

TEMA 4. ELEMENTOS DE UN GONIÓMETRO. MEDIDAS ANGULARES.

INTRODUCCIÓN.

Con la terminología de goniómetro se está englobando los taquímetros y los teodolitos, diferenciándose unos de otros principalmente en que el taquímetro puede leer distancias mediante métodos estadimétricos y el teodolito sólo ángulos.

Cualquier trabajo topográfico, de alguna precisión requiere la presencia y utilización de instrumentos capaces de medir ángulos.

Así pues, podemos definir como goniómetro todo aparato capaz de medir el ángulo formado por dos visuales, cifrando el resultado

Dicho ángulo podrá estar situado en un plano horizontal y se denominará ángulo azimutal; o en un plano vertical, denominándose ángulo cenital si el lado origen de graduación es la línea cénit-nadir del punto de estación; o ángulo de altura si dicho lado es la línea horizontal del plano vertical indicado que pasa por el punto de vista o de puntería.

En la anterior figura se puede apreciar las siguientes partes:

Una base de sustentación provista de tres tomillos nivelantes, para lograr su horizontalización.

Un círculo graduado fijo azimutal para medición de ángulos horizontales, provisto de un nivel tórico de burbuja.

Una parte móvil o alidada que, girando sobre el círculo azimutal, contiene a su vez el círculo cenital o de alturas, llamado también eclímetro.

Un anteojo situado en la alidada, móvil dentro de ella en un plano vertical, con lo que , por conjunción de dicho movimiento y el propio de la alidada, puede apuntar (colimar, en lenguaje topográfico) a cualquier punto del espacio.

Todo el conjunto se sitúa sobre un trípode en el punto de estación o lugar del terreno desde el que se practican las visuales y mediciones.

El aparato, según se aprecia en la figura, tiene tres ejes principales:

Eje principal o vertical, alrededor del cual gira la alidada.

Eje secundario u horizontal, alrededor del cual gira el anteojo.

Eje de colimación, o de puntería, coincidente con el eje geométrico del anteojo.

Cuando el eje principal es vertical, el eje secundario está horizontal, y ambos ejes se cortan en un punto, por el cual pasa el eje de colimación; por tanto, los tres ejes se cortan en un punto. Se dice que el aparato está en estación cuando se relizan las operaciones conducentes a lograr que físicamente se materialice el condicionado anterior, con la circunstancia adicional de que el eje principal pase por el punto del terreno previamente marcado, o punto de estación.

Un aparato así descrito corresponde a la denominación de: teodolito, taquímetro o estación total.

ELEMENTOS INDEPENDIENTES DEL GONIÓMETRO.

4.1. SEÑALIZACIÓN.

Las señales sobre las que se estaciona el goniómetro deben ser lo más estables posibles.

Como señal permanente que se sale de la tónica de la topografía clásica, están los vértices geodésicos.

Existen en el mercado hitos pequeños para señalar las estaciones, los cuales consiste en una barra hueca en la cual se introduce un dado (cerámico o plástico) y en el hueco otra barra que al golpearla produce la introducción de todo el conjunto.

Otro elemento permanente es el uso de cualquier tipo de clavo, siempre que se introduzca en elementos estables.

Otro elemento de señalización pero menos estable es el uso de estacas de madera de 40 a 50 cms. de longitud.

4.2. TRÍPODES.

Están formados por tres patas extensibles de madera o de metal ligero, que disponen en un extremo de regatones de hierro con un estribo para clavarla en el suelo.

En el otro extremo del trípode se encuentra una plataforma o meseta, donde se apoya el aparato topográfico y hay un pequeño hueco en medio para la plomada óptica y el tornillo de sujeción. El hueco tiene holgura para poder poner el goniómetro sobre el punto de estación.

ELEMENTOS DE UN GONIÓMETRO.

4.3. PLOMADA ÓPTICA.

Antiguamente se utilizaba para estacionar el goniómetro la plomada física (cuerda con un peso); actualmente se usa la plomada óptica.

La plomada óptica consiste en un ocular que dispone el goniómetro, y mediante un prisma de reflexión que lleva interno, desvía la visual de forma que esta coincide con el eje vertical del aparato.

Cuando se acaba el estacionamiento el centro de la señal debe quedar en coincidencia con el centro de la señal del ocular de la plomada.

4.4. PLATAFORMA NIVELANTE.

Los aparatos topográficos utilizan como base para realizar su nivelación tres tornillos verticales que se denominan tornillos nivelantes y que apoyan sobre la meseta del trípode.

Haciendo girar los tornillos se consigue variar la longitud de éste y por tanto el instrumento se inclina más o menos y por tanto se realiza su nivelación fijándose en el nivel que tiene en su plano horizontal.

4.5. NIVELES.

Es el elemento que dispone el goniómetro para corregir su nivelación u horizontalización.

Deben estar contruïdos con notable precisi3n y ajuste para que el aparato sea aceptable, por eso una de las caracterïsticas tïcnicas de los goni3metros es la sensibilidad.

Se entiende por sensibilidad al 3ngulo de giro correspondiente al desplazamiento de la burbuja de aire que se encuentra encerrada en una divisi3n. Ese 3ngulo se expresa en segundos.

La sensibilidad oscila entre 1' y 20 en goni3metros normales.

Se han conseguido aparatos topogr3ficos con sensibilidades de 5, pero es muy difïcil calarlo, y una vez conseguido el mïnimo movimiento alrededor de la estaci3n lo desnivela; por tanto, este tipo de instrumental se emplea sobre pilares de hormig3n estables.

Existen los siguientes tipos de niveles:

4.5.1. NIVEL T3RICO.

Est3 constituido por un tubo de vidrio de forma t3rica, de escasa curvatura y cerrado en sus extremos. El tubo est3 casi lleno de liquido (ïter o alcohol), dejando una burbuja de aire que ocupa la parte m3s alta cuando se encuentra nivelado o calado.

Para comprobar el centro de la burbuja, el nivel lleva m3s divisiones transversales equidistantes 2 milïmetros.

4.5.2. NIVEL DE BURBUJA PARTIDA.

Sobre el tubo del nivel va colocado un sistema de prismas, los cuales hacen la funci3n de suplir las reflexiones sobre el nivel y recogerlas en un anteojo las mitades superpuestas de los extremos del nivel.

La separaci3n de los extremos mide el doble del desplazamiento de la burbuja, consiguiëndose aumentar la apreciaci3n, ya que en los niveles con divisiones (nivel t3nco) se debe apreciar cada una de las divisiones, mientras que en los niveles de burbuja partida se hace coincidir sus extremos.

4.5.3. NIVEL ESFÉRICO.

Cuando no se requiere hacer una nivelaci3n perfecta, sino aproximada se emplean estos niveles puesto que son r3pidos y c3modos. Disponen de 1' de sensibilidad como mucho.

Constan de una caja cilïndrica y tapada con vidrio en forma de casquete esférico e introducido en ese recipiente, ïter o bencina. En el centro del casquete lleva grabado una circunferencia, y cuando la burbuja ocupa esa posici3n el centro del nivel se encuentra horizontal.

4.6. ANTEOJO.

Todos los goni3metros est3n provistos de anteojos para facilitar en su debida precisi3n, la colimaci3n de los puntos que se pretende levantar.

Consta el anteojo de dos lentes convergentes (objetivo y ocular) siendo la distancia focal del objetivo mayor que el ocular, tambiën dispone el anteojo de una lente divergente, entre el objetivo y el ocular.

Entre el objetivo y el ocular, el anteojo dispone del retïculo que son dos lïneas ortogonales, llamadas hilos, grabadas en el cristal y que se cortan en el centro.

Se denomina colimar un punto a la operaci3n de centrar el objeto sobre el que se hace punterïa en la cruz fiar

del retículo.

Para conseguir un enfoque nítido se enfoca el retículo (apuntando al cielo) con el ocular y con el enfoque se consigue la nitidez del objeto al que se está apuntando. En el anteojo deben coincidir los centros del objetivo, del ocular y de la cruz filar en un eje, llamado eje de colimación.

Un parámetro que supone una de las características técnicas de un goniómetro, son los aumentos. El aumento es la relación entre el ángulo bajo el cual se ve la imagen a través del anteojo y el ángulo que se forma al verlo a simple vista; también se puede definir como el cociente entre la distancia focal del objetivo y del ocular.

4.7. TORNILLOS DE PRESIÓN Y COINCIDENCIA.

Una vez puesto en estación el goniómetro hay que fijar la dirección de puntería.

Para ello, observando el retículo del ocular para situarlo en el punto del objeto a determinar, se fija el eje horizontal y vertical utilizando unos tornillos, llamados de presión y coincidencia.

Tornillo de presión: permite fijar los ejes de una forma grosera.

Tornillo de coincidencia: permite afinar la visual con pequeños movimientos hasta lograr la posición exacta.

Los goniómetros que disponen de dos juegos de tornillos acimutales (movimiento general y particular) se les denomina repetidores. Con estos se puede bloquear el movimiento general y soltar la alidada, con lo que se puede situar el origen de ángulos a un punto concreto.

Los goniómetros que no disponen del doble juego de tornillos acimutales se les llama reiteradores. No permiten fijar un origen de ángulos acimutales.

4.8. ELEMENTOS ANGULARES.

Una vez puesto en estación el instrumento y realizada la colimación al punto que se desea visar, es preciso realizar la lectura angular correspondiente a la puntería ejecutada.

Se dispone de dos juegos de limbos, uno vertical para las lecturas cenitales y otro horizontal para las lecturas acimutales.

4.8.1. ANGULOS HORIZONTALES Y VERTICALES.

A los círculos graduados en los cuales figuran marcados las lecturas angulares, se les llama limbos y varían de 0g a 400g en graduación centesimal.

1. Ángulos horizontales. La lectura del limbo horizontal, al colimar una visual, da la lectura del ángulo a partir del cero del círculo graduado.

Según la posición que ocupe el cero del limbo se tendrá:

Direcciones: cuando está situado en una posición arbitraria.

Acimut topográfico: el cero está situado en la dirección del Norte geográfico.

Acimut geodésico: dirección del origen en el Sur geográfico.

Rumbo: origen de ángulos en la dirección del Norte magnético; es la dirección que marca una aguja imantada.

Para medir un ángulo acimutal formado por dos visuales, se dirige el anteojo al primer punto y en sentido de crecimiento de la graduación el segundo punto, anotando sus lecturas; la diferencia entre las dos lecturas dará el ángulo inscrito.

2. Ángulos verticales. Los ángulos que se miden desde el cenit se les denomina ángulos cenitales; por tanto el origen del limbo vertical se encuentra en la vertical del lugar.

No es una situación normal, pero puede ocurrir que el origen del limbo vertical se encuentre en la horizontal, a estos ángulos se les llama ángulos verticales y son positivos si la visual es ascendente y negativos si desciende.

4.8.2. NONIUS.

Hasta la aparición de los micrómetros, muchos goniómetros disponían de nonius. Consta de una regla móvil, solidariamente unida al índice cero de lectura y con su longitud cero coincidente con él, de una longitud igual a $(n - 1)$ divisiones del limbo dividida en n partes.

Otro valor fundamental en las características de un goniómetro es la apreciación, la cual es la diferencia entre una división del limbo (G) y una del nonius (g).

Se distingue entre sensibilidad y apreciación, debido a que el ojo humano alcanza a ver separados dos puntos bajo un ángulo mínimo de $30'$. Cuando la coincidencia de la línea limbo-nonius se ve con un ángulo igual o inferior a aquel, parecen una misma recta.

Ello implica que es imposible incrementar la sensibilidad de los nonius de forma indefinida, pues $G - g = 5$ se ve bajo un ángulo inferior a $30'$. Por tanto, un nonius bien construido debe producir una coincidencia; el límite se produce cuando la sensibilidad es igual a la apreciación.

4.8.3. MICRÓMETRO.

Fue un avance el micrómetro frente al nonius, ganando principalmente precisión. Existen los siguientes tipos de micrómetros:

1. De observación directa: dispone de un microscopio para leer los trazos de división grabados en el limbo, ya que no dispone de elemento auxiliar de lectura.

2. Micrómetro de escala o estima: el aumento del microscopio es lo suficientemente grande como para disponer de una escala de extensión igual a una división del limbo, sobre la que se superpone la alidada.

A través del microscopio se aprecia la división del micrómetro con una magnitud de 2 mms. ; la apreciación del micrómetro es de $1/10$ de su menor división, esto es $0,2 \text{ mms.}$ Y según el límite de percepción visual de $0,2 \text{ mms.}$, la sensibilidad y la apreciación coinciden.

3. Micrómetro encuadrado: consiste en apreciar la fracción de unidad por medio de un micrómetro, una vez hecha la coincidencia entre el índice de alidada (doble línea) y la marca de división. La coincidencia se realiza cuando se introduce la división en la doble línea, y solo es posible una división.

4.8.4. MEDIDA ELECTRÓNICA DE ÁNGULOS.

Actualmente los instrumentos topográficos que miden ángulos presentan la lectura del limbo sobre una pantalla de cuarzo líquido. Por tanto se han cambiado los limbos de vidrio y ahora se dispone de unos limbos codificados que permiten a un sensor convertir valores analógicos en digitales.

Existen dos sistemas de lectura electrónica, la incremental y la absoluta..

1. Codificador incremental. Los limbos incrementales no tienen un valor fijado en su superficie; miden incrementos de valores angulares respecto a un origen de referencia aleatorio.

El sistema consiste en contar el número de interferencias que se producen al girar dos patrones, uno grabado en el limbo con trazos equidistante y otro disco con igual grabación que gira sobre el limbo. El giro de este segundo limbo produce unos cambios de luminosidad (opaco-transparente) que se analizan en unos fotosensores.

La luz que genera un L.E.D. (Diodo Emisor de Luz) atraviesa el limbo y produce unas zonas claras y oscuras que se recogen en un fotosensor. Esta medida de claros-oscuros se convierten en forma digital y fácilmente contables. Para aumentar la apreciación se ponen un mayor número de sensores.

El ángulo vertical es similar, la diferencia es que hay que fijar la posición del cero. Cuando el eje de colimación es perpendicular a la vertical las dos escalas (limbo y alidada) se inicializan a cero. Para reinicializarlo es preciso cabecear el telescopio para que el detector explore las coincidencias y establezca el cero.

2. Codificador absoluto. Existe un limbo codificado que es leído por unos fotosensores que se mueven con la alidada (dinámico), o que están fijos (estáticos). Las posiciones de claro-oscuro de los sensores proporcionan el código binario que se traduce en valor angular. Existen dos métodos:

Medición estática: sobre el círculo de cristal se graba el código binario (0 y 1) que al leerse por fotosensores se determina su lectura, tiene la limitación que para obtener grandes apreciaciones se necesitan limbos muy grandes.

Medición dinámica: el limbo dispone de 2048 trazos y una pareja de fotodiodos. Un fotodiodo está fijo a la base (Lf) y establece el origen de lecturas; el otro fotodiodo es móvil y solidario al anteojo (Lm), estableciendo el ángulo que se quiere medir. En los fotosensores se generan señales senoidales que se convierten en cuadradas.

La lectura en estos aparatos no es continua sino que varía conforme gira la alidada; se realiza su lectura después de una puntería cuando se activa el botón de lectura.