



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE AGRIMENSURA



PRÁCTICA DE CAMPO 4

NIVELACIÓN CERRADA IDA Y VUELTA

TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

DOCENTES:

- Martin Wainstein
- Magali Martinez
- Alberto Mamrut
- Micaela Garcia

INTEGRANTES DEL GRUPO:

- Juan Borderre - CI: 5.237.687-1
- Agustín Cima - CI: 5.635.655-6
- Mateo Franco - CI: 5.150.058-4
- Joaquín Yarzabal - CI: 5.223.305-7

FECHA DE ENTREGA: 11/10/2024

OBJETIVO

El presente informe tiene como finalidad que el estudiante continúe afianzando sus conocimientos prácticos en el uso del instrumental y en la aplicación de los procedimientos propios del relevamiento altimétrico mediante el empleo del Nivel Óptico. En particular, se ejecutará una nivelación cerrada de ida y vuelta, buscando optimizar la distribución de los tramos de manera eficiente en términos de tiempo y garantizando una adecuada visibilidad de las miras, con el fin de minimizar errores que puedan incidir en los resultados. Además, se enfatizará la correcta selección de los puntos de estacionamiento, de modo que la diferencia de nivel entre los recorridos de ida y vuelta sea reducida o inexistente.

MARCO TEÓRICO

En el presente curso se empleará el Nivel Óptico en el contexto de la altimetría, cuya función principal es el cálculo preciso de la diferencia de nivel entre puntos. La altimetría, rama fundamental de la topografía, se encarga de estudiar y aplicar los métodos y procedimientos destinados a determinar y representar la altura o cota de distintos puntos en relación con un plano o superficie de referencia. Su objetivo principal es establecer la distancia vertical de cada punto respecto a un plano horizontal que se adopta como referencia para las mediciones.

Algunas definiciones importantes:

Error de esfericidad y error de refracción:

El error de esfericidad y refracción se puede evitar estacionando el nivel en un punto equidistante entre los puntos A y B, cuyos desniveles se desean medir. Este método de miras equidistantes neutraliza los errores sistemáticos propios del instrumento, al tiempo que elimina los errores de esfericidad (suponiendo la Tierra como esférica) y de refracción, ya que estos afectarán de manera idéntica a ambos extremos (aunque esto también depende del tipo de suelo en el que se esté trabajando).

Se recomienda que la distancia entre las miras y el instrumento no supere los 50 metros. Por ello, en la práctica topográfica, es posible ignorar los efectos de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica, considerando la Tierra como una superficie plana. El efecto de curvatura y refracción se compensa al mantener una igualdad de distancias entre el nivel y las miras.

Si no se mantiene esta equidistancia, se produciría un error de lectura sistemático, ya que siempre se leerían valores incorrectos sobre ambas miras sin saber si los incrementos de error son iguales.

El efecto de la curvatura terrestre aumenta la lectura de la mira a medida que ésta se aleja del nivel, mientras que el efecto de la refracción atmosférica disminuye el valor de la lectura en la misma situación.

En conclusión, estacionar el nivel a distancias equidistantes de las miras es una buena práctica porque:

- Elimina los errores sistemáticos del instrumento.
- Minimiza significativamente los efectos de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica.

Error de paralaje:

El error de paralaje se produce cuando la imagen del objeto y de los hilos del retículo no se forman en un mismo plano.

Error de eje de colimación:

El error de eje de colimación se produce cuando la visual no es paralela a la directriz del nivel de burbuja y por lo tanto, la visual no es perfectamente horizontal y al girar el instrumento sobre su eje principal, luego de verticalizado, las visuales no generan un plano horizontal.

Planilla de nivelación:

Los datos tomados en el campo se anotan en un registro o libreta de nivelación para tener constancia de ellos y luego efectuar los cálculos y comprobaciones pertinentes.

La planilla de nivelación debe contar como mínimo con los siguientes datos: punto (se introduce la identificación del punto nivelado, no se puede confundir con el punto donde se ubica el instrumento), lectura atrás, lectura intermedia, lectura adelante, plano colimador, cotas, observaciones y línea para sumas de lecturas y comprobación de cierre. Un ejemplo de planilla de nivelación es el que se muestra en la siguiente figura.

PTO	PROGR.	ORD	LECTURAS DE MIRA			PLANO COLIMADOR	COTAS	OBSERVACIONES
			ATRAS	INTER	ADEL			

Imagen 1 - Ejemplo de planilla de nivelación.

Puntos de cambio:

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

Deberán ser puntos bien identificables, consistentes, sólidos y perdurables durante el tiempo requerido para el trabajo.

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:

En todos los tipos de nivelación existe un punto de partida y uno de llegada, que pueden o no ser coincidentes, dependiendo de si se trata de una nivelación enmarcada o cerrada.

Nivelación geométrica:

La Nivelación Geométrica consiste en determinar las diferencias de alturas entre dos o más puntos mediante visuales horizontales generadas por Equialtímetros Niveles Ópticos, dirigidas a miras verticales colocadas sobre dichos puntos.

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.

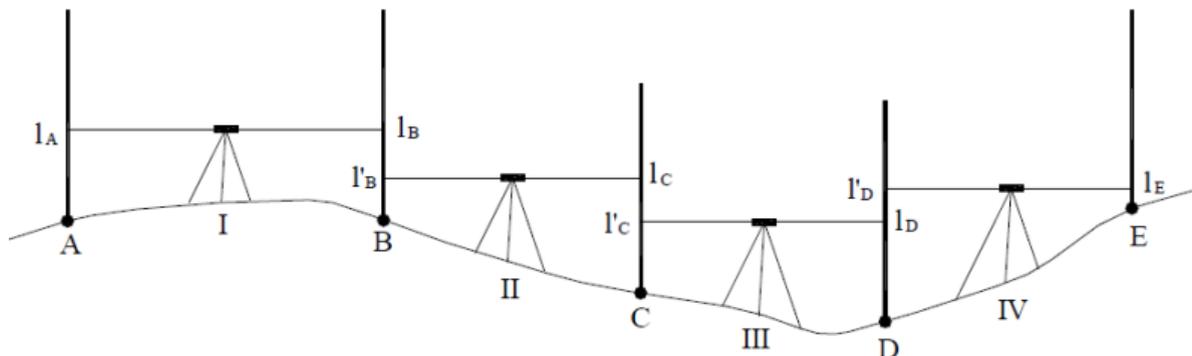


Imagen 2 - Nivelación geométrica compuesta (el área de trabajo requiere realizar más de una puesta en estación del Nivel Óptico).

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 IA en la mira colocada sobre A y luego la lectura IB 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 IC. 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:

$$\Delta H_{AB} = I_A - I_B$$

$$\Delta H_{BC} = I'_B - I_C$$

$$\Delta H_{CD} = I'_C - I_D$$

$$\Delta H_{DE} = I'_D - I_E$$

$$\Sigma \Delta H = [(I_A - I_B) + (I'_B - I_C) + (I'_C - I_D) + (I'_D - I_E)]$$

o también $\Sigma \Delta H = [(I_A + I'_B + I'_C + I'_D) - (I_B + I_C + I_D + I_E)]$

Ahora bien, si tenemos en cuenta el sentido de avance en el recorrido (sentido del caminamiento) vemos que las lecturas IA, I'B, I'C y I'D son las que quedan a la espalda (o atrás) del instrumento, por lo que se las denomina precisamente lecturas atrás. Análogamente, IB, IC, ID y IE son las lecturas hacia el frente o adelante, llamándoles obviamente, lecturas adelante.

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

Nivelación cerrada:

Si se parte de un punto y luego de efectuado un cierto itinerario se concluye en el mismo punto, 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 ida y vuelta pasando por los mismos puntos:

Consiste en realizar la nivelación 2 veces, en un sentido y luego en el otro, la diferencia de alturas debería ser la misma pero de signo contrario.

Se obtendrán 2 desniveles por tramo, de signo contrario.

Es necesario que los puntos de cambio queden materializados y fácilmente identificables.

Clasificación de niveles:

Los equaltímetros se pueden clasificar en niveles de plano, niveles de línea, niveles automáticos y niveles digitales.

Si bien todos tienen por cometido definir visuales horizontales, el procedimiento varía en cada uno de ellos, de acuerdo a sus características particulares.

Podemos decir que constan esquemáticamente de 3 ejes (salvo los automáticos que poseen 2).

- Eje de giro del instrumento.
- Eje de colimación.
- Eje del nivel tórico (no los automáticos).

Poseen, al igual que las estaciones totales, un anteojo astronómico con un retículo mediante el cual se realizan las visadas.

Un nivel de anteojo, nivel óptico o equialtímetro es un instrumento topográfico que permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante visuales horizontales dirigidas a miras verticales.

Este instrumento está constituido por un nivel tubular adosado a un anteojo astronómico, de forma tal que el eje de colimación de éste sea paralelo al eje del nivel tubular. Va montado sobre un trípode mediante un tornillo ad hoc y gira alrededor de un eje de rotación.



Imagen 3 - Composición de un Nivel Óptico.

- Objetivo: sistema de lentes que permiten maximizar la imagen de los objetos enfocados.
- Tornillo de enfoque: permite visualizar los objetos enfocados con mayor claridad y nitidez.
- Ocular: permite enfocar los hilos del retículo y eliminar así el error de paralaje.
- Tornillos calantes: permiten el movimiento de la base del nivel con la finalidad de verticalizar el eje principal (que siga la dirección de la plomada).
- Compensador: sistema de prismas suspendidos que funcionan según el principio del péndulo, asegurando así que el eje de colimación permanezca horizontal.
- Tornillos para pequeños movimientos: permite el movimiento del instrumento en torno al eje principal.

- Base del nivel: base del instrumento que permite su apoyo y posterior fijación al trípode.
- Círculo horizontal: permite la lectura de ángulos horizontales (con baja precisión).
- Nivel esférico: permite horizontalizar la base del nivel; para calar la burbuja movemos las patas del trípode y posteriormente utilizamos los tornillos calantes.

Nivel automático:

Estos instrumentos poseen la característica de ser autonivelantes, ya que sólo es necesario centrar un nivel esférico mediante los tornillos calantes y movimientos del trípode sobre el que se sitúa.

Un sistema de prismas compensadores ubicados entre el lente objetivo y el retículo, que actúan por gravedad, nivelan automáticamente las visuales.

Lecturas de miras, estimación y apreciación:

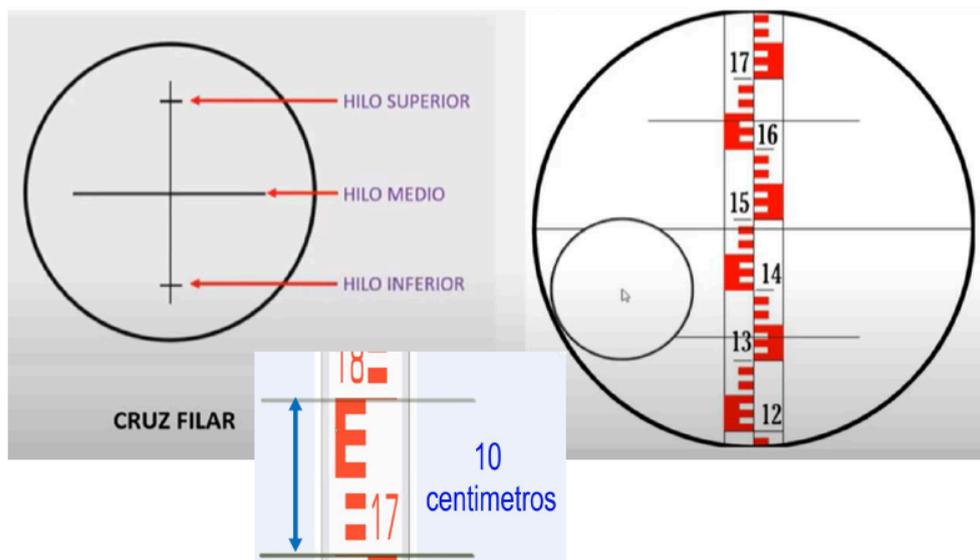


Imagen 4 - Lectura de mira.

Apreciación de la lectura:

Corresponde al valor que se lee directamente sobre la mira, es decir, es el valor que yo puedo asegurar que estoy leyendo.

En la imagen 5 la apreciación de la medida es de 1 metro 76 centímetros.

Estimación de lectura:

Corresponde a la estimación de la distancia entre el hilo medio y la marca inferior que corresponde al centímetro medido; es el valor del milímetro en la expresión de la lectura.

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), las condiciones atmosféricas, la

buena visión que tenga al momento de realizar la lectura (aumento de instrumental, distancia mira-instrumento, etc.).

En la imagen 5, la estimación de la medida corresponde a los milímetros que se ubican entre 1,76 m y 1,77 m.



Imagen 5.

Diferencia de nivel entre dos puntos:

La diferencia de nivel o de altura entre dos puntos se determina como la lectura de mira atrás menos la lectura de mira adelante, para lo que es necesario conocer el sentido del caminamiento.

Diferencia de cotas entre dos puntos:

La diferencia de cota entre dos puntos es la diferencia entre la cota final (B) menos la cota inicial (A).

Plano colimador:

El Plano Colimador se mantiene constante para todas las lecturas de mira que realizamos desde la misma posición (estación) del nivel.

Si movemos el nivel se modifica el Plano Colimador.

METODOLOGÍA E INSTRUMENTAL

Instrumentos utilizados:



Imagen 6 - Nivel Óptico South N10.



Imagen 7 - Trípode de aluminio.



Imagen 8 - Mira (utilizamos dos).



Imagen 9 - Niveleta (utilizamos dos, uno por cada mira).



Imagen 10 - Galápago (utilizamos dos, uno por cada mira).



Imagen 11 - Cinta métrica (si bien no fue utilizada, siempre es recomendable al salir a trabajar a campo contar con una de ellas).

En general, el instrumental necesario para utilizar un Nivel Óptico puede variar. Lo básico para una nivelación geométrica es el trípode y la mira, sin embargo son de utilidad niveletas, galápagos, plomada y cinta métrica.

- Los trípodes pueden estar fabricados en madera o en aluminio. Los de madera pueden ser de pata fija o móvil. Los trípodes de aluminio son más livianos, lo que facilita su transporte, pero pueden ser más susceptibles a movimientos causados por el viento o el tránsito pesado. Por otro lado, los trípodes de pata fija son ideales para nivelaciones que requieren una mayor precisión, ya que sus patas estables minimizan el riesgo de movimiento.
- Podemos tener varios tipos de miras, pueden ser de aluminio, madera o invar, pueden ser plegables o telescópicas y también pueden ser milimetradas, centimetradas o incluso con código de barras (para niveles electrónicos).
- La niveleta desempeña la misma función que el nivel esférico en los instrumentos de medición, que es asegurar que la mira esté perfectamente vertical. Si la niveleta no está ajustada correctamente, las lecturas obtenidas podrían ser siempre superiores a las reales.
- Los galápagos constan de materiales pesados y con punta añadido a un “clavo” redondeado. Sirve como punto de cambio en las nivelaciones geométricas compuestas, el “clavo” redondeado sirve para hacer girar la mira sin tener que levantarla.

Para esta práctica, al ser una nivelación cerrada de ida y vuelta, utilizando un nivel óptico, un trípode de aluminio, dos miras de aluminio, dos niveletas para asegurarnos de mantener las miras de forma vertical y poder realizar de forma correcta las lecturas y también dos galápagos para poder girar la mira en los puntos de cambio al cambiar de lugar la estación.

Área de trabajo:



Imagen 12 - Área de trabajo y figura que representa el trayecto de la nivelación cerrada.

El área de trabajo para la práctica se ubicó en las inmediaciones de la Facultad de Ingeniería, cerca de la rambla, donde previamente se marcaron 6 puntos de medición a lo largo del recorrido (siendo uno de los puntos el de partida y llegada). El punto de partida y llegada fue un punto fijo proporcionado por la Intendencia de Montevideo (IM), ubicado cerca del Ala Sur de la Facultad, el cual ya fue utilizado en las anteriores nivelaciones.

Los 6 puntos utilizados, uno de los cuales fue tanto el inicio como el final (materializado como veremos en las siguientes imágenes), fueron materializados antes de comenzar el trabajo, esto siempre es importante pero en esta práctica era imprescindible para que los puntos fijos del trayecto de ida coincidieran con los del trayecto de vuelta.

Por otro lado, también se intentó ser lo más preciso posible en utilizar los mismos puntos de cambio o en lugares similares, sin embargo el desnivel a obtener entre puntos fijos debería ser el mismo de todas formas.



Imagen 13 - Punto de partida y llegada.

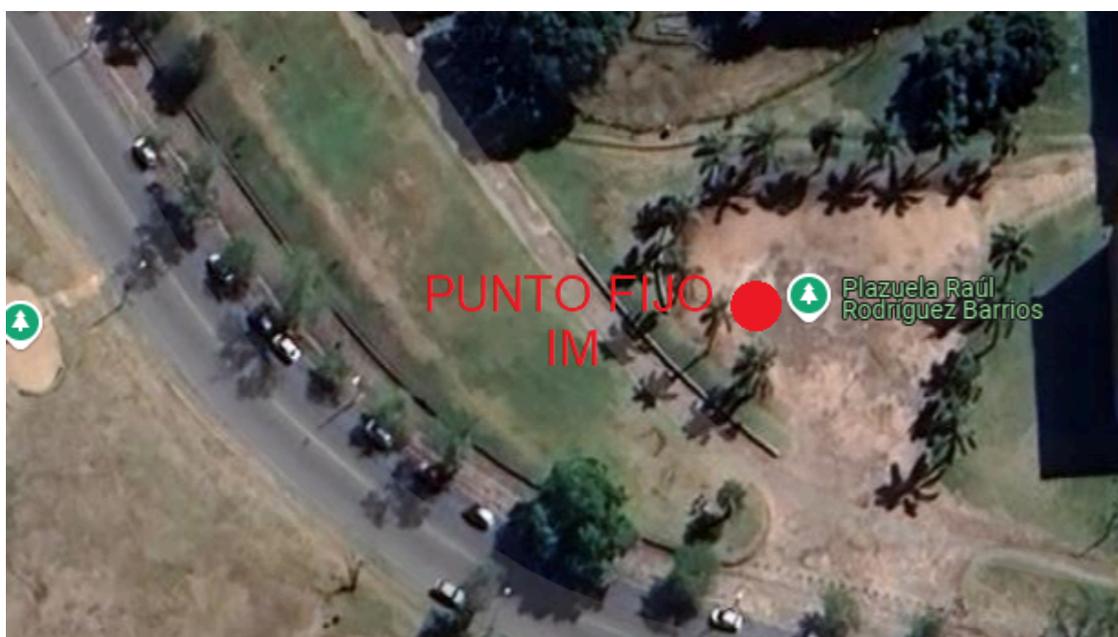


Imagen 14 - Imagen satelital del punto en cuestión.

Metodología empleada:

Se llevó a cabo una **nivelación geométrica compuesta**, ya que los puntos entre los que se deseaba medir el desnivel no eran visibles entre sí, imposibilitando la medición desde una sola estación del instrumento. Por ello, se realizó el proceso por tramos, colocando las miras en varios puntos de cambio.

Como se mencionó, aunque se disponía de 6 puntos fijos materializados, en algunos casos las distancias entre ellos eran extensas. Por tal motivo, se realizaron dos o incluso tres tramos entre dichos puntos para minimizar el error potencial que podría generarse, esto se verá reflejado en la planilla que se presentará en resultados.

En esta práctica se realizó una **nivelación cerrada**, lo que significa que se parte de un punto y se concluye en el mismo. Teóricamente, la diferencia de nivel debería ser cero, es decir, la suma de las lecturas hacia atrás debería igualar la suma de las lecturas hacia adelante. Sin embargo, en la práctica es poco probable que esto ocurra debido a los errores metodológicos e instrumentales que afectan las observaciones.

Si la diferencia de nivel no es nula, el valor obtenido servirá como indicador de la calidad del trabajo. Este valor deberá estar dentro de una tolerancia previamente establecida para cumplir con los requisitos de precisión.

Además, a diferencia de las prácticas realizadas anteriormente, se realizó una **nivelación de ida y vuelta**. Este procedimiento consiste en repetir la nivelación tramo por tramo hasta alcanzar el otro punto fijo y luego regresar, verificando que las diferencias de nivel obtenidas sean iguales pero con signo opuesto.

A priori, sabemos que a diferencia tanto de la nivelación simultánea como de la nivelación con doble plano colimador, el tiempo de trabajo será mayor que en prácticas anteriores y además, no podremos comprobar los resultados estación a estación. Sin embargo, al final del informe evaluaremos con cuál método de nivelación obtuvimos el mejor resultado.

RESULTADOS

Durante la práctica, utilizamos una planilla para la ida y otra para la vuelta.

Los datos registrados en campo incluyeron las lecturas hacia atrás y hacia adelante, así como el desnivel entre cada tramo, con el fin de verificar que las mediciones fueran correctas entre puntos fijos, es decir, que sean de signo contrario y que cumpla con una tolerancia de 2 mm.

Al tratarse de una nivelación cerrada, sabíamos que debíamos obtener como resultado final una diferencia de nivel teóricamente nula entre el punto inicial y el punto final, ya que se trata del mismo punto.



Imagen 15 - Distribución de los puntos fijos.

Planilla de nivelación:

IDA						VUELTA					
Punto	Lecturas de Miras			ΔH parcial	DH parcial por tramo	Punto	Lecturas de Miras			ΔH parcial	DH parcial por tramo
	Atrás	Intermedia	Adelante				Atrás	Intermedia	Atrás		
1	1,578			0,129	0,129	2	1,437			-0,131	-0,131
2			1,449			1			1,568		
2	1,194			-0,689	-3,068	3	2,501			1,749	9,066
	0,946		1,883	-1,158			2,368		0,752	1,759	
	0,312		2,104	-1,910			2,576	0,609	1,799		
	0,667		2,222	-1,798			2,182	0,777	1,910		
	0,700		2,465	-1,757			2,079	0,272	1,159		
	0,725		2,457	-1,756			1,833	0,920	0,690		
3			2,481			2			1,143		
3	0,454			-2,345	-2,345	4	2,720			2,347	2,347
4			2,799			3			0,373		
4	2,272			2,059	7,041	5	0,084			-2,892	-7,044
	2,522		0,213	2,079			0,614		2,976	-2,120	
	2,935		0,443	2,903			0,278		2,734	-2,032	
5			0,032			4			2,310		
5	2,261			1,613	6,088	6	0,768			-1,483	-6,087
	2,182		0,648	1,483			0,841		2,251	-1,509	
	2,391		0,699	1,509			0,598		2,350	-1,482	
	2,302		0,882	1,483			0,624		2,080	-1,613	
6			0,819			5			2,237		
6	0,509			-1,839	-1,839	1	2,381			1,838	1,838
1			2,348			6			0,543		
TOTAL					0,006	TOTAL					-0,011

Hallamos así como resultado final, que la nivelación de ida difiere 5 mm con la nivelación de vuelta, siendo, el desnivel entre el punto inicial y el punto final el siguiente:

$$\text{Diferencia de nivel } P_{\text{inicial}} \text{ y } P_{\text{final}} = (0,006 + 0,011) \div 2 = 0,008 \text{ m}$$

CONCLUSIONES

La nivelación geométrica cerrada, realizada en esta oportunidad mediante el método de ida y vuelta, consideramos que fue exitosa debido a la experiencia directa en el manejo de los instrumentos topográficos y en la aplicación precisa de los procedimientos alimétricos que se han adquirido con el transcurso de las prácticas realizadas, siendo este el tercer método que hemos utilizado para realizar una nivelación geométrica (habiendo realizado en oportunidades anteriores tanto una nivelación con doble plano colimador y una nivelación simultánea).

Durante el trabajo, se emplearon **técnicas** para reducir los errores sistemáticos, como los debidos a la esfericidad de la Tierra, la refracción y el paralaje, garantizando una posición equidistante de las miras y un control exacto de las lecturas tanto hacia adelante como hacia atrás. Asimismo, una planificación adecuada de las estaciones intermedias facilitó el cierre correcto de la nivelación, alcanzando un alto nivel de precisión. Esto se debió en gran parte, como comentamos anteriormente, a la experiencia adquirida en las prácticas anteriores, donde se corrigieron dificultades previas, como el uso adecuado de una planilla, de la cantidad de tramos entre puntos fijos y la propia experiencia acumulada en el proceso de aprendizaje.

La tarea consistió en realizar una nivelación geométrica compuesta de ida y vuelta en un circuito cerrado, asegurando que tres puntos coincidieran con los de la práctica anterior y que uno de ellos, particularmente el de partida y de llegada, fuera el punto de la Intendencia de Montevideo que se encuentra cercano a la Facultad.

La práctica fue llevada a cabo en dos oportunidades, ya que en la primera oportunidad contábamos con una sola niveleta lo que hizo demorar las mediciones y no nos permitió terminar con la nivelación en tiempo y forma. En la segunda oportunidad procedimos a terminar la nivelación realizando los tramos que nos faltaron en primera instancia y también realizando nuevamente uno que ya habíamos obtenido debido a que teníamos una diferencia de 6 cm entre los puntos fijos del tramo en cuestión. En esta oportunidad el trabajo fue más dinámico ya que se contó con todos los instrumentos necesarios, así como también arrojó resultados más precisos ya que se dejaron marcas en donde estacionamos y colocamos las miras en la ida con el fin de utilizar a la vuelta esos mismos puntos o puntos cercanos para minimizar errores.

De aquí la importancia de materializar los puntos fijos, no sólo porque en el caso de

una nivelación ida y vuelta es esencial para poder realizar los mismos tramos sino que además nos permitió completar el trabajo en una segunda ocasión.

Al comparar los puntos inicial y final, la diferencia de nivel obtenida fue de 0,008 metros, la cual consideramos que se trata de un trabajo de muy buena calidad, estando por debajo del centímetro.

Utilizando este método se obtuvo mayor diferencia en los resultados que con la nivelación simultánea que se hizo en la práctica anterior, lo cual indica una menor precisión, aunque el recorrido de nivelación en ese entonces fuera distinto. Esto podría deberse a que en la nivelación simultánea, al contar con dos niveles, se podría ir controlando las mediciones por estación, lo cual nos permitió detectar y corregir errores fácilmente. En cambio, con el método utilizado en esta práctica, al ser una nivelación de ida y vuelta, solo se podía controlar la precisión luego de completado el tramo, lo que realmente generaba incertidumbre en tramos largos que requerían de varias estaciones, ya que solo podíamos saber si se cumplía con la tolerancia al finalizar el recorrido entre los puntos fijos que delimitaban el tramo.

Esta diferencia en el control de las mediciones probablemente afectó los resultados.

A modo de concluir con el informe, creemos que este método tiene desventajas con respecto a los otros métodos empleados (nivelación simultánea y nivelación con doble plano colimador), fundamentalmente por el tiempo que lleva su realización y que no se puede tener un control estación a estación de si los datos obtenidos cumplen o no con la tolerancia establecida para el trabajo.