



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE AGRIMENSURA



PRÁCTICA DE CAMPO 3 NIVELACIÓN CERRADA

TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

DOCENTES:

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

INTEGRANTES DEL GRUPO:

- Juan Borderre - CI: 5.237.687-1
- Agustina Carli - CI: 5.531.742-2
- Agustín Cima - CI: 5.635.655-6
- Mateo Franco - CI: 5.150.058-4
- Mateo Rossi - CI: 5.326.378-4
- Joaquín Yarzabal - CI: 5.223.305-7

FECHA DE ENTREGA: 07/10/2024

OBJETIVO

El objetivo de esta práctica es que el estudiante se continúe familiarizado, de manera práctica, con el uso del instrumental y la aplicación de procedimientos de relevamientos altimétricos utilizando el Nivel Óptico, en este caso con la ejecución de una nivelación geométrica compuesta simultánea y cerrada. De esta manera, se continúa con el estudio de las nivelaciones geométricas compuestas utilizando otra metodología con respecto al práctico pasado en el que se empleó un doble plano colimador.

Para esto, debemos como estudiantes, interpretar las distancias entre los puntos fijos propuestos para realizar una cantidad de tramos que sea eficiente en cuanto al tiempo del trabajo pero así mismo que nos permita tener la mejor visibilidad posible de las miras para no cometer errores que a posterior puedan reflejarse en el resultado final.

MARCO TEÓRICO

En este curso, utilizaremos el Nivel Óptico en el ámbito de la altimetría, su principal función, mediante el cálculo de diferencia de nivel entre puntos.

La altimetría es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano o superficie de referencia. Por lo tanto, la altimetría tiene por objeto hallar la distancia de cada punto al plano horizontal que se toma como plano de comparación o referencia.

Algunas definiciones importantes:

Error de esfericidad y error de refracción:

El error de esfericidad y refracción puede evitarse estacionando en un punto equidistante de los A y B cuyo desnivel interesa hallar.

Este método de miras equidistantes anula los errores sistemáticos propios de un nivel y sirve igualmente para eliminar los de esfericidad (suponiendo la tierra esférica) y refracción, ya que serán iguales en los dos extremos.

Se aconseja que la distancia entre dichos puntos no sea mayor de 50 m.

Por lo tanto, en Topografía se podría prescindir de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica y considerar a la tierra como una superficie plana.

El efecto de curvatura y refracción se anula con la igualdad de distancia del nivel a ambas posiciones de la mira.

De lo contrario sería un error de lectura sistemático ya que siempre leeríamos con error sobre ambas miras sin saber si los incrementos son iguales.

El efecto asociado a la curvatura terrestre al momento de realizar la lectura de mira aumenta el valor de la lectura a medida que alejamos la mira del nivel, mientras que el efecto asociado a la refracción atmosférica al momento de realizar la lectura de mira disminuye el valor de la lectura a medida que alejamos la mira del nivel.

Se considera que es una buena práctica estacionar el nivel equidistante de las miras porque:

- Elimina errores sistemáticos del instrumento.
- Minimiza la incidencia real de curvatura y refracción.

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.

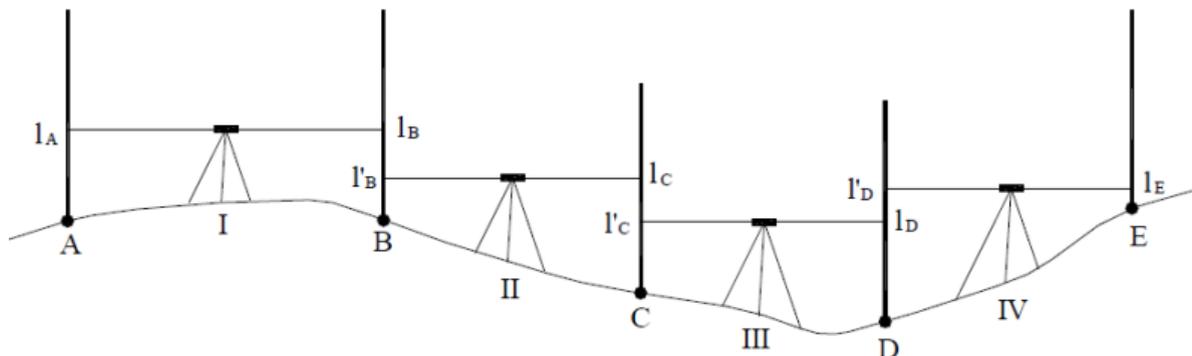


Imagen 2 - Nivelación geométrica compuesta (el área de trabajo requiere realizar más de una puesta en estación del Nivel Óptico).

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 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 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 simultánea:

Consiste en realizar la nivelación por tramo con 2 niveles, para esto es necesario contar con otro operador y otro nivel. Se tendrán 2 desniveles, uno para cada instrumental.

Tiene el inconveniente de que al no moverse las miras en ambas observaciones, cualquier error en la colocación de estas o en su verticalidad, van a incidir por igual en las dos nivelaciones.

Clasificación de niveles:

Los equialtímetros 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:

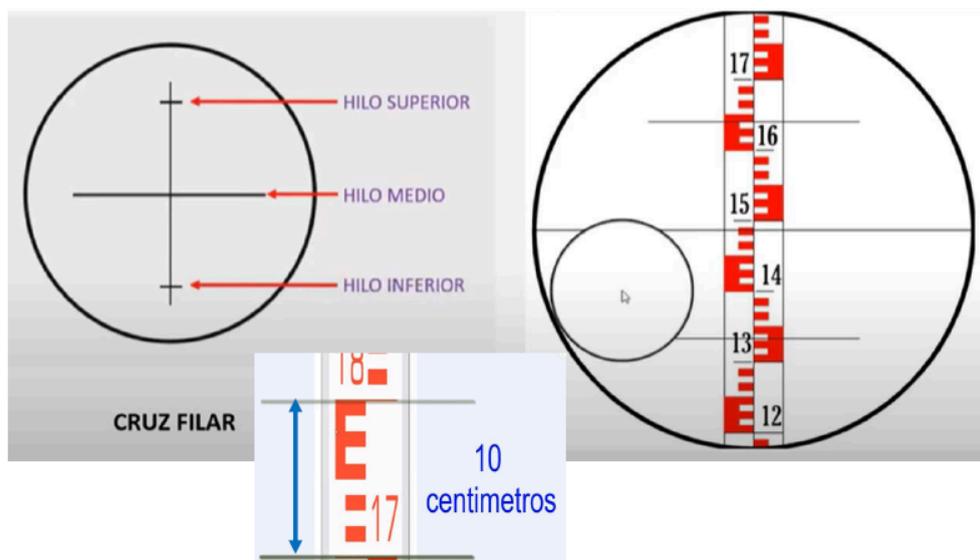


Imagen 4 - Lectura de mira.

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.

METODOLOGÍA E INSTRUMENTAL

Instrumentos utilizados:



Imagen 6 - Nivel Óptico (usamos dos al ser una nivelación simultánea, el N5 y el N10).



Imagen 7 - Trípode (utilizamos dos).



Imagen 8 - Mira (utilizamos dos).



Imagen 9 - Niveleta (utilizamos dos, una 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 simultánea, utilizamos dos niveles ópticos, un trípode de aluminio y uno de madera, 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:

El área de trabajo que se utilizó para realizar la práctica fue en las inmediaciones de la Facultad de Ingeniería, en este caso, alrededor del ala sur de la misma donde fueron previamente indicados 5 puntos a medir al realizar el recorrido, siendo el punto desde el cual se parte y al cual se llega el punto fijo de la IM ubicado en las proximidades de la Facultad de Ingeniería.

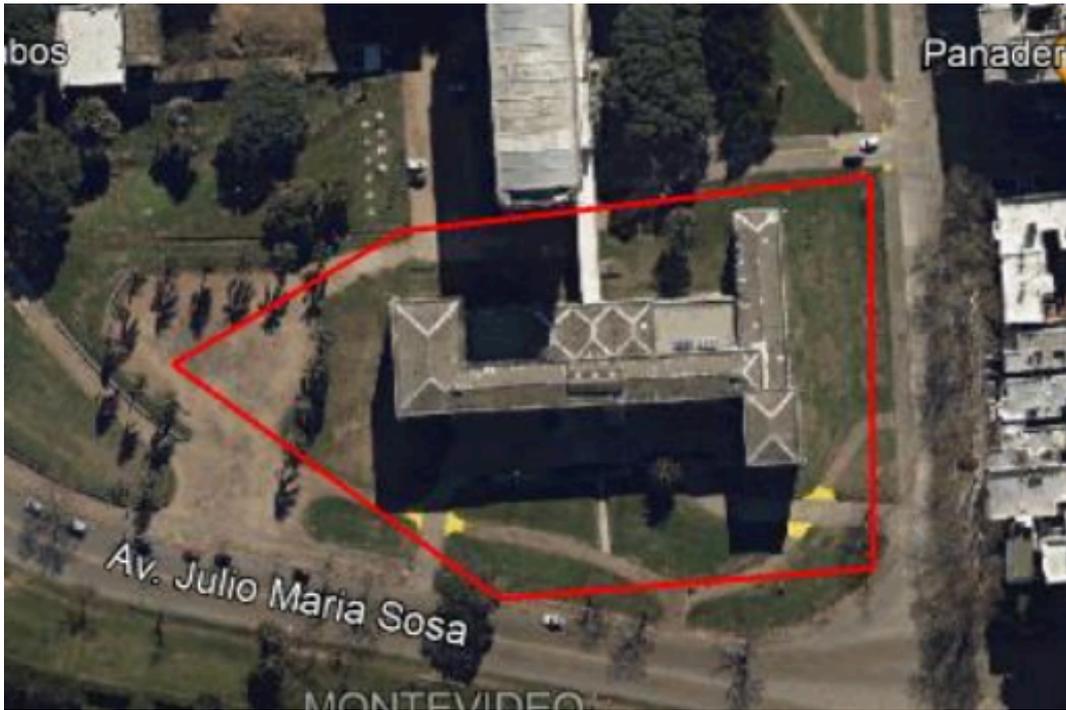


Imagen 12 - Área de trabajo.

Los 5 puntos que fueron utilizados, siendo uno de estos el punto de partida y llegada, fueron materializados antes de comenzar con el trabajo.



Imagen 13 - Punto de partida y llegada.



Imagen 14 - Imagen satelital del punto en cuestión.

Metodología empleada:

Se realizó una **nivelación geométrica compuesta**, ya que la distancia entre los puntos cuyo desnivel se quería hallar, no eran visibles entre sí, siendo imposible realizarlo desde una sola estación del instrumento.

Por tal motivo se tuvo que realizar el proceso “de a tramos”, colocando las miras en varios puntos de cambios.

Como se mencionó anteriormente, se disponían de 5 puntos fijos materializados pero entre estos las distancias eran bastantes extensas por lo que se realizaron dos o hasta tres tramos entre esos puntos para minimizar los errores que se podían generar.

A modo de ejemplo, con el instrumento estacionado en un punto I a nuestra consideración (equidistante a A y B) 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 un punto 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 y así sucesivamente hasta llegar al punto final.

Siguiendo con el ejemplo mencionado, si tenemos en cuenta el sentido de avance en el recorrido vemos que las lecturas l_A y l'_B son las que quedan a la espalda (o atrás) del instrumento, por lo que se las denomina lecturas atrás, y por otro lado, l_B y l_C son las lecturas hacia el frente o adelante, llamándole lecturas adelante.

Quedando definido el desnivel entre el punto final e inicial (puntos de interés, en el caso del ejemplo mencionado A y C) como:

$$\Delta H = \Sigma(\textit{lectura atrás}) - \Sigma(\textit{lectura adelante})$$

En esta oportunidad, se realizó una **nivelación cerrada**. Esto significa que se parte de un punto y se concluye en el mismo, por lo que la diferencia de nivel debería ser teóricamente cero, es decir la suma de las lecturas atrás debería ser igual a la suma de las lecturas adelante.

En la práctica es muy difícil que esto ocurra, ya que todas nuestras observaciones se encuentran afectadas de errores metodológicos e instrumentales.

Al no ser nula la diferencia de nivel, el valor obtenido como diferencia será un indicador de la calidad del trabajo, determinado, si se encuentra dentro de cierta tolerancia previamente indicada, si cumple con las exigencias requeridas.

Además, se llevó a cabo una **nivelación simultánea**. Esta consiste en realizar la nivelación por tramos con dos niveles.

Tiene la ventaja, al igual que la nivelación con doble plano colimador, que se registran los desniveles parciales en una planilla doble y esto nos permite ir controlando tramo a tramo la diferencia de nivel y realizar las lecturas de nuevo en caso de que difieran de una tolerancia de 2 mm. Esto es fundamental para no arrastrar errores que puedan afectar nuestro resultado final.

Por lo que tiene la ventaja con respecto a la nivelación ida y vuelta, de no tener que realizar el recorrido dos veces, economizando tiempo y trabajo, permitiendo comprobar los resultados estación a estación y reduciendo de esta forma los errores aleatorios.

Sin embargo, tiene el inconveniente de que al no moverse las miras en ambas observaciones, cualquier error en la colocación de éstas o en su verticalidad, van a incidir por igual en las dos nivelaciones.

Por lo tanto, se obtendrán dos desniveles, uno por cada instrumental.

RESULTADOS:

Durante la práctica, utilizamos una planilla para cada nivel, ya que se realizó una nivelación simultánea, como se mencionó anteriormente. Los datos registrados en campo incluyeron las lecturas hacia atrás y hacia adelante, así como el desnivel entre cada punto, con el fin de verificar que las mediciones fueran correctas.

Al tratarse de una nivelación cerrada, sabíamos que debíamos obtener una diferencia de nivel de 0 metros entre el punto inicial y el punto final.

- Hora de inicio: 8:05
- Hora de finalización: 9:27

Planilla de nivelación:

| Trabajo: Práctico 3 | | | | | Operador: G2 | | | Fecha: 09/09/24 | | Hoja 1 de 1 | | | |
|---------------------|------------|-------------------|------------|----------|-----------------|-------|------------|----------------------|------------|-------------|-----------------|------|----------------|
| Punto | ΔH parcial | Lecturas de Miras | | | Plano Colimador | COTA | ΔH parcial | Lecturas de Miras | | | Plano Colimador | COTA | Observaciones |
| | | Atrás | Intermedia | Adelante | | | | Atrás | Intermedia | Adelante | | | |
| Inicial | 1,002 | 2,013 | | | | | 1,002 | 2,026 | | | | | |
| 1 | 1,785 | 2,060 | | 1,011 | | | 1,784 | 2,162 | | 1,024 | | | |
| 2 | 0,248 | 1,358 | | 0,275 | | | 0,249 | 1,419 | | 0,378 | | | Cruzando calle |
| 3 | 0,082 | 1,449 | | 1,110 | | | 0,080 | 1,518 | | 1,170 | | | |
| 4 | -1,297 | 0,834 | | 1,367 | | | -1,298 | 0,840 | | 1,438 | | | Estaca azul |
| 5 | -1,635 | 0,796 | | 2,131 | | | -1,637 | 0,713 | | 2,138 | | | |
| 6 | 0,324 | 1,789 | | 2,431 | | | 0,323 | 1,751 | | 2,350 | | | |
| 7 | 0,094 | 1,622 | | 1,465 | | | 0,095 | 1,633 | | 1,428 | | | |
| 8 | -0,468 | 1,153 | | 1,528 | | | -0,467 | 1,221 | | 1,538 | | | |
| 9 | -0,034 | 1,427 | | 1,621 | | | -0,032 | 1,489 | | 1,688 | | | |
| 10 | -0,096 | 1,486 | | 1,461 | | | -0,096 | 1,607 | | 1,521 | | | |
| Final | | | | 1,582 | | | | | | 1,703 | | | |
| Suma | 0,005 | 15,987 | | 15,982 | | | 0,003 | 16,379 | | 16,376 | | | |
| | | | Nivel N5 | | Desnivel | 0,004 | | Nivel N10 (amarillo) | | | | | |

$$\text{Diferencia de nivel entre P inicial y P final} = (0,005 + 0,003) \div 2 = 0,004 \text{ metros}$$

CONCLUSIONES

La práctica de nivelación geométrica cerrada, realizada con el uso de dos niveles ópticos, fue exitosa al proporcionar una experiencia directa en el manejo de instrumentos topográficos y en la aplicación rigurosa de los procedimientos altimétricos. Durante la actividad, se implementaron técnicas para minimizar los errores sistemáticos, como los de esfericidad, refracción y paralaje, asegurando la correcta disposición equidistante de las miras y un control preciso en las lecturas hacia atrás y hacia adelante. Además, una planificación eficiente de las estaciones intermedias contribuyó al cierre exitoso de la nivelación, logrando un alto grado de precisión. Esto sin duda fue posible en gran parte por la experiencia previa de la

práctica anterior, ya que en esta tratamos de corregir ciertas cuestiones que en dicho entonces nos dificultaron el trabajo, como por ejemplo, la utilización de una planilla de nivelación adecuada, la cantidad de tramos a realizar entre los puntos fijos y la propia experiencia del aprendizaje que hemos adquirido.

Los resultados reflejan un trabajo de excelente calidad. Como se trataba de una nivelación cerrada, se esperaba una diferencia de nivel de 0 metros entre el punto de partida y el de llegada. En la primera ejecución, se detectó una desviación significativa de 16,8 cm, lo que subrayó la importancia de un mejor manejo del instrumental. No obstante, tras realizar ajustes en los procedimientos, la segunda ejecución arrojó una diferencia final de tan solo 2 milímetros, lo que se encuentra dentro de los márgenes de tolerancia establecidos. Este resultado evidencia un adecuado manejo del equipo, con lecturas consistentes y fiables registradas en ambas planillas.

El uso simultáneo de dos niveles ópticos, a pesar de las dificultades inherentes a la coordinación de ambos equipos, permitió verificar la congruencia de los datos recolectados. La consistencia entre las mediciones demuestra que los errores instrumentales o humanos fueron mínimos, cumpliendo con los estándares de precisión requeridos para este tipo de levantamientos. En conclusión, la experiencia práctica reforzó la importancia de la técnica y del cuidado en el uso del instrumental, logrando resultados de alta exactitud.