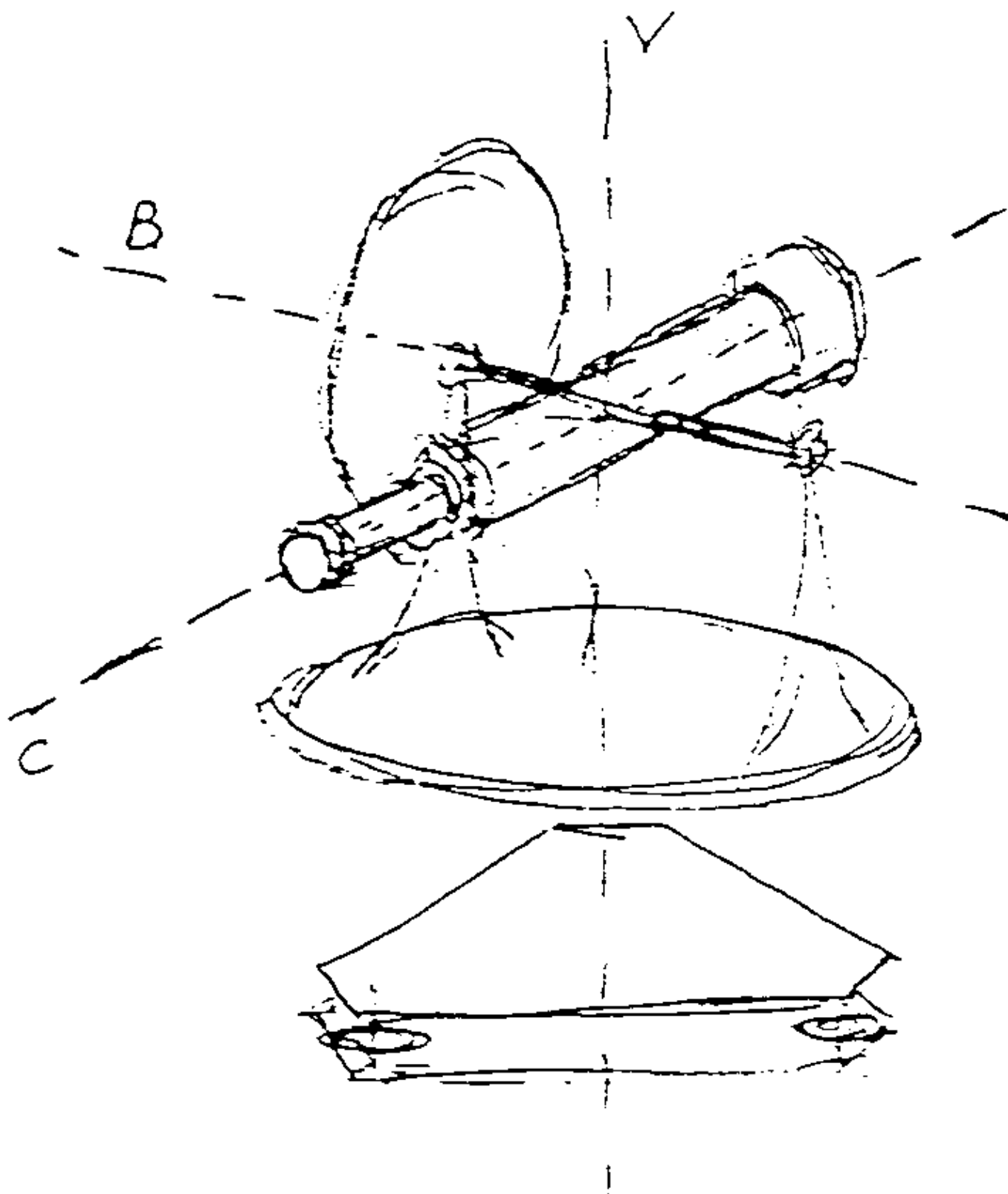


ELEMENTO DE LOS INSTRUMENTOS

TOPOGRAFICOS

La medida de los ángulos se hace en Topografía con unos instrumentos que se llaman genéricamente "goniómetros" (que quiere decir "que mide ángulos"). La mayor parte de los aparatos utilizados se incluyen en esta denominación: teodolito, taquímetro, brújula, estación total.. Además de la medida de ángulos acimutales y cenitales los goniómetros nos dan casi siempre las distancias calculadas por métodos indirectos.

V.1 ESQUEMA GENERAL DE UN GONIÓMETRO.



Prescindiendo del trípode y fijándonos en el aparato propiamente dicho podemos distinguir una plataforma de nivelación y unión con el trípode por un lado y el cuerpo del aparato por otra, con una parte fija y otra móvil. La parte móvil que gira sobre un eje vertical $V V'$ se le llama alidada acimutal.

En el cuerpo del aparato están los limbos y un anteojo que báscula sobre un eje $E E'$. La plataforma de nivelación realmente es una doble plataforma con tornillos para nivelar $\sim$ medio, 3 en los aparatos europeos y 4 en los aparatos americanos.

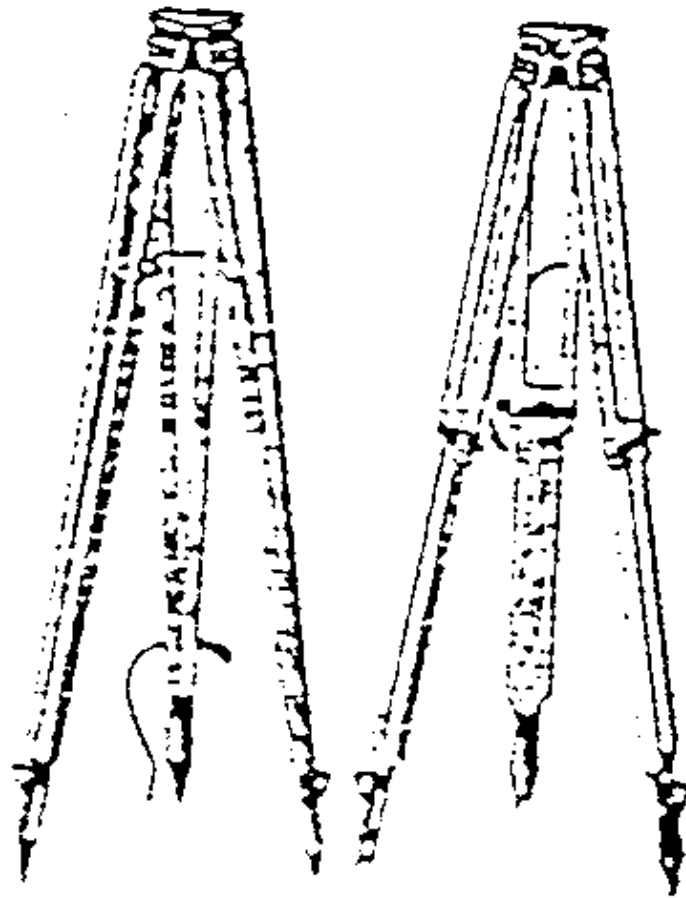
En un goniómetro se distinguen 3 ejes:

- Eje vertical o eje de giro $V V'$.
- Eje de basculación del anteojo $E E'$, también fumado a veces eje de muñones o eje secundario.
- Eje de colimación $C C'$ –línea que sigue la visual del anteojo.

Para que un aparato esté bien, estos tres ejes deben ser perpendiculares entre sí.

V.2 ELEMENTOS ACCESORIOS Y ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN GONIOMETRO.

a) Trípodes



Trípodes de meseta.

Es el Soporte del aparato, con 3 pies de madera o metálicos, con patas extensibles o telescópicas que terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1'40 – 1'50 m. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.

La parte superior es una meseta metálica, triangular o circular con un orificio central cuya misión es permitir pequeños desplazamientos para facilitar el estacionamiento sobre un punto.

En esta meseta está la sujeción al aparato que normalmente será un tornillo que se desliza sobre una guía metálica para permitir los desplazamientos del aparato. En la parte inferior de este tornillo estaría la sujeción

de la plomada manual.

La meseta o plataforma superior del trípode puede ser plana, convexa en algunos aparatos y otras veces tiene una forma especial porque utiliza otros modos de sujeción entre trípode: – aparato, por ejemplo en los trípodes de bastón centrador que utilizan una palanca de sujeción.

b) Sistema de sujeción trípode –aparato: tomillo, palanca u otros.

c) Plomada o plomada óptica para el centrado sobre un punto.

La plomada óptica es un prisma de reflexión con un círculo grabado para la puntería.

d) Elementos de puntería sobre el anteojo para buscar a los portamiras en una primera aproximación.

e) Plataforma de nivelación del aparato y de unión con el trípode de 3 ó 4 tornillos.

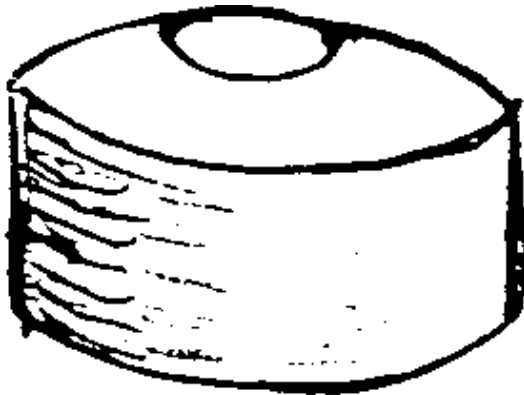
f) Tornillos de presión y de coincidencia –también llamados movimientos rápido y movimiento lento. Por cada movimiento de giro del aparato hay un juego de tornillos de presión y de coincidencia. El primero permite el libre giro o bloquea el movimiento, el segundo una vez que el primero ha bloqueado permite pequeños desplazamientos para atinar la puntería con el retículo del anteojo.

En los aparatos modernos se procura que el tomillo de presión tenga distinta forma que el de coincidencia para evitar confusiones, a veces es una pinza o tiene otras formas.

V.2.2 Elementos fundamentales:

Son 4: niveles, anteojo, limbos y elementos de medida.

A)NIVELES: Su misión es conseguir que el aparato esté en un plano horizontal. Hay 2 tipos fundamentales, el nivel esférico y el nivel tubular (o tórico, o nivel de aire).



Nivel esférico o de aproximación: – Se utiliza cuando no se requiere una perfecta nivelación. Es una pequeña caja metálica cilíndrica con un líquido poco viscoso en el interior dejando una burbuja. La parte superior, es de cristal, convexa, con un círculo grabado en el centro donde debe colocarse la burbuja.

Son rápidos y prácticos, pero tienen poca sensibilidad, entre 1' y 7' sexagesimales.

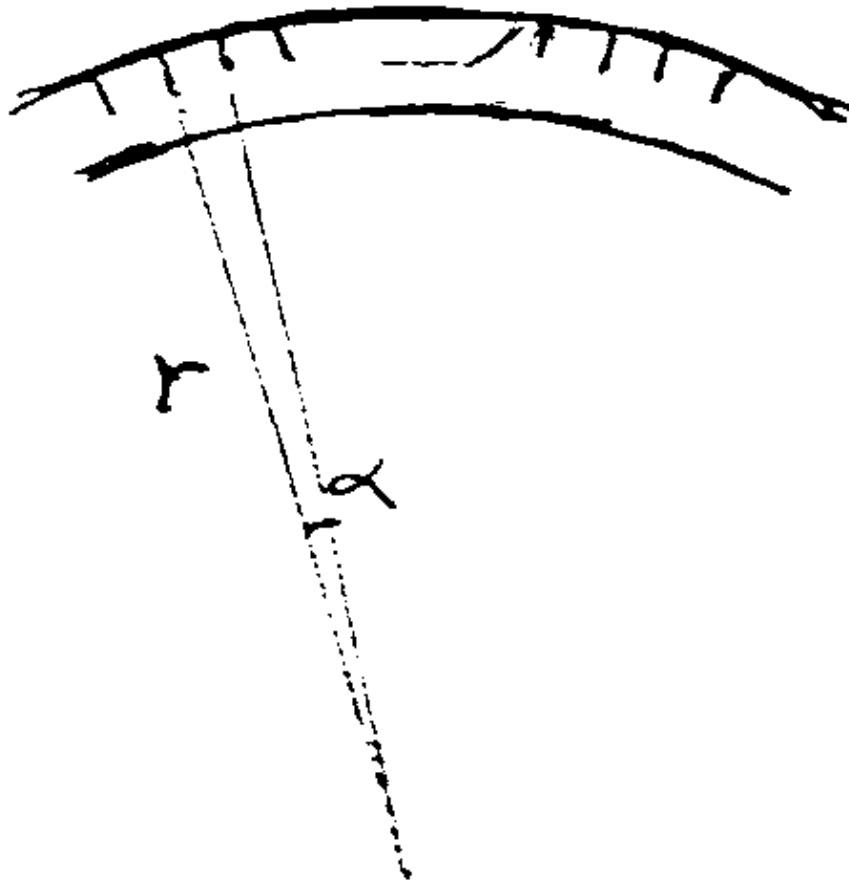
Nivel tubular:

Nivel tubular



Es más preciso que el anterior, es un tubo de vidrio de forma teórica de escasa curvatura, normalmente montado sobre un armazón metálico, con un líquido poco viscoso, éter o benzina, dejando una burbuja. Lleva unos trazos o divisiones, separadas 2 mm frecuentemente.

La tangente al ecuador del nivel trazada en el punto central se llama eje del nivel, y deberá ser horizontal cuando la burbuja esté calada, si no el nivel está descorregido.



Sensibilidad del nivel – El ángulo de giro correspondiente al desplazamiento de la burbuja en una división dado en segundos

2 mm = radio de curvatura a en radianes.

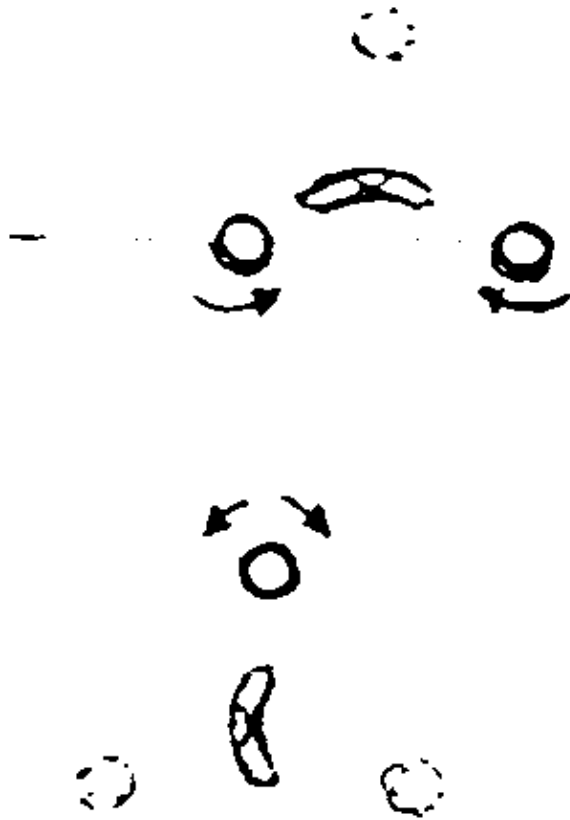
sensibilidad = α en segundos = 206.265"

A mayor radio de curvatura mayor sensibilidad a menor ángulo α mayor sensibilidad.

La sensibilidad de estos niveles oscila entre 1' y 5". No debe ser tampoco muy grande pues seria muy difícil mantener calada la burbuja.

MODO DE CALAR LA BURBUJA EN EL APARATO

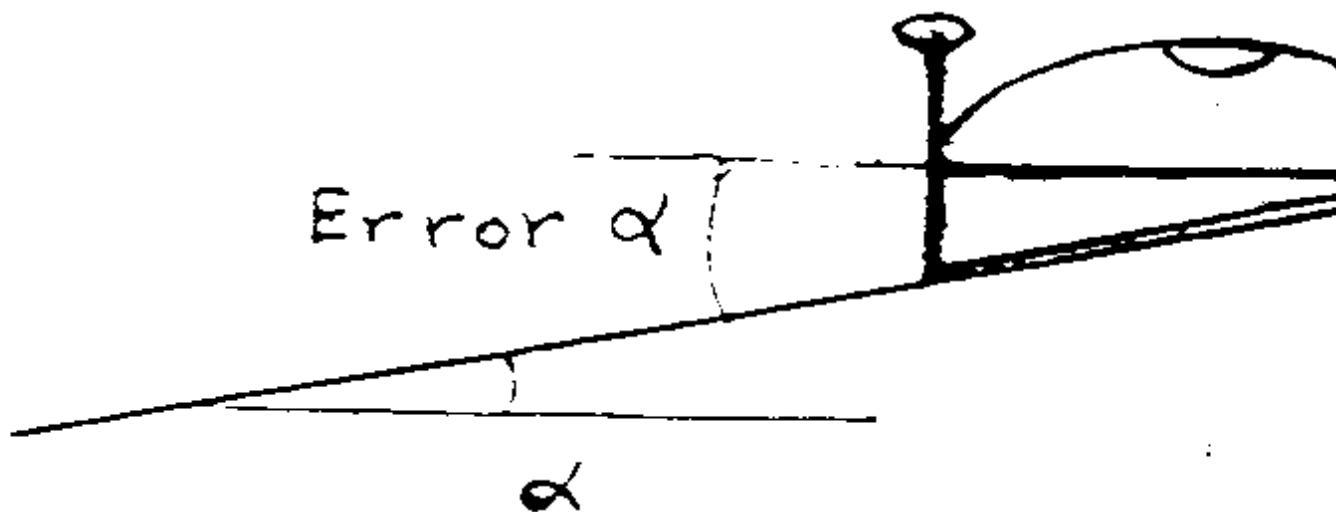
La burbuja nos señala la parte del aparato que está alta.



Para nivelar un nivel tubular fijo en un aparato se pone primero el nivel alineado en la dirección de 2 tornillos cualesquiera y accionando los 2 tornillos a la vez en sentido opuesto se cala la burbuja. Después se gira el aparato para que el nivel quede en la dirección perpendicular y ahora moviendo solamente el tercer tornillo se vuelve a calar, así queda nivelado el aparato, el aparato se dice que está "estacionado".

Regla del pulgar de ~ mano izquierda. Para saber hacia donde se va a desplazar la burbuja al mover los tornillos, el movimiento del pulgar de la mano izquierda señala la dirección en la que se va a desplazar la burbuja.

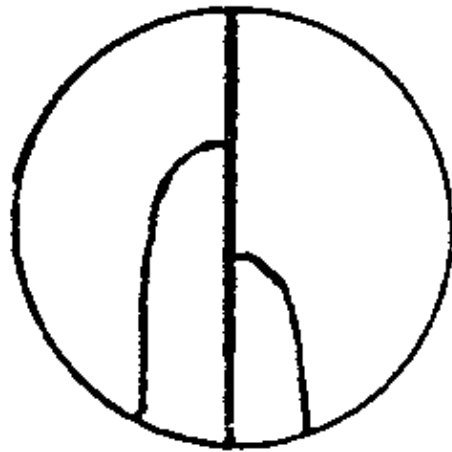
COMPROBACIÓN Y CORRECCIÓN DE UN NIVEL.



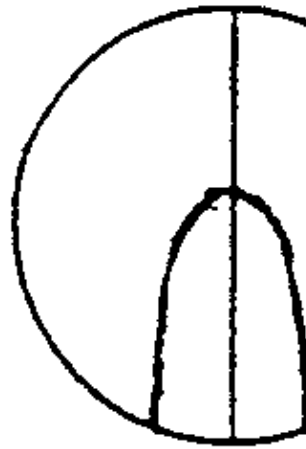
En una dirección del anteojo se comprueba que el nivel esté calado, se gira luego 200° y la burbuja debe seguir calada si está bien el nivel. Si no, habría que corregirlo con los tornillos propios del nivel la mitad del desvío de la burbuja.

Es mejor no corregir manualmente los niveles, acaban cogiendo holgura.

Nivel de coincidencia:



DES NIVELADO

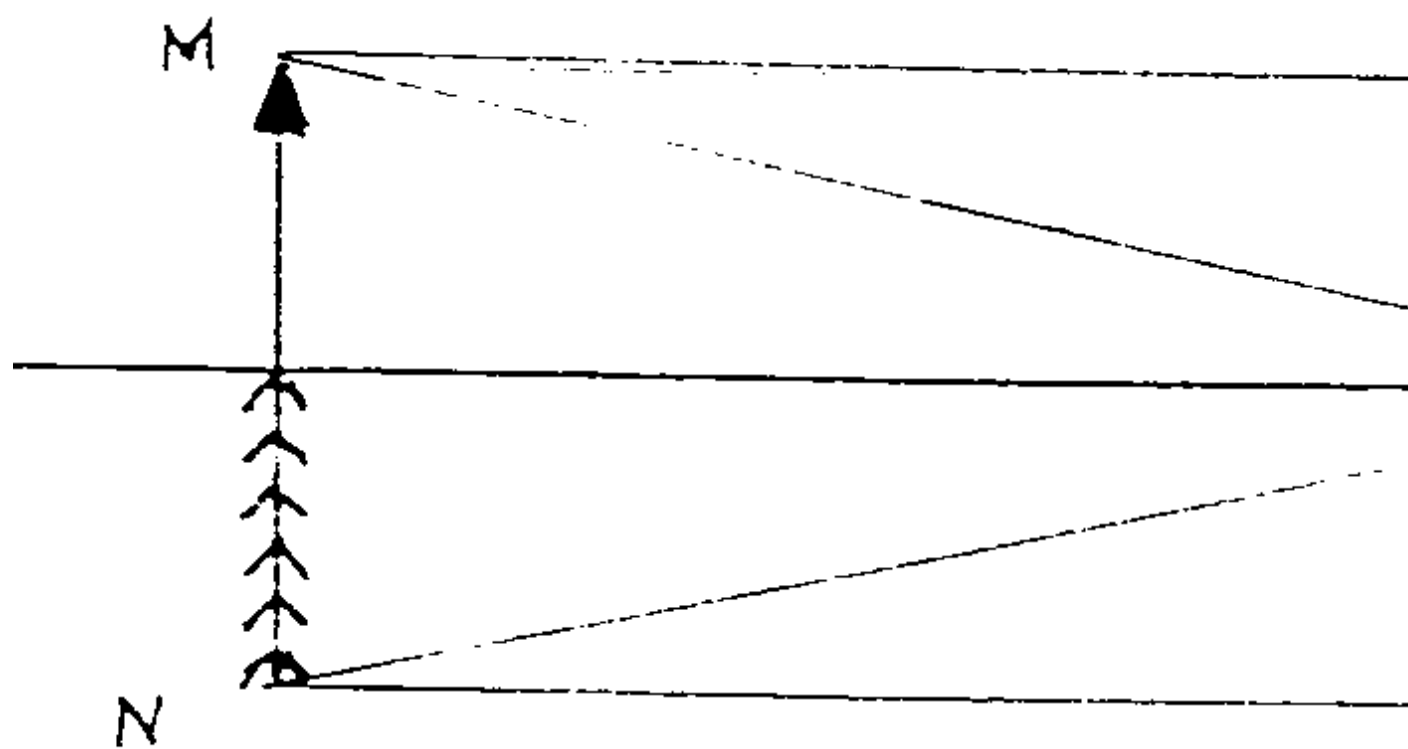


BURBUJA

Un modo de precisar más con un nivel tubular es dividir la imagen del nivel con una serie de prismas que cortan la burbuja longitudinalmente y transversalmente y superpone 2 partes opuestas en un pequeño anteojo.

Este nivel duplica la apreciación (la sensibilidad del nivel no cambia), y además aquí no se cometen errores al apreciar las divisiones. Permite hacer nivelaciones con gran rapidez.

B) ANTEOJO:



En el siglo XVI se difundió el uso del anteojo aunque el invento había sido anterior. Después Kepler en 1611 inventó el "anteojo astronómico", que es el usado en topografía. Este anteojo nos daba una imagen invertida. En los últimos años los avances de la óptica han permitido conseguir una imagen directa intercalando más lentes y sin que apenas se pierda claridad en la imagen.

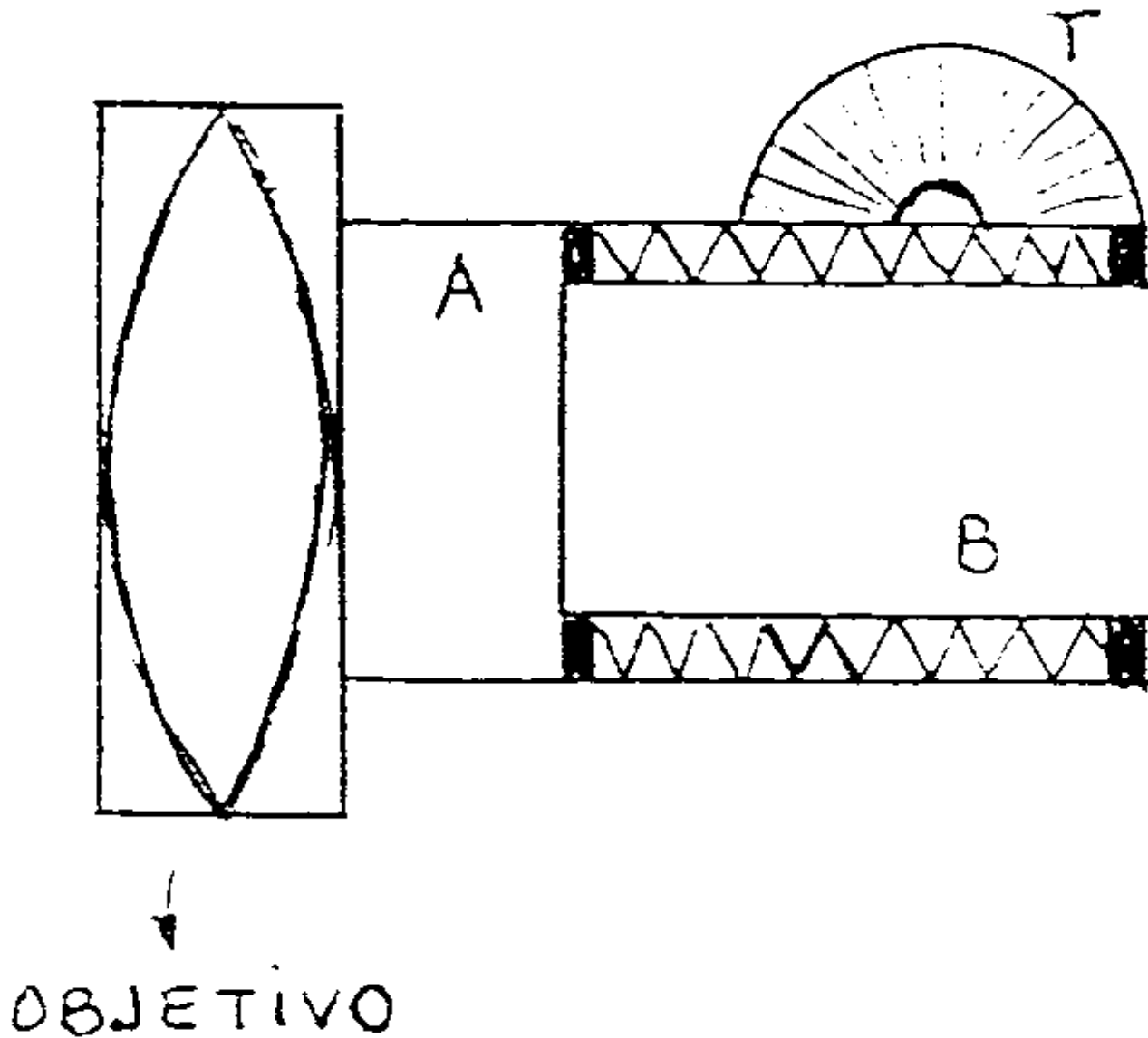
Un anteojo astronómico consta de 2 lentes convergentes (en la actualidad 2 sistemas de lentes convergentes) montadas en un tubo, con separación variable: ocular y objetivo.

La primera imagen es real, invertida y más pequeña. $M' N'$.

La segunda es virtual invertida y ampliada. Para conseguir este efecto la lente ocular debe estar situada de forma que la primera imagen se forme entre la lente ocular y su foco (para que funcione como anteojo astronómico). $M' N'$

El resultado es que el objeto lejano lo vemos invertido y amplificado a la distancia de la visión distinta, unos 25 cm

Posteriormente se añadió el retículo –cristal con 2 hilos de la cruz filar y otros 2 hilos para la medida estadimétrica de distancias. Su imagen debe superponerse con la imagen del objeto.



MONTURA DEL ANTEOJO

Consta de 3 tubos, el primero un tubo A de latón ensanchado en un extremo donde \fa montado el objetivo (normalmente son varias lentes formando un sistema convergente); en el otro extremo entra un segundo tubo B que se desplaza dentro de A mediante una cremallera accionando un tornillo exterior; se le llama tubo ocular. Lleva un retículo fijo.

Un tercer tubo P, más corto que los otros dos, que lleva la lente ocular entra a presión en B, tiene un pequeño desplazamiento, se llama tubo porta ocular.

La primera imagen ha de formarse sobre el retículo y para eso se mueve el tornillo T desplazando el tubo B dentro de A (enfoque del objeto).

El desplazamiento permite ajustar a la vista de cada uno la imagen del retículo y la de la primera lente (enfoque del retículo). Primero se hace siempre el enfoque del retículo.

Colimar un punto –en sentido amplio observarlo con el anteojo (más exactamente, hacer que su imagen se forme en el plano del retículo).

EJES DE UN ANTEOJO ASTRONÓMICO.

Se consideran 3 ejes:

Eje óptico –recta que une el centro óptico del ocular y el del objetivo.

Eje mecánico –recta que pasa por el centro óptico del objetivo y es paralela al movimiento del tubo ocular.

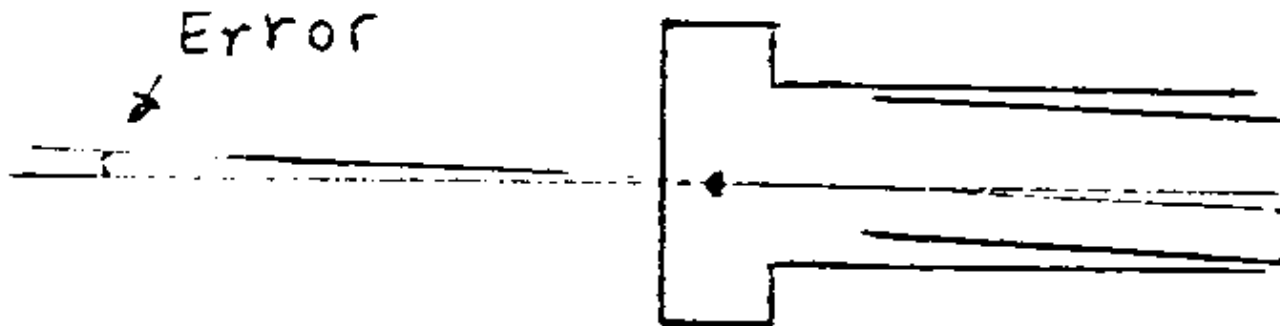
Eje de colimación –recta que une el centro óptico del objetivo y el centro del retículo.

Para que un anteojo esté en buen estado deben coincidir los 3.

IRREGULARIDADES Y DESCORRECCIONES DE UN ANTEOJO.

El eje de colimación es el más importante y no debe variar su posición en el anteojo. Hay 2 causas principales de variaciones de este eje y por tanto de irregularidades.

–*Descentrado del retículo* –se puede corregir, pero puede llegar a ser un error grande, un descentrado de 0'2 mm puede originar errores angulares de 206".

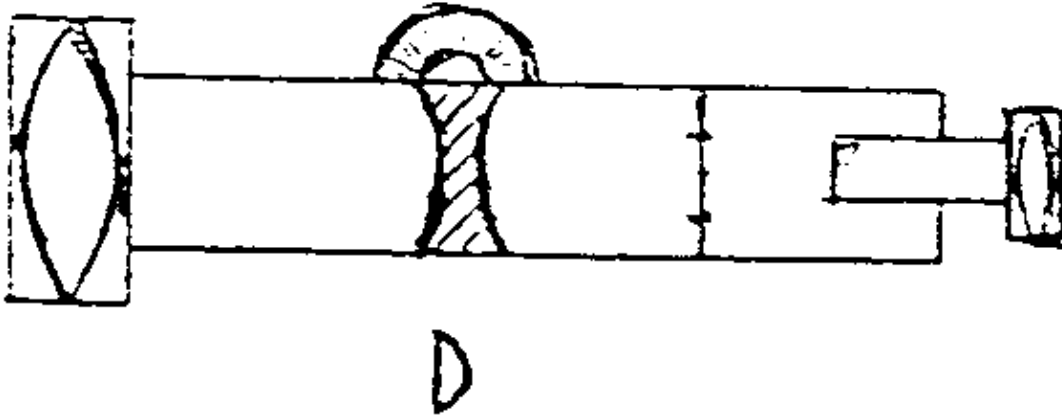


–*Irregularidades* en el movimiento del tubo ocular, por holguras, o poca presión de la cremallera (inutiliza el anteojo).

Un tercer tipo de error – debido sólo al operador – es el *error de paralaje*, es propio de los principiantes y consiste en que la imagen que llega del objetivo y el retículo no están superpuestas en el mismo plano. Se nota porque al moverse el observador, pequeños desplazamientos a izquierda y derecha se desplazan los hilos sobre la imagen ("enfoque defectuoso").

ANTEOJOS DE ENFOQUE INTERNO.

Para evitar las irregularidades del tubo ocular, en los aparatos modernos los tubos A y B se reducen a uno sólo.



El enfoque de la imagen del objetivo para superponerla al retículo se realiza mediante una lente divergente móvil D pero el desplazamiento de esta lente es muy pequeño, no suele ser mayor de 2 mm.

Además de evitar holguras y evitar el mecanismo de cremallera tiene la ventaja de que al ser más compacto evita la entrada de humedad y polvo que dañan los anteojos.

También hay que tener en cuenta que este anteojo a igualdad de aumentos tiene menor longitud.

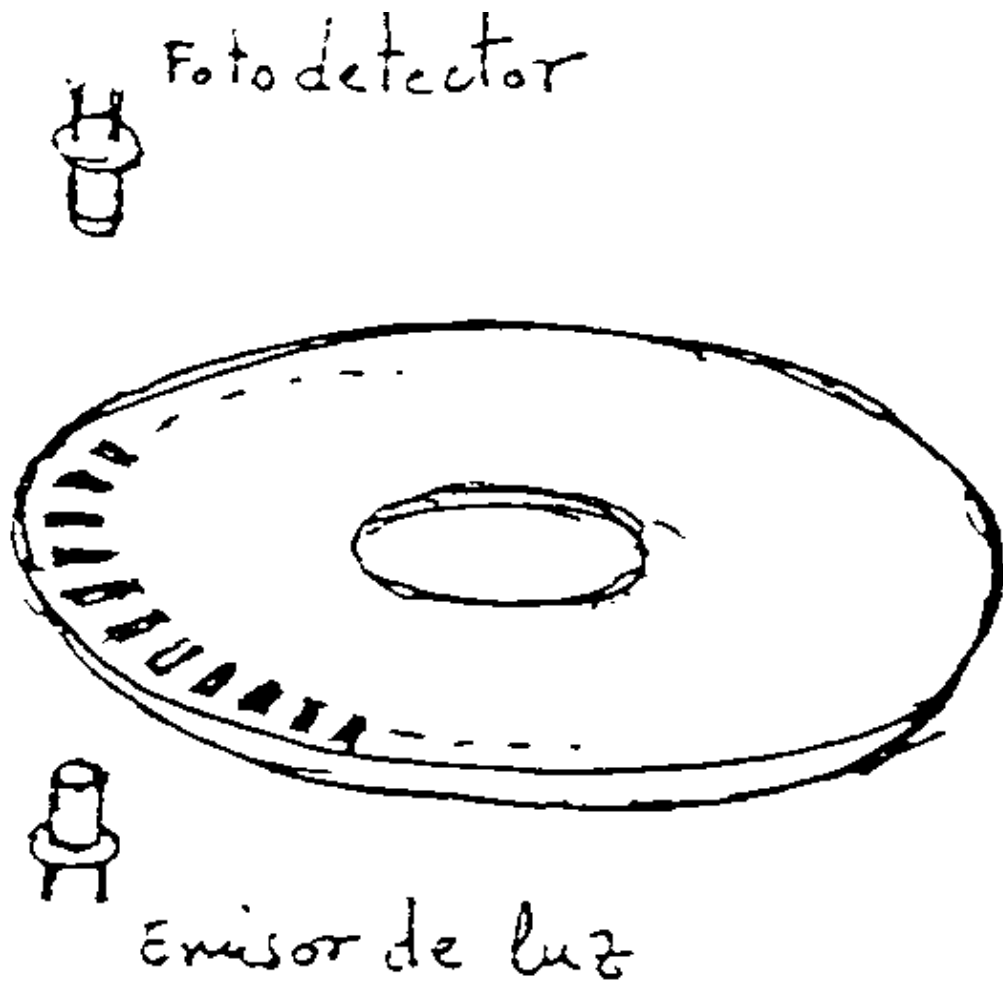
C) LIMBOS:

Discos graduados, metálicos o de vidrio, para medir los ángulos. Van divididos en grados, medios grados o divisiones más pequeñas, con trazos muy finos y regulares.

Para medir llevan un índice, o más habitualmente 2 índices opuestos.

Actualmente casi todos los limbos son de vidrio.

Los aparatos suelen llevar 2 limbos, uno horizontal o "acimutal" para los ángulos horizontales y otro vertical o "eclímetro" para los ángulos verticales.

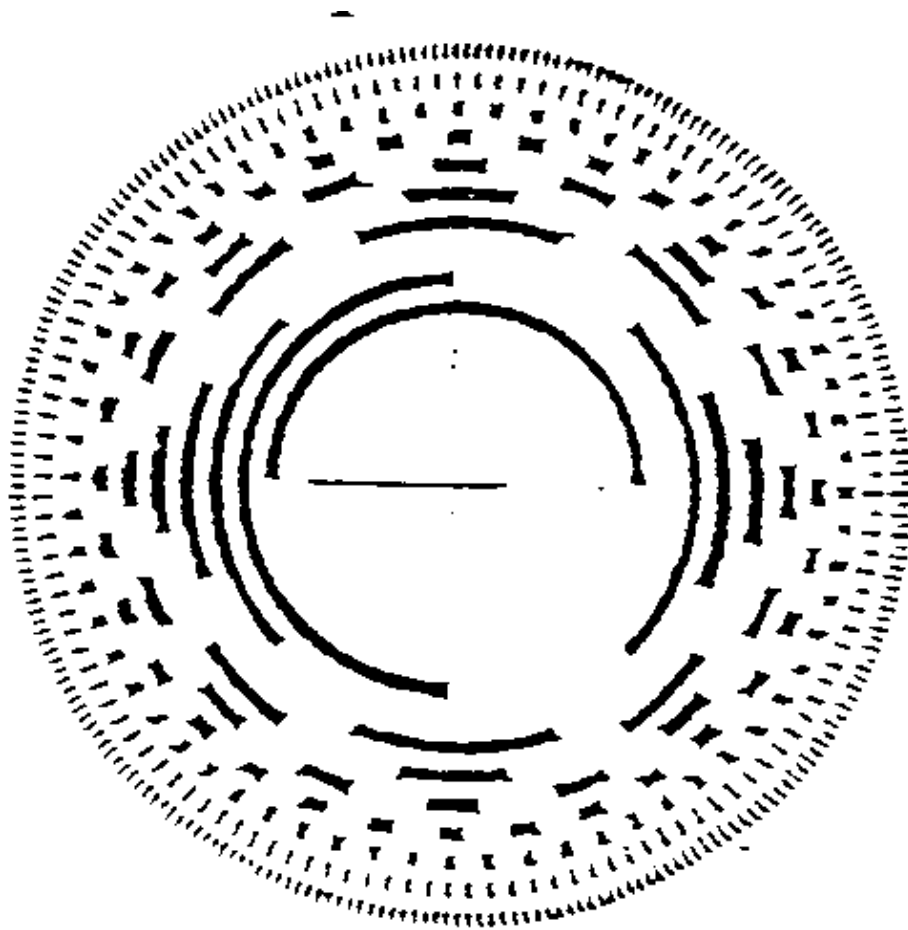


Normalmente en los aparatos será el limbo fijo y los índices se desplazaban solidarios con la alidada.

Se dice que la graduación de un limbo es normal si crece en la dirección de las agujas del reloj, también llamada graduación dextrorsum.

En los aparatos electrónicos modernos los limbos utilizados suelen ser los llamados limbos incrementales, llevan divisiones pero sin números, van alternando divisiones transparentes y opacas, las transparentes dejan pasar la luz de un emisor cuya señal es recogida por un sensor.

Las divisiones opacas no dejan pasar la señal. Estas señales son transformadas en digitales mediante un codificador.



LIBRO CODIFICADO

Como las divisiones...

Realmente hacen falta 2 sensores, uno fijo y otro móvil, para que el fijo haga de referencia. Normalmente se añaden otros dos sensores en la parte opuesta del limbo que hacen de segundo Índice; incluso muchos aparatos llevan 4 Índices en lugar de dos.

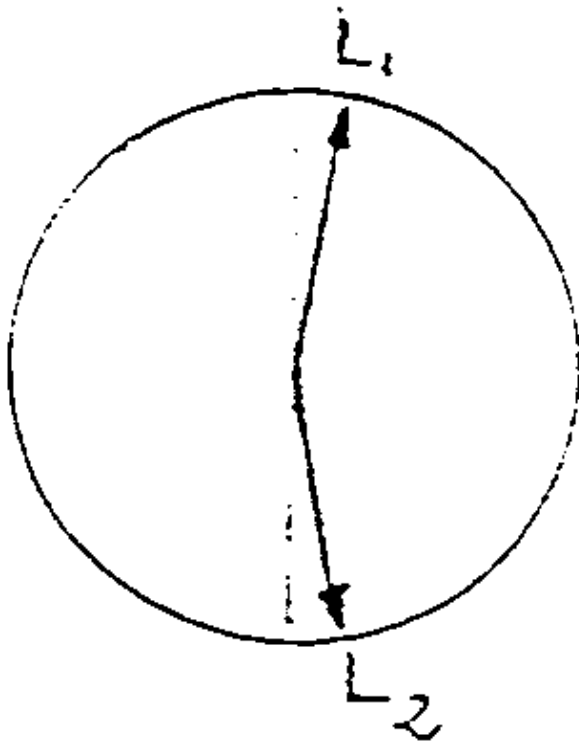
Como las divisiones de estos limbos no suelen ser menores de 1 para interpolar medidas en medio utilizan algún sistema electrónico adicional con lo que se llega a 205, los 0 incluso hasta 2 s. Cada casa comercial tiene su procedimiento de interpolación.

Hay aparatos de medida electrónica que en lugar de limbos incrementales tienen limbos absolutos –con 9 o más pistas codificadas y emisores y sensores en cada una de las pistas.

ERRORES DEBIDOS A LOS LIMBOS:

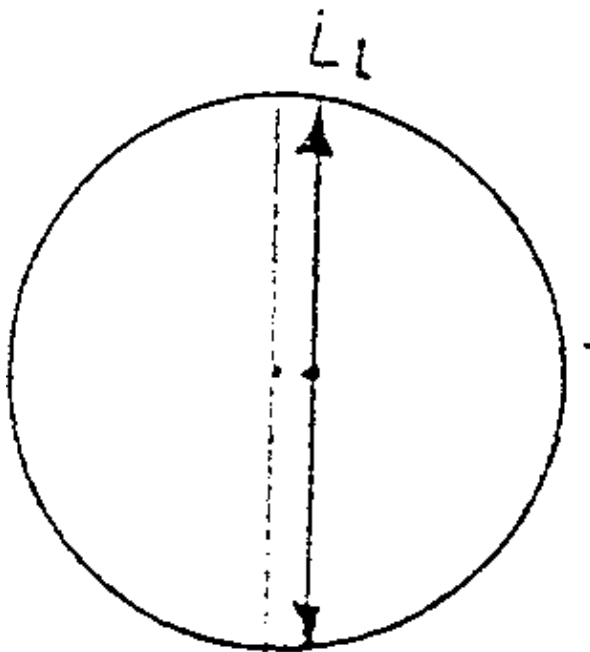
–Falta de uniformidad de las divisiones.

–Desviación de índices –consiste en que los dos Índices opuestos que tiene el limbo no dan una diferencia exacta de lecturas de 200 ó de 180°. Se nota porque (en los antiguos) al leer los 2 índices hay diferencia en las medidas, esta diferencia es constante si se hacen otras lecturas. Se corrige este error tomando como lectura la semisuma de las lecturas de los 2 índices, corregida una de ellas en 200.

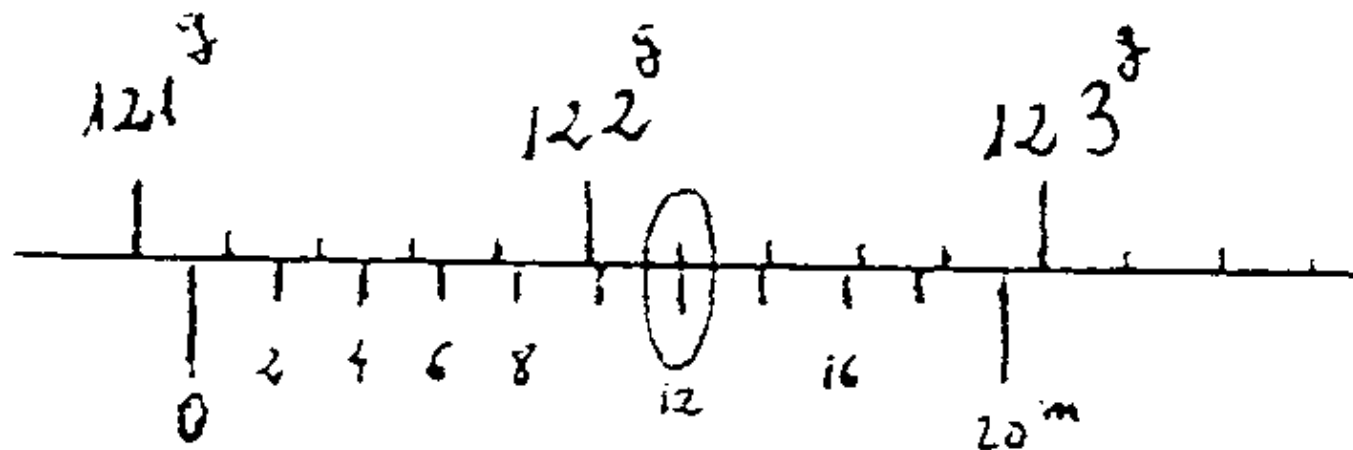
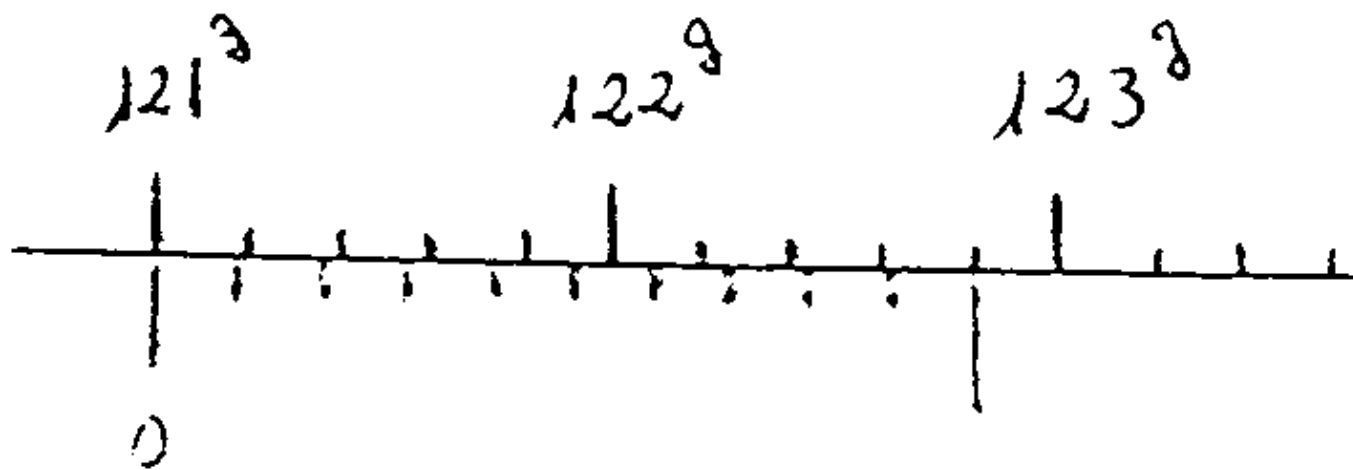


–*Excentricidad del limbo.*– consiste en que el centro del círculo del limbo no coincide con el punto por donde pasa el eje de giro del instrumento.

Se nota porque la diferencia de lectura de los Índices no es 200 y además el error es variable según la dirección de la visual. Se corrige también tomando como lectura la media de la lectura de los 2 índices.



D) ELEMENTOS DE MEDIDA DE ÁNGULOS Y DE DISTANCIAS:



121°

D.1. NONIOS –Para medir ángulos en los limbos se usarán en lugar de índices, dos nonios, uno a cada lado del limbo. El nonio o "vernier" nos aumenta la apreciación de las medidas angulares con el mismo limbo. Lo que hace es tomar un número entero n de la menor unidad en que está dividido el limbo y dividirlo en $n + 1$ partes y superponer esta escalilla al limbo. La sensibilidad del nonio será la menor unidad de división del limbo dividido por $n + 1$. En la figura

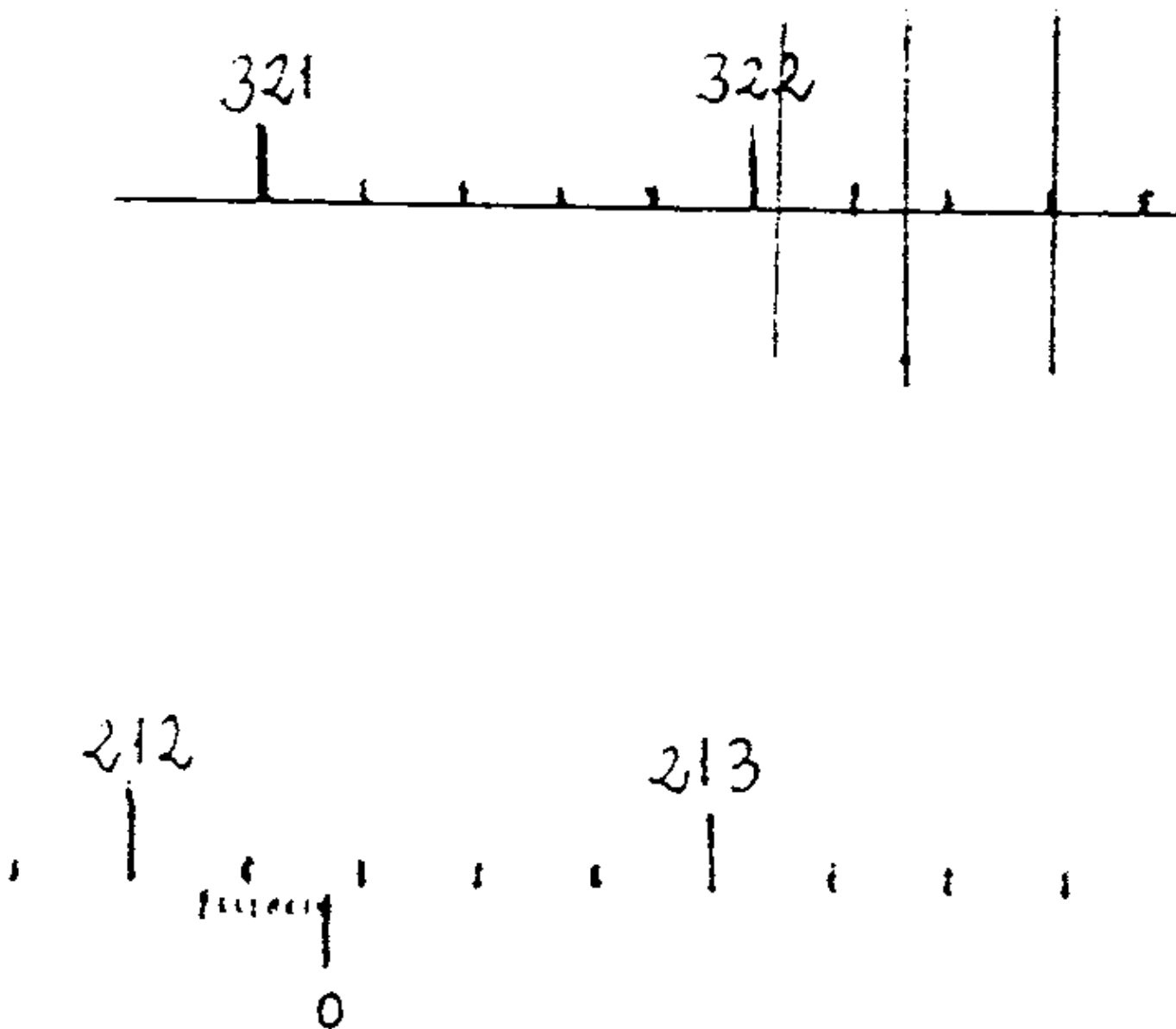
Para saber qué lectura tenemos que leer en el nonio basta fijarse en la división que coincida con una división del limbo.

Actualmente no se usan los nonios.

D.2. MICRÓMETROS:

Elemento para hacer la lectura de ángulos que consiste en un microscopio para observar ampliada la zona del limbo a leer, además este microscopio lleva una escala graduada que se superpone a la imagen que recibimos del limbo. La graduación del microscopio coincide con la graduación del limbo.

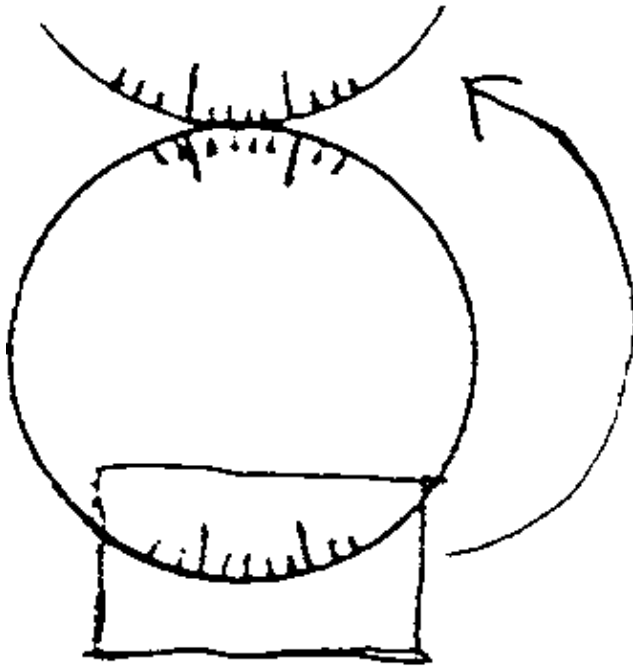
Hay varios tipos, aunque hoy ya sólo se usa el micrómetro óptico de coincidencia.



* Micrómetro de 3 hilos. – Superpone 3 hilos sobre el limbo, son como 3 índices; la lectura es la media de las

3 lecturas.

* Micrómetro de estima. – Superpone una escalilla cuyos extremos coinciden con la menor división del limbo.

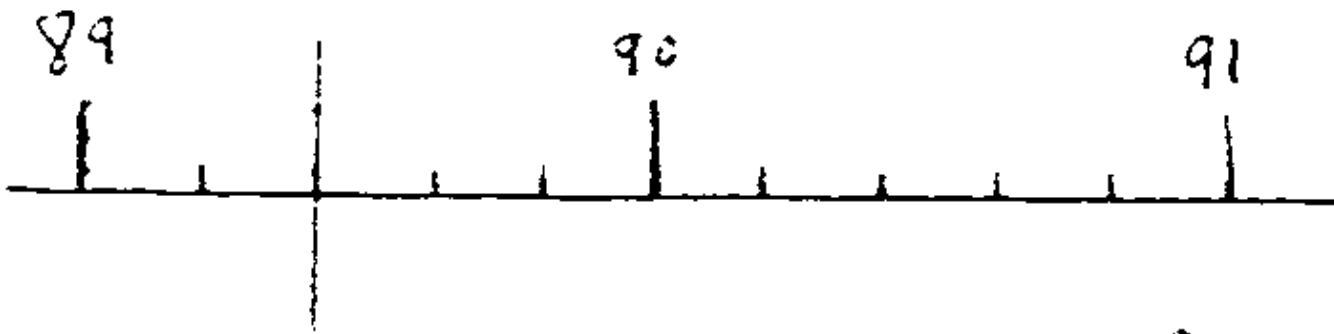
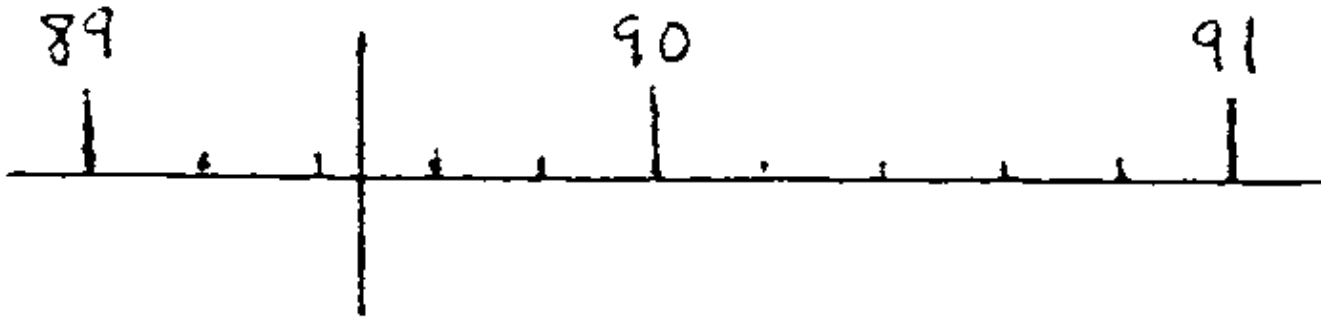


* Micrómetro óptico de estima. – Fue un invento de la casa Wild. Consiste en superponer a la imagen del limbo que vemos por el microscopio, la imagen de la parte opuesta del limbo mediante unas lentes. La lectura que tenemos que tomar es la del punto de tangencia, además en ese punto la diferencia de lecturas coincide que será 200 ó 180.

Realmente para que la imagen no sean 2 escalas curvas unos prismas separadores la cortan ligeramente y nosotros vemos 2 graduaciones rectas superpuestas, una arriba y otra abajo, que crecen en distinto sentido.

Este sistema tiene la ventaja de que duplica la apreciación y con una sola lectura da corregidos los errores de excentricidad y desviación de índices.

* Micrómetro óptico de coincidencia. – Con este micrómetro se puede aumentar la apreciación en la medida de ángulos de forma notable. El microscopio sólo lleva un índice que superpone sobre el limbo, pero en lugar de medir a la estima la que hacemos es desplazar la imagen del índice que nos llega hasta hacerla coincidir con la inmediatamente anterior y medir en una escala ese desplazamiento, o en un tambor asociado al tornillo que desplaza.



89'4786"

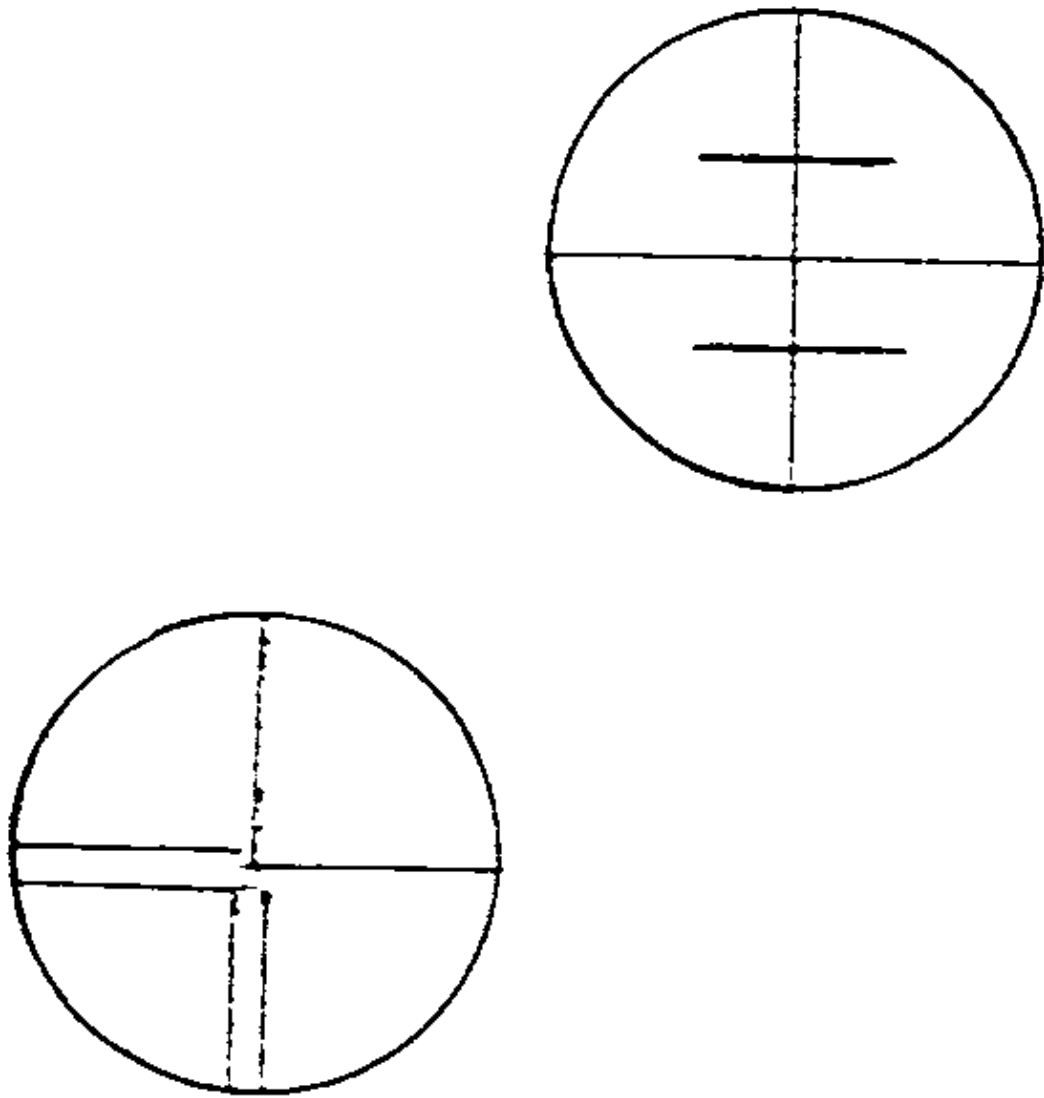
El desplazamiento máximo del micrómetro es una división del limbo.

Se basa en el principio de la placa de vidrio de caras opuestas y paralelas. Si el rayo entra perpendicular no se desvía, si giramos la placa se va desviando la imagen cada vez más.

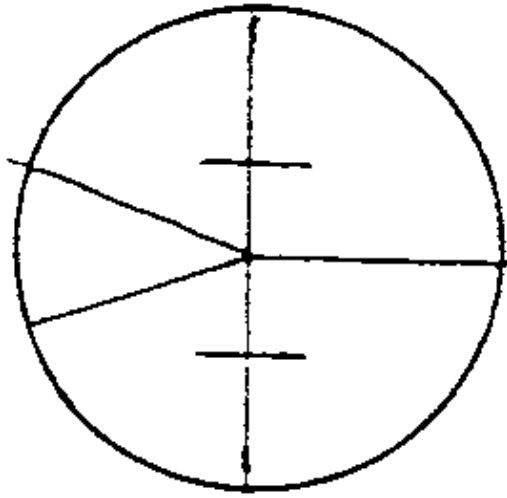
D.3 ELEMENTOS DE MEDIDA ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS:

No son, estrictamente hablando, elementos de un goniómetro; son propios de la estación total, se verán con más detalle al hablar de la estación total.

D.4 ELEMENTOS DE MEDIDA ESTADIMÉTRICA DE DISTANCIAS:



Prácticamente todos los goniómetros incluyen un retículo dentro del anteojo que tiene además los 2 trazos horizontales para medir distancias, se llama hilos estadimétricos.



Los hilos de la cruz filar a veces adoptan otras formas para facilitar la puntería.

Los niveles de precisión tienen el retículo en cuña.

ELEMENTOS DE LOS INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS