TOPOGRAFÍA: METODOLOGÍAS DE CAMPO Y OFICINA

TOMO II. ALTIMETRÍA

Ing. Mgs. Yeny Natalia Mancipe Cristiano
Ing. Mgs. Andrés Fabricio Mosquera Flórez
Lina María Rodríguez Romero

ediciones USTA

TOPOGRAFÍA: METODOLOGÍAS DE CAMPO Y OFICINA

TOMO II. ALTIMETRÍA

TOPOGRAFÍA: METODOLOGÍAS DE CAMPO Y OFICINA

TOMO II. ALTIMETRÍA

Ing. Mgs. Yeny Natalia Mancipe Cristiano
Ing. Mgs. Andrés Fabricio Mosquera Flórez
Lina María Rodríguez Romero

ediciones USTA

Mancipe Cristiano, Yeny Natalia
Topografía: Metodologías de campo y oficina. Tomo II. Altimetría / Yeny Natalia Mancipe Cristiano, Andrés Fabricio Mosquera Flórez y María Rodríguez Romero. - Villavicencio, Universidad Santo Tomás, 2026.
72 páginas, tablas y figuras

Incluye referencias bibliográficas

ISBN: 978-958-782-744-6
E-ISBN: 978-958-782-745-3

1. Topografía. 2. Planimetría. 3. Altimetría. 4. Levantamientos topográficos. 5. Medición de superficies. 6. Medición de altitudes. I. Mosquera Flórez, Andrés Fabricio. II. Rodríguez Romero, María. III. Universidad Santo Tomás (Colombia)

SCDD edición 23 CO-ViUST
526.9

© **Yeny Natalia Mancipe Cristiano,**
Andrés Fabricio Mosquera Flórez,
Lina María Rodríguez Romero, autores, 2026
© Universidad Santo Tomás, 2026

Ediciones USTA
Bogotá, D. C., Colombia
Carrera 9 n.° 51-11
Teléfono: (+571) 587 8797, ext. 2991
editorial@usta.edu.co
http://ediciones.usta.edu.co

Corrección de estilo:
Sergio Andrés Pérez Loaiza
Directora de Investigación e Innovación:
Andrea Marcela Rivera Blanco
Coordinador Editorial:
Julián Laverde Restrepo
Diagramación y diseño de cubierta:
Alexandra Romero Cortina
Imagen de cubierta:
Magnific
Impresión:
Imageprinting Ltda.

Hecho el depósito que establece la ley
ISBN: 978-958-782-744-6
e-ISBN: 97-958-782-745-3

Primera edición, 2026

Universidad Santo Tomás
Vigilada MinEducación
Reconocimiento personería jurídica:
Resolución 3645 del 6 de agosto de 1965, Minjusticia
Acreditación Institucional de Alta Calidad Multicampus: Resolución 014525 del 28 de julio de 2022, 8 años, MinEducación

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

CONTENIDO

Índice de figuras 9

Índice de tablas 10

Introducción 13

Resumen **13**

Abstract **14**

Marco conceptual 15

Topografía **15**

Altimetría **15**

Cota 15

Curva de nivel 15

Capítulo 1. Reconocimiento inicial 17

Objetivos **17**

Capítulo 2. Replanteo 21

Guía de procesamiento de datos **21**

Objetivo 21

Equipos de laboratorio y recolección de datos 21

Marco teórico **22**

Replanteo 22

Tipos de trabajos topográficos en construcción **22**

Levantamiento de propiedades o linderos 22

Levantamiento de condiciones existentes 22

Levantamiento de construcción 22

Levantamiento de obra terminada 22

Procedimiento de campo **23**

Guía de procesamiento de datos **24**

Ejemplo 1 24

Capítulo 3. Nivelación geométrica simple 29

Guía de procesamiento y recolección de datos **29**

Objetivo 29

Equipos de laboratorio y materiales 29

Marco teórico **30**
Nivelación geométrica simple 30
Nivel de precisión 31
Mira topográfica 31
Procedimiento de campo 31
Guía de procesamiento de datos **32**
Ejemplo 1 32
Ejemplo 2 34

Capítulo 4. Nivelación geométrica compuesta 37
Guía de levantamiento y recolección de datos **37**
Objetivo 37
Equipos de laboratorio y materiales 37
Marco teórico **38**
Nivelación geométrica compuesta por diferentes cambios 38
Contranivelación 38
Procedimiento de campo 38
Guía de procesamiento de datos **40**
Ejemplo 1 40
Ejemplo 2 46

Capítulo 5. Nivelación trigonométrica simple 51
Guía de procesamiento de datos **51**
Ejemplo 1 51
Ejemplo 2 54

Capítulo 6. Nivelación trigonométrica compuesta 57
Guía de procesamiento de datos **57**
Ejemplo 1 57

Síntesis pedagógica 63
Capítulo 1. Reconocimiento inicial **63**
Capítulo 2. Replanteo **63**
Capítulo 3. Nivelación geométrica simple **64**
Capítulo 4. Nivelación geométrica compuesta **64**
Capítulo 5. Nivelación trigonométrica simple **64**
Capítulo 6. Nivelación trigonométrica compuesta **65**

Síntesis general 66
Conclusiones 67
Referencias 68
Índice temático 69
Los autores 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1 Localización general **25**
Figura 2.2 Cálculo de azimut según cuadrante **26**
Figura 2.3 Distancia entre puntos y deltas **27**

Capítulo 3

Figura 3.1 Nivel óptico **30**
Figura 3.2 Nivel de precisión **31**
Figura 3.3 Localización general **33**
Figura 3.4 Localización general **34**

Capítulo 4

Figura 4.1 Localización general **40**
Figura 4.2 Localización general **46**

Capítulo 5

Figura 5.1 Localización general **52**

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1 Cartera de deltas 25
Tabla 2.2 Cartera de ejes de construcción 26
Tabla 2.3 Cálculo de azimuts 27

Capítulo 3

Tabla 3.1 Cartera de campo 31
Tabla 3.2 Cartera de campo. Ejemplo 1 33
Tabla 3.3 Cálculo de cotas y desniveles. Ejemplo 1 34
Tabla 3.4 Cartera de campo. Ejemplo 2 35
Tabla 3.5 Cálculo de cotas y desniveles. Ejemplo 2 35

Capítulo 4

Tabla 4.1 Modelo de cartera de campo 39
Tabla 4.2 Cartera de campo. Ejemplo 1 41
Tabla 4.3 Nivelación de estaciones. Ejemplo 1 42
Tabla 4.4 43
Tabla 4.5 Cálculo de distancia entre estaciones 44
Tabla 4.6 Verificación del error permitido 44
Tabla 4.7 Corrección de cotas de las estaciones 45
Tabla 4.8 Cálculo de cotas de detalles 45
Tabla 4.9 Cartera de campo. Ejemplo 2 47
Tabla 4.10 Nivelación de estaciones. Ejemplo 2 47
Tabla 4.11 Error de la cota del BM 48
Tabla 4.12 Cálculo de distancia entre estaciones 48
Tabla 4.13 Verificación del error permitido 48
Tabla 4.14 Corrección de cotas de las estaciones 49
Tabla 4.15 Cálculo de cotas de detalles 49

Capítulo 5

Tabla 5.1 Cartera de campo. Ejemplo 1 **52**
Tabla 5.2 Cálculo de cotas **53**
Tabla 5.3 Cálculo de coordenadas **54**
Tabla 5.4 Cartera de campo. Ejemplo 2 **55**
Tabla 5.5 Cálculo de cotas **55**
Tabla 5.6 Cálculo de coordenadas **56**

Capítulo 6

Tabla 6.1 Cartera de campo. Ejemplo 1 **57**
Tabla 6.2 Nivelación trigonométrica de estaciones **60**
Tabla 6.3 Cálculo de cota por punto observado **61**

Introducción

Resumen

Este segundo tomo presenta, en detalle, los procedimientos, equipos y técnicas que se utilizan en los levantamientos altimétricos, tanto en campo como en oficina. En las siguientes páginas, los estudiantes encontrarán ejemplos y ejercicios que les permitirán poner en práctica lo aprendido de manera didáctica y efectiva. Este enfoque busca no solo facilitar la comprensión de los conceptos teóricos, sino también fomentar la capacidad de solucionar problemas y aplicar metodologías en situaciones reales.

El objetivo principal es promover el aprendizaje autónomo, incentivando la investigación y la aplicación de las metodologías topográficas en el área de la altimetría. Al trabajar con independencia y reflexión los ejercicios y ejemplos, los estudiantes desarrollarán habilidades críticas y técnicas esenciales para su formación profesional en el campo de la topografía.

De este modo, se espera que la presente cartilla se convierta en un recurso valioso para todos aquellos que deseen adquirir conocimiento y destreza en el mundo de la topografía, y que contribuya de forma significativa a su desarrollo académico y profesional.

Abstract

This second volume presents, in detail, the procedures, equipment, and techniques used in altimetric surveys, both in the field and during office data processing. Throughout the following pages, students will find examples and practical exercises that will enable them to apply the knowledge acquired in an engaging and effective manner. This approach seeks not only to facilitate the understanding of theoretical concepts but also to foster problem-solving skills and the application of surveying methodologies in real-world situations.

The primary objective of this handbook is to promote autonomous learning by encouraging research and the application of surveying methodologies in the field of altimetry. By working independently and critically through the proposed exercises and examples, students will develop the technical competencies and analytical skills that are essential for their professional education in the field of surveying.

In this way, this handbook is expected to become a valuable resource for anyone wishing to acquire knowledge and practical skills in the field of surveying, while making a meaningful contribution to their academic and professional development.

Marco conceptual

Topografía

La topografía es la ciencia que estudia y representa la superficie terrestre a partir de la proyección de puntos coordenados (georreferenciados o no) y que incluye elementos tanto naturales (accidentes geográficos) como artificiales (intervención humana) divisables en la zona de estudio. Su práctica involucra la medición de distancias, ángulos y elevaciones que conforman el relieve del terreno, además de la aplicación de diferentes metodologías según la información específica que se desea analizar.

Altimetría

La topografía es la ciencia que estudia y representa la superficie terrestre a partir de la proyección de puntos coordenados (georreferenciados o no) y que incluye elementos tanto naturales (accidentes geográficos) como artificiales (intervención humana) divisables en la zona de estudio. Su práctica involucra la medición de distancias, ángulos y elevaciones que conforman el relieve del terreno, además de la aplicación de diferentes metodologías según la información específica que se desea analizar.

Cota

Se denomina cota a la magnitud de la altura presente en un punto respecto a un plano de referencia, por lo general respecto al nivel del mar, cuya unidad correspondiente es m s. n. m.

Curva de nivel

Las curvas de nivel son líneas que unen consecutivamente aquellos puntos de estudio que comparten la misma cota o altitud, de modo que faciliten la interpretación del relieve del terreno mediante la conformación de planos horizontales. Cabe destacar que, según el nivel de detalle requerido y el levantamiento realizado, se pueden representar estas curvas con un avance de cada 5 m, 10 m, 15 m, etc.

Capítulo 1.
Reconocimiento inicial

Objetivos

Realizar una investigación y reconocimiento de las generalidades de la topografía y de los equipos utilizados en las diferentes prácticas de topografía.

- Hacer una investigación en la biblioteca de la universidad y desarrollar la actividad haciendo uso de mínimo tres textos.

- Construir un informe técnico, a mano, plasmando la investigación realizada y teniendo en cuenta los siguientes apartados:

    1. Hoja de presentación.
    2. Portada.
    3. Introducción.
    4. Objetivos (general y específicos).
    5. Desarrollo de cada uno de los puntos de la práctica.
    6. Conclusiones (mínimo 3).
    7. Referencias (mínimo 5).

Para alcanzar estos objetivos,

- Responda los siguientes interrogantes:

    - ¿Qué es la topografía?
    - ¿Cuáles son los alcances y las aplicaciones de la topografía?

- ¿Tiene la topografía desventajas?
- ¿Cuánto cuesta un levantamiento topográfico?
- ¿Cuál es la diferencia entre un topógrafo y un ingeniero civil?
- En un levantamiento topográfico, ¿cuál es la importancia del cadenero?
- ¿Qué es una cartera topográfica y cuál es su importancia?

- Elabore un cuadro comparativo con la definición de los siguientes conceptos:
  - Cartografía.
  - Geodesia.
  - Geomática.
  - Fotogrametría.
- Mencione las principales diferencias entre la topografía y la geodesia.

- La topografía tiene dos principales áreas de estudio: la planimetría y la altimetría. Defina estos dos conceptos y elabore un gráfico o esquema.
- Describa y dibuje los siguientes equipos utilizados en un levantamiento topográfico:
  - Jalones.
  - Plomadas.
  - Cinta métrica.
  - Rueda perambuladora.
  - Teodolito.
  - Estación total.
  - Brújula.
  - Trípode.

- Maceta.
- Nivel Locke.
- Nivel *Abney*.
- Mira.
- Nivel de precisión.

Capítulo 2.
Replanteo

Guía de levantamiento y recolección de datos

Objetivo

Materializar en el terreno, de forma precisa e inequívoca, los puntos básicos que definen gráficamente un proyecto, mediante la aplicación de técnicas y procedimientos de replanteo topográfico que garanticen su correcta ubicación de acuerdo con los planos y especificaciones establecidas.

Equipos de laboratorio y materiales:

- Estación total – batería.
- Trípode.
- Prisma – portaprisma.
- plomada.
- 1 maceta.
- Estacas medianas 3 × 3.
- Puntillas de 1 in.
- Sombrilla.
- Cartera de campo.
- 1 marcador color negro.

Marco teórico

Replanteo

El trabajo de replanteo consiste en ubicar sobre el terreno los elementos proyectados en las posiciones deseadas. Lo anterior se logra al colocar marcas de referencia (estacas) en una ubicación que le permita al personal encargado, con sus propias herramientas, colocar correctamente los componentes del proyecto para su construcción.

Es la operación inversa del levantamiento topográfico. Mientras en este tomamos datos del terreno para confeccionar un plano, en el replanteo los datos del plano se sitúan sobre el terreno. Gracias a los planos es posible evidenciar las dimensiones, niveles y posiciones de las diferentes estructuras que se van a construir: edificaciones, vías de comunicación, estacionamientos, líneas de tubería, zonas de recreación, etc.

Esta labor, que realiza el profesional del área de topografía, también se conoce como *trabajo de trazo o establecimiento de líneas y niveles*. Se resalta que de esta ciencia depende en gran parte la culminación adecuada de un proyecto.

Tipos de trabajos topográficos en construcción

Levantamiento de propiedades o linderos

Es implementado para establecer la localización, dimensiones y características topográficas de un terreno.

Levantamiento de condiciones existentes

Para iniciar un proyecto de construcción, se deben tener los planos topográficos del terreno y de los elementos adyacentes a este. La información obtenida (datos, cálculos y planos) es entregada a los especialistas para realizar los diversos diseños necesarios para el proyecto. El propósito es definir las características naturales y artificiales de la zona de trabajo (corrientes, drenajes, líneas de energía eléctrica, caminos, entre otros), las estructuras cercanas y las zonas con posibles afectaciones.

Levantamiento de construcción

Es un replanteo donde se determina la ubicación y elevación de los elementos u obras a construir.

Levantamiento de obra terminada

Se utiliza para determinar las posiciones, formas y dimensiones de las construcciones realizadas. Con este tipo de trabajo se establece, también, la ubicación definitiva de las estructuras y los componentes (tuberías, canales, vías, etc.) que serán necesarios para ejecutar mantenimientos, modificaciones y concebir nuevas obras a futuro.

En este proceso de la construcción, una comisión topográfica es contratada con el fin de auditar que las labores se efectúen de manera adecuada y que correspondan con los planos de diseño y especificaciones del proyecto. Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, se pueden presentar cambios en la construcción con respecto a los planos originales, debido a problemas o situaciones imprevistas, ya sea la presencia de tuberías subterráneas, ductos, condiciones inesperadas en la cimentación, etc. Es necesario, entonces, que estas novedades se corrijan en el momento para el buen desarrollo de la obra.

Procedimiento de campo

1. Se establecen los puntos o ejes en campo para que se pueda llevar a cabo el proceso de construcción del proyecto.

2. Con base en los planos de diseño, se determina la ubicación-coordenadas de los diferentes puntos o ejes.

3. Se arma el equipo en el respectivo punto de control, se miden las distancias y ángulos, o azimuts, y se localiza cada punto o eje en campo según las características y dimensiones del proyecto.

4. Se deben dejar referencias en campo de dichos puntos por fuera de la zona de construcción con la intención de que no sean destruidos dentro del proceso de realización de la obra.

5. Después de ubicar los puntos o características, se debe verificar, en campo, que las distancias y los ángulos coincidan con el diseño de la construcción, teniendo en cuenta construcciones ya existentes. Para esto, se realizan múltiples tipos de mediciones a fin de verificar la correcta localización de acuerdo con el tipo y forma de construcción; por ejemplo, en una construcción rectangular es recomendable medir diagonales para constatar que la toma de dimensiones sea la correspondiente.

6. También, se pueden verificar las perpendiculares o ángulos que deben formar las diferentes líneas de referencia que forman los puntos materializados en campo.

7. En campo, se deben establecer líneas base o de trazo para los ejes de la construcción y prolongarlas fuera del área de trabajo colocando puntos para replantear cualquier otro de la obra que en alguna etapa de la construcción haya sido removido o destruido.

8. En la cartera de campo, se debe hacer un esquema general de cada uno de los puntos y de la norte arbitraria.

9. La cartera debe entregarse con la siguiente información adicional a la registrada en campo:

   - Portada
     - Nombre de la práctica de laboratorio.
     - Grupo n.º
     - Nombres completos y códigos de los integrantes.
     - Docente.
     - Nombre de la universidad.
     - Ciudad.
     - Año.
   - Usos del suelo
     - Características del terreno.
     - Estado del tiempo.
     - Equipos de laboratorio y materiales utilizados.
     - Localización del lote.

10. Tomar fotografías que evidencien el procedimiento desarrollado en campo por cada uno de los integrantes del grupo, las cuales deben ser anexadas al informe.

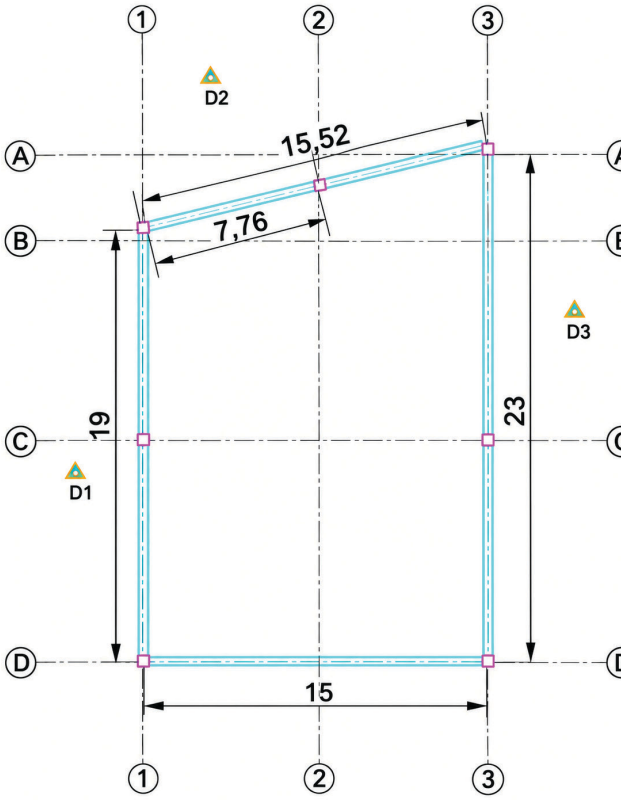
Guía de procesamiento de datos

Ejemplo 1

Inicialmente, su empresa asistió en un proyecto realizando el trabajo de levantamiento, el cual sirvió de base para proyectar los planos de diseño para una bodega. Ahora, sus servicios son requeridos para hacer el replanteo topográfico que materializará esa propuesta de diseño. Se le proveen planos de localización y detalles que puedan ser de utilidad para ubicar en el terreno los ejes y puntos de interés.

Figura 2.1

Localización general



Nota. elaboración propia.

Con el conocimiento de las estaciones trabajadas en el levantamiento previo, se hace la revisión de los documentos técnicos proporcionados que especifiquen las dimensiones y la ubicación de aquellos elementos a construir.

Tabla 2.1

Cartera de deltas

Δ	COORDENADAS	
	E	N
1	1676.168	1749.281
2	1683.179	1768.449
3	1698.814	1757.944

Tabla 2.2

Cartera de ejes de construcción

EJE	COORDENADAS	
	E	N
A3	1695	1765
B1	1680	1761
D1	1680	1742
D3	1695	1742

A continuación, se calculan los ángulos y distancias relacionando un par de puntos mediante análisis trigonométrico empleando las siguientes ecuaciones:

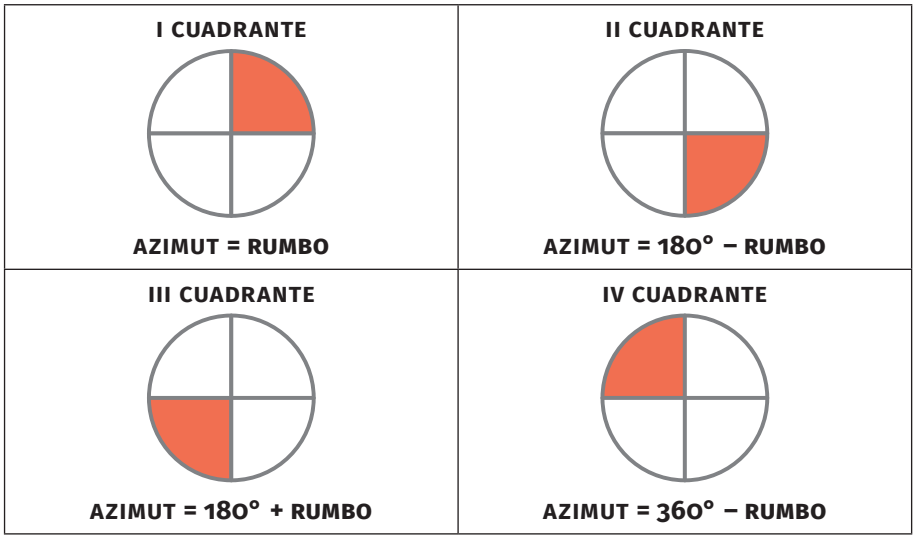
$$Distancia = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2}$$

$$\theta\ (Deflexión\ ) = tan^{-1}\left(\frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1}\right)$$

Tenga presente que para calcular el azimut se debe identificar el cuadrante en el que se ubica la guía, con base en los resultados de las variaciones para este y norte, tal como se indica en la siguiente figura:

Figura 2.2

Cálculo de azimut según cuadrante



Nota. tomado de Ramírez (2012).

A partir de lo anterior, se tienen los siguientes cálculos:

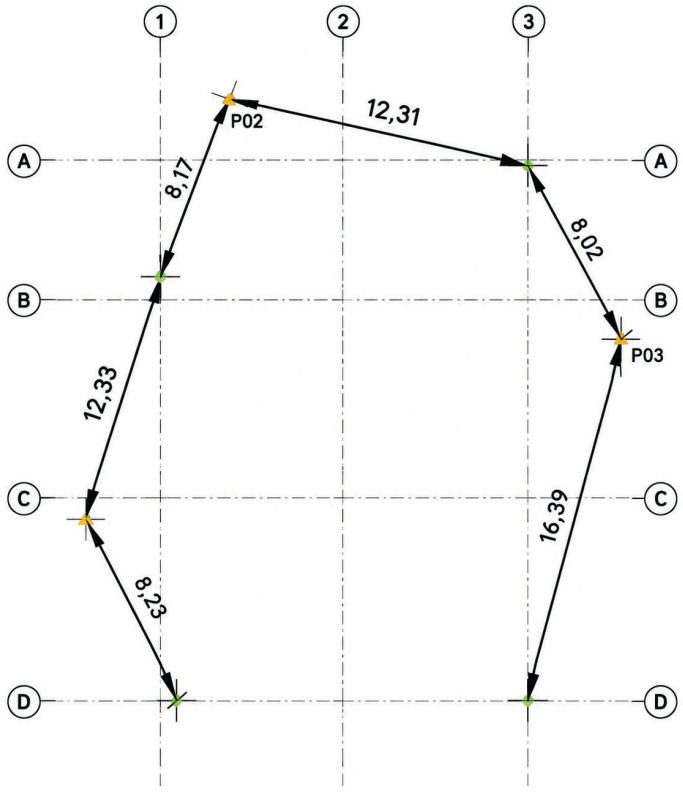
Tabla 2.3

Cálculo de azimuts

Δ	PUNTO	DISTANCIA	DEFLEXIÓN	AZIMUT	OBSERVACIÓN
1	2	20.41	20° 5' 27"	20° 5' 27"	Delta 2
	B1	12.33	18° 6' 26"	18° 6' 26"	Eje construcción
	D1	8.22	27° 45' 28"	152° 14' 32"	Eje construcción
2	1	20.41	20° 5' 27"	200° 5' 27"	Delta 1
	A3	12.31	73° 44' 4"	106° 15' 56"	Eje construcción
	B1	8.10	23° 6' 41"	203° 6' 41"	Eje construcción
3	2	18.84	56° 6' 12"	303° 53' 48"	Delta 2
	A3	8.021	28° 23' 34"	331° 36' 26"	Eje construcción
	D3	16.39	13° 27' 11"	193° 27' 11"	Eje construcción

Figura 2.3

Distancia entre puntos y deltas



Nota. elaboración propia.

Una vez calculadas las distancias y los azimuts, o deflexiones, se podrá trabajar en campo la ubicación de estos puntos de interés. Se instalará la estación total en el punto de control inicial, se divisará hacia el azimut o ángulo calculado, se medirá la distancia correspondiente empleando el prisma y, una vez verificada la ubicación, se marcará el punto con una estaca.

Ya ubicadas dichas estacas, se procederá a instalar y tensar los hilos entre estas para demarcar los ejes en el terreno aplicando cal, tiza o yeso de color en polvo para facilitar su visibilidad.

Por lo general, el replanteo incluye la verificación del nivel, para lo cual se debe trabajar un levantamiento altimétrico en el que, a través de un nivel o con la misma estación total, se registren las cotas de estos puntos previamente analizados. Recuerde que es crucial contar con un punto de control, o BM, del que se conozcan las coordenadas este, norte y cota para poder amarrar desde allí el levantamiento con mayor precisión. Esta metodología será expuesta en los próximos capítulos.

Capítulo 3.
Nivelación geométrica simple

Guía de levantamiento y recolección de datos

Objetivo

Reconocer los equipos de topografía utilizados en la nivelación geométrica (nivel de precisión y mira topográfica) y estimar la altura o cota del terreno por medio de lecturas correctas en la mira topográfica.

Equipos de laboratorio y materiales

- Nivel de precisión.
- Trípode.
- Mira topográfica.
- 1 maceta.
- Estacas medianas 3 × 3.
- Sombrilla.
- Cartera de campo.
- 1 marcado color negro.

Marco teórico

Nivelación geométrica simple

Es el sistema más empleado en ingeniería, pues permite conocer rápidamente diferencias de nivel entre dos puntos a partir de la visual horizontal lanzada desde el nivel hacia las miras colocadas en dichos puntos. Es necesaria la utilización de un nivel de precisión, una mira y conocer la altitud o cota del punto inicial (BM).

Cuando los puntos a nivelar están dentro de los límites del campo topográfico altimétrico y el desnivel entre dichos puntos se puede estimar con una sola estación, la nivelación recibe el nombre de nivelación geométrica simple.

Para realizar los cálculos se utilizan las siguientes ecuaciones:

Altura instrumental (Ai) = Cota del BM + Vista atrás (V+)

Cota de cada punto = Altura instrumental – Vista Intermedia (Vi) a cada punto

Figura 3.1

Nivel óptico



Nota. tomado de Miguel (s.f.).

Nivel de precisión

Equipo que presenta o permite tomar visuales horizontales, con enfoque de anteojo según la respectiva distancia.

Figura 3.2

Nivel de precisión



Nota. tomado de Geoinstrumentos Topográficos (s.f.).

Mira topográfica

Regletas demarcadas con distanciamientos de un centímetro o de un milímetro. Es de anotar que las lecturas o mediciones se deben realizar siempre al milímetro.

Procedimiento de campo

Armar el nivel de precisión en un punto o sitio donde se pueda tomar la vista atrás (V+). Se ubica el BM o punto de coordenadas conocidas:

1. Se ubica la mira sobre el punto materializado con cota conocida BM y luego, girando el anteojo, se empiezan a tomar las vistas intermedias (Vi) a todos y cada uno de los puntos que se necesiten nivelar.

2. Se procede a llenar la respectiva cartera de campo:

Tabla 3.1

Cartera de campo

PUNTO	V(+)	VI	ALT INSTR	COTA	OBSERVACIONES

3. En la cartera de campo, hacer un esquema general de cada uno de los puntos y de la norte arbitraria.

4. La cartera de campo debe entregarse con la siguiente información adicional a la registrada en campo:

- Portada
    - Nombre de la práctica de laboratorio.
    - Grupo n.º
    - Nombres completos y códigos de los integrantes.
    - Docente.
    - Nombre de la universidad.
    - Ciudad.
    - Año.
- Usos del suelo
    - Características del terreno.
    - Estado del tiempo.
    - Equipos de laboratorio y materiales utilizados.
    - Localización del lote.

5. Tomar fotografías que evidencien el procedimiento desarrollado en campo por cada uno de los integrantes del grupo, las cuales deben ser anexadas al informe.

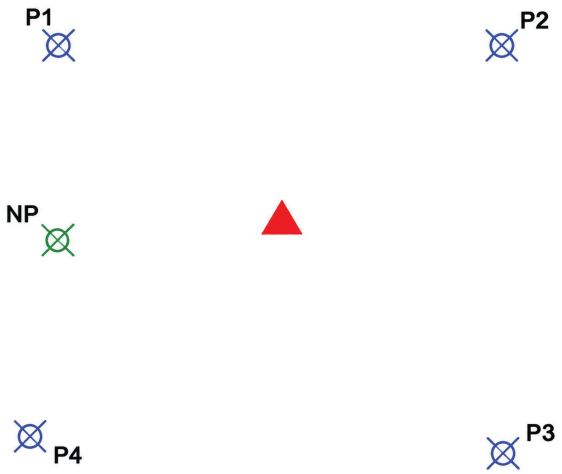
Guía de procesamiento de datos

Ejemplo 1

Se realizará el estudio altimétrico sobre un terreno en el que se espera extender una placa de piso. Como punto de referencia se tiene BM (cota 1389.214 m). A continuación, se muestran las mediciones tomadas con el nivel de precisión a las estacas del replanteo:

Figura 3.3

Localización general



Nota. elaboración propia.

De acuerdo con el procedimiento de campo, especificado previamente en la guía metodológica, se obtienen las siguientes mediciones de hilos que conforman la cartera de campo:

Tabla 3.2

Cartera de campo. Ejemplo 1

PUNTO	V+	VI	HINSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
NP	1.542		1390.756	1389.214	Placa
1		1.795			Estaca
2		2.601			Estaca
3		3.432			Estaca
4		3.182			Estaca

La altura del instrumental es calculada a partir de la cota conocida y la lectura de vista atrás V(+):

$$Hinstrumental = Cota_{BM} + V(+)_{NP} = 1389.214 + 1.542 = 1390.756$$

Se busca calcular, entonces, la cota de los puntos divisados, así como determinar el desnivel correspondiente relativo a la cota del punto de control (NP). Se demostrará, ahora, el procedimiento realizado para el punto 1:

Tabla 3.3

Cálculo de cotas y desniveles. Ejemplo 1

PUNTO	V+	VI	HINSTRUMENTO	COTA	DESNIVEL	OBSERVACIÓN
NP	1.542		1390.756	1389.214	-	Placa
1		1.795		1388.961	-0.253	Estaca
2		2.601		1388.155	-1.059	Estaca
3		3.432		1387.324	-1.89	Estaca
4		3.182		1387.574	-1.64	Estaca

$$Cota_{P_1} = Cota_{NP} - Vi_1 = 1389.214 - 1.795 = 1388.961$$

$$Desnivel_{P_1-NP} = Cota_{P_1} - Cota_{NP} = 1388.961 - 1389.214 = -0.253$$

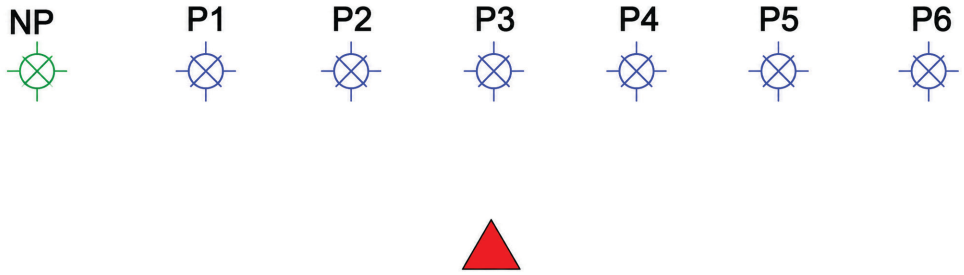
Con esta información, se tomarán las medidas necesarias para igualar el nivel del terreno a intervenir, considerando las pendientes para planificar el drenaje y controlar la erosión en terrenos muy inclinados, así como para garantizar la funcionalidad y seguridad del proyecto.

Ejemplo 2

Se hará la nivelación geométrica para un tramo de 500 m de un proyecto de construcción de una ciclovía, de manera que se pueda estimar la remoción del material. El punto de referencia tiene cota 1840.213 y estos fueron los datos obtenidos:

Figura 3.4

Localización general



Nota. elaboración propia.

Siguiendo el procedimiento de campo, especificado previamente en la guía metodológica, se obtienen las mediciones de hilos que conforman la cartera de campo:

Tabla 3.4

Cartera de campo. Ejemplo 2

PUNTO	V+	VI	HINSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
NP	2.431		1842.644	1840.213	Referencia
1		2.314			Vía
2		2.4			Vía
3		2.412			Vía
4		2.34			Vía
5		2.223			Vía
6		2.187			Vía

La altura del instrumental es calculada a partir de la cota conocida y la lectura de hilo V(+):

$$Hinstrumental = Cota_{BM} + V(+)_{NP} = 1389.214 + 1.542 = 1390.756$$

Se busca calcular, entonces, la cota de los puntos divisados, así como determinar el desnivel correspondiente relativo a la cota del punto de control (NP). De este modo, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.5

Cálculo de cotas y desniveles. Ejemplo 2

PUNTO	V+	VI	HINSTRUMENTO	COTA	DESNIVEL	OBSERVACIÓN
NP	2.431		1842.644	1840.213	-	Referencia
1		1.795		1840.33	0.117	Vía
2		2.601		1840.244	0.031	Vía
3		3.432		1840.232	0.019	Vía
4		3.182		1840.304	0.091	Vía
5		2.223		1840.421	0.208	Vía
6		2.187		1840.457	0.244	Vía

Capítulo 4.
Nivelación geométrica compuesta

Guía de levantamiento y recolección de datos

Objetivo

1. Reconocer los equipos de topografía utilizados en la nivelación geométrica (nivel de precisión y mira topográfica).

2. Estimar la altura o cota del terreno por medio de lecturas correctas en la mira topográfica, haciendo uso de diferentes puntos de cambio.

3. Encontrar el error de cierre permitido.

Equipos de laboratorio y materiales

- Nivel de precisión.
- Trípode.
- Mira topográfica.
- 1 maceta.
- Estacas medianas 3 × 3.
- Sombrilla.
- Cartera de campo.
- 1 marcado color negro.

Marco teórico

Nivelación geométrica compuesta por diferentes cambios

Es el procedimiento donde se hace una nivelación geométrica compuesta de diferentes puntos. Después, por medio de otra ruta, es decir, por diferentes cambios, se desarrolla la contranivelación, la cual consiste en realizar una nivelación desde el punto final hasta el punto de inicio o BM. Como se llega al punto inicial, la diferencia teórica debe ser igual a cero (0); por tanto, se deben establecer las precisiones y aplicar las correcciones según las especificaciones del proyecto.

Para un circuito de nivelaciones por diferentes cambios, es necesario, para los puntos de cambio, realizar las lecturas de mira con los tres hilos del equipo: Ls (hilo superior), Lm (hilo medio) y Li (hilo inferior).

Contranivelación

Para terrenos de gran extensión, se recomienda elaborar varios circuitos, es decir, sectorizar en tramos máximos de 2 kilómetros y hacer un circuito para cada sector. Lo anterior debido a que se puede verificar, controlar o realizar correcciones de manera más sencilla y organizada.

Procedimiento de campo

1. Reconocer el terreno para planear el trabajo de campo y definir la metodología a utilizar.

2. Ubicar y nivelar el equipo (nivel de precisión) en un sitio donde se pueda tomar (V+) a la mira ubicada en el BM y donde se puedan tomar la (Vi) a la mayor cantidad posible de puntos o detalles.

3. Tomar la lectura de (V+).

4. Realizar la (Vi) a los puntos o detalles que se puedan visualizar desde ese punto.

5. Materializar un punto que se usará como cambio n.º 1 (C#1), al cual se le toma la lectura de mira, vista adelante o vista menos (V–).

6. Trasladar el nivel a un sitio donde se pueda realizar la vista atrás (V+) al C#1 y llevar a cabo dicha vista.

7. Tomar lecturas, vistas intermedias (Vi), a los puntos a nivelar que se puedan visualizar desde esa posición.

8. Materializar más cambio repitiendo el procedimiento escrito para el cambio n.º 1 (C#1); es decir, ubicar un punto de cambio n.º 2 (C#2), dar vista menos (V–) y

continuar la nivelación hasta finalizarla (se recuerda que se debe llegar de nuevo al punto inicial o BM).

9. Realizar la vista menos (V–) al BM para cerrar la nivelación.

10. En la cartera de campo, hacer un esquema general de cada uno de los puntos y de la norte arbitraria.

Tabla 4.1

Modelo de cartera de campo

PUNTO	V(+)	VI	V(–)	ALT INSTR	COTA	OBSERVACIONES

11. Adicional a la información registrada en campo, la cartera debe entregarse con los siguientes datos:

- Portada
  - Nombre de la práctica de laboratorio.
  - Grupo n.º
  - Nombres completos y códigos de los integrantes.
  - Docente.
  - Nombre de la universidad.
  - Ciudad.
  - Año.
- Usos del suelo
  - Características del terreno.
  - Estado del tiempo.
  - Equipos de laboratorio y materiales utilizados.
  - Localización del lote.

12. Tomar fotografías que evidencien el procedimiento desarrollado en campo por cada uno de los integrantes del grupo, las cuales deben ser anexadas al informe.

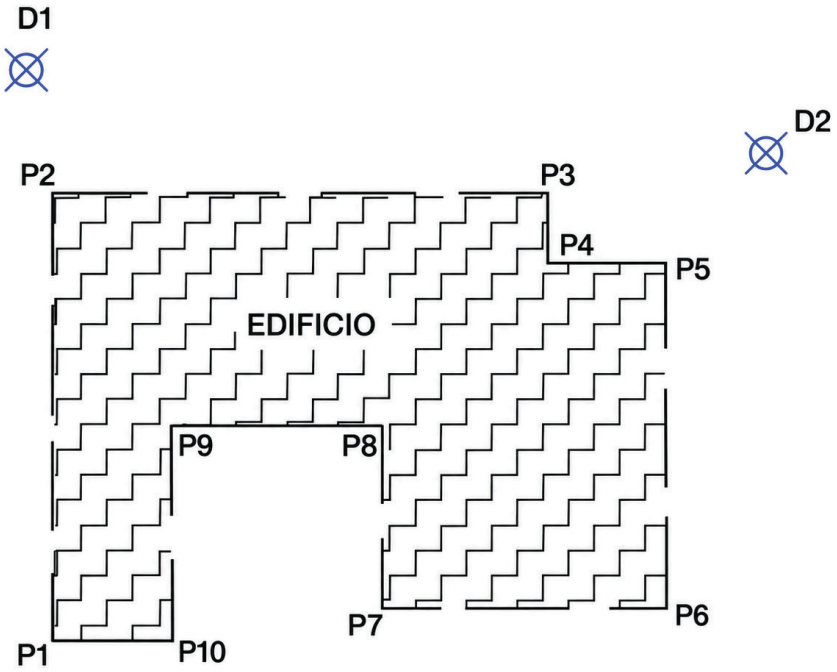
Guía de procesamiento de datos

Ejemplo 1

Se realizará el estudio altimétrico sobre un terreno en el cual se espera extender una placa de piso que tiene como punto de referencia BM (cota 1389.214 m). A continuación, se muestran las mediciones tomadas con el nivel de precisión a las estacas del replanteo:

Figura 4.1

Localización general



Nota. elaboración propia.

De acuerdo con el procedimiento de campo, especificado previamente en la guía metodológica, se obtienen las siguientes mediciones de hilos que conforman la cartera de campo:

Tabla 4.2

Cartera de campo. Ejemplo 1

PUNTO	V(+)	VI	V(–)	COTA	OBSERVACIÓN
	2.275				
BM	1.992			1890.342	Bm
	1.710				
1		1.842			Edificio
2		1.768			Edificio
10		1.903			Edificio
	1.994		2.022		
D1	1.777		1.789		Estaca
	1.562		1.558		
3		1.792			Edificio
	1.880		1.961		
D2	1.642		1.700		Estaca
	1.404		1.440		
4		1.516			Edificio
5		1.682			Edificio
6		1.579			Edificio
	2.009		2.096		
D3	1.801		1.877		Estaca
	1.592		1.659		
7		1.735			Edificio
8		1.953			Edificio
9		1.942			Edificio
			2.048		
BM			1.843		Bm
			1.638		

Recordemos que la vista atrás (V+) son lecturas tomadas mirando a un punto de referencia, la vista intermedia (Vi) son lecturas a puntos considerados como detalles observables desde una misma estación, y que la vista adelante (V–) corresponde a la lectura hacia la próxima estación. Para cada una de estas vistas se toma lectura de los 3 hilos de la mirilla y son estos los datos registrados en la cartera.

Con la información recopilada en la tabla, se procede a determinar la cota de cada estación con base en el BM conocido. Sin embargo, al tratarse de cambios de estación, se debe calcular la altura a la que se ubica del instrumento debido al cambio de posición.

Tabla 4.3

Nivelación de estaciones. Ejemplo 1

PUNTO	V+	V–	HINSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
BM	1.992	-	1892.334	1890.342	Bm
D1	1.777	1.789	1892.322	1890.545	Estaca
D2	1.642	1.700	1892.264	1890.622	Estaca
D3	1.801	1.877	1892.188	1890.387	Estaca
BM	-	1.843	-	1890.345	Bm

Se demuestra, así, el procedimiento trabajado:

$$Hi_{BM} = Cota_{BM} + V(+)$$

$$Hi_{BM} = 1890.342 + 1.992 = 1892.334$$

$$Cota_{Dn} = Hi_{(n-1)} - V(-)_{Dn}$$

$$Cota_{D1} = Hi_{BM} - V(-)_{D1} = 1892.334 - 1.789 = 1890.545$$

$$Hi_{Dn} = Cota_{Dn} + V(+)_{Dn}$$

$$Hi_{D1} = 1890.545 + 1.777 = 1892.322$$

En adelante, se repetirá este ciclo con las estaciones faltantes hasta completar la tabla. Posteriormente, se determinará el error de medición presentado en relación a la cota conocida del BM y su medición al cierre del circuito.

Tabla 4.4

COTA BM	COTA BM MEDIDA
1890.342	1890.345

$$Error = Cota\ BM - Cota\ medida = 1890.342 - 1890.345 = -0{,}003\ m = -3\ mm$$

Para verificar si este error es admisible, se calcula el valor permitido, expresado en la siguiente fórmula:

$$C = m \cdot \sqrt{k}$$

Donde:

C: error de cierre permitido (mm).
m: constante recomendada para proyectos topográficos (m = 12).
k: distancia nivelada acumulada en km.

Por lo anterior, se debe calcular la distancia nivelada acumulada midiendo las distancias horizontales a partir de las lecturas de vista atrás y vista adelante entre estaciones. Hecho de esta forma, se obtiene el siguiente resultado:

$$Dist.Horizontal\ (m) = (Ls - Li) * 100$$

Donde:

Ls: lectura hilo superior.
Li: lectura hilo inferior.

$$Dist.\ Total = Dist.\ Horizontal\ V(+) + Dist.\ Horizontal\ V(-)$$

Tabla 4.5

Cálculo de distancia entre estaciones

DE	A	V+			V−			DIST. TOTAL (M)	DIST ACUM. (M)
		LS	LI	DIST (M)	LS	LI	DIST (M)		
BM	D1	2.275	1.710	56.500	2.022	1.558	46.400	102.900	102.900
D1	D2	1.994	1.562	43.200	1.961	1.440	52.100	95.300	198.200
D2	D3	1.880	1.404	47.600	2.096	1.659	43.700	91.300	289.500
D3	BM	2.009	1.592	41.700	2.048	1.638	41.000	82.700	372.200

Con esta información, se procede a calcular y comprobar el error de cierre permitido:

$$m = 12$$

$$k = 372.200\ m = 0.372\ km$$

$$C = 12 \cdot \sqrt{0.372} = 7.321\ mm \approx 7mm$$

Tabla 4.6

Verificación del error permitido

ERROR CALCULADO	<=	C
3 000	Cumple	7 000

En caso de no cumplirse este parámetro máximo, se deberá repetir el trabajo de campo. De lo contrario, se procede con la corrección de cotas, empezando por las estaciones:

$$Corrección_{(n)} = (Error\ calculado * Dist.\ Acumulada_{(n)}) / Dist.\ Acumulada\ Total$$

No se requiere corregir la cota inicial del BM, dado que se trata de un dato conocido y es el referente para este control de cierre.

Tabla 4.7

Corrección de cotas de las estaciones

Δ	COTA	CORRECCIÓN	COTA CORREGIDA
BM	1890.342		1890.342
D1	1890.545	-0.001	1890.544
D2	1890.622	-0.002	1890.620
D3	1890.387	-0.002	1890.385
BM	1890.345	-0.003	1890.342

Finalmente, con esta información se procede a calcular las cotas de los detalles:

Tabla 4.8

Cálculo de cotas de detalles

PUNTO	V+	VI	V–	H INSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
BM	1.992			1892.334	1890.342	Bm
1		1.842			1890.492	Edificio
2		1.768			1890.566	Edificio
10		1.903			1890.431	Edificio
D1	1.777		1.789	1892.321	1890.544	Estaca
3		1.792			1890.529	Edificio
D2	1.642		1.700	1892.262	1890.620	Estaca
4		1.516			1890.746	Edificio
5		1.682			1890.580	Edificio
6		1.579			1890.683	Edificio
D3	1.801		1.877	1892.186	1890.385	Estaca
7		1.735			1890.451	Edificio
8		1.953			1890.233	Edificio
9		1.942			1890.244	Edificio

Se demuestra, así, el procedimiento trabajado:

Se llenan, antes que nada, las cotas de las estaciones a partir de la tabla anterior, ya que servirán de referencia para amarrar las cotas de los detalles divisados desde esta.

Posteriormente, se calcula la cota o altura instrumental:

$$Hi_{Dn} = Cota_{Dn} + V(+)_{Dn}$$

Y, por último, la cota de detalle indicada como:

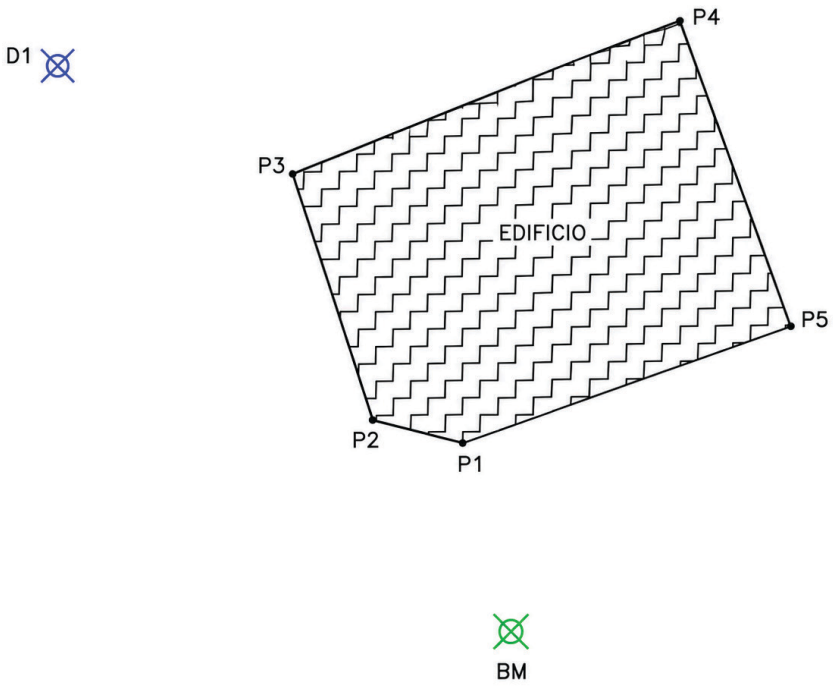
$$Cota_{dn} = Hi_{(Dn)} - V(-)_{dn}$$

Ejemplo 2

Se realiza el estudio altimétrico a un lote en el cual se proyecta la construcción de una edificación. Dada la extensión, se ubicaron estacas en la zona para identificar puntos de cambio de estación y se identificó un BM cuya cota conocida es 1890.342 m. A continuación, se muestran las lecturas tomadas con el nivel de precisión:

Figura 4.2

Localización general



Nota. elaboración propia.

Siguiendo el procedimiento de campo, especificado antes en la guía metodológica, se obtienen estas mediciones de hilos que conforman la cartera de campo:

Tabla 4.9

Cartera de campo. Ejemplo 2

PUNTO	V(+)	VI	V(–)	COTA	OBSERVACIÓN
	2.224				
BM	1.861	0.363		1890.342	Bm
	1.498	0.363			
1		1.842			Edificio
2		1.768			Edificio
	2.305		2.211		
D1	1.842	0.463	1.866	0.345	Estaca
	1.380	0.462	1.520	0.346	
3		1.792			Edificio
	2.303		2.357		
D2	1.862	0.441	1.860	0.497	Estaca
	1.422	0.440	1.364	0.496	
4		1.516			Edificio
5		1.682			Edificio
			2.255		
BM			1.845	0.410	Bm
			1.436	0.409	

Con la información recopilada en la tabla, se procede a determinar la cota de cada estación con base en el BM conocido. Sin embargo, al tratarse de cambios de estación, se debe calcular la altura a la que se ubica el instrumento debido a la alteración de posición:

Tabla 4.10

Nivelación de estaciones. Ejemplo 2

PUNTO	V+	V–	H INSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
BM	1.861		1892.203	1890.342	Bm
D1	1.842	1.866	1892.179	1890.337	Estaca
D2	1.862	1.86	1892.181	1890.319	Estaca
BM		1.845		1890.336	BM

Después, se determina el error de medición presentado en relación a la cota conocida del BM y su medición al cierre del circuito.

Tabla 4.11

Error de la cota del BM

COTA BM	COTA BM MEDIDA	
1890.342	1890.336	
ERROR	0.006	m
	6.000	mm

Para verificar si este error es admisible, se determina el valor permitido. Este cálculo parte de la distancia nivelada acumulada que se obtiene al sumar las distancias horizontales de las lecturas de vista atrás y vista adelante entre estaciones.

Tabla 4.12

Cálculo de distancia entre estaciones

DE	A	V+			V–			DIST. TOTAL (M)	DIST ACUM. (M)
		LS	LI	DIST (M)	LS	LI	DIST (M)		
BM	D1	2.224	1.498	72.600	2.211	1.520	69.100	141.700	141.700
D1	D2	2.305	1.380	92.500	2.357	1.364	99.300	191.800	333.500
D2	BM	2.303	1.422	88.100	2.255	1.436	81.900	170.000	503.500

Con esta información, se procede a calcular y comprobar el error de cierre permitido:

$$m = 12$$

$$k = 503.500\ m = 0.504\ km$$

$$C = 12 \cdot \sqrt{0.504} = 8.515\ mm \approx 9mm$$

Tabla 4.13

Verificación del error permitido

ERROR CALCULADO	<=	C
6 000	Cumple	9 000

Se procede con la corrección de cotas, empezando por las estaciones:

Tabla 4.14

Corrección de cotas de las estaciones

Δ	COTA	CORRECCIÓN	COTA CORREGIDA
BM	1890.342		1890.342
D1	1890.337	0.002	1890.339
D2	1890.319	0.004	1890.323
BM	1890.336	0.006	1890.342

Finalmente, con esta información se procede a calcular las cotas de los detalles:

Tabla 4.15

Cálculo de cotas de detalles

PUNTO	V+	VI	V–	HINSTRUMENTO	COTA	OBSERVACIÓN
BM	1.861			1892.203	1890.342	Bm
1		1.842			1890.361	Edificio
2		1.768			1890.435	Edificio
D1	1.842		1.866	1892.181	1890.339	Estaca
3		1.792			1890.389	Edificio
D2	1.862		1.860	1892.185	1890.323	Estaca
4		1.516			1890.669	Edificio
5		1.682			1890.503	Edificio

Capítulo 5.
Nivelación trigonométrica simple

Guía de procesamiento de datos

Ejemplo 1

Le contratan con el fin de realizar un levantamiento topográfico para un proyecto de construcción de una edificación. Mediante una estación total, se recopilaron los siguientes datos para evaluar las características del lote:

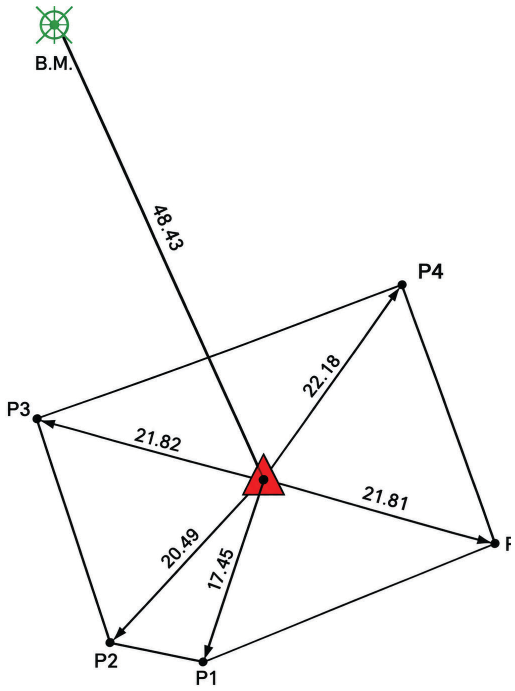
Datos iniciales:

Altura del instrumento (AI) = 1.56 m.

Cota BM = 1825.435 msnm.

Figura 5.1

Localización general



Nota. elaboración propia.

Finalmente, con esta información se procede a calcular las cotas de los detalles:

Tabla 5.1

Cartera de campo. Ejemplo 1

DELTA	PUNTO	ÁNGULO HORIZONTAL	DISTANCIA HORIZONTAL	ÁNGULO VERTICAL	HO	OBSERVACIÓN
	BM	**0° 0' 0"**				**REFERENCIA**
D1	1	56° 13' 48"	22.192	90° 30' 44"	1.65	Edificio
	2	131° 10' 37"	21.810	92° 23' 2"	1.65	Edificio
	3	225° 49' 5"	17.445	90° 34' 24"	1.65	Edificio
	4	248° 19' 59"	20.485	91° 42' 32"	1.65	Edificio
	5	306° 48' 43"	21.818	92° 25' 59"	1.65	Edificio

Estos datos nos permitirán analizar la altimetría y planimetría del área de estudio, y, de este modo, el proceso de nivelación es el siguiente:

Se calcula la distancia vertical (DV) y el desnivel vertical (DN), cruciales para calcular las cotas de cada punto, conociendo la cota del BM:

$$DV = \frac{Dh}{\tan(\alpha)}$$

Donde:

Dh: Distancia horizontal (m)
α: Ángulo vertical

$$DN = Ho + DV - Ho$$

Donde:

Dh: Distancia horizontal (m)
α: Ángulo vertical

$$Cota\ n = Cota\ estación + Hi + DV - Ho$$

Aplicando estas fórmulas, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 5.2

Cálculo de cotas

DELTA	PUNTO	HO	DV	DN	COTA	OBSERVACIÓN
	BM	**0° 0' 0"**			**1825.435**	**REFERENCIA**
D1	1	1.65	1.353	1.263	1826.698	Edificio
	2	1.65	0.997	0.907	1826.342	Edificio
	3	1.65	1.045	0.955	1826.390	Edificio
	4	1.65	2.258	2.168	1827.603	Edificio
	5	1.65	0.216	0.126	1825.561	Edificio

Tomados los datos en campo, se procede a aplicar el método de radiación simple (el cual es profundizado en el Capítulo 3, Tomo I: *Planimetría*) para calcular las coordenadas planas de este polígono. La suma de las cotas calculadas anteriormente permitirá generar un modelo de curvas de nivel o el cálculo de volúmenes de remoción o relleno.

Los resultados, entonces, son los siguientes para planimetría:

Tabla 5.3

Cálculo de coordenadas

				PROYECCIONES		COORDENADAS	
DELTA	**PUNTO**	**ÁNGULO HORIZONTAL**	**DISTANCIA HORIZONTAL**	**EW**	**NS**	**E**	**N**
	N	**0° 0' 0"**				**1000.000**	**1000.000**
	1	56° 13' 48"	22.192	18.448	12.336	1018.448	1012.336
	2	131° 10' 37"	21.810	16.416	-14.359	1016.416	985.641
D1	3	225° 49' 5"	17.445	-12.510	-12.158	987.490	987.842
	4	248° 19' 59"	20.485	-19.038	-7.563	980.962	992.437
	5	306° 48' 43"	21.818	-17.468	13.073	982.532	1013.073
	1	56° 13' 48"	22.192	18.448	12.336	1018.448	1012.336

No olvide que, al analizar circuitos poligonales cerrados, debe verificar el error de cierre y, de ser necesario, aplicar la corrección pertinente.

Ejemplo 2

Lo contratan para realizar el levantamiento topográfico para un proyecto de construcción de una edificación. Empleando una estación total se recopilaron los siguientes datos para evaluar las características del lote:

Datos iniciales:

Altura del instrumento (AI) = 1.47 m.

Cota BM = 2038.457 msnm.

Retomando el procedimiento de campo, especificado previamente en la guía metodológica, se obtienen las siguientes mediciones que conforman la cartera de campo:

Tabla 5.4

Cartera de campo. Ejemplo 2

DELTA	PUNTO	ÁNGULO HORIZONTAL	DISTANCIA HORIZONTAL	ÁNGULO VERTICAL	HO	OBSERVACIÓN
	N	**0° 0' 0"**				**NORTE M.**
	1	51° 15' 37"	18.752	91° 20' 37"	1.7	Edificio
	2	67° 2' 7"	15.886	92° 2' 6"	1.7	Edificio
	3	75° 28' 19"	24.707	91° 28' 24"	1.7	Edificio
	4	132° 24' 17"	32.39	91° 0' 17"	1.7	Edificio
D1	5	168° 40' 44"	7.158	92° 26' 38"	1.7	Edificio
	6	176° 19' 9"	21.888	90° 19' 29"	1.7	Edificio
	7	211° 47' 32"	28.871	89° 47' 32"	1.7	Edificio
	8	225° 9' 48"	34.804	90° 9' 48"	1.7	Edificio
	9	245° 13' 47"	16.752	90° 15' 0"	1.7	Edificio
	10	295° 25' 48"	27.326	91° 35' 37"	1.7	Edificio

Estos datos nos permitirán analizar la altimetría y planimetría del área de estudio, permitiendo, a su vez, el siguiente proceso de nivelación:

Se calcula la distancia vertical (DV) y el desnivel vertical (DN), cruciales para calcular las cotas de cada punto, conociendo la cota del BM:

Tabla 5.5

Cálculo de cotas

DELTA	PUNTO	HO	DV	DN	COTA	OBSERVACIÓN
	N				**2038.457**	**NORTE MAGNÉTICA**
	1	1.7	-0.440	-0.670	2037.787	Edificio
	2	1.7	-0.564	-0.794	2037.663	Edificio
	3	1.7	-0.635	-0.865	2037.592	Edificio
	4	1.7	-0.568	-0.798	2037.659	Edificio
D1	5	1.7	-0.306	-0.536	2037.921	Edificio
	6	1.7	-0.124	-0.354	2038.103	Edificio
	7	1.7	0.105	-0.125	2038.332	Edificio
	8	1.7	-0.099	-0.329	2038.128	Edificio
	9	1.7	-0.073	-0.303	2038.154	Edificio
	10	1.7	-0.760	-0.990	2037.467	Edificio

Tomados los datos en campo, se procede a aplicar el método de radiación simple, por lo que los resultados, entonces, son los siguientes para planimetría:

Tabla 5.6

Cálculo de coordenadas

				PROYECCIONES		COORDENADAS	
DELTA	**PUNTO**	**ÁNGULO HORIZONTAL**	**DISTANCIA HORIZONTAL**	**EW**	**NS**	**E**	**N**
	N	**0° 0' 0"**				**1000.000**	**1000.000**
	1	51° 15' 37"	18.752	14.626	11.735	1014.626	1011.735
	2	67° 2' 7"	15.886	14.627	6.198	1014.627	1006.198
	3	75° 28' 19"	24.707	23.917	6.198	1023.917	1006.198
	4	132° 24' 17"	32.39	23.917	-21.843	1023.917	978.157
	5	168° 40' 44"	7.158	1.405	-7.019	1001.405	992.981
D1	6	176° 19' 9"	21.888	1.405	-21.843	1001.405	978.157
	7	211° 47' 32"	28.871	-15.210	-24.539	984.790	975.461
	8	225° 9' 48"	34.804	-24.680	-24.540	975.320	975.460
	9	245° 13' 47"	16.752	-15.211	-7.019	984.789	992.981
	10	295° 25' 48"	27.326	-24.678	11.734	975.322	1011.734
	1	51° 15' 37"	18.752	14.626	11.735	1014.626	1011.735

No olvide que, al analizar circuitos poligonales cerrados, debe verificar el error de cierre y, de ser necesario, aplicar la corrección pertinente.

Capítulo 6.
Nivelación trigonométrica compuesta

Guía de procesamiento de datos

Ejemplo 1

Le contratan para realizar un levantamiento topográfico para un proyecto de construcción de una edificación. Se recolectan en campo los siguientes datos para evaluar la altimetría del lote:

Datos iniciales:

Altura instrumento (Hi) = 1.76

Cota BM = 1834.428

Retomando el procedimiento de campo, especificado previamente en la guía metodológica, se obtienen las siguientes mediciones cenitales y verticales:

Tabla 6.1

Cartera de campo. Ejemplo 1

DELTA	PUNTO	ÁNGULO HORIZONTAL	DISTANCIA HORIZONTAL	ÁNGULO VERTICAL	HI	OBSERVACIÓN
D1	BM	**0° 0' 0"**				**REFERENCIA**
	D2	37° 49' 54"	71.22	89° 45' 41"	1.68	Edificio
	1	55° 23' 12"	16.080	91° 08' 0"	1.680	Edificio
	D1	0° 0' 0"				
D2	D3	88° 29' 8"	106.310	89° 1' 31"	1.680	Edificio
	2	21° 11' 11"	17.060	90° 24' 19"	1.680	Edificio

DELTA	PUNTO	ÁNGULO HORIZONTAL	DISTANCIA HORIZONTAL	ÁNGULO VERTICAL	HI	OBSERVACIÓN
D2	3	61° 46' 9"	35.36	92° 52' 12"	1.68	Edificio
	D2	0° 0' 0"				
D3	D4	96° 48' 34"	76.81	90° 45' 8"	1.68	Edificio
	4	28° 31' 7"	29.6	89° 29' 29"	1.68	Edificio
	5	71° 32' 31"	58.25	89° 15' 36"	1.68	Edificio
	D3	0° 0' 0"				
D4	D5	287° 59' 10"	74.16	90° 20' 46"	1.68	Edificio
	6	327° 55' 16"	56.4	91° 1' 45"	1.68	Edificio
	7	301° 13' 59"	29.69	90° 12' 12"	1.68	Edificio
	D4	0° 0' 0"				
D5	D1	155° 58' 52"	41.83	90° 12' 46"	1.68	Edificio
	8	313° 44' 0"	26.21	91° 1' 45"	1.68	Edificio
	9	296° 20' 36"	20.28	89° 12' 12"	1.68	Edificio
	10	196° 42' 35"	12.83	91° 1' 45"	1.68	Edificio
	D5	0° 0' 0"				
D1	BM	243° 29' 46"				

Para este punto, debe recordar que es importante para las poligonales cerradas, o análisis con cambios de estación, verificar el cierre de la poligonal, así como el error admisible del desnivel. Por esta razón, para el caso de la planimetría, se recomienda revisar el Tomo I de esta cartilla.

Continuando con la nivelación trigonométrica, se analizan primero las estaciones:

Se calcula la distancia vertical (DV) y el desnivel vertical (DN), cruciales para calcular las cotas de cada punto, previo conocimiento de la cota del BM:

Aplicando estas fórmulas, obtenemos los siguientes resultados:

$$DV = \frac{Dh}{tan(\alpha)}$$

Donde:

Dh: Distancia horizontal (m).
α: Ángulo vertical.

$$DN = Ho + DV - Ho$$

Donde:

AI: Altura instrumental (m).
Ho: Altura al punto de referencia.
e nivelado = ΣDN
e permisible = 0.03* #estaciones

$$Cniv = \frac{(-^{e}niv \cdot {}^{D}acum)}{D_{tt}} \Sigma Cniv$$

DN * = DN + Cniv
Cota n = Cota (n–1) + DN *
#Estaciones = 5

Tabla 6.2

Nivelación trigonométrica de estaciones

DELTA	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA ACUM.	HI	HO	DV (M)	DN (M)	CNIV	DN *	COTA	OB
D1									1834.428	BM
D2	71.22	71.22	1.68	1.76	0.297	0.217	-0.018	0.199	1834.627	Estación
D3	106.310	177.530	1.68	1.76	1.809	1.729	-0.027	1.702	1836.329	Estación
D4	76.810	254.340	1.68	1.76	-1.008	-1.088	-0.019	-1.108	1835.221	Estación
D5	74.16	328.500	1.68	1.76	-0.448	-0.528	-0.019	-0.547	1834.674	Estación
D1	41.83	370.330	1.68	1.76	-0.155	-0.235	-0.011	-0.246	1834.428	Estación

E NIV	0.094	mm
E PERM	0.150	mm
E PERM ≥ E NIV		Cumple

Se procede, ahora, a realizar el cálculo de cotas por punto observado en correspondencia con cada una de las estaciones trabajadas, al tiempo que se hace el llenado de cotas por estación de acuerdo con los valores determinados en la tabla anterior.

$$Cota\ n = Cota\ estación + Hi + DV - Ho$$

Se realizan los mismos cálculos previamente demostrados, contemplando que se debe hacer el amarre de las cotas de cada punto con respecto a la cota de la estación a la que pertenecen, tal como:

Tabla 6.3

Cálculo de cota por punto observado

DELTA	PUNTO	HO	HI	DV	DN	COTA	OBSERVACIÓN
D1	**BM**					**1834.428**	**BM**
	1	1.76	1.68	-0.318	-0.398	1834.030	Edificio
D2	**D2**	**1.76**	**1.68**	**1.809**	**1.729**	**1834.627**	**Edificio**
	2	1.76	1.68	-0.121	-0.201	1834.426	Edificio
	3	1.76	1.68	-1.773	-1.853	1832.774	Edificio
D3	**D3**	**1.76**	**1.68**	**-1.008**	**-1.088**	**1836.329**	**Edificio**
	4	1.76	1.68	0.263	0.183	1836.511	Edificio
	5	1.76	1.68	0.752	0.672	1837.001	Edificio
D4	**D4**	**1.76**	**1.68**	**-0.448**	**-0.528**	**1835.221**	**Edificio**
	6	1.76	1.68	-1.013	-1.093	1834.127	Edificio
	7	1.76	1.68	-0.105	-0.185	1835.035	Edificio
D5	**D5**	**1.76**	**1.68**	**-0.155**	**-0.235**	**1834.674**	**Edificio**
	8	1.76	1.68	-0.471	-0.551	1834.123	Edificio
	9	1.76	1.68	0.282	0.202	1834.876	Edificio
	10	1.76	1.68	-0.230	-0.310	1834.363	Edificio

Síntesis pedagógica

La presente cartilla desarrolla, de manera progresiva, los fundamentos teóricos y prácticos de la altimetría aplicada a la topografía, permitiendo consolidar competencias técnicas, analíticas y operativas en estudiantes de ingeniería civil y áreas afines. A través de los diferentes capítulos se integran actividades de reconocimiento conceptual, trabajo de campo, procesamiento de datos y análisis de resultados, lo que promueve un aprendizaje autónomo y significativo.

Capítulo 1. Reconocimiento inicial

En este capítulo se incentiva el acercamiento inicial a los fundamentos de la topografía y a los principales equipos utilizados en las prácticas de campo. A partir de actividades de investigación y análisis conceptual, el estudiante fortalece competencias relacionadas con la búsqueda de información técnica, interpretación de conceptos y elaboración de informes académicos.

Asimismo, se fomenta la importancia del reconocimiento topográfico dentro de los proyectos de ingeniería civil, en tanto se comprenden sus aplicaciones, alcances y su relación con disciplinas afines como la geodesia, la cartografía, la geomática y la fotogrametría. El reconocimiento de instrumentos topográficos permite desarrollar habilidades básicas necesarias para prácticas posteriores de levantamiento y nivelación.

Capítulo 2. Replanteo

El capítulo de replanteo introduce al estudiante en la materialización de diseños sobre el terreno, permitiendo relacionar los planos constructivos con su ubicación física en campo. A través de la aplicación de coordenadas, distancias y azimuts, el estudiante comprende la importancia de la precisión topográfica dentro de los procesos constructivos.

El desarrollo de esta práctica fortalece competencias en el manejo de estación total, interpretación de planos y control geométrico de proyectos, promoviendo la

capacidad de planificación, organización y verificación técnica durante la ejecución de obras civiles.

Capítulo 3. Nivelación geométrica simple

En este capítulo se desarrollan los principios básicos de la nivelación geométrica simple mediante el uso del nivel de precisión y la mira topográfica. El estudiante aprende a determinar cotas y desniveles a partir de lecturas de campo, comprendiendo la relación entre altura instrumental, vistas atrás y vistas intermedias.

La práctica favorece el desarrollo de habilidades relacionadas con la toma de datos en campo, diligenciamiento de cartera topográfica y procesamiento matemático de información altimétrica. Además, se afianza la interpretación del relieve del terreno y su importancia en proyectos de construcción y drenaje.

Capítulo 4. Nivelación geométrica compuesta

La nivelación geométrica compuesta amplía las competencias desarrolladas previamente, incorporando cambios de estación, circuitos de nivelación y control de error de cierre. El estudiante comprende la necesidad de realizar procesos de verificación y ajuste para garantizar la precisión y confiabilidad de los levantamientos topográficos.

Del mismo modo, este capítulo fortalece capacidades analíticas relacionadas con la corrección de cotas, cálculo de distancias acumuladas y evaluación de errores permisibles, aspectos fundamentales en proyectos de ingeniería de mayor extensión y complejidad.

Capítulo 5. Nivelación geométrica compuesta

En este capítulo se introduce el uso de la estación total para la determinación de desniveles mediante relaciones trigonométricas. El estudiante desarrolla competencias relacionadas con el análisis conjunto de variables planimétricas y altimétricas, integrando ángulos verticales, distancias horizontales y cálculos de cotas.

La metodología aplicada favorece la comprensión espacial del terreno y la representación tridimensional de los puntos levantados, consolidando habilidades matemáticas, geométricas y de interpretación técnica necesarias para el diseño y análisis de proyectos de ingeniería civil.

Capítulo 6. Nivelación trigonométrica compuesta

La nivelación trigonométrica compuesta integra procedimientos avanzados de levantamiento topográfico mediante cambios de estación y control de cierre altimétrico. El estudiante aplica metodologías de corrección y compensación de errores, comprendiendo la importancia de la precisión en trabajos topográficos de gran escala.

Este capítulo afianza competencias técnicas relacionadas con el procesamiento integral de información topográfica, análisis de poligonales y representación altimétrica del terreno, promoviendo la capacidad de resolver situaciones reales asociadas a proyectos de construcción, urbanismo e infraestructura.

Síntesis general

La estructura metodológica de la cartilla permite articular teoría y práctica mediante ejercicios aplicados, trabajo de campo y procesamiento técnico de información. De esta manera, se estimula el aprendizaje autónomo, el pensamiento analítico y el fortalecimiento de competencias profesionales necesarias para el ejercicio de la topografía y la ingeniería civil.

En conjunto, el documento constituye una herramienta pedagógica que facilita la comprensión de metodologías altimétricas fundamentales, contribuyendo significativamente a la formación académica y técnica de los estudiantes.

Conclusiones

- La altimetría constituye una herramienta fundamental dentro de la topografía, ya que permite determinar y representar las diferencias de nivel del terreno, información indispensable para el diseño, construcción y control de proyectos de ingeniería civil.
- El desarrollo de prácticas de campo relacionadas con replanteo, nivelación geométrica y nivelación trigonométrica fortalece en el estudiante competencias técnicas asociadas al manejo de equipos topográficos, recolección de datos y procesamiento de información.
- La aplicación de metodologías de nivelación geométrica simple y compuesta permitió comprender la importancia de los puntos de control, las vistas atrás, vistas intermedias y vistas adelante para la determinación precisa de cotas y desniveles.
- La verificación del error de cierre y la aplicación de correcciones constituyen procedimientos esenciales para garantizar la confiabilidad y precisión de los levantamientos topográficos, especialmente en proyectos de ingeniería de gran escala.
- La nivelación trigonométrica amplía las posibilidades de análisis topográfico mediante el uso de estaciones totales y cálculos integrados de planimetría y altimetría, permitiendo representar de manera más completa las características del terreno.
- El procesamiento de datos y el desarrollo de ejercicios prácticos favorecieron la comprensión de conceptos matemáticos y geométricos aplicados a situaciones reales de ingeniería, fortaleciendo la capacidad de análisis y resolución de problemas.
- La integración entre teoría y práctica promovió un aprendizaje significativo, permitiendo al estudiante relacionar los procedimientos desarrollados en campo con aplicaciones reales en proyectos de construcción, vías, urbanismo y levantamientos topográficos.

- Finalmente, esta cartilla se consolida como un recurso académico y didáctico que contribuye al aprendizaje autónomo y al fortalecimiento de competencias profesionales necesarias para el desempeño en el área de la topografía y la ingeniería civil.

Referencias

Andrea. (7 de septiembre de 2010). Cálculo de áreas en el plano cartesiano. Geometría Analítica. https://geometria-analitica1.blogspot.com/2010/09/calculo-de-areas-en-el-plano-cartesiano.html

Bannister, A., Raymmond, S., & Baker, R. Técnicas modernas en topografía. Alfaomega.

Farjas Abadía, M. (2012). La topografía y sus métodos. Principios de investigación. Denboraren Argia.

Topcon corporation. (s.f.). MANUAL DE INSTRUCCIONES TEODOLITO DIGITAL. SERIE DT-200/200L.

Murillo Forero, J. A. (1991). Control de visión estereoscópica. En Ejercicios prácticos de fotogrametría elemental (pp. 7-9). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Mendoza Priesseng, C. L. (2018). Ejercicio de visión estereoscópica. En Fotogrametría. Prácticas de fotogrametría básica y problemas (pp. 5-7). Alfaomega.

Rincón, M., Vargas, W., & Gonzalez, C. (2017). Topografía: conceptos y aplicaciones. Ecoe Ediciones.

Wolf, P., y Ghilani, C. (2009). Topografia. Alfaomega.

Geoinstrumentos. (s.f.). Mira de Aluminio 5M5S – 5 Metros. https://geoinstrumentoscol.com/producto/mira-de-aluminio-5m5s-precision-y-durabilidad/

Servicios y Repuestos José Miguel, S.A. (s.f.). Nivel óptico Topcon AT-G6. https://alquileryventamaquinaria.es/alquiler/alquiler-servicios-jose-miguel/niveles-para-obra/nivel-optico-topcon-at-g6/

Índice temático

A
Altimetría, 9
azimut, 12

B
BM, 14
Brújula, 3

C
cálculo de volúmenes de remoción, 43
Cartografía, 2
Cinta métrica, 3
circuitos poligonales cerrados, 44
Contranivelación, 26
Cota, 9
Curva de nivel, 9

D
deflexiones, 14

E
establecimiento de líneas y niveles, 5
Estación total, 3

F
Fotogrametría, 2

G
Geodesia, 2
Geomática, 2

J
Jalones, 2

L
Levantamiento de condiciones existentes, 6
Levantamiento de construcción, 6
Levantamiento de obra terminada, 6
Levantamiento de propiedades o linderos, 5
Li (hilo inferior), 26
Lm (hilo medio), 26
Ls (hilo superior), 26

M
Maceta, 3
Mira, 3
Mira topográfica, 18

N
Nivel Abney, 3
Nivel de precisión, 3, 17
Nivel Locke, 3
Nivelación geométrica compuesta por diferentes cambios, 26
Nivelación geométrica simple, 16
norte arbitrario, 8

P
planimetría, 9
Plomadas, 2
Procedimiento de campo, 18, 26

R
Replanteo, 5
Rueda perambuladora, 3

T
Teodolito, 3
Topografía, 9
trabajo de trazo, 5
Trípode, 3

Los autores

Yeny Natalia Mancipe Cristiano

Perfil profesional

Ingeniera en Transporte y Vías y Especialista en Infraestructura Vial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), y Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Cursa el Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento en la Universidad de Salamanca (España). Se desempeña como Secretaria Académica de la División de Arquitectura e Ingenierías de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, y es docente de la Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Entre 2019 y 2026 fue docente de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Civil, donde coordinó esa especialización, lideró Opciones de Grado y la Unidad de Desarrollo Integral del Estudiante y orientó Topografía y Cartografía. Antes de la docencia trabajó como ingeniera residente de obra e interventoría, y hoy suma más de diez años de experiencia profesional. Tiene formación en PMI, Lean Construction y Last Planner System, dirige trabajos de grado de pregrado y posgrado y es coautora del libro Trayectorias de la *Facultad de Ingeniería Civil de la USTA Villavicencio en los Llanos Orientales* (Ediciones USTA, 2026). Su producción investigativa está vinculada al Grupo de Investigación Geoamenazas e Ingeniería Civil y al Semillero SISCO.

Redes académicas

CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001689465

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3950-7098

LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/natalia-mancipe-cristiano-42277991/

Andrés Fabricio Mosquera Flórez

Perfil profesional

Ingeniero Civil y Especialista en Infraestructura Vial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, y Magíster en Educación de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO). Tiene cerca de doce años de experiencia profesional. En el sector de la construcción ha trabajado como ingeniero auxiliar y como residente de interventoría de obra, y fue gerente de la empresa de servicios públicos de Tinjacá (Boyacá). Lleva ocho años como docente investigador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, donde lideró Opciones de Grado; hoy es coordinador y docente de la Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Es autor de un capítulo del libro *Trayectorias de la Facultad de Ingeniería Civil de la USTA Villavicencio en los Llanos Orientales* (Ediciones USTA, 2026) y forma parte del Grupo de Investigación Geoamenazas e Ingeniería Civil y del Semillero SISCO.

Redes académicas

CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001674146

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0133-3646

LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/andres-fabricio-mosquera-florez-170540119/

Lina María Rodríguez Romero

Perfil profesional

Ingeniera Civil de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, graduada en 2025. Durante el pregrado formó parte del Semillero SISCO y del Grupo de Investigación Geoamenazas e Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil. Cuenta con un año de experiencia profesional como residente de obra e interventoría..

Redes académicas

CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001838692

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6750-5949

LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/linarodro/

Esta obra se editó en Ediciones
USTA. Tipografías de la familia Fira
Sans y Share Tech.
2026

Modular

El libro de *Topografía. Tomo II. Altimetría. Metodologías de Campo y Oficina* da continuidad al proceso formativo iniciado en el primer volumen y ofrece una guía práctica para comprender y aplicar las principales metodologías de los levantamientos altimétricos.

A través de explicaciones claras, procedimientos de campo, ejercicios resueltos y procesamiento de datos, la obra aborda el reconocimiento, el replanteo, la nivelación geométrica simple y compuesta y la nivelación trigonométrica. Su propuesta articula la teoría con la práctica para que el estudiante comprenda la lógica de cada procedimiento y desarrolle criterios para interpretar y analizar los resultados.

Más que un documento de consulta, esta cartilla busca acompañar el aprendizaje de la altimetría y acercar al estudiante a situaciones propias del ejercicio profesional. Es una herramienta de apoyo para fortalecer la precisión, la observación y el análisis técnico, competencias fundamentales para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VILLAVICENCIO

ISBN: 978-958-782-44-6
9 789587 827446