

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GEOGRAFICA

INGENIERIA EJECUCION EN GEOMENSURA

LABORATORIO DE TOPOGRAFIA I

INFORME N° 3

ERRORES DEL TEODOLITO

INTRODUCCION

Los teodolitos de reconocido prestigio, tienen la garantía de precisión estipulada, algunas partes que podemos considerar pueden ser las que observaremos en el presente laboratorio, tales como, el eje vertical o principal, el eje horizontal o de giro del anteojo, el eje visual o de colimación y eje de nivel, que son de imprescindible valor a la hora de hacer nuestras observaciones, principalmente en las medidas de ángulos como en las longitudes; dentro de las cuales a pesar lo considerado, se esta sujeto a cometer de todas maneras errores en forma inevitable, debido a la falta de agudeza en los sentidos del observador, imperfecciones instrumentales, fenómenos naturales, etc.

Por lo cual una buena familiarización con nuestros aparatos de trabajo, nos permitirá una buena mantención y manejo de ellos, ya que debemos estar preparados para observar cualquier desperfecto en éstos y ser capaz de resolver tales errores, para que al momento de utilizar el instrumento, se puedan hacer las observaciones con la mayor precisión y/o exactitud posible.

Por lo cual en este laboratorio se observaran tipos de errores sistemáticos, producidos estos, ya sean por demasiado uso, produciendo desgaste material, por poco uso, al tenerlo guardado mucho tiempo, por maltratos y/o descuidos de nuestra principal herramienta de trabajo, por lo tanto siempre que se comience un trabajo, debemos cerciorarnos del estado de nuestras herramientas, preocupándonos de que siempre cumplan al menos ciertas condiciones, condiciones que le dan la vida útil al instrumento. Preocupación muy importantísima, que ha de desarrollarse con especial ímpetu y esmero.

OBJETIVOS

Se verificará el estado de un teodolito T-2, visualizando posibles errores sistemáticos, tales como colimación horizontal, colimación vertical y eje de muñones de una primera planilla observada, y tan solo error de colimación horizontal y eje de muñones de una segunda planilla, ya que el error de colimación horizontal de esta última será observada en un Taquímetro, tales detalles se observarán en el desarrollo de este laboratorio; donde no se consideraran errores de los círculos graduados, ni errores en el retículo. Al ser observado algún error se procederá a operar para su posible eliminación, de lo contrario el instrumento deberá ser enviado a un técnico especialista para que el decida el futuro del instrumento.

MARCO TEORICO

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR TODO TEODOLITO

Para obtener mediciones exactas, el sistema de ejes debe tener y cumplir ciertas condiciones ineludibles, tales como:

Un eje vertical EV de rotación, o eje principal, también llamado eje de la aliada V-V; eje al rededor del cual gira la aliada.

Un eje Horizontal de rotación EH, o eje horizontal del anteojo, también llamado eje secundario o de muñones K-K; eje al rededor del cual gira el anteojo y debe ser perpendicular al eje vertical de rotación EV.

Un eje de colimación EC o linea de colimación, también llamado eje visual Z-Z ; línea imaginaria que pasa por el centro de las lentes del ocular, a su vez pasando por la intersección de los hilos de la retícula y por el centro del objetivo y debe ser perpendicular al eje horizontal del anteojo EH.

Una linea de fe LF del nivel tubular L-L ; recta tangente a la superficie curva superior, en el punto medio de la ampollita de nivel, deduciendo si esta centrada o no la burbuja, siendo ésta horizontal y debe ser perpendicular al eje vertical de rotación EV.

Un eje de nivel de índice, que es paralelo al eje de colimación del anteojo, cuando éste esta puesto en la horizontal.

Tal como se observa en las figuras:

V

Z

K K

Z

L L

V

ERRORES EN MEDICIONES DE ANGULOS

Los errores en las medidas de ángulos, tienen su origen en diversas causas, ya sean estos personales, naturales o intrumentales, que serán a los que nos referiremos en estas hojas posteriormente.

Dentro de los errores instrumentales se observará e indagará lo más profundo posible la falta de perpendicularidad del eje de colimación y el eje secundario o de muñones, la falta de perpendicularidad entre el eje principal y el eje secundario o de muñones, la torcedura de eje y la corrección del eclímetro, entre otros.

ERRORES INSTRUMENTALES

Perpendicularidad entre el eje de colimación y el eje horizontal del anteojo:

En todo teodolito ésta condición debe cumplirse, y de ser así, al girar el anteojo, el eje de colimación describirá un plano perpendicular al eje horizontal; de lo contrario, el primer eje describirá un cono de revolución al ser rotado. Por tanto con este procedimiento se visará la coincidencia del eje de colimación con el eje óptico, y a su vez se podrá determinar si ambos son perpendiculares al eje horizontal o eje secundario o de muñones.

Como el eje de colimación es la visual que pasa por la intersección de los hilos perpendiculares a la retícula, la prueba que se desarrollará, es de mucha importancia, debido a que si éste no coincide con el eje óptico EO y no es perpendicular al EH, se producirán errores en las observaciones.

Supóngase un teodolito en estación enfocando a un punto muy lejano en una porción cualquiera. Al cumplir las condiciones nombradas, al dar vuelta de campana al anteojo, el objetivo pasará a ocupar la posición del ocular y el anteojo quedará en dirección opuesta; luego si giramos el anteojo 200° , volverá nuevamente a la posición originaria, ubicando al punto tan solo cabeceando el anteojo, sin actuar sobre el movimiento acimutal; de lo contrario, se podrá verificar de alguna de las siguientes formas:

a) Se enfilará un punto A y se dará vuelta campana al ante ojo, de modo que quedará enfilado hacia otro punto A', dando entonces un giro de 200° a la aliada y con ella el anteojo, quedando éste enfilado hacia A, que es opuesto a A'. Si este punto A no coincide con el punto A, el error de colimación será la mitad de ATA. A veces resulta más fácil, después de dar la vuelta de campana al anteojo, volver a enfilarse el punto A, y ver el círculo acimutal, si el giro ha sido exactamente de 200° ; ejemplo: al observar el punto A, se leerá el círculo acimutal con un solo de los nonios, supongamos que nuestra observación arrojó $127^\circ 16' 0''$; se da vuelta al anteojo, se vuelve a mirar el punto A y se lee nuevamente el círculo acimutal ya observado, si ésta nueva observación fuera de $327^\circ 19' 0''$, querría decir que el doble del error de colimación es $3' 0''$; corrigiendo éste, al poner el nonio en el punto $127^\circ 17' 5''$ y corriendo lateralmente la cruz filar hasta enfilarse otra vez el punto A. Lo anterior se ve inmediatamente al hacer dos tomas a un mismo punto después de dar la vuelta al anteojo y haciendo la diferencia entre estos puntos, los cuales deben dar entre sí 200° ; Siendo lo anterior suficiente para detectar el error y no es necesario hacerlo en terreno.

Otras formas, es hacerlo en terreno, tal como b y c respectivamente :

b) Mirando un punto A desde nuestro PR que llamaremos T, se le da la vuelta campana al anteojo y se enfoca otro punto, que será B. Si los tres puntos (a, b y t) no están en línea recta, lo que se observará desde el punto A o B, el ángulo de error BTB', será el doble del error de colimación.

c) Se enfoca un punto que llamaremos A, se da vuelta campana al anteojo, para ver otro punto que será B, en cuya posición (transito), divisaremos A y divisaremos nuevamente B pero luego de haber invertido otra vez el anteojo; si apareciera otro punto, que será B', el ángulo BTB', será igual a cuatro veces el error de colimación.

El error queda anulado, cuando se observa en posición directa y en transito, y también cuando el ángulo visado en ambas posiciones se deduce en una sola posición, siempre y cuando dichos puntos se encuentren en un mismo ángulo vertical; siendo conveniente, mantener el error lo más pequeño posible, para que dichas lecturas no sean tan desiguales entre sí.

Perpendicularidad entre el eje secundario o de muñones y el eje principal :

Con el instrumento perfectamente nivelado, si se tienen dos puntos, contenidos en un plano vertical que pasa por el centro del teodolito, y estando fija a la aliada se observa con el anteojo a uno de ellos, y si se mueve el plano vertical, deberá aparecer el segundo punto en la cruz filar. En estas condiciones, si el eje de rotación es perpendicular al vertical, quedará horizontal en cualquier posición, siendo a su vez el plano del eje de colimación vertical ; entonces al divisar un costado de un edificio, o más preciso aún, al divisar el hilo de una plomada, la cruz filar debería cubrir totalmente este punto divisado. Si al cabecear el anteojo se separa la cruz de la vertical, se deberá efectuar lo siguiente:

Luego de instalar y nivelar muy bien el instrumento, se enfocará a un punto que llamaremos A, el cual debe estar muy bien definido y en lo posible bastante elevado, para continuar con la fijación del movimiento horizontal, para poder girar el anteojo hacia abajo, visando así un punto muy cercano al instrumento que

llamaremos B. Luego el instrumento se transita para visar nuevamente B, y fijar seguidamente el movimiento horizontal, para girar el anteojo, esta vez hacia arriba y observar un punto imaginario que se llamará C. Por consiguiente, si C coincidiese con A, esto indicaría que no hay error, de lo contrario habrá que ajustar tal error, moviendo el eje de colimación a un punto medio entre A y C, tratamiento que se hará desplazando la retícula con los tornillos de ajuste.

Colimación Vertical :

Este error, es también llamado error de Eclímetro, y es debido a la falta de posicionamiento del cero del limbo vertical.

Si el instrumento está en perfecto estado, al momento seguido de la nivelación, observamos que al enfocar horizontalmente, nuestra medida sera de 100° , si se mide distancias; y si medimos ángulos, el valor que se debería ver es 0° , al ser ángulos de pendientes.

Una vez estacionado el instrumento, se visualiza un punto bien definido y fijo, para posteriormente visar dicho punto, pero en transito. Estos puntos deben sumar 400° para estar sin error nuestro aparato, de lo contrario, se dirá que estamos presente bajo un error de eclímetro.

Torcedura de eje :

Se comienza por estacionar el instrumento y efectuar su nivelación; una vez comprobada la perfecta nivelación, se apretará con cuidado el tornillo de precisión del movimiento particular de la aliada y se aflojará el del movimiento general, para hacer girar el instrumento alrededor de éste, para visar si la burbuja de nivel permanece constante y/o inmóvil; lo que indicará que el eje de giro de la aliada y limbo respecto de la plataforma nivelante y aliada respecto al limbo y plataforma nivelante, coinciden y por lo tanto, no existirá torcedura. De lo contrario, si así no sucediese, será porque el eje de movimiento general no es perpendicular al eje de la aliada, lo que claramente indica una torcedura de eje, la que pudo haber sido provocada por algún golpe, mal uso, o desgaste del instrumento.

DESARROLLO

La experiencia comienza el día jueves 9 de octubre, partiendo con la petición de los materiales a utilizar, que fueron un trípode, una huincha y un teodolito T-2; luego de ello, me dirigí al terreno donde se efectuó la practica. En ese lugar se procedió a ubicar un punto PR a pesar de no ser necesario para este laboratorio, una vez ubicado el lugar se posesiono del PR, tomando ciertas cotas para su mejor ubicación (a : 7,31m. y b : 7,24m.), mientras se ubicaba el trípode junto al teodolito, para proseguir con su más cuidadosa nivelación y posteriormente tomar la altura instrumental, siendo de (HI : 1,28m.).

Luego de todo lo usual, se continuo con la ubicación y postura del 0° para poder iniciar la observación de los 18 puntos, para poder detectar con ellos los errores de colimación, tanto horizontal como vertical y el de muñones, como se había indicado, anterior al comienzo de la experiencia, en sala de clases.

Al ubicar el primer punto con el anteojo, fue casi imposible visualizar los hilos del retículo junto al objetivo, lo cual produjo una perdida de tiempo considerable, problema el cual observaron el profesor Víctor Herrera y los ayudantes Rodrigo de Lapeyra y Cristian Carrasco, los que trataron de dar solución a dicho desperfecto, sin poder dedicar mucho tiempo a éste, ya que debían colaborar con los demás grupos del curso. A esto ya había transcurrido más o menos una hora y media, por lo que el profesor nos permitió continuar otro día de no poder terminar con el total de las mediciones.

Posteriormente, sin más que perder, intenté arreglar el desperfecto, lo cual resultó (dicho arreglo aparece en Recomendaciones como: *Para la retícula*); lo que permitió tomar casi toda las medidas deseadas, que fueron

las siguientes:

Pto. Lecturas Acimutales (g) Lecturas Cenitales (g)

Directas Inverso Directo Inverso

000.0000 200.0079 92.7175 307.2466

380.0064 180.0028 92.8910 307.0991

375.5398 175.5337 93.8539 306.1336

301.1781 101.1686 89.8130 310.1735

394.1335 194.1394 91.0256 308.9572

204.3502 4.3455 93.1163 306.8643

***** 87.3215 312.6619

***** 96.5160 303.4784

***** 89.0300 310.9575

19.7073 219.7027 92.3330 307.1498

5.0071 204.9981 98.6976 301.2825

386.0144 186.0093 91.2416 308.7489

33.3907 233.3849 94.9906 305.0011

3.5729 203.5674 94.9430 305.0413

371.1616 171.1516 95.0430 304.9516

Reloj de estación de trenes de Estación Central y a su vez es el punto de referencia

Antena más elevada sobre estanque de agua que se divisa en un edificio tras el pabellón forma

Vértice superior derecho de la propaganda PHILLIPS ,hecha en un edificio

Extremo superior derecho del eje del portón de entrada principal a la FAE, donde esta la caseta del guardia

Vértice superior izquierda de propaganda Cohache, puesta en un edificio

Punta vértice inferior izquierda del alero de la entrada al planetario

Vértice superior del asta de la bandera, que está al costado izquierdo del reloj de la estación de trenes estación central

Costado superior izquierdo, del rectángulo verde hecho, en la entrada del pabellón forma FAE

Como ya se observó, continúan las observaciones un segundo día, siendo éste el miércoles 15 de octubre, muy próximo a la 15:00 hrs. y fuimos observados por el ayudante Cristian Carrasco y el profesor Víctor Herrera; en donde se procedió de la misma forma que el día de la primera parte de nuestro laboratorio, pero con la diferencia de que el instrumento que nos pasaron en esta oportunidad fue un taquímetro Tho-020, debido a que el instrumento primario había sido dañado por estudiantes de laboratorios anteriores a la fecha y hora anotadas.

En esta oportunidad, solo faltaba la toma de tres puntos, para tan solo calcularles el error de colimación vertical; por tanto las nuevas tomas fueron:

Pto. Lecturas Acimutales (g) Lecturas Cenitales (g)

Directas Inverso Directo Inverso

***** 95.63 304.34

***** 91.37 308.60

***** 95.55 304.42

Poste del alumbrado eléctrico, de madera, solo visible desde el punto PR, ubicado frente a la casa central de la USACH

Poste alumbrado publico frente a casa Dalmati

Tapa de tubo del alumbrado publico, ubicado frente a la sala cuna de la FAE

RESULTADOS

Para calcular el error horizontal, de los puntos visados (1,2,3,10,11y12); ocuparemos las siguientes formulas :

$$I_c = (LCD - (LCI \pm 200))$$

2

$$E_c = I_c$$

$$\text{Sen} (V)$$

$$V = (VCD + VCI \ 400) + VCD$$

2

Punto Ic V Ec Ic

1 0.00395 92.73345 0.00395676

2 0.0018 92.89595 0.00184403 0.00293

3 0.00305 93.86015 0.00806889

10 0.0023 92.5916 0.002308409

11 0.0045 98.70755 0.004647506 0.003116

12 0.00255 91.24635 0.018252803

Para calcular el error vertical, de los puntos visados (7,8,9,16,17y18); ocuparemos las siguientes formulas :

$$V^* = (VCD + VCI \cdot 400)$$

2

Pto. V^* V^*

7 0.0083

8 0.0028 0.005783

9 0.00625

16 0.015

17 0.015 0.015

18 0.015

Para calcular el error de muñones, de los puntos visados (4,5,6,13,14y15); ocuparemos las siguientes formulas :

$$Ic = (LCD - (LCI \pm 200))$$

2

$$Ec = Ic$$

$$\text{Sen} (V)$$

$$V = (VCD + VCI \cdot 400) + VCD$$

2

$$Em = Ic + Ec$$

$$Im = Em \times \text{Tan} (V)$$

Pt. Ic V Ec Em

4 0.00475 89.81975 0.004948733 -0.0001987333

5 0.00295 91.0342 0.041015062 -0.038065062

6 0.00235 93.1260 0.002608576 -0.000270857

Pt. Im Im

4 0.000679941

5 0.002744931 0.00301538

6 0.000562127

Pt. Ic V Ec Em

13 0.0029 94.99475 0.004268353 -0.001368353

14 0.00275 94.95085 0.004253259 -0.001503259

15 0.005 95.0457 0.00698416 -0.00198416

Pt. Im Im

13 -0.001267031

14 -0.001274088 -0.001525201

15 -0.002034485

ANALISIS

Se puede apreciar claramente. que los teodolitos son considerablemente más precisión que los taquímetro, pudiéndose observar en los puntos 16,17 y 18 de las tablas de errores, que son muestras de puntos de taquímetro y que el error apreciado es de minutos; situación grave para una construcción cuya forma requerida debiese ser lo más precisa e inequívoca posible. En cambio los errores apreciados por las tomas del teodolito, arrojaron situaciones de error, tan solo de segundos, pero de igual forma que el error del taquímetro, éstos podían ser aun muy grandes si se necesitase un mínimo de error.

A toda las medidas, a su vez hay que considerar los desperfectos de mala mantención que tienen los equipos; a su vez también se debe considerar los errores producidos por el viento, cambios de presión atmosférica, los que unidos a los errores de los sentidos del observador, no dejan de ser sustantivos para las medidas observadas. Pero a pesar de todo, los errores fueron pequeños, ya que hay cambios que considerar en la mayoría de las medidas en la quinta cifra decimal.

CONCLUSION

Para comprobar los errores del teodolito, no es necesario, instalar el instrumento sobre un punto PR.

La posición del eje horizontal, que solo se puede alterar por una caída del instrumento; solo puede ser corregido en fabrica por un especialista.

Para el error de colimación horizontal :

En su letra b, las comprobaciones no buenos resultados si no son hechos con jalones y en el terreno mismo.

En su letra c, el punto A podrá ser cualquiera, pero los puntos B y B' deberán siempre estar dados por jalones o por lecturas sobre reglas o algún nivel horizontal.

Para la torcedura de eje :

Esta (torcedura de eje), es un defecto grave para el instrumento, el cual muchas veces es muy difícil reparar.

RECOMENDACIONES

Es muy importante escoger correctamente los puntos que serán visualizados.

Para el error de inclinación de eje de muñones:

Los ajustes deben realizarse hasta que resulte satisfactoria la coincidencia del punto c, que es imaginario y al punto A que está bien definido.

Para la retícula :

Para la no ubicación de los hilos, tanto verticales, como horizontales de la retícula, se debe destornillar cuidadosamente del anteojo tanto la retícula como el ocular, para ser limpiados del polvo aprovechando dicha oportunidad; para luego ponerlos en su lugar de origen, pero en esta ocasión, habrá que observar cuidadosamente el ocular y la retícula para ubicarles una marca a cada uno en forma de punto, demarcada en cada una de las piezas, dichas marcas son para que al momento de atornillar estas piezas al ocular, se efectúen unidas y en lo posible lo más coincidente posible en dicho punto demarcado logrando la unión, se debe proceder a apretar las piezas soltadas y limpiadas. Lo cual originará la aparición de los hilos verticales y/o horizontales al momento de visualizar el objetivo.

BIBLIOGRAFIA

Dominguez García *Topografía General*

Mandiola Soledad Silva *Mantenición y Ajustes Principales de Instrumentos Topográficos Clásicos*

Jordán W. *Tratado general de topografía*

Pasini Claudio *Topografía General*

Respiradero del baño del casino de la FAE, tomando el vértice superior derecho de éste

Punta del reloj de sol ubicado delante del Planetario

6° poste del alumbrado USACH, forma cuadrada y de color negro, desde la entrada principal hacia dentro.

Antena USACH, vértice superior izquierdo de este mástil.

Punta superior derecha de la techumbre de Casa Dalmati

Respiradero más elevado del Planetario, de color café

Punta superior de una antena de transmisiones del terminal de buses estación central