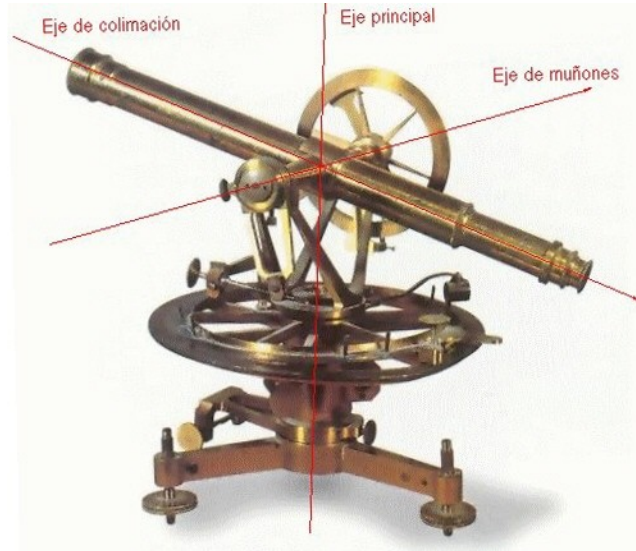


Teoría 5ª

Taquímetro, errores y radiación

5.1 Partes del taquímetro

- Vista general: Ejes principal(vertical), colimación (del anteojo), muñones (brazos que sostienen el anteojo)



- Niveles: esférico, tórico y electrónico. Valores ($2', 20''$) y tolerancias, electrónicos y doble eje.
- Plomada: gravedad, óptica y láser
- Colimador, objetivo (10X30), ocular (infinito, corrección dioptrías y adaptación a la vista), retículo.
- Limbos: declinatoria, Hz/Vc (metal, nonios, cristal, electrónicos).
Conceptos de CD y CI
Lectura directa y apreciación ($1/3$ de división mínima)
Círculo Directo: vertical entre 0 y 200
Círculo Inverso: vertical entre 200 y 400
- Movimientos Vertical (lento y rápido), Hz (lento y rápido). Mov. Hz general y particular. Mov. motorizados



5.2 Errores del taquímetro

- error y corrección del nivel de alidada



- error de la plomada óptica y error de centrado
- error de colimación:

Se produce por la falta de perpendicularidad entre el eje principal y el de colimación.

Se manifiesta por la diferencia entre la lectura horizontal en CD y en CI, que debería ser ± 200 . La lectura horizontal corregida de error de colimación es el promedio entre la del CD y la del CI ± 200

Su valor es la diferencia entre la lectura horizontal en círculo directo y la lectura corregida.

- error de eclímetro:

Se produce por no estar el cero del limbo vertical en la vertical o cenit.

Se manifiesta por la diferencia entre la lectura vertical en CD y en CI, que debería ser $+400$. La lectura vertical corregida de error de eclímetro es el promedio entre la del CD y $400 - CI$.

Su valor es la diferencia entre la lectura vertical en CD y la lectura vertical corregida.

- error de muñones:

se produce por la falta de perpendicularidad entre eje principal y eje de muñones. Se manifiesta en visuales inclinadas.

Regla Bessel: Consiste en observar un punto en CD y CI y utilizar como lectura en CD el promedio de ambas, llevadas al CD.

Supongamos las lecturas del siguiente ejemplo:

En CD:	Lh = 27,2329 gon	Vc = 97,2514 gon
En CI:	Lh = 227,2385 gon	Vc = 302,7420 gon

Error de Colimación

Lectura corregida = $(27,2329 + (227,2385 - 200)) / 2 = 27,2357$ gon

Error de colimación = $27,2329 - 27,2357 = -0,0034$ gon

Corrección de colimación = $+0,0034$ gon

Representa a 0,005 m en 100m. $(= 0,0034 * \pi * 100)$

Error de Eclímetro

Lectura corregida = $(97,2514 + (400 - 302,7420)) / 2 = 97,2547$ gon

Error de eclímetro = $97,2514 - 97,2547 = -0,0033$ gon

Corrección de eclímetro = $+0,0033$ gon

El límite de los errores instrumentales es de unas 4 veces la precisión del aparato. Así si la precisión es de 6cc, el límite será de unos 24cc. Si el error de colimación o el de eclímetro lo superan, se debe enviar el aparato al servicio técnico, mientras se debe aplicar la regla Bessel o tener presente el error que representa.

5.3 Estacionamiento

Poner el taquímetro, u otro instrumento en estación (p.e. un GPS), es ponerlo perfectamente horizontal y que su eje principal (perfectamente vertical) pase por el punto estación. Es una operación sencilla si se siguen los siguientes pasos:

- 1) **extendemos patas del trípode a nuestra altura**, esto es, la plataforma aproximadamente a la altura de nuestra boca. Se debe tener en cuenta que, por una parte, el instrumento todavía mide unos 22 cm. más y, por otra parte, que al separar las patas del trípode este bajará un poco.
- 2) **extendemos las tres patas alrededor de la estación** y clavamos una de ellas. Si el trabajo nos obliga a trabajar hacia una determinada dirección, podemos clavar esa pata en esa dirección, de manera que no nos moleste entre nuestras piernas.
- 3) **ponemos el instrumento centrado sobre el trípode** y con los tornillos de la base nivelante a la mitad de su recorrido (los tornillos suelen tener una muesca o raya que indica la mitad del recorrido. Si empezamos con un tornillo casi al limite, puede que luego no tengamos recorrido suficiente para nivelar.
- 4) **cogemos las otras dos patas, una con cada mano y las movemos hasta que la plomada pase por el punto estación**, sin preocuparnos de si el aparato queda nivelado o no. Una vez hecho, clavamos estas otras dos patas, cuidando que el instrumento no reciba sacudidas fuertes.
- 5) **nivelamos el nivel esférico con las patas**.
- 6) **comprobamos el centrado, y si es necesario lo corregimos con los tornillos de la base nivelante y volvemos a nivelar con las patas**.
Normalmente ya quedará centrado y el esférico nivelado, si no repetimos este paso.
- 7) **Nivelamos el nivel tórico en dos direcciones perpendiculares y comprobamos el centrado**. Se puede mover un poco sobre la base del trípode y volver a nivelar el tórico.
- 8) El instrumento está estacionado, podemos tomar la altura de instrumento e iniciar el trabajo.

5.4 Radiación

Cuando debemas realizar un levantamiento por radiación topográfica, en primer lugar debemos tener una idea muy clara de:

- La extensión del trabajo: debemos recorrer toda la zona, mirando el terreno con ojos de tipógrafo o de taquímetro, es decir localizando puntos (que van a ser las estaciones) desde los que tengamos buena visibilidad, que porción se abarcará desde ellos, como y donde enlazar con las siguientes estaciones hasta completar el trabajo.
- El objetivo del trabajo: demostrar una determinada superficie, conseguir una licencia, definir el relieve para una obra, rampa, vial, explanada, para definir los elementos necesarios y suficientes para lo que quiera el cliente.
- La precisión que se requiere: que nos indicaran los instrumentos, métodos y estrategia a seguir.
- El plazo de entrega , así como las posibles incidencias meteorológicas, de personal, equipos (alquiler , ...)
- Documentación a entregar y formato de los datos

- El presupuesto económico, en función de todo lo anterior.

A veces se debe crear una red de estaciones, otras veces ya existe, aunque puede ser necesario densificarla. En cualquier caso es frecuente crear estaciones durante la misma fase de radiación.

En cualquier caso el trabajo completo se divide en:

- **Trabajo de campo**
- **Trabajo de gabinete**

La secuencia de **trabajo de campo** debe ser algo así como:

- Estacionar : como indicamos en 5.3 y tomar la altura de instrumento
- Orientar el aparato.
 - o Si es la 1ª estación y no existe ninguna otra de coordenadas conocidas podemos:
 - Dejar el aparato desorientado.
 - Orientar con la declinatoria (brújula) lo que nos orientara el trabajo al norte magnético.
 - Orientar con el Sol (precisión de varios minutos) o la estrella polar (precisión de varios segundos)
 - o Si no es la 1ª estación, o aun siéndolo existen otras estaciones visibles y con coordenadas, DEBEMOS:
 - Orientar con otra de las estaciones. La orientación requiere únicamente una lectura de ángulo horizontal, pero es conveniente observar también la distancia y el vertical, que nos permitirá comprobar que la estación de orientación es la de coordenadas conocidas.
- Si van a ser necesarias, radiar la siguiente o siguientes estaciones, antes de empezar con el levantamiento propiamente dicho. De esta manera si el aparato se moviera al cabo de un rato, solo quedarían girados los puntos de esta estación, pero no los de las siguientes ni la poligonal. Si no necesitamos nuevas estaciones, igualmente es conveniente radiar las estaciones visibles, para dar solidez y comprobación a la red de estaciones.
- Es conveniente leer a una referencia fija (antena, chimenea, arista, pararrayos,...) a la que podamos leer en cualquier momento, lo que nos garantizara que el aparato no se ha movido.
- Iniciar la radiación de puntos del levantamiento, siguiendo un cierto orden que nos permita hacer interrupciones cortas (desayuno, visita de personas,...) o largas (fin de la jornada, se pone a llover,...). Este orden nos permite no dejar zonas sin levantar, incluso se pueden hacer marcas en el terreno que indiquen lo hecho.
- Al acabar es conveniente volver a mirar a la referencia y comprobar que la lectura es prácticamente la misma que el principio. Si no lo

fuera es que el aparato se ha movido. Si hemos visado varias veces podemos tener un punto hasta el que el trabajo es utilizable.

El trabajo de gabinete consiste en:

- Descarga de los datos: del colector al PC, o pasarlos de la libreta de papel al PC
- Calcular las coordenadas de las estaciones, desorientaciones y coordenadas de los puntos: a veces se obtiene directamente en campo.
- Dibujo de los puntos en algún sistema CAD (AutoCAD, MicroStation,...)
- Edición gráfica de la planimetría.
- Obtención del MDT (Modelo Digital del Terreno) y las curvas de nivel, perfiles,...
- Escribir la memoria o informe del trabajo.
- Dibujo en papel, grabación de la documentación a entregar en soporte magnético o envío por e-mail.

5.5 Poligonal

Cuando no es posible levantar todo desde un solo punto por radiación se debe realizar una red de estaciones, cuya forma mas simple es una poligonal, cuyos vértices son precisamente las estaciones. A este tipo de poligonal se le llama método MOINOT.

En cada cambio de estación se mantiene lo que se dijo sobre:

- o Acimut Directo y Acimut Recíproco
- o Distancia Directa y Distancia Recíproca
- o Desnivel Directo y Desnivel Recíproco

La poligonales pueden ser:

- o Según la forma : ABIERTA o CERRADA
- o Según los enganches: COLGADA o ENCUADRADA
- o Según la importancia: PRIMARI A o SECUNDARI A (...)

No deben realizarse poligonales abiertas, salvo casos excepcionales, ya que no tienen comprobación. En las poligonales encuadradas y cerradas se llama Error de cierre de la poligonal en coordenadas: a la diferencia entre las coordenadas a las que hemos llegado a la última estación con el cálculo de la poligonal y las coordenadas que de esta estación ya teníamos (y que suponemos que son las buenas):

$$Ex = X'_f - X_f$$

$$Ey = Y'_f - Y_f$$

$$Ez = Z'_f - Z_f$$

Siendo (X_i, Y_i) las coordenadas de la 1ª estación, (X'_f, Y'_f) las coordenadas calculadas de la última estación y (X_f, Y_f) las coordenadas buenas de la última estación.

También puede calcularse como:

$$E_x = \sum x - (X_f - X_i)$$

$$E_y = \sum y - (Y_f - Y_i)$$

$$E_z = \sum z - (Z_f - Z_i)$$

Para decidir si el error de una poligonal es tolerable o no, se pueden seguir diferentes criterios, pero todos ellos deben tener en cuenta la precisión de los instrumentos utilizados. A veces se utiliza:

$$T_x = K_{xy}(\sqrt{\sum X^2}) / 200$$

$$T_y = K_{xy}(\sqrt{\sum Y^2}) / 200$$

$$T_z = K_z(\sqrt{\sum Z^2}) / 200$$

Otras veces:

$$T_x = 0.15\% \text{ de } \sum |X|$$

$$T_y = 0.15\% \text{ de } \sum |Y|$$

$$T_z = 0.25\% \text{ de } \sum |Z|$$

Si el cierre de la poligonal es tolerable, se deben compensar las coordenadas de las estaciones antes de utilizarlas para calcular las radiaciones. Se suelen compensar las coordenadas de las estaciones, proporcionalmente a las coordenadas parciales de la poligonal, ello supone que la medida de distancias tiene una precisión similar a la medida de ángulos, lo cual es cierto en los instrumentos modernos (antiguamente la precisión angular era mucho mayor que la precisión en la medida de distancias y los métodos de compensación seguían otros criterios. El método que se explica es el Método Compás o de Brújula.

Se llama corrección unitaria por abcisa/ordenada a:

$$C_{ux} = -E_x / \sum X$$

$$C_{uy} = -E_y / \sum Y$$

$$C_{uz} = -E_z / \sum Z$$

y representa lo que hay que corregir cada metro de abcisa/ordenada de los ejes de la poligonal.

Para una abcisa/ordenada la corrección correspondiente será:

$$C_x = C_{ux} * X_i$$

$$C_y = C_{uy} * Y_i$$

$$C_z = C_{uz} * Z_i$$

5.6 Ejemplo de cálculo y compensación de una poligonal planimétrica

- Salimos del punto 1 de control de coordenadas:

$$X_1 = 345526.222$$

$$Y_1 = 456258.226$$

y orientamos el instrumento con otra estación, la 2, de coordenadas:

$$X_2 = 345230.214$$

$$Y_2 = 456486.951$$

a la cual tenemos una lectura horizontal de 86.2587 gon

- Hacemos la poligonal 1-3-4 y obtenemos los datos siguientes:

Estación	Punto Observado	L.Horizontal	Dist.Reducida
1	3	195,8625	256,361
3	1	51,3694	256,365
3	4	325,2541	435,269

- El punto 4, es un punto de control de coordenadas conocidas:

$$X_4 = \mathbf{346.113,008}$$

$$Y_4 = \mathbf{456.266,220}$$

Calcular:

- Error de cierre X,Y de la poligonal
- Tolerancia de los errores de la poligonal, considerando un 0,05% como límite tolerable.
- Coordenadas compensadas de las estaciones de la poligonal

-
- 1) Calculamos la desorientación de la estación 1, que es : 255,6227

La obtenemos según:

$$\Sigma_1 = Az_{1-3} - L_{1-3} = 3418814 - 86,2587 = 255,6227$$

donde el azimut lo hemos calculado según

$$Az_{1-3} = ATN (\Delta x / \Delta y) =$$

$$= ATN ((345230,214 - 345526.222) / (456486.951 - 456258.226)) =$$

$$= ATN(-1.2942)$$

$$= -58,1186 \text{ que como vemos queda en el 3º cuadrante por lo que le sumamos } 400 \dots$$

$$= 341,8814 \text{ gon}$$

- 2) Calculamos las coordenadas sin compensar de 3:

$$X_3 = X_1 + Dr_{1-3} * \sin(L_{1-3} + \Sigma_1) = 345526.222 + \mathbf{185,454} = \mathbf{345711,676}$$

$$Y_3 = Y_1 + Dr_{1-3} * \cos(L_{1-3} + \Sigma_1) = 456258.226 + \mathbf{176.997} = \mathbf{456435,223}$$

El azimut de 1 a 3 que hemos utilizado es:

$$Az_{1-3} = L_{1-3} + \Sigma_1 = 195,8625 + 255,6227 = 451,4852 \quad \text{o sea} \quad = \mathbf{51,4852}$$

- 3) Calculamos la desorientación de la estación 3:

Sabemos, o deberíamos saber, que el azimut de 3 a 1 es el recíproco del de 1 a 3:

$$Az_{3-1} = Az_{1-3} + 200,51,4852 + 200 = \mathbf{251,4852}$$

de manera que la desorientación a 3 será:

$$\Sigma_3 = Az_{3-1} - L_{3-1} = 251,4852 - 51,3694 = \mathbf{200,1158}$$

4) Calculamos las coordenadas de 4:

$$X_4 = X_3 + D_{r_{3-4}} \cdot \sin(L_{3-4} + \sum_3) = 345711,676 + 401,162 = 346112,838$$

$$Y_4 = Y_3 + D_{r_{3-4}} \cdot \cos(L_{3-4} + \sum_3) = 456435,223 - 168,903 = 456266,320$$

5) Calculamos los errores de cierre:

$$\text{Err. X} = 346112,838 - 346.113,008 = -0,17$$

$$\text{Err. Y} = 456266,320 - 456.266,220 = +0,10$$

Por tanto las correcciones serán:

$$\text{Corr. X} = +0,17$$

$$\text{Corr. Y} = -0,10$$

6) Calculamos las tolerancias

Con el cálculo de las coordenadas hemos obtenido los siguientes valores:

De	Δx	Δy
1 a 3	185,454	176,997
3 a 4	401,162	- 168,903
Sum. Absolutas	586,616	345,900
0,05%	0,293	0,173

7) Calculamos la corrección unitaria:

$$\text{Corr. Unit. X} = +0,170 / 586,616 = 0,00028980$$

$$\text{Corr. Unit. Y} = -0,100 / 345,900 = -0,00028910$$

8) Calculamos las correcciones a las coordenadas y las coordenadas corregidas

A 3 le aplicaremos:

$$\text{Corr. X} = +0,00028980 \cdot 185,454 = +0,054$$

$$\text{Corr. Y} = -0,00028910 \cdot 176,997 = -0,051$$

$$X_3 = 345711,676 + 0,054 = 345711,730$$

$$Y_3 = 456435,223 - 0,051 = 456435,172$$

A 4 le aplicaremos:

$$\text{Corr. X} = +0,00028980 \cdot (185,454 + 401,162) = +0,170$$

$$\text{Corr. Y} = -0,00028910 \cdot (176,997 + 168,903) = -0,100$$

$$X_4 = 346112,838 + 0,170 = 346113,008$$

$$Y_4 = 456266,320 - 0,100 = 456266,220$$

Que como podemos ver son las coordenadas de control que no dieron.

Ejercicios:

- 1) Al recibir un instrumento queremos comprobar sus errores de colimación y eclímetro. Para ello realizamos una observación en CD y otra en CI, obteniendo:

	Hz	Vc
CD	213.4221	95.1812
CI	13.4210	304.8160

Calcular:

- el error de eclímetro y el de colimación
- las lecturas Hz y Vc exentas de errores