

Práctica de Campo N°3

-Nivelación Cerrada y Simultánea-



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 geométrica compuesta:.....	3
Nivelación cerrada:.....	5
Nivelación Simultánea:.....	5
Lecturas de mira:.....	6
Estimación de lectura:.....	6
Instrumental utilizado:	7
Nivel óptico:.....	7
Trípode:.....	7
Mira telescópica:.....	8
Niveleta:.....	8
Galápago:.....	9
Cinta métrica:.....	9
METODOLOGÍA	10
CÁLCULOS Y RESULTADOS	14
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	18
ANEXO	19

OBJETIVO

- El objetivo de esta práctica era la de realizar una nivelación geométrica cerrada con dos niveles ópticos.
- También se pretendía determinar la cota de dos puntos fijos colocados estratégicamente.

MARCO TEÓRICO

Nivelación geométrica compuesta:

Cuando la distancia entre los puntos cuyo desnivel se quiere hallar, o no son visibles entre sí, o bien su diferencia de nivel es mayor que la que puede salvarse con una sola estación, es necesario recurrir al método de nivelación geométrica compuesta o itinerario altimétrico, tomando una serie de puntos intermedios llamados puntos de cambio.

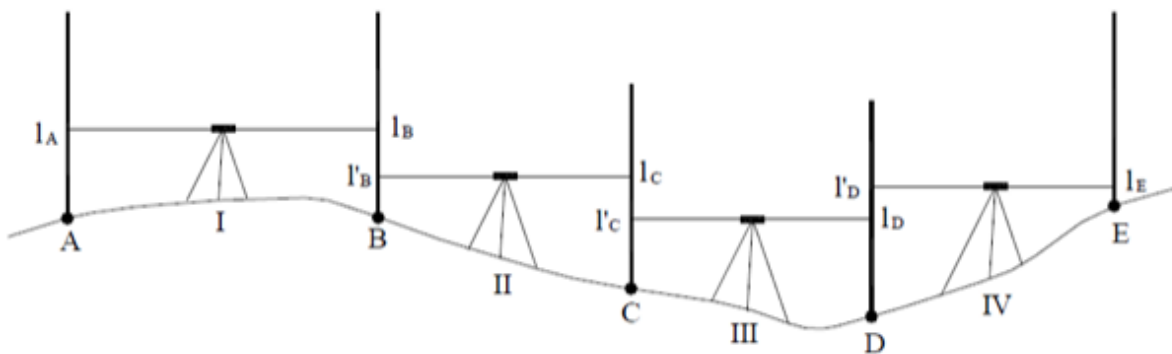


Imagen 1: Nivelación geométrica compuesta

Sean **A** y **E** los puntos del terreno cuyo desnivel se quiere hallar, siendo imposible realizarlo desde una sola estación del instrumento. Para ello se hace necesario entonces efectuar una serie de estaciones en puntos intermedios, I, II, III..., hallando luego los desniveles parciales en cada una de ellas mediante el método del punto medio.

En efecto, con el instrumento estacionado en I se hace la lectura l_A en la mira colocada sobre **A** y luego la lectura l_B en la mira en **B**. Se levanta el instrumento y se traslada a II, haciendo a continuación una nueva lectura l'_B sobre la mira que permanece colocada en **B**, se gira el instrumento y se lee ahora l_C . Se traslada el instrumento a III y se repite la operación hasta llegar al punto final **E**.

El desnivel entre **A** y **E** será la suma de los desniveles parciales de cada tramo:

$$\Delta H_{AB} = l_A - l_B$$

$$\Delta H_{BC} = l'_B - l_C$$

$$\Delta H_{CD} = l'_C - l_D$$

$$\Delta H_{DE} = l'_D - l_E$$

$$\Rightarrow \Sigma \Delta H = [(l_A - l_B) + (l'_B - l_C) + (l'_C - l_D) + (l'_D - l_E)]$$

$$\text{O también } \Sigma \Delta H = [(l_A + l'_B + l'_C + l'_D) - (l_B + l_C + l_D + l_E)]$$

Ahora bien, si tenemos en cuenta el sentido de avance en el recorrido vemos que las lecturas l_A , l'_B , l'_C y l'_D son las que quedan a la espalda (o atrás) del instrumento, por lo que se las denomina precisamente lecturas atrás. Análogamente, l_B , l_C , l_D y l_E son las lecturas hacia el frente o adelante, llamándoles obviamente, lecturas adelante.

$$\Delta H_{AE} = \Sigma(\text{lecturas atrás}) - \Sigma(\text{lecturas adelante})$$

- **Puntos de cambio:**

Los puntos de cambio se refieren a aquellos puntos donde, en una nivelación geométrica compuesta, se tendrán 2 planos colimadores distintos.

- **Puntos intermedios:**

Los puntos intermedios se refieren a aquellos donde se efectúan las lecturas intermedias, o sea, puntos que son de interés en el relevamiento y que no implican un cambio de estación.

- **Puntos de partida y llegada:**

Como veremos más adelante existen diferentes tipos de nivelación, pero en todas ellas existe un punto de partida y uno de llegada, que pueden o no ser coincidentes.

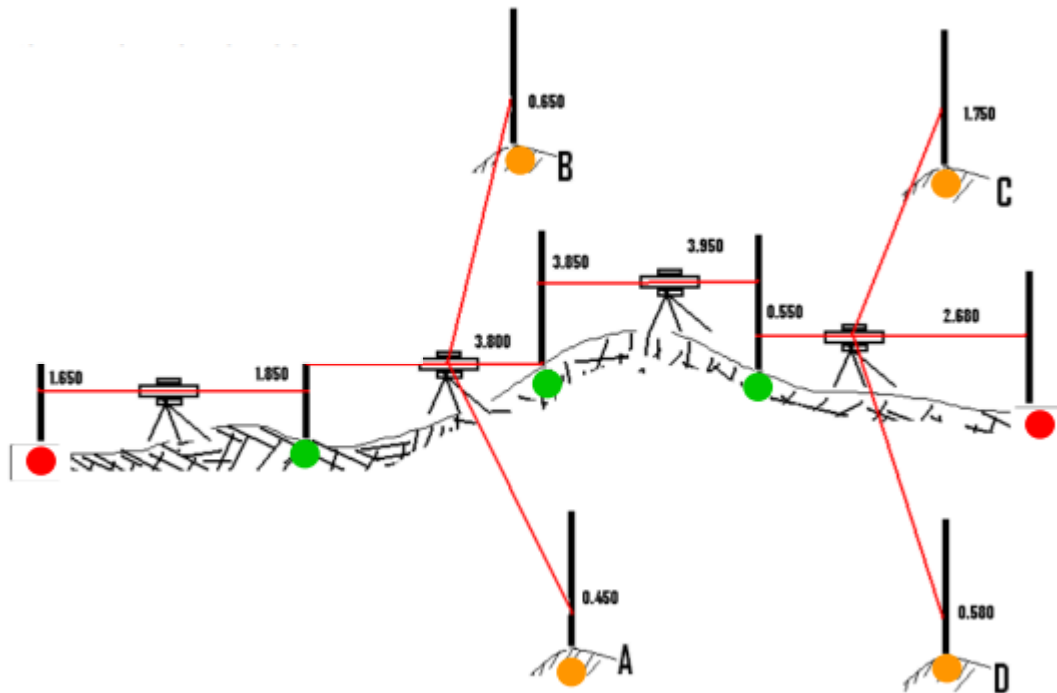


Imagen 2: Puntos de partida, llegada y cambio.

Nivelación 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.

Nivelación Simultánea:

La nivelación simultánea es un método que se emplea en topografía, específicamente en nivelación geométrica, donde se busca determinar las diferencias de altura entre dos puntos. Se llama simultánea porque en lugar de realizar el proceso de nivelación desde un solo punto en diferentes direcciones, se lleva a cabo simultáneamente desde dos estaciones de nivelación ubicadas en la mitad de la distancia entre los puntos y muy próximas entre ellas.

Proceso:

- Dos niveles ópticos se colocan en el medio de dos puntos que queramos saber su desnivel entre ellos y ambos operan al mismo tiempo.
- Cada equipo mide la altura de las miras colocadas en los puntos de interés.
- Las observaciones se hacen en ambas direcciones (hacia adelante y hacia atrás) desde ambas estaciones simultáneamente.
- Posteriormente, los datos se comparan y ajustan para minimizar errores.

Ventajas:

Mayor precisión: al realizar mediciones desde ambos extremos y promediar los resultados, se pueden eliminar errores sistemáticos que pudieran presentarse.

Ahorro de tiempo: al hacer mediciones simultáneas desde dos estaciones, se puede cubrir una mayor cantidad de terreno en menos tiempo.

En resumen, la nivelación simultánea permite mejorar la exactitud y eficiencia en trabajos de nivelación geométrica.

Lecturas de mira:

Apreciación de la lectura

Es la capacidad del instrumento para detectar o mostrar pequeñas diferencias en las magnitudes. Es el grado más pequeño que puede distinguirse o medirse con una regla. Corresponde al valor que se lee directamente sobre la mira, este valor puedo asegurarlo.

Estimación de lectura:

Es el proceso de hacer un juicio aproximado sobre una medida cuando no es posible obtener una lectura exacta. Corresponde a la estimación de la distancia entre dos divisiones de la regla. Este valor no lo puedo asegurar ya que es un valor estimado, por lo que depende de varios factores como pueden ser:

- la calidad de la visión del observador (el ojo humano es también un instrumento de medida)
- la tendencia a enrasar la visión entre las divisiones de la regla, tanto hacia arriba como hacia abajo, de manera inconsciente
- las condiciones atmosféricas
- la buena visión que tenga al momento de realizar la lectura (aumento de instrumental, distancia mira-instrumento, etc.).

Instrumental utilizado:

Nivel óptico:

Es uno de los instrumentos topográficos más importantes. Se usa principalmente para medir desniveles entre puntos que se encuentran a diferentes o similares alturas y el traslado de cotas de un punto de referencia a otro desconocido.

Su uso en construcción y topografía lo convierte en un instrumento de gran relevancia e imprescindible para la ejecución de tareas de nivelación tradicional como la determinación y transferencia de altura y también la medición de ángulos.

Se utilizó un nivel **KOLIDA KL32**.



Imagen 3: Nivel optico automatico

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 4: Tripode Topográfico

Mira telescópica:

La mira topográfica es una regla graduada que se utiliza junto con un nivel para medir las diferencias de altura o desniveles en polígonos o terrenos.

Estas miras suelen tener una longitud de entre 4 y 5 metros.

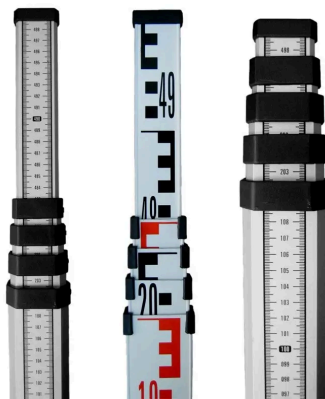


Imagen 5: Mira telescópica topográfica

Niveleta:

Accesorio que se utiliza para colocar en el bastón o baliza y mantenerlo nivelado de manera vertical.



Imagen 6: Niveleta

Galápago:

Es una placa metálica de base pesada para un estacionamiento seguro. Sirve para colocar la mira arriba y que no se mueva del lugar.

Para que tenga un buen anclaje en cualquier tipo de suelo cuenta con puntas de acero.



Imagen 7: Galápago

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

La práctica consiste en realizar una nivelación geométrica cerrada y simultánea, tomando como punto de partida y de llegada el denominado "punto IA".

Se desarrolló en el ala sur de la Facultad de Ingeniería el día 21/08/2024 donde las condiciones climáticas eran favorables para realizar la práctica, salvo algunas zonas donde el viento se hacía más presente.

Antes de comenzar la nivelación se colocaron dos mojones de hierro de forma que haciendo el recorrido de la nivelación, podemos obtener la cota de dichos hierros. Esto es de gran ayuda para luego comparar con los otros grupos las cotas obtenidas de los puntos y verificar en qué tramo se encuentra el error si es que lo hay.



Imagen 9: Balizamiento primer punto de control. Punto D.

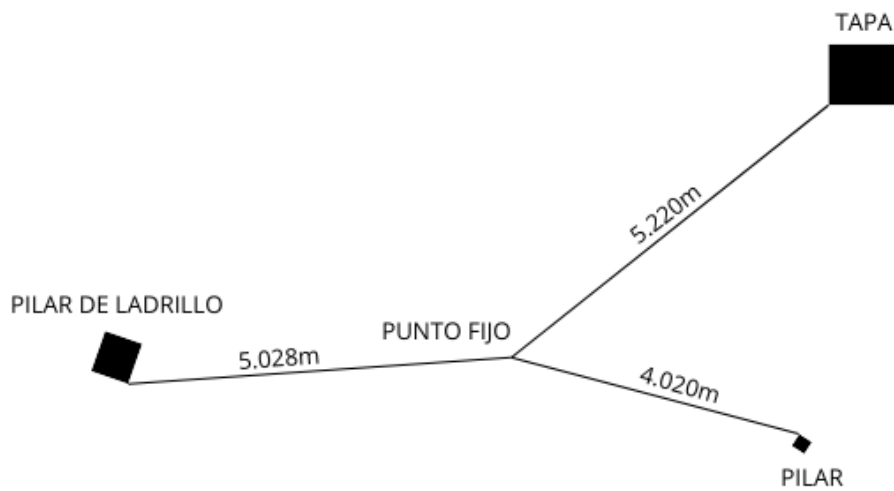


Imagen 10: Balizamiento segundo punto de control. Punto F.

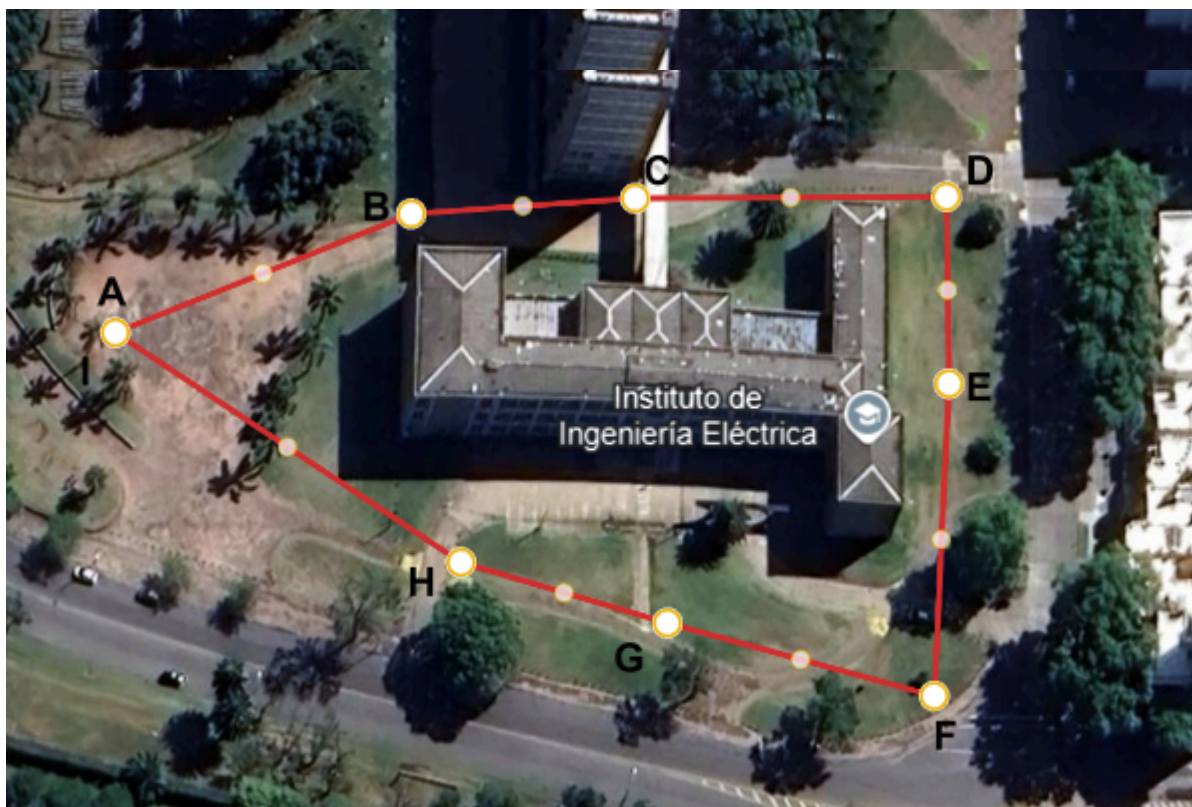


Imagen 11: Croquis de relevamiento.

Antes de comenzar a nivelar, a pedido del docente, medimos con cinta métrica las miras y notamos que en algunas de ellas había diferencias de hasta 2 mm y en otros casos, la mira no medía lo mismo en el lado centimetrado que en el milimetrado. Vale la pena destacar esto, ya que ahí tenemos una fuente de error.

Dicho error no tuvo efecto en la nivelación ya que el error que se tenía en la lectura adelante se anula con la siguiente lectura atrás.



Luego de ubicar los puntos de control comenzamos la nivelación, se colocó la mira inicialmente en el “punto IA”, entre el “punto IA” y el primer punto de control hicimos tres estaciones, entre el primer y segundo punto de control hicimos dos estaciones y entre el segundo punto de control y el “punto IA”, tres más.

La práctica se realizó colocando las miras sobre los galápagos salvo cuando queremos obtener la cota de los puntos de interés, que ahí colocamos la mira directamente, en este caso, sobre fierro.

Una vez finalizada la nivelación simultánea cerrada, se realizó el cálculo de la sumatoria de las lecturas atrás menos la sumatoria de las lecturas adelante con el objetivo de corroborar si nos encontrábamos dentro de las tolerancias, si el resultado se encuentra dentro de la tolerancia no es necesario repetir la práctica.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Datos 1er Nivel							
Punto	ΔH parcial	Lecturas de Mira			Plano Colimador	COTA	Observación
		Atrás	Intermedia	Adelante			
A	0,407	1,542				19,329	Punto fijo IA
B	0,212	1,456		1,135		19,736	
C	-0,365	1,215		1,244		19,948	
D	2,131	2,506		1,580		19,583	Punto fijo Estacionamiento
E	1,580	1,805		0,375		21,714	
F	-1,082	0,908		0,225		23,294	Punto fijo Golf
G	-1,525	0,690		1,990		22,212	
H	-1,360	0,550		2,215		20,687	
I				1,910		19,327	Punto fijo IA

Tabla 1: Tabla de nivelación con 1er nivel

Datos 2do Nivel							
Punto	ΔH parcial	Lecturas de Mira			Plano Colimador	COTA	Observación
		Atrás	Intermedia	Adelante			
A	0,405	1,588				19,329	Punto fijo IA
B	0,212	1,545		1,183		19,734	
C	-0,363	1,259		1,333		19,946	
D	2,132	2,571		1,622		19,583	Punto fijo Estacionamiento
E	1,579	1,850		0,439		21,715	
F	-1,083	0,981		0,271		23,294	Punto fijo Golf
G	-1,524	0,725		2,064		22,211	
H	-1,361	0,663		2,249		20,687	
I				2,024		19,326	Punto fijo IA

Tabla 2: Tabla de nivelación con 2do nivel

Para el cálculo de las diferencias de alturas para la primera nivelación se utilizó la siguiente expresión matemática:

Nivelación N° 1

$$\Delta H_{AB} = l_A - l_B = 0.407m$$

$$\Delta H_{BC} = l'_B - l_C = 0.212m$$

$$\Delta H_{CD} = l'_C - l_D = -0.365m$$

$$\Delta H_{DE} = l'_D - l_E = 2.131m$$

$$\Delta H_{EF} = l'_E - l_F = 1.580m$$

$$\Delta H_{FG} = l'_F - l_G = -1.082m$$

$$\Delta H_{GH} = l'_G - l_H = -1.525m$$

$$\Delta H_{HI} = l'_H - l_I = -1.360m$$

$$\text{La } \Sigma \Delta H = -0.002m$$

Nivelación N° 2

$$\Delta H_{AB} = l_A - l_B = 0.405m$$

$$\Delta H_{BC} = l'_B - l_C = 0.212m$$

$$\Delta H_{CD} = l'_C - l_D = -0.363m$$

$$\Delta H_{DE} = l'_D - l_E = 2.132m$$

$$\Delta H_{EF} = l'_E - l_F = 1.579m$$

$$\Delta H_{FG} = l'_F - l_G = -1.083m$$

$$\Delta H_{GH} = l'_G - l_H = -1.524m$$

$$\Delta H_{HI} = l'_H - l_I = -1.361m$$

$$\text{La } \Sigma \Delta H = -0.003m$$

Como la cota del Punto IA es conocida de la práctica N°2 y vale $COTA_{IA} = 19.329m$. Partiendo de dicha cota se realizaron los cálculos de las restantes:

Para la Nivelación N° 1

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.736m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.948m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 19.583m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 21.714m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 23.294m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 22.212m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 20.687m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 19.327m$$

Para la Nivelación N° 2

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.734m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.946m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 19.583m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 21.715m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 23.294m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 22.211m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 20.687m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 19.326m$$

Al ser una nivelación cerrada la diferencia de cota entre el punto de partida y el de llegada, idealmente debería ser 0,000m por ser el mismo punto. Sin embargo, en la práctica observamos que hubo una diferencia en la cota del punto IA, para ambas nivelaciones. Para la nivelación número uno se obtuvo una diferencia de 2mm mientras que para la dos 3mm. Para corroborar que la nivelación se realizó correctamente, se realizó el cálculo de la tolerancia. Para este trabajo de nivelación, la tolerancia se calcula dependiendo la cantidad de puntos de cambio.

$$Tolerancia = 2mm * \sqrt{\text{ptos. de cambio}}$$

Al contar con 8 puntos de cambio, la tolerancia es de 5.6mm, como las medidas se tomaron al milímetro, la tolerancia queda en 6mm. Como observamos, las diferencias obtenidas para la cota del punto del IA están dentro de esta tolerancia, por lo que se puede decir que la nivelación fue exitosa y se podrá aplicar un cierre de planilla.

A modo de comentario, el docente de práctico nos explicó un método para poder cerrar la planilla, el error cometido se lo aplicaremos equitativamente a los puntos fijos. Esto lo que nos permite es finalizar la nivelación con un error de 0mm o que la COTA inicial y la COTA final sean iguales. Para la nivelación uno se tiene una diferencia de 2mm por lo que le sumaremos 1mm a la COTA_D y 1mm a la COTA_F, mientras para la nivelación dos como se deben corregir 3mm estos irán 1mm para la COTA_D, 1mm para la COTA_F y 1mm para la COTA_I como se puede ver a continuación:

Para la Nivelación N° 1

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.736m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.948m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 19.584m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 21.715m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 23.296m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 22.214m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 20.689m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 19.329m$$

Para la Nivelación N° 2

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.734m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.946m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 19.584m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 21.716m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 23.296m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 22.213m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 20.689m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 19.329m$$

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, podemos decir que la nivelación simultánea es de gran ayuda a la hora de comparar resultados en el acto. Si bien supone tener un operario más y eso se traduce en dinero, comparar resultados de forma inmediata brinda más certeza. En nuestro caso, el comparar resultados una vez hecha las lecturas, nos ayudó a no tener que volver a hacer la práctica de nuevo.

Si bien la nivelación cerrada simultánea es un método de nivelación válido, la nivelación con doble plano colimador sigue siendo la opción más conveniente para optimizar recursos.

Aunque se observaron diferencias en la cota, de 2 mm para la primera nivelación y de 3 mm para la segunda, los resultados se mantuvieron dentro de la tolerancia, lo que confirma la validez del método de nivelación y su correcta ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

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

ANEXO

Trabajo: 4		Operador:		Fecha: 21/9/24		Hoja de		
Punto	Progresiva	Ordenada al eje	Lecturas de Miras			Plano Colimador	COTA	Observaciones
			Atrás	Intermedia	Adelante			
1A			1,542		-		19,329	
1			1,456		1,135			
2			1,215		1,244			
3			2,506		1,580		19,583	Fierro ③
4			1,805		0,375			
5			0,908		0,285		23,294	Fierro G ₂ lp
6			0,600		1,990			
7			0,550		2,215			
8			-		1,910			

Anexo 1: Planilla de nivelación nro 1.

Trabajo: P3		Operador: JHC		Fecha: 21/9/24		Hoja de		
Punto	Progresiva	Ordenada al eje	Lecturas de Miras			Plano Colimador	COTA	Observaciones
			Atrás	Intermedia	Adelante			
I.A			1,588				0,405	Punto Inicial
1			1,545		1,483		0,405	
2			1,259		1,333		0,262	de: 1,333
3			2,571		1,623			Ade: 1,6232
4			1,850		0,939			
5			0,981		0,272			Ade: 0,271
6			0,725		2,04			
7			0,663		2,249			
8					2,024			
			11,182		11,182			

Anexo 2: Planilla de nivelación nro 2.