

Práctica de Campo N°5

-Nivelación Trigonométrica Cerrada-



Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura
Topografía Altimétrica
Curso: Año 2024

Docentes:

Ing. Agrim. Martín Wainstein.
Ing. Agrim. Magali Martínez.
Ing. Agrim. Alberto Marmrut.
Ing. Agrim. Micaela Gracia.

Estudiantes:

Ignacio Curi
Yosselyn Musselli
Matias Gonzalez
Martín Garcia

ÍNDICE

ÍNDICE	1
OBJETIVO	2
MARCO TEÓRICO	3
Nivelación trigonométrica:.....	3
Nivelacion cerrada:.....	4
Incertidumbre al evaluar la altura instrumental “hi”.....	4
Instrumental utilizado:	6
Estación Total:.....	6
Trípode:.....	6
Bastón:.....	7
Prisma:.....	7
Cinta métrica:.....	8
METODOLOGÍA	9
CÁLCULOS Y RESULTADOS	11
CONCLUSIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	16
ANEXO	17

OBJETIVO

- Se busca introducir al estudiante, de manera práctica, en los procedimientos de relevamiento altimétrico con la utilización de Estaciones totales.

MARCO TEÓRICO

Nivelación trigonométrica:

El método consiste en hallar la diferencia de altura entre dos puntos, A y B, mediante la resolución trigonométrica de un triángulo rectángulo vertical, formado por la línea horizontal que pasa por el centro analítico del instrumento, estacionado sobre uno de los puntos, la vertical que pasa por el otro punto y la visual dada por el eje de colimación del referido instrumento.

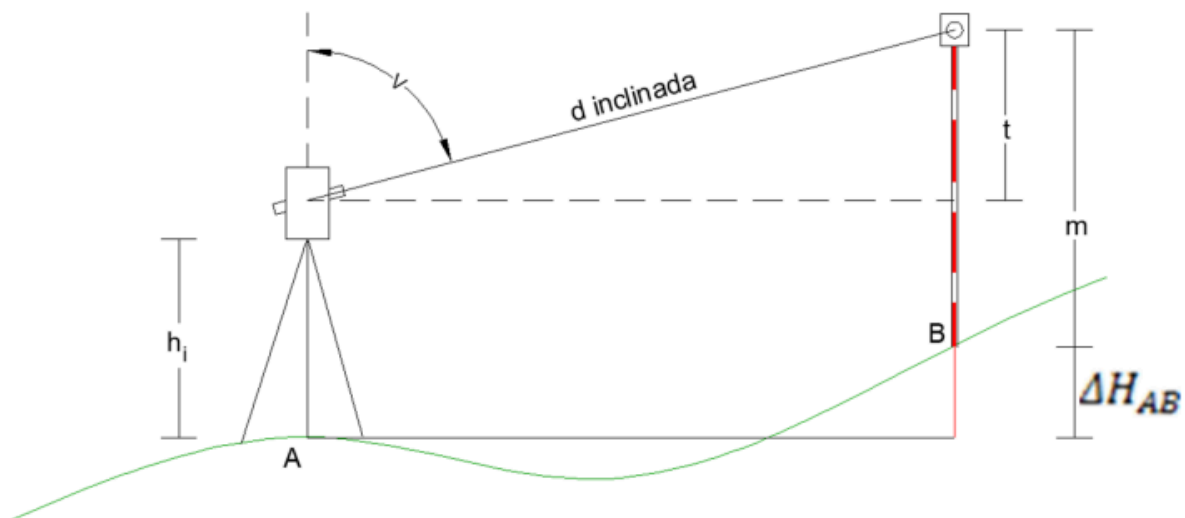


Imagen 1: Nivelación trigonométrica.

$$\Delta H_{AB} = h_i + t - h_m = h_i + d \times \cos(V) - h_m$$

Siendo:

- h_i = Altura del instrumento
- d = Distancia inclinada
- V = Ángulo Vertical
- h_m = Altura de mira

$$\sigma_{\Delta H}^2 = \left(\frac{\partial \Delta H}{\partial h_i}\right)^2 \times \sigma_{h_i}^2 + \left(\frac{\partial \Delta H}{\partial d}\right)^2 \times \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial \Delta H}{\partial V}\right)^2 \times \sigma_V^2 + \left(\frac{\partial \Delta H}{\partial h_m}\right)^2 \times \sigma_{h_m}^2$$

$$\sigma_{\Delta H}^2 = \sigma_{h_i}^2 + \cos(V)^2 \times \sigma_d^2 + (d \times \sin(V))^2 \times \sigma_V^2 + \sigma_{h_m}^2$$

Nivelacion cerrada:

Si se parte de un punto y luego de efectuado un cierto itinerario se concluye en el mismo punto (nivelación cerrada), la diferencia de nivel será cero, por lo que la suma de las lecturas atrás será igual a la suma de las lecturas adelante.

Esto es de suma importancia pues nos permite tener un control de la nivelación. Seguramente la diferencia entre ambas sumatorias no será nula. El valor obtenido será un indicador de la calidad del trabajo, determinando si el mismo cumple con las exigencias establecidas.

Incertidumbre al evaluar la altura instrumental "hi":

¿De qué depende?: De la precisión y esmero con que el operador realice la tarea. La altura que se mide con la cinta es una distancia inclinada, que se debe corregir. Se forma un triángulo rectángulo entre el centro de la plomada óptica, el punto del instrumental desde que se mide la distancia y el punto materializado en el terreno. Algunas estaciones tienen estudiada la diferencia, de manera de poder introducir al sistema la altura inclinada. Otras vienen con un accesorio para introducir la altura HI.

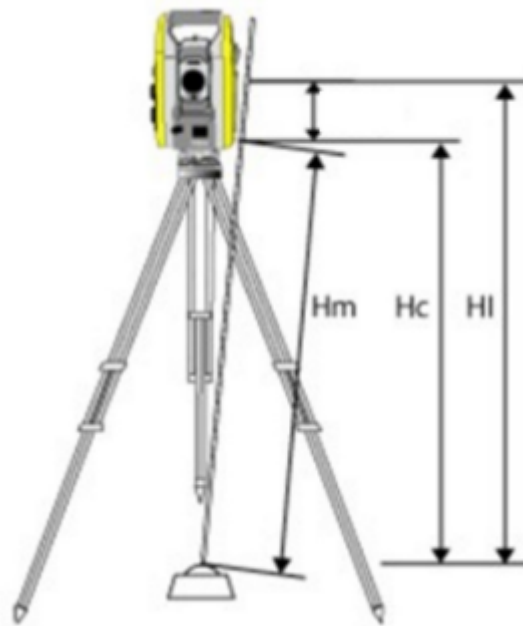


Imagen 2: Diferentes alturas de la Estación Total



Imagen 3: Accesorio de Estaciones Totales Leica para medición directa de altura de estación (HI).

Instrumental utilizado:

Estación Total:

Las estaciones totales son herramientas utilizadas en topografía que integran las dos funciones principales de la topografía clásica. Estos dispositivos miden tanto ángulos horizontales como verticales, tarea que anteriormente se realizaba con teodolitos, y también calculan distancias de manera electrónica. Están equipadas con un distanciómetro integrado y un microprocesador que puede almacenar los datos recopilados y efectuar cálculos relevantes para los trabajos topográficos.



Imagen 4: Estación Total (Leica 407, fue la utilizada en la práctica)

Trípode:

Es una base utilizada para sostener diferentes instrumentos de medición, como teodolitos, estaciones totales o niveles. Está compuesto por tres patas, que pueden ser de madera o metal, y **son extensibles**. Estas patas terminan en puntas de hierro con estribos, que permiten clavarlas en el terreno al ser pisadas.

El soporte debe ser estable y ajustable para que el instrumento quede a la altura de los ojos del operador, generalmente entre 1,40 m y 1,50 m. **Además, es útil para realizar una nivelación aproximada del instrumento.**



Imagen 5: Tripode Topográfico

Bastón:

Se trata de una vara o poste que sostiene un prisma reflector en la parte superior, el cual es fundamental para medir distancias de manera precisa. Suele ser graduable en altura, permitiendo realizar mediciones en diferentes condiciones de terreno.



Imagen 6: Baston

Prisma:

El prisma es un instrumento de medición conformado por un conjunto de cristales, quienes tienen la función de proyectar una señal EMD, desde una estación total o teodolito electrónico. **Sirven para distinguir un objetivo sobre un lugar en específico.** Dicho elemento puede ser captado a través del láser de la estación total, para luego devolverlo hacia el aparato.



Imagen 7: Prisma (Leica)

Cinta métrica:

La cinta métrica es una herramienta precisa de medición que se usa para medir distancias. **Está hecha de acero.** Se utiliza para medir pequeñas longitudes.



Imagen 8: Cinta métrica

METODOLOGÍA

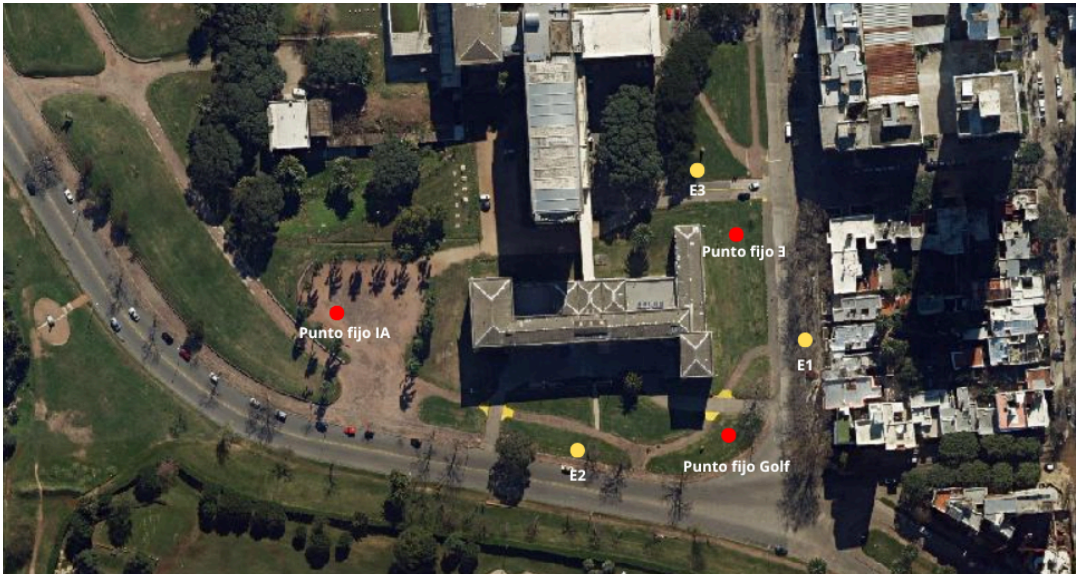


Imagen 9: Croquis de relevamiento.

La práctica consiste en hallar la diferencia de altura entre el “punto IA” y los dos puntos fijos utilizados en la práctica Nro 3, de esta forma podremos comparar el método geométrico con el trigonométrico al contar con las cotas de dichos puntos fijos realizando ambos métodos.

El relevamiento se llevó a cabo el día sábado 12/10/2024, en condiciones climáticas favorables que permiten una nivelación sin dificultades.

Antes de comenzar a relevar se recorrió la zona de trabajo con el objetivo de visualizar los puntos fijos ya materializados, de esta forma podremos saber en qué lugar será mejor estacionar el equipo. Con esta recorrida logramos una mejor planificación y se simplifica a la hora de ejecutar las mediciones.

En total realizamos tres estaciones, ubicadas estratégicamente de forma que desde cada estación podamos ver al menos uno de los otros dos puntos de estación y al menos dos de los puntos fijos.

En cada punto donde estacionamos colocamos 4 referencias en lugares fijos, esto nos permite volver a estacionarnos en un futuro en caso de tener que volver a medir por haberse movido o perdido los puntos en el suelo. También estas referencias sirven de control.

Estos 12 puntos y los puntos fijos se toman haciendo “giro y tránsito”, esto se realiza ya que no se hizo el control correspondiente a la estación y solucionar un posible error de colimación. Al tomar los puntos de las estaciones no se realizó giro y tránsito, luego de consultarlo con el docente consideramos que no era necesario por un tema de practicidad, ya que de lo contrario sería necesario realizar Bessel al momento de hacer un cambio de estación.

Una vez que sabemos donde colocar las estaciones y cuantas estaciones vamos a hacer, se procedió a estacionar de forma arbitraria, con el Norte paralelo al eje de la calle Julio Herrera y Reissig. Las coordenadas que utilizamos para la E1 son 1000.000m, 1000.000m, 50.000m, x,y,z respectivamente.

Desde la estación 1 se toman cuatro puntos de referencia, el punto fijo Golf y el punto fijo \exists , además de la E2 y E3. Luego hicimos un cambio de estación a la E3 orientandonos con el punto de E1 para quedar en el mismo sistema de coordenadas y le decimos a la estación que nos encontramos en el punto E3, tomamos 4 puntos de referencia y tomamos el punto fijo IA y el punto fijo \exists . Por último hicimos un cambio más de estación al punto de E2, nos orientamos con la E1 y le decimos a la estación que nos encontramos en el punto E2, tomamos 4 puntos más de referencia y tomamos el punto fijo Golf y el punto fijo IA.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para la obtención de las coordenadas de los puntos medidos con giro y tránsito se realizó el promedio de las coordenadas (x,y,z) obtenidas con CVD y con CVI. Las medidas que se realizaron con giro y tránsito corresponden a los puntos de referencia y los puntos fijos, como se mencionó en la metodología para los puntos de estación no se consideró necesario.

Además, todas las medidas de la práctica fueron tomadas con el miniprisma. Para las medidas de los puntos fijos se utilizó el bastón, y para los puntos de referencia, con el modo Usuario.

Estacionados en E₁:

Inicialmente se midieron las 4 referencias, para ello nos aseguramos de que fueran en lugares que perduren en el tiempo y no se puedan mover. Obteniendo las siguientes coordenadas:

PUNTO	X	Y	Z
P1	998,093	964,468	53,868
P2	1000,611	1028,977	50,677
P3	965,929	1028,1165	51,1985
P4	965,737	988,057	52,6095

Luego se procedió a medir los Puntos Fijos, obteniendo las siguientes coordenadas:

PUNTO	X	Y	Z
P. F. ESTACIONAMIENTO	981,487	1042,810	48,256
P.F. GOLF	962,862	955,387	51,951

También desde E₁ se eligieron dos puntos de estación los cuales nos permiten cerrar la poligonal. Esos puntos fueron materializados y luego se le disparó a esos puntos (sin realizar giro y tránsito), para luego estacionarse en ellos.

Estacionados en E₃:

Luego nos movimos al punto de estación nombrado como E₃, nos orientamos hacia E₁, para luego empezar a medir. Desde esta estación se volvieron a tomar nuevamente 4 puntos de referencia los cuales luego de realizar giro y tránsito las coordenadas dieron:

PUNTO	X	Y	Z
P5	983,879	1056,903	47,881
P6	969,062	1063,649	49,667
P7	959,508	1038,343	49,309
P8	928,174	1047,021	49,693

Se midió el Punto Fijo del estacionamiento y el Punto IA. Luego de realizado el promedio de las medidas tomadas, las coordenadas dieron:

PUNTO	X	Y	Z
P.F. ESTACIONAMIENTO	981,491	1042,812	48,258
PUNTO IA	835,858	1020,866	48,018

Estacionados en E₂:

Nos orientamos hacia E₁, y tomamos cuatro puntos de referencia. Obteniendo las siguientes coordenadas:

PUNTO	X	Y	Z
P9	951,061	948,562	53,876
P10	919,418	940,766	53,193
P11	878,802	967,596	51,904
P12	930,351	985,702	52,324

Luego se le disparó a los puntos fijos, cuyas coordenadas fueron las siguientes:

PUNTO	X	Y	Z
P.F. GOLF	962,847	955,393	51,955
PUNTO IA	835,835	1020,852	48,015

De esta forma nos estacionamos en 3 lugares y pudimos medir los puntos fijos 2 veces cada uno, desde distintas ubicaciones.

PUNTO	X	Y	Z
P.F. GOLF	962,862	955,387	51,951
	962,847	955,393	51,955
P.F. ESTACIONAMIENTO	981,487	1042,810	48,256
	981,491	1042,812	48,258
PUNTO IA	835,858	1020,866	48,018
	835,835	1020,852	48,015

Por lo que el promedio entre ambas lecturas de dichos puntos dio:

PUNTO	X	Y	Z
P.G. GOLF	962,855	955,390	51,953
P.F. ESTACIONAMIENTO	981,489	1042,811	48,257
PUNTO IA	835,847	1020,859	48,017

Como se puede apreciar, la diferencia entre el promedio y las lecturas tomadas anteriormente son de pocos milímetros, excepto en el punto IA.

En dicho punto una medida llega a tener una diferencia de 0.01m. La diferencia en altura suponemos que puede haber sido un error a la hora de apuntar hacia el prisma. Pero donde encontramos mayores diferencias es en el par de **ejes** X e Y y esto se puede deber a que el lugar para apoyar sobre la chapa, es amplio y pudimos haber apoyado en lugares distintos cuando tomamos el punto desde dos estaciones distintas. Aparte la cámara donde se encuentra el punto estaba inundada y no se podía visualizar con claridad al colocar el bastón.

Para determinar la diferencia de nivel entre dichos puntos, nos fijamos en la columna Z.

En la nivelación geométrica realizada en la práctica 3 se obtuvieron las siguientes cotas para los puntos fijos:

- Cota punto fijo IA: 19.329m (dado)
- Cota punto fijo Golf: 23.294m (medido y calculado)
- Cota punto fijo Ξ : 19.583m (medido y calculado)

	ΔH (m)
IA - Golf	3.965
Golf - Estacionamiento	3.711
Estacionamiento - IA	0.254

En la nivelación trigonométrica realizada en esta práctica se obtuvieron las siguientes diferencias entre los puntos, para esto calculamos la diferencia entre las coordenadas “z” de los puntos que nos interesan, obteniendo las siguientes diferencias de altura (ΔH).

	ΔH (m)
IA-Golf	3,937
Golf-Estacionamiento	3,696
Estacionamiento-IA	0,241

Al tener la cota del punto “IA”, podemos obtener las cortas de los demás puntos:

- Cota punto fijo IA: 19.329m (dado)
- Cota punto fijo Golf: 23.266m (medido y calculado)
- Cota punto fijo Ξ : 19.570m (medido y calculado)

	Cotas (TRIG)	Cotas (GEO)	Diferencia
IA	19,329	19,329	0,000
Golf	23,266	23,294	0,028
Estacionamiento	19,570	19,583	0,013

Para la cota del punto “IA” como es una cota dada la diferencias es de 0.000, mientras que para las cota del punto “Golf” se obtuvo una diferencia de 2.8cm, y para la cota del punto “ Ξ ” se obtuvo una diferencia de 1.3cm.

CONCLUSIONES

Este método supone una gran facilidad a la hora de realizar la nivelación. Puedo hacer mediciones de mayor distancia debido a la tecnología que se utiliza, contando con tan solo dos operadores. Esto disminuye sustancialmente el gasto en lo que respecta a salario de operadores, debido a cantidad y tiempo que conlleva la tarea.

A lo que respecta a resultados, creemos que el método es preciso dependiendo lo que se requiera hacer. En algunos casos encontramos que el mismo punto, realizando Bessel, nos da hasta 0.01m de diferencia. Suponemos que no es un instrumento para usar en trabajos donde se necesite precisión milimétrica, pero si es de fiar a la hora de nivelar con precisión centimétrica y aporta gran velocidad.

Al comparar las cotas obtenidas en la nivelación geométrica y la nivelación trigonométrica, podemos observar que hay diferencias en el orden de los cm, si bien no es una diferencia muy grande, es importante saber que método es el más preciso, a la hora de optar un instrumental en un trabajo donde se requiere mayor precisión. Por lo que se mencionó anteriormente, creemos que el nivel es la mejor opción para este tipo de trabajos.

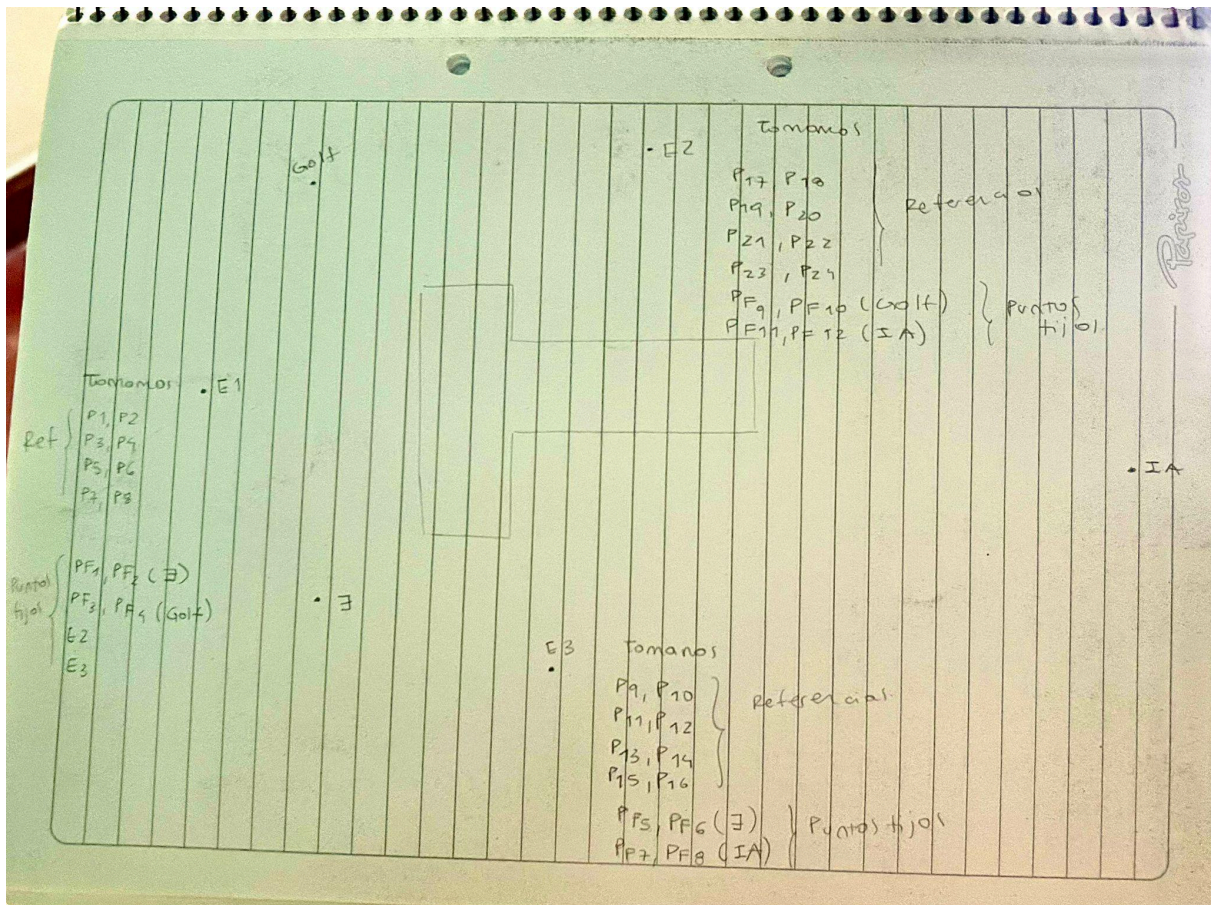
Como todo relevamiento, cualquiera sea el instrumental, hay que prestar atención a algunos detalles que pueden hacer la diferencia. **La altura que se coloca la estación total es difícil de medir y esto puede aportar algún milímetro de error, sobre todo cuando estacionamos varias veces, este error se puede propagar. Haciendo algunos cálculos, podemos decir que esta diferencia aporta un error mínimo, casi despreciable, pero que hay que tener en cuenta. Otro factor de error puede ser la longitud del bastón donde se coloca el prisma, estos se van gastando con su uso y puede haber diferencias mayores a 1cm.**

Esos son errores son “corregibles” si nos damos cuenta de esto a tiempo. Pero ingresar mal la altura del prisma o de la estación total y no darse cuenta, nos puede afectar todo el trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- *Ing. Agrim. Martin Wainstein, I. A. (2024). Curso de Topografía Altimétrica 2^{do}. Semestre de 2024. Montevideo.*

ANEXO



Anexo 1: Croquis de relevamiento