imagen real al objetivo
- f = distancia focal del objetivo
- a' = distancia de la imagen real al ocular
- b' = distancia de la imagen virtual al ocular
- f' = distancia focal del ocular

la distancia l entre las dos lentes viene dada por: $l = a' + b$

Entonces: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow b = \frac{fa}{a-f}$ y $\frac{1}{f'} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{b'} \Rightarrow \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{b'}$

$a' = \frac{f'b'}{f'+b'}$ sustituyendo en **I** tenemos: $l = \frac{f'b'}{f'+b'} + \frac{fa}{a-f}$

por lo que $b' = w - f' \Rightarrow \frac{fa}{a-f} + \frac{f'w - f'^2}{w - f' + f'} \Rightarrow \frac{fa}{a-f} + \frac{f'w}{w} - \frac{f'^2}{w}$

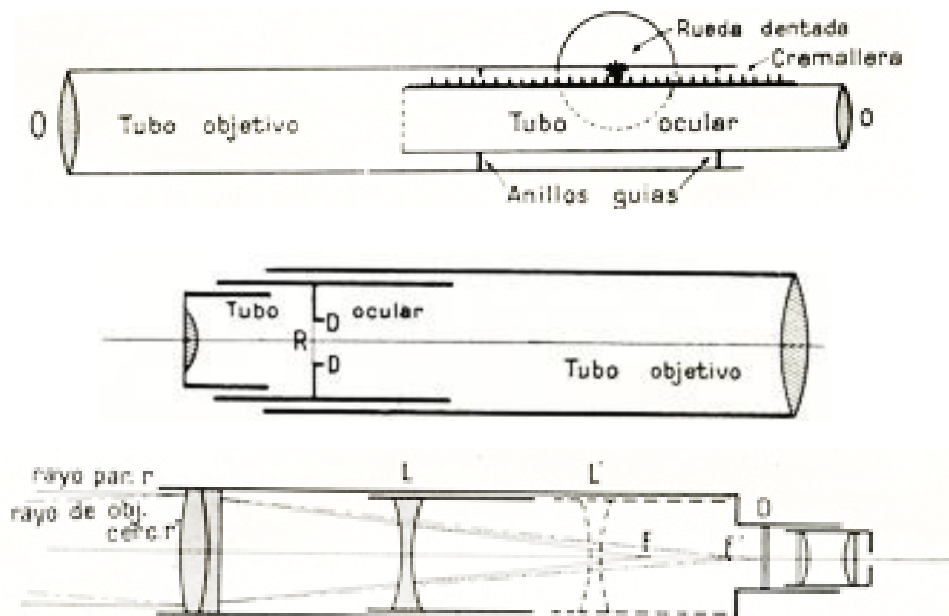
$l = \frac{f}{\frac{a-f}{a}} + f' + \frac{f'^2}{w} \Rightarrow \boxed{l = \frac{f}{1-\frac{f}{a}} + f' - \frac{f'^2}{w}}$ **Ecuación del Anteojo**

Esta ecuación nos dice que la distancia entre las dos lentes depende de la distancia w de la visión distinta, (que varía de persona a persona), y de la distancia del objeto al objetivo.

Se llama distancia de la visión distinta a la distancia mínima a la cual una persona percibe nítidamente un objeto. Esta distancia se encuentra entre 200 y 250mm.-

Si se emplean lentes de aumentos (o lupas), podrá acercarse el objeto a una distancia menor, pero de forma tal que la imagen dada por la lente se forme a la distancia límite antes mencionada.

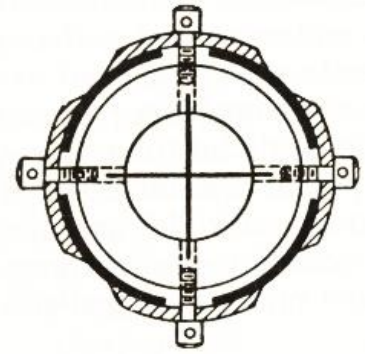
Esquema de anteojo astronómico de Kepler



Anteojo moderno con enfoque interior mediante una lente negativa. El retículo está colocado en el tubo principal, pudiéndose desplazarse para su corrección.

RETÍCULO

El anteojo astronómico de Kepler tal como se ha descrito no se presta aún para medir, pues le falta en el campo una marca a la cual referir un punto cualquiera de la imagen objetiva. Esa marca es lo que se denomina retículo que, en los instrumentos antiguos, en su forma más simple está constituido por dos hilos muy delgados, cruzados normalmente, uno horizontal y otro vertical, tendidos sobre un anillo metálico llamado diafragma de campo.



En los instrumentos modernos, se sustituyen los hilos por trazos muy finos grabados sobre una delgada lámina de vidrio.

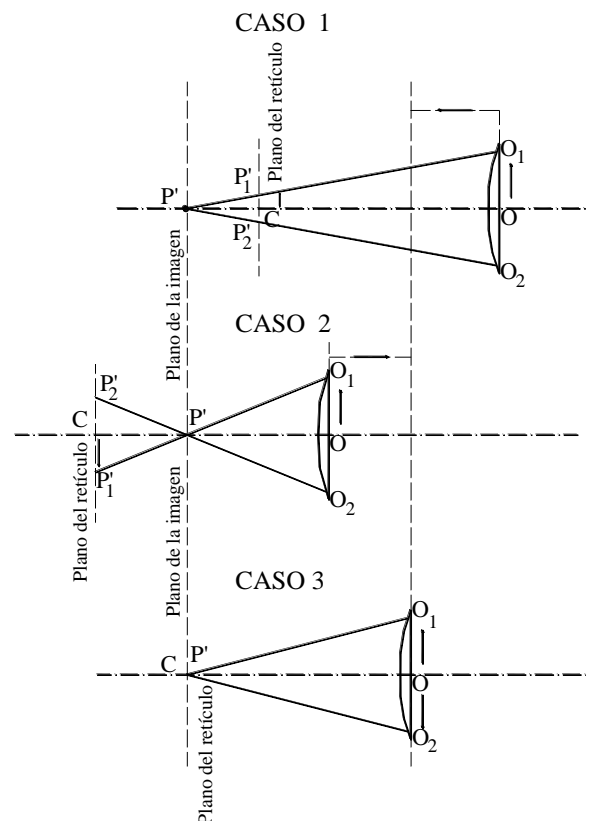
PARALAJE

Cuando la imagen del objeto (dada por el objetivo) no se produce en el mismo plano del retículo, el ojo del observador al desplazarse levemente detrás del ocular verá a aquella moverse respecto a los hilos del retículo, no pudiéndose realizar entonces la puntería o colimación del objeto.

Se llama paralaje a la distancia que separa el plano del retículo y el de la imagen.

Se pueden presentar 3 casos:

- 1er. Caso: Estando el plano del retículo entre el plano de la imagen y el ocular, la imagen se moverá en el mismo sentido que el ojo.
- 2do. Caso: La imagen se moverá en sentido contrario.
- 3er. Caso: No se observará movimiento alguno de la imagen respecto al retículo, no habiendo entonces paralaje



La imagen virtual de un objeto, formada por una lupa deberá producirse a la distancia de la visión distinta, por tanto, esa deberá ser la separación entre el ocular y el retículo, que dependerá de cada observador. Por lo tanto, deberá regularse primero esta distancia

BIBLIOGRAFÍA

- Tratado de topografía, Teoría de errores e instrumentación – Manuel Chueca Pazos, José Herráez Boquera, José Luis Berné Valero – Paraninfo, ISBN 84-283-2308-9
- Aparatos Topográficos – Francisco Valdés Doménech – CEAC, ISBN 84-329-2403-2
- Manual práctico para ajuste de aparatos topográficos – Jesús Llamas Z.- Limusa
- Manual Leica Geosystems.
- Sobre compensadores angulares, eje de colimación y correcciones – José Luis Valbuena – Banco Valbu – Universidad Politécnica de Madrid.