

**JOSÉ MACHADO JÚNIOR**

# **TOPOGRAFÍA**

**BÁSICA EN ESPAÑOL**

**1ª Ed.**

**2022**

JOSÉ MACHADO JÚNIOR

# TOPOGRAFÍA

BÁSICA EN ESPAÑOL

1ª Ed.

2022

## Ficha Catalográfica

---

C672p Machado Júnior, José  
Topografía Básica En Español / José Machado  
Júnior– 1ª Ed. Recife: 2022.  
181p  
ISBN 978-65-00-28675-5

Referencias.

1. Planimetría. 2. Altimetría. 3. Automación  
Topográfica 4. Levantamiento Topográfico 5.  
Replanteo Topográfico 6. Batimetría

CCD:620

---

# AUTOR

**José Machado Júnior**

Nacido en Recife, Brasil. Autor del libro Topografía Geral, es licenciado y magíster en Agronomía por la Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Brasil y doctor en Geografía por la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE) – Brasil. Es profesor de Topografía y Agricultura de Precisión, en el Departamento de Tecnología Rural de la UFRPE, desde 2012, actualmente se desempeña como Profesor Asociado. Trabaja en el Área de Topografía desde 2008.

E-mail: machadojr@ufrpe.br  
Instagram: josemachado\_jr

# PRESENTACIÓN

Se trata de un libro gratuito para estudiantes de cursos superiores y técnicos, con la intención, y de forma didáctica, de acercar los principales puntos de la Topografía. En él, estudiaremos los pasos de la Topografía, desde la civilización egipcia hasta los modernos GNSS, Laser-Scan y Estaciones Totales. Utilizo algunos términos propios de Topografía en la lengua portuguesa con adaptación para lengua española. Espero que sea de gran beneficio para ti y que te traiga buenos días de estudio.

José Machado Jr.

# CONTENIDO

<b>Unidad I – Introducción a la Topografía.....</b>	<b>7</b>
Capítulo 1 – Introducción a la Topografía.....	8
Capítulo 2 – Equipos Topográficos .....	19
Capítulo 3 – Escalas .....	41
<b>Unidad II – Planimetría .....</b>	<b>48</b>
Capítulo 4 – Ángulos Importantes a Topografía .....	49
Capítulo 5 – Mediciones de Distancias Horizontales.....	58
Capítulo 6 – Taquimetría.....	66
Capítulo 7– Levantamiento y Replanteo Topográfico Planimétrico .....	71
<b>Unidad III – Altimetría .....</b>	<b>83</b>
Capítulo 8 - Introducción a la Altimetría .....	84
Capítulo 9 – Nivelación Geométrica.....	104
Capítulo 10 – Perfil Longitudinal, Pendiente y Sección Transversal .....	123
Capítulo 11 – Nivelación Trigonométrica.....	144
Capítulo 12 – Curvas de Nivel .....	148
Capítulo 13 – Batimetría.....	168
Capítulo 14 – Cálculo de Volumen.....	173
<b>Referencias .....</b>	<b>180</b>

# UNIDAD 1

## INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA

# **CAPÍTULO 1**

## INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA

### **1. Historia de la Topografía**

Al comienzo del proceso evolutivo del hombre, los seres humanos vivían aislados, en pequeños grupos, conocidos como hombres de las cavernas. Los primeros pueblos que habitaron la Tierra fueron los nómadas. En ese momento, el concepto de sociedad y aldea aún no existía.

Luego de muchas adversidades, como la falta de comida y agua, guerras y ataques de otras pandillas y otras especies, el hombre sintió la necesidad de instalarse en un lugar determinado, volviéndolo sedentario, y con el tiempo, creó una sociedad simple, entonces hubo necesidad de delimitar, expandir y utilizar la tierra de una manera más racional, siendo estos los primeros pasos para que la civilización y la Topografía avancen.

Las actividades agrícolas y civiles se desarrollaron poco a poco, a medida que se iban dando algunas experiencias en ese momento, como la creación de canales de riego, técnicas de cultivo más avanzadas y la construcción de viviendas más fuertes y duraderas.

Para la continuidad de este desarrollo, el hombre tuvo que mejorar las técnicas de la Topografía, como determinar



alineaciones, ángulos, ubicaciones, posiciones, alturas, sin embargo, todo todavía de manera primaria, pero la sociedad cada vez se incrementó, surgiendo así instrumentos importantes para la Topografía y sus complementos para suplir este avance social.

La primera sociedad formada por pueblos más complejos fueron los egipcios. Eran bastante hábiles en la producción agrícola, ya que tenían al río Nilo como su principal fuente de agua, y sus experiencias con las crecidas del río proporcionaron la base para trabajar con las dificultades de la agricultura. En ese momento, construyeron las pirámides para mantener a los faraones muertos, para que se volvieran eternos. Aprendieron técnicas de alineación, posición y ángulo, ya que las pirámides de Giza tenían sus bordes enfrentados a los puntos colaterales, ángulos de casi  $90^\circ$  y las distancias desde sus bases no tenían más de 20 cm de error, cuando se comparan entre sí.

En ese momento, también crearon el Groma egipcio, que era un instrumento muy rudimentario, capaz de hacer alineaciones, definir ángulos rectos o los determinados por ellos, nivelar, entre otras posibilidades. También en Egipto, existieron los primeros profesionales encargados de la toma de medidas, las camillas de cuerda. Estas camillas eran profesionales como si fueran los topógrafos de hoy. Ellos eran los encargados de realizar las medidas verticales, horizontales y angulares, a través de sus cuerdas de valores definidas por ellos.

Después de los egipcios vinieron los fenicios, mesopotámicos, chinos, hebreos, griegos y romanos.

Los pueblos fenicios construyeron una civilización rica y próspera, tenían la capacidad de edificar, siendo la obra más importante la construcción del templo en Jerusalén, en la época del rey Salomón. Los mesopotámicos eran bastante hábiles en la construcción de templos y tumbas, sobre todo con un evidente aspecto artístico.

A lo largo de los años, la sociedad humana se ha desarrollado y con ella se han desarrollado también los instrumentos topográficos, de acuerdo con la necesidad de evolución de la sociedad. De instrumentos rudimentarios, como gromas, cuerdas, entre otros, surgieron instrumentos más modernos, como los Teodolitos mecánicos.

Pero la sociedad no se detuvo, y la construcción no tardó tanto como antes, y se hizo necesaria la necesidad de construcciones más precisas en sus medidas.

Desde los Teodolitos mecánicos, con el avance, se crearon Teodolitos electrónicos en los años 80/90 hasta la llegada de las Estaciones Totales y el uso más exacto de GNSS, pasando por la eliminación del error intencional en la década de 2000.

Sin embargo, el avance aún continúa, hoy utilizamos las mismas Estaciones Totales de años atrás con mayor precisión y programas que facilitan su trabajo. GNSS con tecnologías para el uso de metodologías de vanguardia, como RTK, también surgen Drones para el uso de localización y alta resolución Fotogrametría y Laser-Scan nos traen una imagen tridimensional de altísima resolución, debido a la gran capacidad de almacenamiento de sus

datos. Y así sucesivamente, surgen nuevas técnicas, instrumentos e ideologías para representar el terreno y sus elementos.

## **2. Nociones generales de Topografía**

### a) Concepto

El origen de la palabra Topografía proviene de los significados griegos *Topos Graphen*, que para nosotros significa descripción de un lugar.

Algunos autores definen la Topografía, resumiendo y uniendo pensamientos, como el estudio de una porción del terreno y sus elementos, sin tener en cuenta la curvatura de la Tierra.

“La Topografía tiene como objetivo estudiar los instrumentos y métodos utilizados para obtener la representación gráfica de una porción del terreno sobre una superficie plana”. Doubek (1989).

“La Topografía está destinada a determinar el contorno, la dimensión y la posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, sin tener en cuenta la curvatura resultante de la esfericidad terrestre.” Espartel (1987).

“La Topografía es una ciencia que estudia, diseña, representa, mide y ejecuta una parte limitada de la superficie terrestre, sin tener en cuenta la curvatura de la Tierra, hasta qué punto el Error de Esfericidad puede ser insignificante, y considerando los perímetros, dimensiones, geografía ubicación y posición (orientación) de los objetos de interés que se encuentran dentro de esta porción”. Coelho Júnior et al. (2020).

## b) Geodesia

Geodesia, palabra que proviene del griego, el acto de dividir la Tierra, o incluso el estudio de las divisiones geográficas de la Tierra, es una ciencia capaz de estudiar la Tierra, sus límites, relieves, formas y posiciones de toda su composición. Se divide en Geodesia Física, Geodesia Geométrica y Geodesia Satelital, de las cuales la Topografía es una rama de la Geodesia Geométrica.

Tanto la Geodesia Geométrica como la Topografía tienen la función de estudiar los límites, relieves, posiciones y ubicaciones de la Tierra. La diferencia es que la Geodesia Geométrica estudia la Tierra como un todo y partes de ella, ya que acepta la curvatura de la Tierra. La topografía se limita a una pequeña porción de la

superficie terrestre porque no acepta la curvatura terrestre, ya que todo se proyecta en un plano y para que esta proyección tenga el menor error posible, se limita a un determinado radio o área.

Cuando trabajamos con Topografía, siempre pensamos en el plano topográfico y la limitación del terreno, es decir, todo instrumento que se diseña para este tipo de trabajos se considera un instrumento topográfico. El receptor GNSS, en cambio, como determina la posición de cualquier punto de la superficie terrestre, no es un instrumento topográfico, sino un instrumento geodésico, pero el resultado de su producto es un trabajo topográfico.

#### b) División de la Topografía

La división clásica de Topografía, la divide en Topología y Topometría. La topología es un tipo de topografía que no presta atención a valores métricos como distancias, ángulos, alturas, posiciones y ubicaciones. Este solo presta atención a la forma del relieve, como una montaña, en este caso, se representa en el relieve como un cono. Es un tipo de levantamiento bastante inexacto y poco explorado por ingenieros, topógrafos y estudiosos comunes. Si comparamos los trabajos desarrollados en Topografía, la Topometría abarca alrededor del 99,99999% y la Topología solo el 0,00001%.

La Topografía que estudiaremos en este libro es la Topometría, es decir, se estudian todos los elementos según sus medidas, ubicaciones, posiciones y se valora la precisión.

Sin tener en cuenta la Topología, la Topografía se divide en Altimetría, Planimetría y Planialtimetría.

La Planimetría es una rama de la Topografía cuyo propósito es determinar el terreno, con sus contornos, dimensiones y posiciones, en dos dimensiones. En Planimetría no se estudia el relieve de la porción limitada de la Tierra, lo que pasa desapercibido.

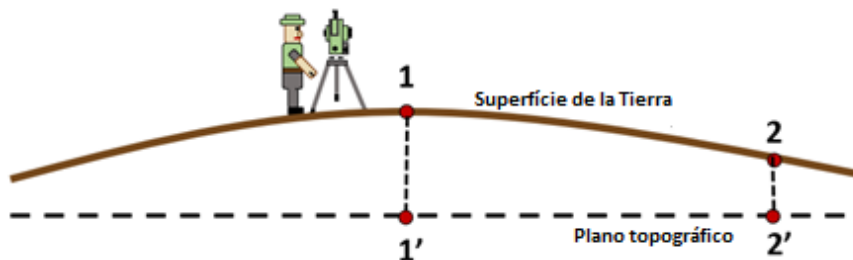
La Altimetría es una rama de la Topografía cuyo propósito es determinar el terreno, con sus contornos, dimensiones y posiciones, en tres dimensiones. Para la Altimetría, el estudio se basa en la altura en cuestión del terreno, formando el relieve y, en ocasiones, para estudiar esta altura, necesitamos valores planimétricos, como la distancia horizontal para el Perfil, Pendiente, Sección Transversal y Curva de Nivel. Sin embargo, el estudio se centra en la principal variable de la Altimetría. No debe confundirse con Planialtimetría, ya que en esta parte de Topografía el estudio se centra en variables planimétricas y altimétricas, como veremos a continuación.

En Planialtimetría, el estudio o incluso el producto final del trabajo son las variables altimétricas y planimétricas, como el estudio de los límites de un terreno, posiciones, entre otras (planimetría) junto con las Curvas de Nivel (Altimetría).

d) Error de esfericidad (Error al convertir una curva en una recta)

Como vimos anteriormente, en los conceptos de Topografía y Geodesia, la Topografía se limita a una pequeña porción de la superficie terrestre, ya que necesita proyectar todos los elementos en el plano topográfico, y como se dijo, cuanto mayor es esta transformación de curva a plano recto, ocurrirá un error, llamado Error de Esfericidad, como vemos en la Figura 1.

Figura 1 – Plano topográfico y superficie terrestre.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Cuando la superficie curva se transforma al plano topográfico, habrá un error y cuanto mayor sea la distancia o área trabajada, mayor será este error, como se muestro adelante.

Un grado ( $1^\circ$ ) de Coordenada Geográfica equivale a 111.188763 km de distancia curva de la Tierra y 111.177473 km de distancia horizontal en el plano topográfico, es decir, cuando ocurre esta transformación, tenemos un Error de Esfericidad alrededor de 11 m, en consecuencia, trabajos con tamaños más pequeños, el error de esfericidad será menor.

Algunos autores definen que, hasta 50 km de radio, es decir, básicamente 1° del perímetro terrestre, es posible realizar trabajos topográficos con errores insignificantes, es decir, un error un poco por debajo de los 11 m. Otros autores afirman que, hasta un radio de 15 km, el error es admisible y se pueden realizar trabajos topográficos.

Sin embargo, en lo que respecta al campo, hasta 2000 ha es económicamente viable, a través de Topografía, por arriba de esta dimensión, se debe hacer con recursos geodésicos, como GNSS, por ejemplo.

### c) Levantamiento y replanteo

El levantamiento topográfico es un tipo de trabajo que tiene como objetivo recolectar datos y elementos del campo, representados de manera ortogonal, en escala, en papel o gráfico, con el fin de estudiar, analizar y realizar cambios.

El replanteo es el procedimiento inverso al levantamiento. En él, debes, primero, realizar un levantamiento para analizar el proyecto, y solo entonces, realizar cambios y replanteo en el campo. Este replanteo consiste en tomar los elementos del papel y materializarlos en el campo.

Tanto el levantamiento topográfico como el replanteo son procedimientos que se dividen en planimétrico, altimétrico y planialtimétrico, según el interés en relación al relieve.



Junto con el plano trazado, que representa los elementos del terreno, se les debe adjuntar el Documento Descriptivo, es decir, un documento, donde se describe cada levantamiento, en lugar de utilizar números, palabras y textos, con el fin de informar las características de la propiedad. Se deben indicar hitos, coordenadas, entre otras informaciones que ratifiquen el trabajo en forma de plan.

#### f) Formas geométricas

La Topografía es Geometría aplicada al terreno real. Todo lo que se hace en Topografía tiene una base matemática y geométrica. Los contornos, dimensiones y ubicaciones involucran alguna figura geométrica. Sus elementos principales son punto, línea, plano y volumen.

##### f.1) Punto

El punto de Topografía es la unidad geométrica principal, donde se forman alineaciones, áreas, volúmenes, posiciones, coordenadas, alturas, es decir, una infinidad de posibilidades, siendo la base de todas las figuras y obras topográficas. Por lo general, los puntos se materializan, según el tipo de obra y terreno específico, mediante piquetes, tachuelas, clavos, tornillos, pintura,

es decir, algo duradero y en el lugar donde se materializó, no debe haber movimiento, permaneciendo siempre fijo e inmutable.

#### f.2) Línea

La línea es una unidad geométrica capaz de formar las alineaciones de planos, Alturas de Instrumento, Alturas de Vista, Cotas, Altitudes, Desnivel y otra infinidad de posibilidades, incluido el plano.

#### f.3) Plano

Un plan es una figura geométrica que consolida los contornos de una propiedad. Sobre él se proyectan todas las obras de Topografía, como el plano topográfico. Este plano puede ser horizontal, vertical o inclinado, según la obra y el terreno.

#### f.4) Volumen

El volumen es la figura geométrica más compleja involucrada. Está compuesto por puntos, líneas y planos, sirviendo para diversos trabajos topográficos, como corte y terraplén.

# CAPÍTULO 2

---

## EQUIPOS TOPOGRÁFICOS

En Topografía, para realizar su trabajo, es necesario utilizar equipos para medir, ubicar, posicionar y determinar el terreno. Estos equipos tienen su origen en la civilización egipcia, como el Groma egipcio hasta nuestros días. A lo largo de los años, se ha avanzado mucho en términos de equipos, especialmente instrumentos más modernos y precisos.

Los equipos topográficos se dividen en instrumentos y accesorios. En este capítulo también hablaremos un poco sobre GNSS, pero es importante saber que GNSS no es un instrumento topográfico, sino un instrumento geodésico, ya que tiene la capacidad de localizar cualquier punto de la superficie terrestre, sin embargo, específicamente se utiliza para Topografía, ya que dentro de las leyes que rigen la Topografía (plano topográfico y limitación de área), sirve para realizar y sustentar la obra.

Entre los instrumentos contaremos con Teodolitos, Niveles de Ingenieros, Estaciones Totales, GNSS, Drones, Distanciómetros Electrónicos, Cinta de Medición, Laser-scan, entre otros. En cuanto a accesorios, contamos con Jalones, Estadías, Piquetes, Estacas de Testigos, Niveles de Canto, Bastón con prismas, Trípodes, entre otros.

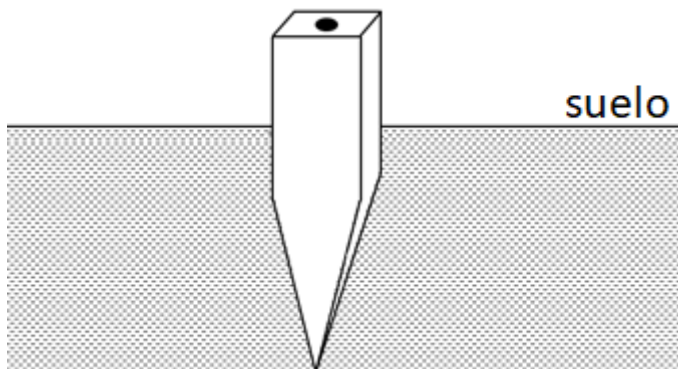
## 1. Accesorios topográficos

### a) Accesorios de materialización de puntos

El principal accesorio para materialización de puntos es el Piquete. Su material puede ser de madera o plástico, ambos rígidos, duraderos y capaces de perforar el suelo y recibir golpes de martillo sin dañarse.

En el centro de este piquete, hay un punto pintado o un clavo para indicar el punto topográfico. Los Piquetes son piezas de aproximadamente 15 cm, en forma de paralelepípedo, pero al final, hay una punta para clavar en el suelo, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 – Piquete.

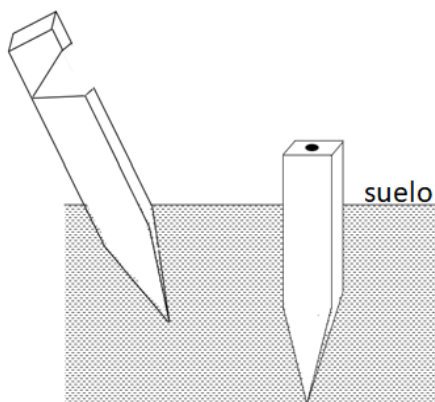


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Los piquetes deben presentarse con la parte superior, donde está el punto, con 2 a 3 cm por encima del nivel del suelo y el resto por debajo del suelo.

Como los piquetes se utilizan en el campo, hay posibilidades de que se pierdan de vista, debido a la vegetación, el color del suelo y también porque están expuestos solo 2 cm. Por lo tanto, es necesario tener otro accesorio para ayudar a ubicarlo, llamado Estaca de Testigo, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3 – Estaca de Testigo y Piquete.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

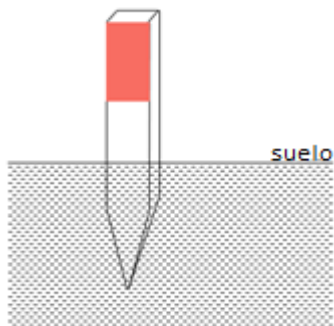
Las Estacas de Testigos sirven para presenciar la presencia de los piquetes. Su forma es muy parecida a la del Piquete, pero es más alargada, fina y en su extremo suele haber un corte realizado con característica triangular.

Las Estacas de Testigo deben estar a una distancia de entre 40 y 50 cm del Piquete, su tamaño debe rondar los 40 y 50 cm,

inclinadas en sentido opuesto al Piquete y su corte en dirección al Piquete (Figura 3).

Otro accesorio importante son las Estacas de Chaflán, pero estas no son las Estacas de Testigo. Estos no tienen cortes y no están inclinados. Se utilizan para trabajos de levantamiento altimétrico y replanteo. En el replanteo si dibuja, el valor que se quiere hacer el corte (negativo) o el terraplén (positivo) se dibuja en la propia Estaca de Chaflán, o se pinta una tira con el nivel de tierra que se quiere quitar o poner en el suelo, diferenciándose el corte y terraplén con el color, por ejemplo, verde para la poner la tierra y rojo para terraplén, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4 – Estaca de Chaflán.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Otras formas de materializar los puntos son a través de clavos y pintura. Las pinturas deben tener características químicas que permanezcan en el lugar indicado durante mucho tiempo, evitando el desgaste del tiempo y la naturaleza. Tanto el clavo

como la pintura se utilizan en ubicaciones extra suelo, ya que los suelos no son aptos para este tipo de accesorio.

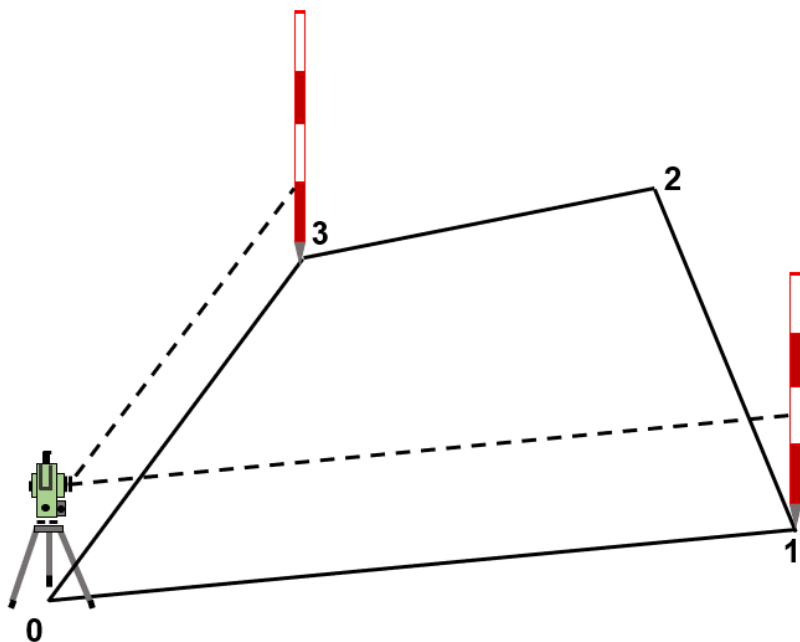
#### b) Jalones

Los Jalones son accesorios que están destinados a ayudar en las medidas de ángulos horizontales, medir distancias horizontales, hacer Perfiles, hacer Secciones Transversales, crear ángulos rectos para Cuadrar el terreno, es decir, es el accesorio más utilizado en Topografía, detrás de las trípodes.

En sus características llamativas, tienen una forma hexagonal alargada (o redondeada), generalmente de madera, pero pueden ser de hierro o aluminio, con una punta de aluminio en la parte inferior. Tiene 2 m de largo y está en colores rojo y blanco para contrastar con el suelo marrón y amarillo, con el cielo azul y la vegetación verde, es decir, en colores menos comunes en la naturaleza.

En la Figura siguiente (5), los Jalones sirven para medir el ángulo 3-0-1 de la poligonal, en cuestión. Tenga en cuenta que el punto real está en el suelo, pero sirven para elevar este punto, para facilitar la medición del ángulo más fácilmente.

Figura 5- Medición de ángulos mediante de Jalones.

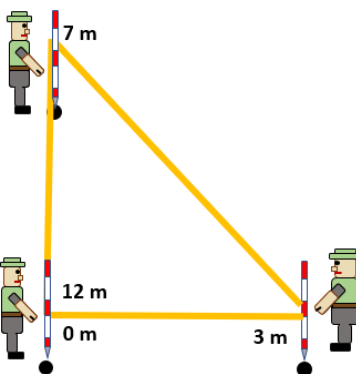


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Como se indicó anteriormente, también sirven para ayudar a crear ángulos rectos para Cuadrar el terreno u otra situación que requiera un ángulo recto, como se muestra en la Figura 6.



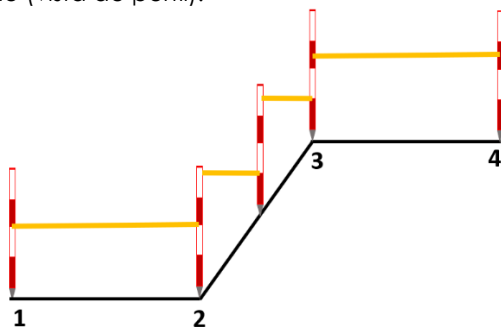
Figura 6 – Formación de los lados 3 m, 4 m e 5 m para obtener el ángulo recto.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En la Figura 7 abajo, los Jalones se utilizan para ayudar a medir distancias horizontales y también para ayudar a usar segmentos rectos, cuando el uso de una Cinta Métrica (una vez) no es suficiente para medir todo el camino o el relieve es demasiado empinado.

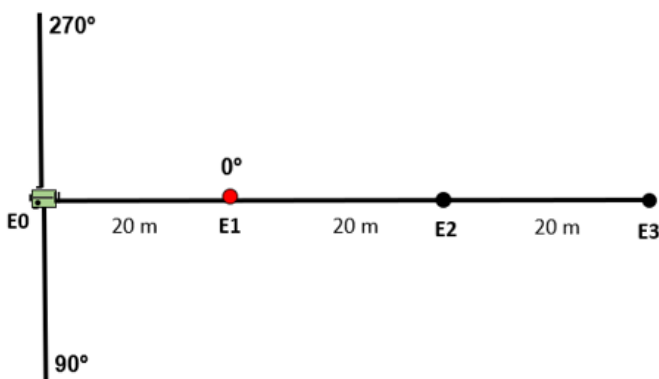
Figura 7 – Jalones ayudando a las mediciones de distancias horizontales em relieve empinado (vista de perfil).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Los Jalones también se utilizan para hacer alienación del Perfil Longitudinal y para crear el ángulo perpendicular al Perfil Longitudinal, formando la Sección Transversal, como se muestra en la Figura 8 abajo.

Figura 8 – Sección Transversal S0 siendo ejecutada (vista superior).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

### c) Estadía

Las Estadías son un tipo de accesorio que sirve para ayudar en la Altimetría, a través de la Nivelación Geométrica y la Nivelación Trigonométrica. A partir de los datos recogidos de ellos se elaboran Curvas de Nivel, Perfiles Longitudinales y Secciones Transversales para Altimetría. En planimetría, se utilizan para ayudar a medir distancias horizontales a través de Taquimetría. Las Estadías deben utilizarse, tanto para Altimetría como para Planimetría, de forma

vertical. Su composición es de aluminio y su graduación es en centímetros en el anverso y milímetros en el reverso, pero este reverso, desde la distancia, es difícil de ver (Figura 9).

Figura 9 – Estadía.

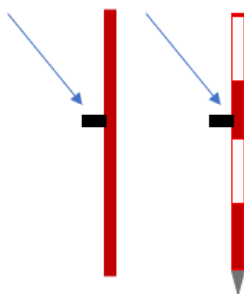


Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### d) Nivel de Canto

El Nivel de Canto (Figura 10) es el accesorio de lo accesorio. Sirve para ayudar los Jalones y Estadías a quedaren verticalizadas. Tiene dos piezas de aluminio em forma de L, con el nivel esférico em el vértice de ese L o atascado en los propios accesorios (Jalón o Estadía) cuando viene de fábrica.

Figura 10 – Ubicación de Nivel de Canto (en tamaño engrandecido) en los Jalones y Estadías.

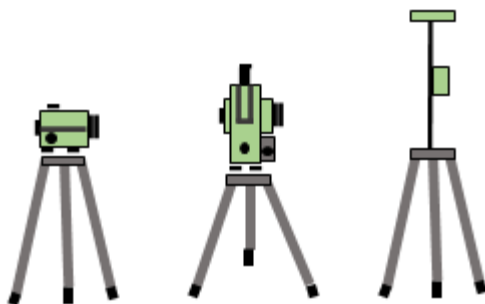


Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### e) Trípodes

Los Trípodes (Figura 11) son accesorios que sirven para sostener y ayudar en nivelación de los instrumentos. Los Trípodes pueden ser de madera, hoy no es común de madera, y aluminio. Los Trípodes son utilizados en Niveles de Ingeniero, Nivel Láser, Laser-Scan, Teodolitos, Estaciones Totales y GNSS.

Figura 11 – Em Gris, los Trípodes ayudando em soporte de los instrumentos.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

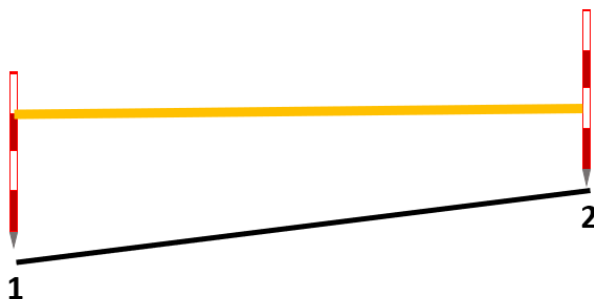
## 2. Instrumentos topográficos

### a) Cinta Métrica

Las cintas métricas son instrumentos, electrónicos o no electrónicos, capaces de medir distancias horizontales y verticales, utilizados principalmente en la medición de distancias horizontales. Su precisión estará relacionada con la forma en que se utilice, es decir, la exactitud dependerá más del usuario que de él.

En la Figura 12, la forma correcta de usarlo para medir la distancia horizontal entre dos puntos, independientemente de la pendiente del terreno.

Figura 12 – Forma correcta del uso de la Cinta Métrica.

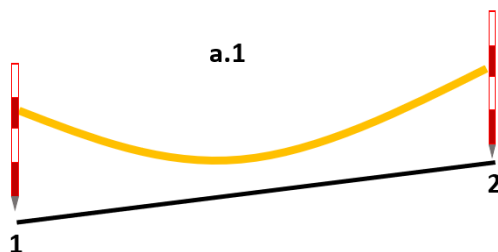


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Si se maneja incorrectamente, puede generar errores de pequeñas o grandes proporciones, los errores más comunes para las mediciones de distancias horizontales son:

a.1) Los Errores de Catenaria ocurren cuando la Cinta Métrica tiende a curvarse hacia abajo, aumentando la distancia entre los dos puntos, como se muestra en la Figura 13.

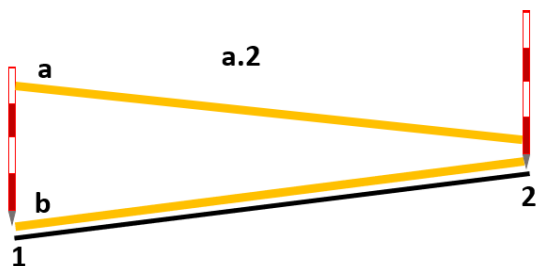
Figura 13 – Medición con el Error de Catenaria.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a.2) El Error de Falta de Horizontalidad de medición ocurre cuando no se cuida que la medición queda en la horizontal, suele ocurrir cuando la medición se pone siguiendo la superficie (Figura 14, situación b) o las personas que están ayudando con los Jalones. no preste atención a la horizontalidad (Figura 14, situación a).

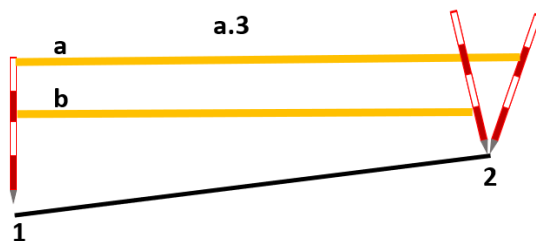
Figura 14 – Error de Falta de Horizontalidad de la Cinta Métrica em dos situaciones.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a.3) La Falta de Verticalidad de los Jalones es otro problema que puede ocurrir cuando los auxiliares de topógrafos no retienen correctamente los Jalones. Este movimiento incorrecto provoca un aumento (Figura 15, situación a) y una disminución (Figura 15, situación b) de la distancia correcta, disminuyendo la exactitud, provocando incluso errores extremadamente considerables.

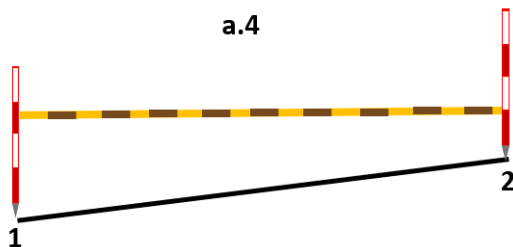
Figura 15 – Error de Falta de Verticalidad de los Jalones.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a.4) El Error de Desviación Lateral o de la Cinta Métrica enrollada es muy común y suele ocurrir cuando el usuario no tiene experiencia. Se debe tener mucho cuidado para que esto no ocurra. La Cinta Métrica debe estar completamente estirada del mismo lado. Esta situación errada aumenta la distancia entre dos puntos, disminuyendo bruscamente la exactitud (Figura 16).

Figura 16 – Error de Cinta Métrica enrollada. Em Amarillo, un lado de la Cinta Métrica y em marrón, el otro lado.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a.5) Error de Dilatación - De los cuatro errores mencionados anteriormente, se refieren al error que proviene del ser humano, pero el Error de Dilatación es el material. Al contrario de los instrumentos electrónicos, que se pueden calibrar para corregir sus distorsiones y exactitud durante el uso, después de una dilatación, no habrá reparación, teniendo que cambiar las Cintas Métricas.

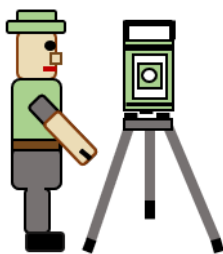
## b) Teodolitos

Los Teodolitos Topográficos (Figura 17) son instrumentos encargados de medir ángulos y distancias horizontales y verticales con la ayuda de Estadías. Fueron instrumentos muy utilizados en el pasado y continúan hasta nuestros días, comenzando con el modelo mecánico de Vasconcelos y, más tarde, el electrónico. Tienen una exactitud de media a alta, según el manejo y la metodología a utilizar. Se utilizan para realizar levantamientos y



replanteo planimétricos, principalmente, y no almacenan ningún dato, requiriendo un Cuaderno de Campo como imprescindible. Con el paso del tiempo, surgió la necesidad de reducir las notas excesivas y automatizar estos levantamientos, dando lugar a las Estaciones Totales.

Figura 17 – Topógrafo utilizando el Teodolito.



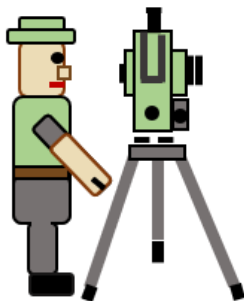
Fuente: Machado Júnior, 2022.

### c) Estaciones Totales

Las Estaciones Totales son instrumentos sucesores de los Teodolitos ya que presentan la posibilidad de realizar levantamientos sin la necesidad de un Cuaderno de Campo. Todos los puntos se almacenan en una memoria dura que se puede descargar a un pendrive o a la nube. También tiene una memoria RAM en su interior para calcular datos y un distanciómetro electrónico para medir distancias y coordenadas. Tiene varias características, como medir por coordenadas y / o ángulos y distancias, y su prisma puede ser personalizable o incluso no

necesitar ser utilizado, haciendo que el usuario literalmente haga el trabajo solo (Figura 18).

Figura 18 – Topógrafo utilizando la Estación Total.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

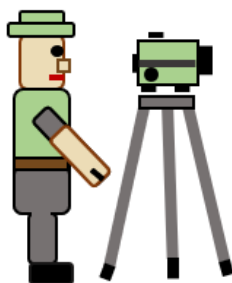
#### d) Niveles de Ingeniero

Los Niveles de Ingeniero son los principales instrumentos de Altimetría. Se utilizan para medir distancias horizontales, mediante Taquimetría, con ayuda de los hilos estadimétricos superior e inferior y medir ángulos horizontales, pero la exactitud para ángulos es muy pobre, con precisión de  $1^\circ$ . Las mediciones de ángulos solo son útiles al realizar Secciones Transversales, ya que no necesitan tanta exactitud para el ángulo formado entre el eje longitudinal y el eje transversal.

A pesar de medir ángulos y distancias horizontales, el objetivo principal de este instrumento es la medición de distancias verticales. Estos instrumentos, al estar perfectamente calibrados y

con un correcto manejo, en comparación con GNNS, Estaciones Totales, Teodolitos, Drones son muy superiores en cuanto a exactitud. También en comparación con estos instrumentos mencionados, el precio es mucho más asequible, lo que lo convierte en el número 1 de la Altimetría (Figura 19).

Figura 19 – Topógrafo utilizando Nivel de Ingeniero.

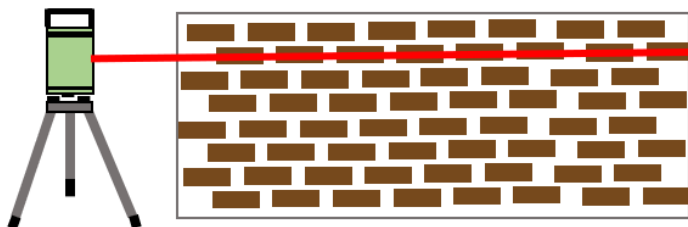


Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### e) Niveles Láser

El Nivel Láser es un instrumento topográfico utilizado en la construcción civil, capaz de realizar alineaciones verticales y horizontales y marcajes altimétricos a la láser. Sus principales tipos son punto a punto, rotativo y transversal (Figura 20).

Figura 20 – Nivel Láser haciendo un alineamiento horizontal.

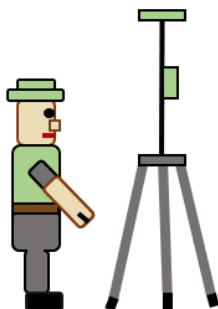


Fuente: Machado Júnior, 2022.

f) GNSS

El Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) es una serie de tecnologías, instrumentos y personas encargadas de localizar cada punto de la superficie terrestre a través de receptores (Figura 21), ubicados por satélites que emiten ondas de radio en algunas frecuencias. Los cuatro sistemas existentes son GPS, GLONASS, GALILEO y COMPASS.

Figura 21 – Topógrafo utilizando el receptor de GNSS.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Para que el usuario tenga su ubicación, en cualquier punto de la superficie terrestre, es necesario capturar al menos 4 satélites, 3 para ubicarlos espacialmente y 1 para sincronizarlos, pero con 4 satélites la exactitud es muy baja, siendo, más satélites, mejor para una excelente ubicación.

Algunos instrumentos utilizan un sistema híbrido, formado por GLONASS y GPS, para capturar más satélites, mejorando enormemente su ubicación.

#### f.1) Sistemas

##### GPS

Pionero y más conocido, el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), construido por la empresa Rockwell, comenzó a lanzar satélites en 1978 y fue utilizado con fines militares, fue lanzado para actividades civiles en 1995 con un error intencional. En ese momento, el error estaba entre 100 y 200 m, justo así que, en el año 2000, el gobierno de los Estados Unidos deshabilitó el código SA (Disponibilidad selectiva), y luego, se eliminó este error intencional.

Su constelación está compuesta por 24 satélites a 20200 km de la superficie terrestre, distribuidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno.

## GLONASS

Después del GPS, el GLONASS (*Global Navigation Sputnik System*) fue creado por los rusos en 2011. Además del GPS, tiene 24 satélites en su constelación a una distancia de 19000 km de la Tierra, distribuidos en 3 planos orbitales de 8 satélites cada uno.

## COMPASS

COMPASS es un sistema de navegación por satélite chino, cuya principal característica es contar con satélites Geoestacionarios. El Programa abarca BEIDOU-1, BEIDOU-2 y BEIDOU-3.

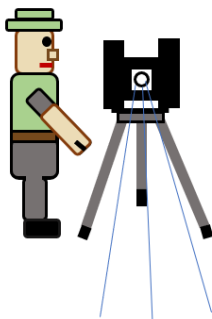
## GALILEU

El sistema Galileo se creó en respuesta a la creación de los sistemas GPS, GLONASS y BEIDOU, ya que estos habrían sido creados con fines militares. Con sede en Praga, con 2 centros de operaciones (Italia y Alemania), el sistema cuenta con 24 satélites, distribuidos en 3 planos orbitales de 8 satélites cada uno, a 23220 km de la Tierra.

g) Lasers-scan

Los Laser-scan son instrumentos capaces de medir el terreno en forma de nube de puntos (X, Y y Z), creando una representación tridimensional, en forma de modelado numérico del terreno. Son instrumentos que tienen una gran capacidad de almacenamiento de datos, ya que funcionan como una nube de puntos (Figura 22).

Figura 22 – Topógrafo utilizando el Laser-scan.



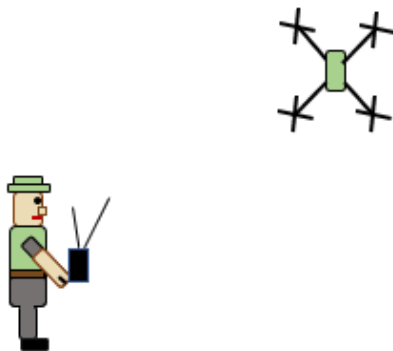
Fuente: Machado Júnior, 2022.

h) Vantes

Los Vantes son instrumentos que se mueven a través de un control y uso de GNNS, comandados por un usuario no tripulado. Se clasifican en aviones, helicópteros y drones (Figura 23).

Utilizan la Fotogrametría como principal forma de representar el terreno a medir.

Figura 23 – topógrafo utilizando un dron.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

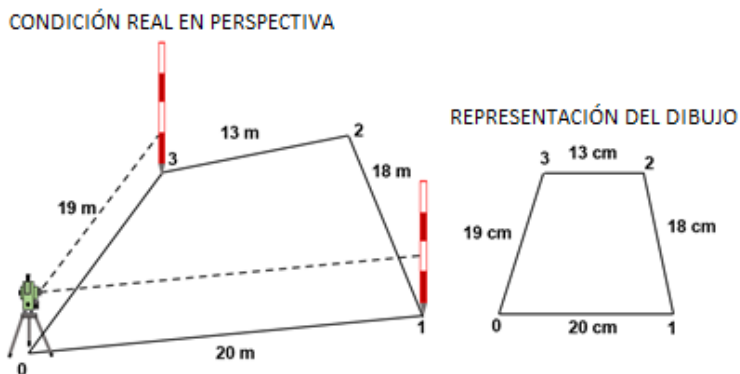


### 1. Concepto

Para la representación del relieve es necesario utilizar la escala, ya que el objetivo, en la representación, es reducir el tamaño real del objeto, para que se realicen análisis, alteraciones, estudios, entre otros.

La escala es una relación métrica y proporcional entre el objeto real y lo representado, manteniendo sus ángulos. Esta proporción debe ser igual para todos los lados de la poligonal a trabajar, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24 - Relación de dimensiones proporcionales entre real y dibujo.

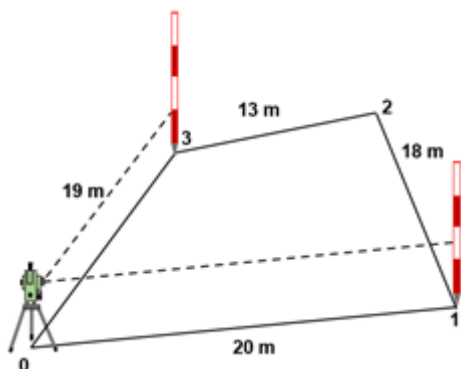


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Sin embargo, si todo el dibujo es proporcional y solo un lado no lo es, no estamos usando la escala, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25 - Relación no totalmente proporcional entre real y dibujo.

**CONDICIÓN REAL EN PERSPECTIVA**



**REPRESENTACIÓN DEL DIBUJO**



Fuente: Machado Júnior, 2022.

**2. Forma de escribir la escala numérica**

Las escalas se pueden escribir con dos puntos o una barra, ambos simbolizan la división, como 1:30 y 1/30.

**3. Escalas de ampliación, real, reducción y tamaños.**

Las escalas se pueden presentar de tres formas: real, ampliación y reducción.

Las escalas reales son aquellas que tienen el mismo tamaño entre la real y el dibujo, representadas en una proporción de 1: 1.

Las escalas de ampliación, en cambio, son aquellas en las que lo real es más pequeño que el dibujo, representado en la proporción 20:1, 300:1, por ejemplo. Ambas situaciones no son objeto de nuestro estudio, ya que los terrenos son mucho más grandes que sus representaciones, requiriendo una escala de reducción que comprenda una proporción donde el dibujo es más pequeño que el real y representado, por ejemplo, por 1:20, 1: 300.

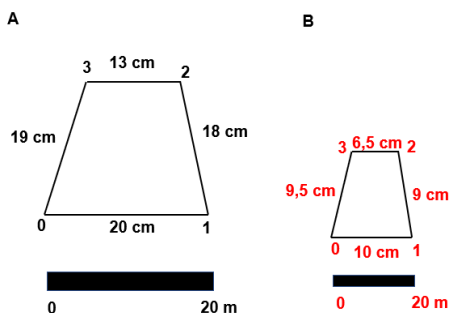
Cuando hablamos de tamaño de escala, surge la idea de Plano y Mapa. En general, entre 1:1 y 1: 10000 es Plan y abajo de 1: 10000 es Mapa. Este concepto es algo relativo y puede ser más tolerable, pero comúnmente se llama representaciones de Planos entre 1:1 y 1:10000. Si hacemos una relación en 1:10000, comprobaremos que cada 1 cm de representación será 10000 cm del tamaño real, es decir, 100 m. Pero si hacemos una escala, con las mismas dimensiones que 100 m, representada en el dibujo por 0,5 cm, tendremos una escala de 1: 20000. Como podemos ver, un mismo objeto real, al estar representado por dos tipos diferentes de escalas, puede tener la connotación de Plan o Mapa, es decir, no es el tamaño del objeto lo que define el concepto de Plan o Mapa, pero la escala. En mi opinión, si estuviera representado por 1: 20000, todavía sería Plano. Pero si toleramos este margen, llegaríamos a situaciones más desproporcionadas. Entonces, como punto de partida, debemos seguir la indicación de Plan o Mapa, mencionado anteriormente, respetando estos criterios, pero con cierto margen de tolerancia.

#### 4. Tipos de escalas

Las escalas se pueden representar mediante gráficos o números. La escala numérica establece la proporción de lo real y el objeto, en forma de división numérica. Está representado, por ejemplo, por 1:20. Una desventaja de la escala numérica es que, si hay una expansión, agrandamiento o reducción del papel, habrá una pérdida total de proporcionalidad, por lo tanto, ya no estará en escala.

Por otro lado, en las escalas gráficas, que son formas de representar la proporcionalidad entre lo real y el objeto mediante gráficos, esta pérdida de proporcionalidad no ocurre, ya que el gráfico sigue la expansión, reducción y expansión del papel (Figura 26).

Figura 26 - En A el diseño del papel se mantuvo sin cambios y en B hubo una reducción en el tamaño del papel.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Tenga en cuenta que, en A, en la escala numérica, el valor es 1: 100. Este dibujo se redujo accidental o deliberadamente en B.

Si solo tuviéramos la escala numérica 1: 100, y sin tener en cuenta la escala gráfica, el tamaño real de la alineación (0-1) del objeto pasaría de los verdaderos 20 m a 10 m, es decir, alteró totalmente la obra, pero como tiene la escala gráfica, el tamaño de la alineación se redujo a la mitad, pero la escala también se redujo a la mitad, manteniendo la proporcionalidad, garantizando 20 m.

## 5. Elección de papel y escala

Para no adivinar la escala, según el tamaño del papel, hay criterios importantes que podemos seguir para obtener el tamaño correcto de la escala, según el tamaño del papel.

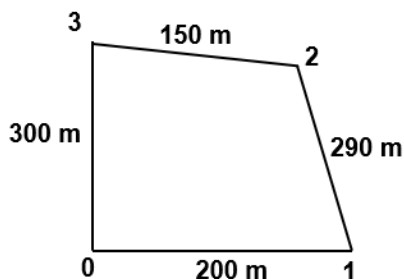
Primero debes elegir el papel con el que quieres trabajar, entre los tamaños de la serie A brasileña: A4, A3, A2, A1 y A0. Esta elección dependerá del tipo de trabajo a realizar.

Posteriormente, es necesario conocer las mayores dimensiones que cubre el tamaño real (Figura 27), las cuales estarán representadas y relacionadas con el tamaño del papel. Para ser más prácticos, sigamos este ejemplo:

**Paso 1:** selección del papel y determinación de la distancia

Papel A4 (210 mm x 297 mm) y tamaños reales 200 m y 300 m.

Figura 27 - Poligonal con medidas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Tenga en cuenta que este polígono tiene varias medidas, pero estamos hablando de hasta qué punto X e Y en esta figura cubren para relacionarse con el tamaño de la hoja de papel. En este caso, las medidas más grandes son 300 m y 200 m, para X e Y.

**Paso 2:** Haga coincidir los tamaños reales con los del papel. Siendo el más grande de lo real con el más grande del papel y haciendo la división para encontrar las escalas.

$$E = 300 \text{ m} / 297 \text{ mm} (0,297 \text{ m}) = 1010,1010101$$

$$E = 200 \text{ m} / 210 \text{ mm} (0,21 \text{ m}) = 952,3809$$

Después de los cálculos, encontramos las escalas de 1: 1010 y 1: 952. Si usáramos escalas más grandes (ejemplo: 1: 500), el dibujo no cabría en el papel, pero si usáramos escalas más pequeñas (ejemplo: 1: 1100) los dibujos cabrían en el papel. También es

importante utilizar escalas ideales que sean redondeadas, como múltiplos de 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, etc.

Tenga en cuenta que si elegimos la escala 1: 1000, solo proporcionaremos una de las escalas, ya que el 1: 1010 encontrado es menor que 1: 1000. En este caso, si elegimos 1: 1500 (que también es una escala ideal), será posible, ya que sirve tanto para 952 como para 1010, siendo 1500 más pequeño que ambos.

**Paso 3:** Definida la escala, solo haga la representación.

La alineación 0-1 tiene 200 m en real, utilizando la escala 1: 1500, es decir, cada 1 cm tendremos 1500 cm (15 m), por lo que 200 m estarán representados por 13,3334 cm. La alineación 1-2, con un valor de 290 m, estará representada por 19,3334 cm, la alineación 2-3 con un valor de 150 m estará representada por 10 cm y la alineación 3-0, con un valor de 300 m estará representada por 20 cm.

# UNIDAD 2

## PLANIMETRÍA



# CAPÍTULO 4

---

## ÁNGULOS IMPORTANTES A TOPOGRAFÍA

La topografía se basa en distancias, ángulos, ubicaciones y posiciones, elementos que se encargan de formar los contornos y dimensiones del terreno.

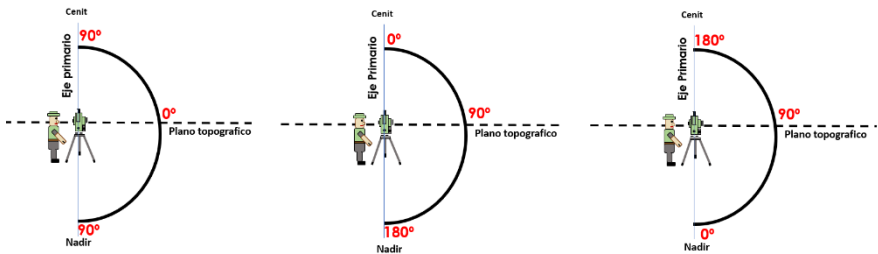
Los ángulos son elementos fundamentales en la formación de la figura geométrica generada por las obras de Topografía. Por tanto, estudiar los ángulos se convierte en un paso importante en el desarrollo de nuestro estudio. La Goniología es una ciencia que estudia, en general, los ángulos, mientras que los goniómetros son instrumentos encargados de leer estos ángulos, y de uso común en Topografía.

En Topografía, los ángulos se dividen en horizontal y vertical. Mientras que las verticales se dividen en Nadiral, Inclinación (Topográfica) y Cenital, las horizontales se dividen en Directos, Deflexiones y Orientados.

En verticales, los ángulos de Inclinación comienzan en el plano topográfico hasta el Cenit ( $90^\circ$ ) y hasta el Nadir ( $90^\circ$ ). Los Nadirales comienzan en el Nadir ( $0^\circ$ ) y van al Cenit ( $180^\circ$ ), mientras que los Cenitales comienzan en el Cenit ( $0^\circ$ ) y van al Nadir ( $180^\circ$ ) (Figura 1).

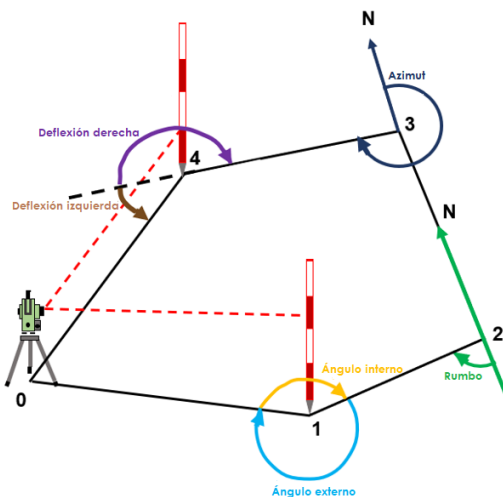
En horizontales, los ángulos directos se dividen en internos y externos. Los internos son los que están dentro de la poligonal y los externos son los que están fuera de la poligonal. Las Deflexiones se dividen en deflexiones a la derecha y deflexiones a la izquierda. La Deflexión a la derecha es la que comienza en la proyección de un lado de la poligonal y se dirige a la alineación, en el sentido horario. La Deflexión a la izquierda, por otro lado, comienza en la proyección poligonal y va en sentido antihorario. Y finalmente, los Orientados se dividen en Rumbos y Azimutes, el primero comienza en el Norte o Sur y va hacia la alineación, en sentido horario o antihorario, donde está más cerca de la alineación. Este ángulo varía de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  y está formado por los puntos colaterales NE, NO, SE y SO (Figura 2).

Figura 1- Ángulos verticales: ángulo de inclinación en la izquierda, ángulo cenital en el centro y ángulo Nadiral en la derecha.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Figura 2 – Ángulos horizontales: directos, azimut, rumbo y deflexiones.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

## 1. Norte Magnético, Norte Verdadero y Declinación Magnética

Cuando hablamos de Planimetría, necesitamos enumerar los elementos principales, distancias, ángulos, posición y ubicación.

Posición y ubicación son palabras que a veces se confunden. Mientras que el primero está relacionado con la orientación Norte-Sur, el segundo está relacionado con las coordenadas del punto, alineación o plano.

Cuando se trata de ángulos de orientación, inmediatamente pensamos en la línea Norte-Sur, sin embargo, no

hay un solo Norte. Para la Topografía hay dos: Norte Verdadero y Magnético

El Norte Verdadero o Norte Geográfico es un plano que es perpendicular al ecuador, comenzando en el polo norte hasta el polo sur, dividiendo la Tierra por la mitad.

El Norte Magnético o Norte de la Brújula, es un plano que apunta a la región donde se ubica la concentración de hierro fundido, en el Centro-Norte de la Tierra. El Norte Magnético cambia de un lugar a otro y con el tiempo, en el mismo lugar.

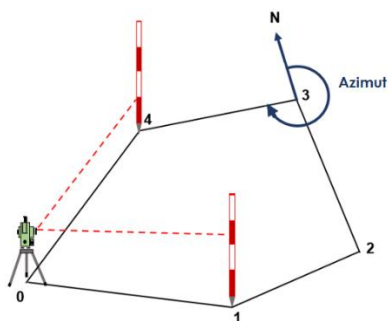
La relación entre el Norte Verdadero y el Norte Magnético es un ángulo, declinación magnética. Este ángulo, como el Norte Magnético, es variable, también cambia con el tiempo y es diferente en cada región. La mutación del Norte Magnético ocurre 10' por año, alcanzando 25°, al alcanzar este valor, el Norte Magnético comienza a cambiar al lado inverso hasta alcanzar una diferencia de 25° con relación al Norte Geográfico, pero al lado opuesto, es decir, se necesitan 300 años para que se produzca por completo. La Declinación Magnética puede ser a la derecha, izquierda o nula, esto cuando los dos Nortes coinciden.

En el pasado, el uso de Norte Magnético era muy común, ya que era una forma más fácil de obtener la posición, y solo entonces, de hacer la transformación. Como el acceso a los receptores GNSS ahora es una rutina, es mucho más fácil incluir el Norte Verdadero en los proyectos, ya que el Norte Magnético es cambiante y los estándares recomiendan y / o requieren Norte Verdadero en las obras.

## 2. Azimut e Rumbo

Como dijimos, Azimut es un ángulo de orientación con algunas características importantes. El ángulo comienza en el Norte, que puede ser Verdadero o Magnético, y da un giro completo hasta  $360^\circ$ , siempre en el sentido horario. El azimut de la poligonal siempre comenzará en el Norte y se dirigirá a la alineación en cuestión, que puede tener varios Azimutes en la misma poligonal (Figura 3).

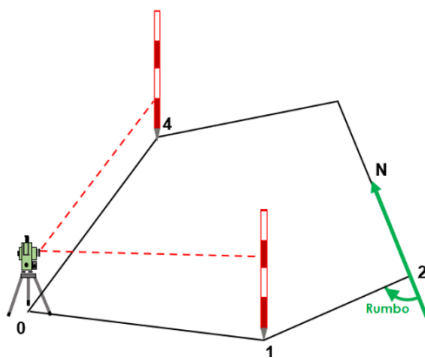
Figura 3 – Ejemplo de Azimut 3-4 en la poligonal.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

El Rumbo es también otro ángulo de orientación, pero con una característica diferente al Azimut, ya que siempre comenzará en el Norte o Sur, en el sentido horario o en el sentido antihorario, lo que esté más cerca de la alineación. Se caracteriza por estar entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , utilizando siempre los puntos colaterales NE, SE, NO y SO, como expresión del ángulo. En la misma ideología de Azimut, existen Rumbos Magnéticos y Verdaderos, dependiendo de la línea Norte-Sur y pueden contener varios Rumbos en la misma poligonal (Figura 4).

Figura 4 – Ejemplo de Rumbo 2-1 SE em la poligonal.



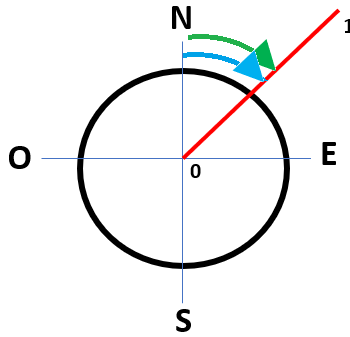
Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### a) Conversión Azimut-Rumbo en alineación

En el cuadrante noreste, como sabemos, el Azimut comenzará en el Norte en el sentido horario. El Rumbo también comenzará desde el noreste, ya que comenzará desde el más cercano a la alineación, por lo que tanto, el Azimut como El Rumbo son iguales, como se muestra en la Figura 5.

$$AZ = R$$

Figura 5 – Azimut y Rumbo em el cuadrante Noreste.

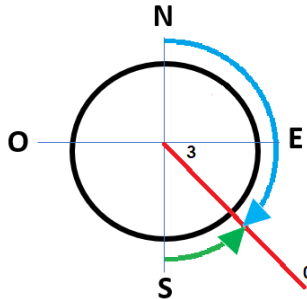


Fuente: Machado Júnior, 2022.

En el cuadrante Sureste, como sabemos, el Azimut comenzará en el Norte en el sentido horario. El Rumbo comenzará desde el Sur, ya que comenzará más cerca de la alineación, por lo que Azimutes y Rumbos se complementan formando  $180^\circ$ , como se muestra en la Figura 6.

$$AZ+R = 180^\circ$$

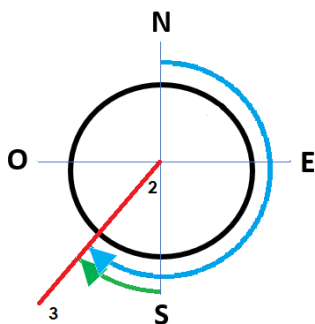
Figura 6 – Azimut y Rumbo em el cuadrante Sureste.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En el cuadrante Suroeste, como sabemos, el Azimut comenzará en el Norte en el sentido horario. El Rumbo se iniciará en el Sur, ya que comenzará más cerca de la alineación, por lo que los Azimutes y los Rumbos se complementan a partir de  $180^\circ$ , teniendo como fórmula la expresión  **$180^\circ + \text{Rumbo} = \text{Azimut}$** , como se muestra en la Figura 7.

Figura 7– Azimut y Rumbo em el cuadrante Suroeste.



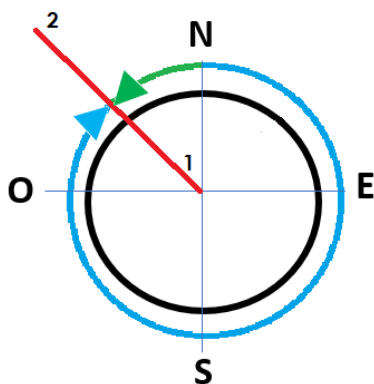
Fuente: Machado Júnior, 2022.

En el cuadrante Noroeste, como sabemos, el Azimut comenzará en el Norte en el sentido horario. El Rumbo comenzará desde el Norte, ya que comenzará más cerca de la alineación, por lo que Azimutes y Rumbos se complementan formando  $360^\circ$ , como se muestra en la Figura 8.

$$\text{AZ} + \text{R} = 360^\circ$$



Figura 8– Azimut y Rumbo en el cuadrante Noroeste.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

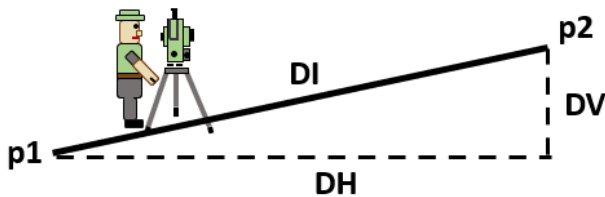
# CAPÍTULO 5

## MEDICIONES DE DISTANCIA HORIZONTALES

### 1. Distancias topográficas

En Topografía, para la formación de figuras geométricas, además de los ángulos, necesitamos conocer las distancias. Cuando usamos Planimetría, la única distancia que nos importa para representar el terreno es la distancia horizontal, aunque existen otras distancias en el campo. Para Altimetría, el interés principal es la distancia vertical, pero las distancias naturales, inclinadas y horizontales siguen siendo parte del relieve (Figura 9).

Figura 9 - Distancia horizontal (DH), distancia vertical (DV) y distancia inclinada (DI).



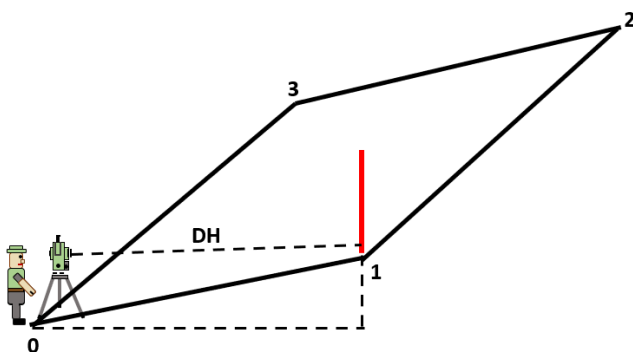
Fuente: Machado Júnior, 2022.

La distancia más utilizada en levantamientos topográficos es la distancia horizontal. Está formado por la distancia entre dos puntos en el plano topográfico o plan horizontal.

La distancia horizontal se usa comúnmente en nuestra vida diaria, como la construcción de casas. Aunque las casas se pueden construir en terreno inclinado, no estarán en una posición inclinada, ya que no sería habitable o traería muchas molestias. Por lo tanto, la mayoría de los elementos que queremos representar desde el terreno hasta el papel deben estar representados en forma ortogonal en el papel, incluso si este terreno está inclinado. Por el ejemplo visto desde la casa, lo que será útil es el plan horizontal y no el inclinado, ya que la casa se construirá en el plan horizontal.

Entonces, cuando vamos a medir cualquier terreno, ya sea horizontal o inclinado, lo que se medirá es solo la distancia horizontal y no inclinada, por las razones mencionadas anteriormente (Figura 10).

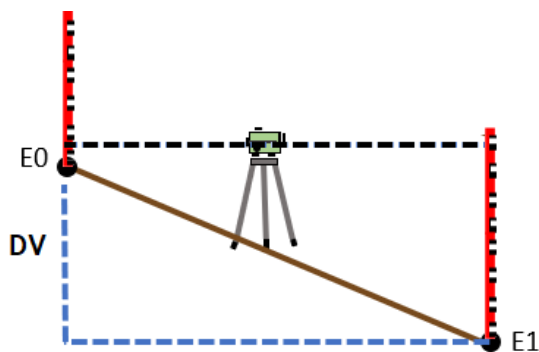
Figura 10 - Obtención de la distancia horizontal en un terreno inclinado.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

La distancia vertical, utilizada principalmente en Altimetría, es una distancia entre dos puntos perpendiculares al plano topográfico. Las principales distancias verticales son Cota, Altitud y Diferencia de nivel, que se tratan en el capítulo Introducción a la Altimetría (Figura 11).

Figura 11 - Distancia vertical medida por el Nivel de Ingeniero con la ayuda de Estadías.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

## 2. Concepto de Precisión y Exactitud

En Topografía, la precisión es un término muy utilizado que a veces se confunde con otro término, la exactitud, o en ocasiones, para algunos, tiene el mismo significado.

La precisión es la capacidad del instrumento para realizar numerosas mediciones y están cerca unas de otras. De ahí que lo llamemos instrumento preciso, es decir, tiene mucha consistencia entre sus lecturas, pero no significa exactitud.

La exactitud es la capacidad de llegar al valor verdadero o real. Un instrumento puede tener una buena precisión, pero puede desviarse del valor real, por ejemplo, en una medición de distancia.

Las mediciones pueden tener buena exactitud y poca precisión, poca exactitud y buena precisión, y buena exactitud y precisión. Imaginemos el siguiente ejemplo:

Digamos que el valor real es 8000 mm y hagamos algunas medidas en las condiciones A, B y C. En la condición A, medimos con el instrumento y obtenemos los siguientes valores: 6000 mm, 9000 mm y 7000 mm. En esta condición, podemos verificar que el instrumento tuvo poca exactitud porque los valores estaban lejos de los 8000 mm y poca precisión porque estaban muy separados. En la condición B medimos y obtuvimos los siguientes valores: 6001 mm, 6007 mm y 6010 mm. En esta situación, las mediciones fueron precisas, ya que todas las mediciones están cerca, pero muy lejos de la condición real, por lo que tenemos poca exactitud y buena precisión. En la condición C será la más deseada, que es buena exactitud y precisión, ya que tendremos los siguientes valores: 8001 mm, 8002 mm y 8000 mm. Tenga en cuenta que las tres medidas están muy juntas y también muy cerca de los valores reales.

Se habla mucho de exactitud alta, media y baja y no hay consenso sobre qué es alta, media y baja, porque son palabras relativas. Para intentar estandarizar esta situación, propongo la siguiente clasificación:

Clasificación del nivel de precisión, propuesta por Machado Júnior 2022.

<b>Clase de exactitud</b>	<b>Valores de exactitud</b>
Muy alta exactitud	abajo de 1 milímetro
Alta exactitud	entre 1 mm y 9 mm
Media exactitud	entre 1 cm y 9 cm
Baja exactitud	entre 10 cm y 99 cm
Muy Baja exactitud	entre 1 m y 9 m
Hipo exactitud	abajo de 10 m

### 3. Tipos de medidas

Según la metodología del instrumento, las mediciones pueden ser visuales, directas e indirectas.

#### a) Medición visual

Las medidas visuales son aquellas que sirven para hacerse una idea del tamaño del terreno, y luego proporcionar el equipo y personal necesario para la obra.

Este tipo de medición tiene una exactitud muy baja, depende de la experiencia del topógrafo para reducir los errores visuales, porque con poca experiencia, este error puede ser aún mayor. También sirve para comprobar posibles problemas e informar el precio del servicio.

## b) Medidas directas

Las medidas directas se realizan a través de recuentos o lecturas, sin ninguna variable externa, como tiempo o razón trigonométrica. Entre las mediciones directas, la Cinta Métrica tiene una exactitud muy alta, si se usa correctamente, y las otras tienen una exactitud baja a media, como el Odómetro (medio), el paso promedio (bajo) y las mediciones relativas que no utilizan sistemas de medición internacionales, como pie, mano, pulgada (verdadero), cuerda, entre otros.

Pies, cuerdas, pulgadas, mano, entre otros, tienen relatividad en sus medidas, ya que no se usará la misma mano de una persona para medir a la otra. Entonces, estas son medidas solo para tener una idea de los tamaños, sin considerar trabajos topográficos de alta y muy alta exactitud, es decir, son medidas de aficionados.

Los Odómetros son instrumentos que miden el terreno a través de ruedas y sus cálculos se realizan a través del perímetro del círculo y cuántas vueltas realiza durante el recorrido. En un terreno llano y perfecto, su exactitud es alta si se sigue en línea recta, pero en un terreno normal, donde tiene una serie de imperfecciones, estas medidas se vuelven de exactitud media a baja.

Los pasos promedios son otra forma de medir directamente, pero con la intención de tener una idea del tamaño del terreno. Como otros tipos de medición, también es relativa y se determina en varias pasadas. Para obtener el paso promedio de una persona, se hace a partir de una medida que ya se conoce, por ejemplo, si

da 100 pasos en 100 metros, significa que el paso promedio de la persona es de 1 m. Y a partir del paso promedio ya establecido de la persona, se realiza la medición. La exactitud es baja y esta variación de exactitud dependerá del propio topógrafo, para realizarla de manera más homogénea.

### c) Medidas indirectas

Las medidas de tipo indirecto son aquellas que requieren el uso de alguna variable adicional para contar o leer. Los principales son: medición indirecta a láser y Taquimetría.

Las mediciones con láser se realizan mediante instrumentos que utilizan el láser para medir distancias verticales y horizontales. Su principio parte de un haz de luz que deja el instrumento al objeto y, con el tiempo, la distancia en cuestión entre el instrumento y el objeto se calcula en el propio instrumento. El instrumento más común es el distanciómetro electrónico, ampliamente utilizado en el pasado para ayudar a los levantamientos con goniómetros, ya que estos solo leen ángulos. Estos distanciómetros electrónicos han sido reemplazados por el uso de Estaciones Totales que usan esta misma función para tomar lecturas de distancia. Las Cintas Métricas Electrónicas también son instrumentos que utilizan este tipo de tecnología para la medición.

El uso de láser para medir distancias tiene sus ventajas y desventajas en comparación con las medidas convencionales,



como la Cinta Métrica común. El viento es un factor importante que dificulta el uso de Cintas comunes.

La autonomía de hacer el trabajo solo es otra ventaja importante también, sin embargo, hay situaciones en el campo, como hojas en el camino del haz de luz o medir objetos fuera del punto, haga con que estas mediciones se hagan con precaución y con personas con vasta experiencia, pero en general, es el mejor método de medición, en comparación con las ventajas y desventajas.

Otro método de medición indirecto es la Taquimetría. Este método mide la distancia horizontal de un tramo determinado mediante Trigonometría. Utiliza lecturas de los hilos superior e inferior del telescopio, como veremos en el próximo capítulo.

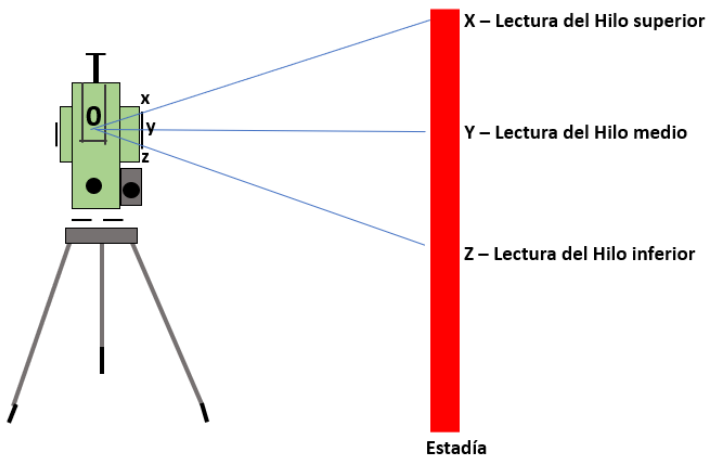
# CAPÍTULO 6

## TAQUIMETRÍA

La taquimetría es un método para medir la distancia horizontal, de tipo indirecto no electrónico. Su exactitud varía de alta a media, y su principio es medir la distancia horizontal a través de triángulos y sus elementos.

En la práctica, cuando el usuario visualiza los tres hilos estadimétricos en la Estadía, tenemos la siguiente situación, de acuerdo con la Figura 12.

Figura 12 - Generación de triángulos imaginarios desde los hilos superior, medio e inferior, comenzando desde el centro de origen del instrumento hasta las lecturas en las Estadías.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a) Para telescopio en 0° em el plan horizontal:

En esta situación, debido a la similitud de los triángulos, tenemos la siguiente fórmula:

$$\frac{OY}{Oy} = \frac{XZ}{XZ}$$

Donde OY es igual a la distancia horizontal y XY es la lectura del hilo superior – lectura del hilo inferior, siguiendo la resolución de la fórmula:

$$\frac{DH}{Oy} = \frac{FS - FI}{XZ}$$

Oy es la distancia focal horizontal (d) y xy es la altura focal (h).

$$\frac{DH}{d} = \frac{FS - FI}{h}$$

Para facilitar la lectura, esta relación entre d y h (d / h) siempre es igual a 100, estándar para todos los instrumentos topográficos.

$$DH = \frac{d(FS - FI)}{h} \qquad DH = 100(FS - FI)$$

Como las lecturas de los hilos se hacen en milímetros, el resultado de esta fórmula será en milímetros, pero si queremos la respuesta en metros tendremos que dividir por 1000, ya que 1 metro es igual a 1000 mm.

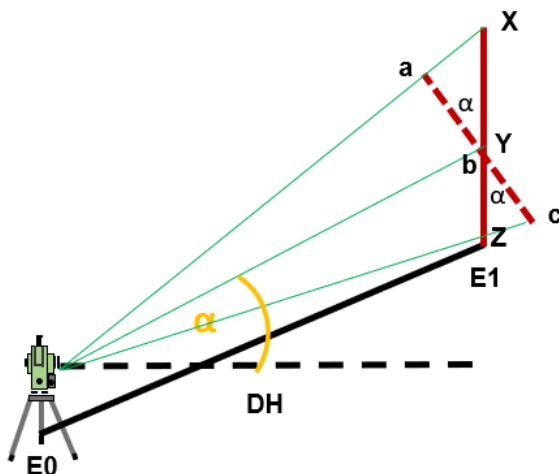
$$DH = \frac{\cancel{100}(FS - FI)}{\cancel{1000}} \qquad DH (m) = \frac{(FS - FI)}{10}$$

Y así, tendremos la fórmula de la distancia horizontal, mediante Taquimetría, para situaciones en las que el telescopio esté a 0° con relación al plano topográfico, DH = Lectura del hilo superior - Lectura del hilo inferior, dividida por 10, para el resultado en metros.

b) Para situaciones donde el telescopio está fuera de 0° en relación al plano topográfico

Para formar la similitud de triángulos, es necesario que el telescopio esté a 0° del plano topográfico, lo que puede no ocurrir en terrenos muy escarpados, como se muestra en la Figura 13.

Figura 13 - Simulación de la Estadía inclinada, en la posición que debería ocurrir (abc), para tener la similitud de triángulos, pero que no es posible en el campo.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Sabemos que en la posición 0° del Teodolito, el DH es igual a OY, como se muestra en la Figura 12, sin embargo, como el telescopio se gira en un cierto ángulo, La Estadía debe estar virtualmente inclinada en el mismo ángulo que el telescopio. para recrear la similaridad de triángulos, pero OY ya no será DH.

Entonces, debemos usar las siguientes fórmulas, considerando la Figura 13:

$$DH = \cos a \times OY \text{ (fórmula 1)}$$

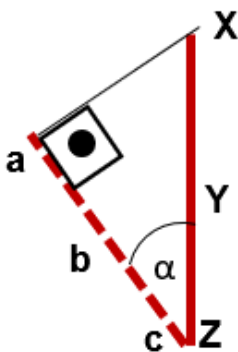
$$OY = (f_s - f_i) \text{ de la Estadía inclinada (fórmula 2)}$$

Poniendo el  $\Delta Y = (fs-fi)$  en la fórmula 1, tenemos:

$$DH = (fs-fi) \times \text{Cos } \alpha \text{ (fórmula 3)}$$

Sin embargo, en la práctica no lee fs-fi (inclinado), lee FS-FI (verticalizado). Haremos la conversión, como se muestra en la Figura 14:

Figura 14 – Conversión FS-FI por fs-fi.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

$$\text{Cos } \alpha = (fs-fi) / \text{FS-FI, o sea,}$$

$$fs-fi = \text{Cos } \alpha \times \text{FS-FI (fórmula 4)}$$

Poniendo la fórmula 4 em la fórmula 3, tenemos:

$$DH = \text{Cos } \alpha \times \text{FS-FI} \times \text{Cos } \alpha, \text{ o sea,}$$

$$DH_{(m)} = \frac{(\text{FS-FI}) \times \text{cos}^2 \alpha}{10} \text{ (fórmula final en metros)}$$

10

# CAPÍTULO 7

---

## LEVANTAMIENTO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO

### 1. Concepto

El levantamiento topográfico planimétrico es el conjunto de acciones en campo con el fin de recolectar la información geométrica necesaria para representar el terreno, sin considerar el relieve. Esta información cuenta ángulos horizontales, distancias horizontales, coordenadas y orientación.

Existen varios tipos de levantamientos topográficos planimétricos, entre los que podemos destacar: Poligonación, Irradiación, Intersección, Ordenadas y Coordenadas.

Como ocurre con todo trabajo, el terreno debe visualizarse antes de iniciar el trabajo, trazarlo, observar todos los peligros, obstáculos, definir el equipo y elegir el equipo más adecuado, incluyendo la metodología que mejor se adapte al trabajo.

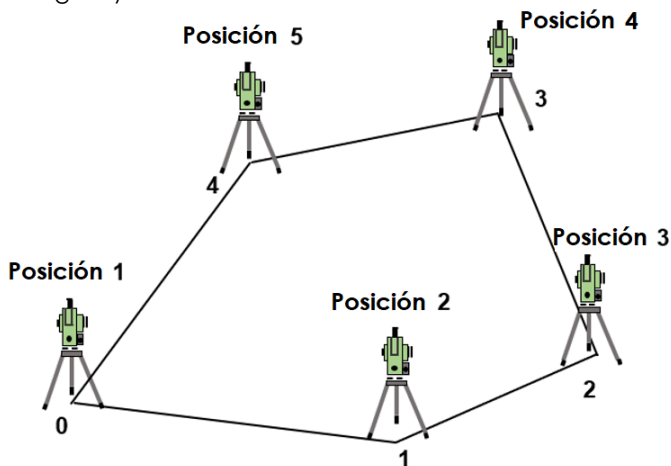
Una vez finalizado el levantamiento topográfico, y si es necesario, se realiza el replanteo topográfico, que es el procedimiento inverso al levantamiento topográfico.

## 2. Tipos de levantamiento

### a) Poligonación

La metodología de Poligonación, muy utilizada con Teodolitos, está destinada a delimitar poligonales, principalmente cerradas. Asegúrate de caminar (Figura 15) por todos los vértices de la poligonal, en sentido antihorario, tomando todas las lecturas de ángulos (en sentido horario) y medidas de distancia horizontal en las alineaciones en cuestión (Figura 16), además de realizar la orientación de cada vértice, por el Azimut Verdadero.

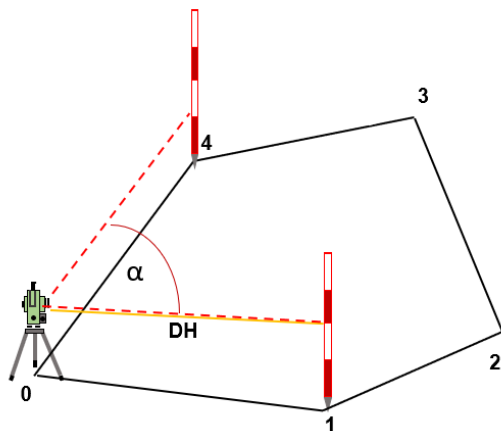
Figura 15 - Posiciones tomadas durante la caminata. Para cada posición se mide un ángulo y al menos una distancia.



Fuente: Machado Júnior, 2022.



Figura 16 – Medidas de ángulos y distancias horizontales.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Inicialmente, el topógrafo instala el instrumento en el vértice 0, donde centrará y nivelará el instrumento. Centrar es colocar el centro del instrumento de manera que su eje principal pase por el punto topográfico, y nivelar es hacer que permanezca en el plano topográfico, a través de los tornillos, niveles tubulares y circulares. Después de centrarse y nivelar en el vértice 0, imaginando que hay, por ejemplo, 3 vértices, configura el instrumento para que apunte al Norte Verdadero, a través de GNSS, o Norte Magnético a través de una brújula, y lee el Norte hasta la alineación 0-1, determinando el Azimut 0-1. Después de eso, lee el ángulo del vértice 0, apuntando al vértice 2, poniendo a cero angularmente el instrumento y rotándolo al vértice 1. Y finalmente, en este vértice, lee las alineaciones 0-1 y 0-2.

Cuando se termina el vértice 0, el topógrafo va al vértice 1 para hacer el centrado y nivélalo en ese vértice. Los Azimutes a partir de ahora no necesitan leerse, sino calcularse, mediante la fórmula específica. En este vértice se toma la lectura del ángulo 1 y las medidas de las alineaciones 1-2 y, volviendo a comparar, 1-0. Después de este procedimiento, retire con cuidado el instrumento y vaya al último vértice. En este vértice lee el ángulo 2 y las alineaciones 2-0 y 2-1.

Luego después de todos estos pasos y de completar el Libro de Campo, se lleva a la oficina para corregir errores, preparar el Plan y el Memorial Descriptivo.

a.1) En la oficina, verifique si hay errores angulares:

En la oficina, debe verificar el error angular y verificar si debe compensar o rehacer el trabajo, de acuerdo con la fórmula de tolerancia.

En poligonales, la suma de los ángulos internos debe seguir la fórmula siguiente, según el número de lados:

**Soma de los ángulos internos** = (número de lados-2) x 180°

Para triángulo: 180°

Para rectángulo: 360°

Para pentágono: 540°

Para hexágono: 720°

Al verificar el error angular, preste atención a la tolerancia. Si el error es mayor que la tolerancia, se debe rehacer el trabajo, si el error es menor, se debe distribuir el error. La tolerancia es:  $T = 1' \sqrt{n}$

a.2) Correcciones

Si el error es menor que la tolerancia, distribuiremos el error en los vértices de la poligonal, para eso, seguiremos el siguiente ejemplo:

Estación	Puntos visados	DH(m)	Ángulos internos	Correcciones	Ángulo Corregido
0	1	20	90°00'30"		
1	2	24	29°57'00"		
2	0	21	60°01'00"		

En la suma de los ángulos, tenemos: 179°59'30". Para llegar a 180°, faltaba 1'30". La tolerancia, en este caso, es: 1.73', Entonces, puede distribuir los errores en los vértices de la siguiente manera:

$$1'30'' / 3 \text{ (cantidad de vértices)} = +30'' \text{ por vértice.}$$

Estación	Puntos visados	DH(m)	Ángulos internos	Correcciones	Ángulos corregidos
0	1	20	90°00'30"	+30''	90°01'
1	2	24	29°57'00"	+30''	29°57'30''
2	0	21	60°01'00"	+30''	60°01'30''

### a.3) Cálculos de Azimutes

Fórmula: (Azimut anterior + ángulo interno) = AZx

#### Situaciones:

- a) Si  $AZx < 180^\circ$ , soman a  $180^\circ$  a  $AZx$
- b) Si  $AZx$  entre  $180^\circ$  e  $540^\circ$ , sustraen a  $180^\circ$  de  $AZx$
- c) Si  $AZx > 540^\circ$ , sustraen a  $540^\circ$  de  $AZx$

Estación	Puntos visados	DH (m)	Ángulos corregidos	Azimutes	
				Leído	Calculado
0	1			130°	
1	2	24	29°57'30''		
2	0	21	60°01'30''		
0	1	20	90°01'00''		

En este caso, tenemos:

$29^\circ 57' 30'' + 130^\circ = 159^\circ 57' 30''$ , entonces, **situación a**, soma a  $180^\circ$ .

$$AZ_{1-2} = 339^\circ 57' 30''$$

$60^\circ 02' 00'' + 339^\circ 57' 30'' = 399^\circ 59' 30''$ , entonces, **situación b**), sustrae a  $180^\circ$ .

$$AZ_{2-0} = 219^\circ 59' 30''$$

$90^{\circ}00'30'' + 219^{\circ}59'30'' = 310^{\circ}$ , entonces, **situación b)**, sustrae a  $180^{\circ}$ .

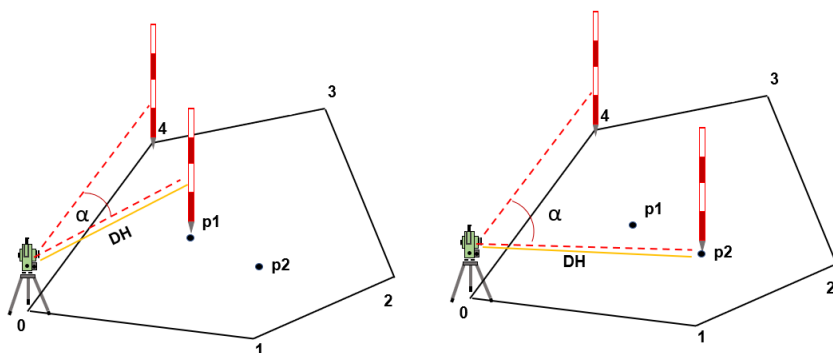
$$AZ_{0-1} = 130^{\circ}$$

Estación	Puntos visados	DH (m)	Ángulos corregidos	Azimutes	
				Leído	Calculado
0	1			130°	
1	2	24	29°57'30''		339°57'30''
2	0	21	60°01'30''		219°59'30''
0	1	20	90°01'00''		130°00'00''

### b) Irradiación

La Irradiación o Coordenada Polar, es un tipo de levantamiento utilizado para áreas pequeñas con el fin de determinar los detalles, a través de ángulos y distancias (Figura 17). Normalmente, se complementa con Poligonación. En este tipo de levantamiento, no hay forma de controlar el error.

Figura 17 - Método de Irradiación: medición de p1 y p2.

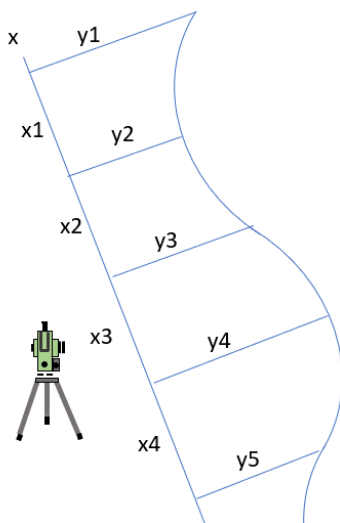


Fuente: Machado Júnior, 2022.

### c) Ordenadas

Es un método no rutinario capaz de medir terrenos de forma sinusoidal. Utiliza una línea auxiliar (x) y varias líneas perpendiculares (y), para obtener la representación de ese terreno, como se muestra en la Figura 18. Cuantas más líneas y, mejor se representará el área.

Figura 18 – Levantamiento por Ordenadas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

### d) Intersección

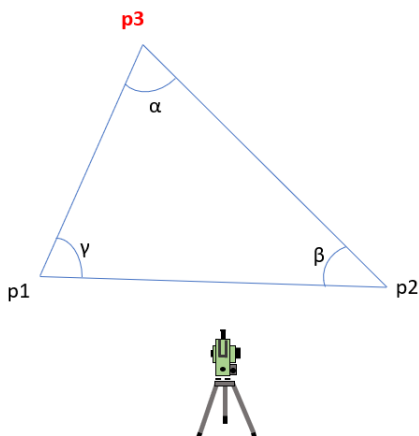
El método de Intersección, también llamado método de Coordenadas Bipolares, se utiliza cuando no tiene acceso a uno de los vértices poligonales. Las distancias al punto inaccesible se

conocen a través de la Ley de los Senos, como se muestra en la Figura 19.

Ley de los Senos:

$$\frac{p1 \ p2}{\text{sen } \alpha} = \frac{p2 \ p3}{\text{sen } \gamma} = \frac{p3 \ p1}{\text{sen } \beta}$$

Figura 19 – Levantamiento por Intersección, donde p3 es el punto inaccesible.



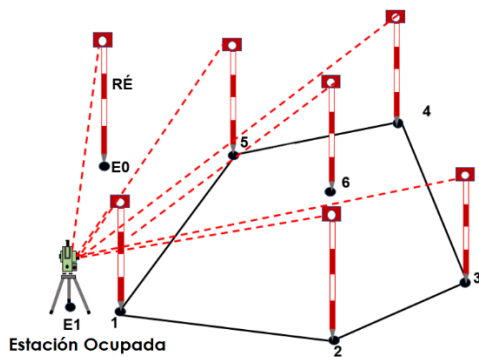
Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### e) Coordenadas

El método de Levantamiento por Coordenadas, muy utilizado por las Estaciones Totales, permite relevar el área a partir de las coordenadas X e Y, en el caso de la Planimetría, y X, Y y Z, en el caso de la Altimetría.

Se utilizan puntos de apoyo, como Estación Ocupada (E1) y Ré (E0), para crear un sistema de coordenadas, ya sea relativo o absoluto, y así si capturan los puntos, determinando las coordenadas de cada uno de ellos, formando las figuras geométricas, representativas del terreno. Sirve tanto para elevar los contornos del terreno, como los detalles (Figura 20).

Figura 20 – Levantamiento por Coordenadas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Cuando no es posible capturar todos los puntos de trabajo de una estación, es necesario cambiar la estación. El cambio de estación se realiza atando los puntos de apoyo de la estación 2 (Estación Ocupada y Ré), en los puntos ya determinados de la estación 1, antes de realizar el trabajo de recogida de los puntos que faltarán.



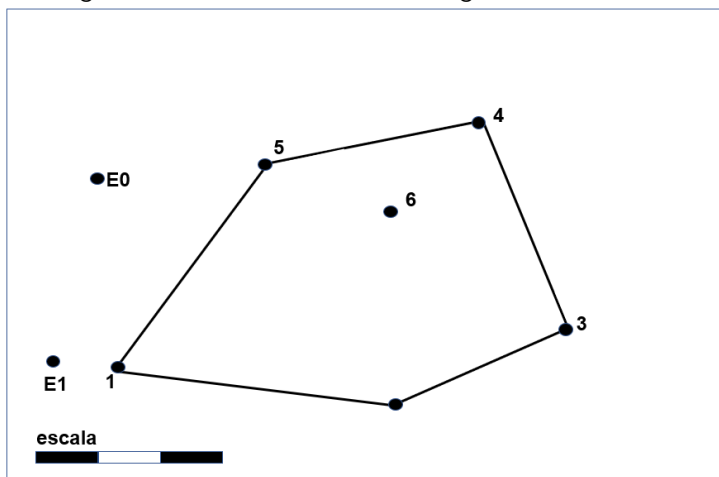
### 3. Replanteo planimétrico

El replanteo es el método opuesto de levantar. Primero se realiza el levantamiento topográfico, luego se realizan las correcciones y alteraciones necesarias en el Plan, y luego se realiza el replanteo.

Paso 1: Levantamiento (Figura 20).

Paso 2: Visualización del proyecto en el CAD (Figura 21).

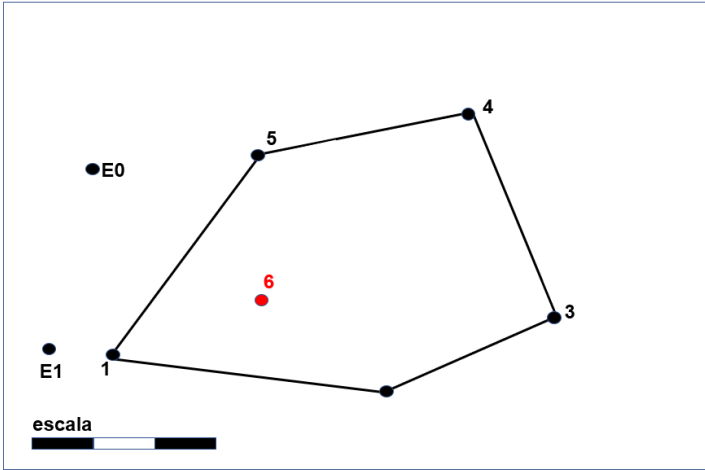
Figura 21 – Levantamiento de la Figura 20 en el CAD.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Paso 3: Alteración del proyecto en el CAD (Figura 22):

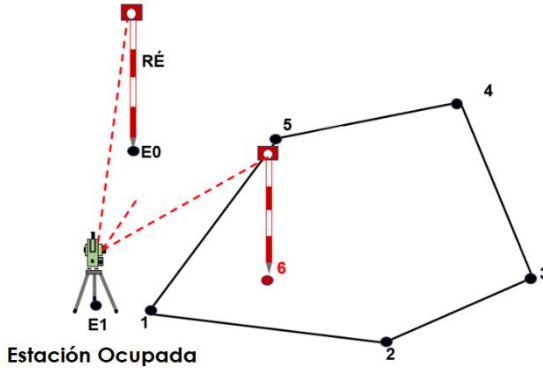
Figura 22 – Alteración del proyecto en el CAD



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Paso 4: Replanteo del nuevo proyecto (Figura 23):

Figura 23 – Replanteo del nuevo proyecto



Fuente: Machado Júnior, 2022.

# **UNIDAD 3**

---

## ALTIMETRÍA

# CAPÍTULO 8

---

## INTRODUCCIÓN A LA ALTIMETRÍA

### 1. Concepto de Altimetría

La Altimetría se puede caracterizar como una ciencia que estudia, en general, los aspectos geográficos (formas, contornos, dimensiones, posición y ubicación) de un lugar determinado, considerando el relieve.

Según el concepto de los autores Coelho Júnior et al., En el libro Topografía Geral (2014) y (2020) "La Altimetría es una rama de la Topografía que estudia, en general, las distancias verticales, entre ellas, la Diferencia de Nivel, Cotas y Altitudes, que forman el relieve de un lugar determinado. Se puede decir que el producto final del levantamiento topográfico altimétrico es un plan o mapa tridimensional, según se consideró el relieve, mientras que en Planimetría el producto final es una representación bidimensional".

Es de destacar que, cuando hablamos de Altimetría, este estudio engloba los temas Nivelación Geométrica, Nivelación Trigonométrica, Nivelación de Satélites, Nivelación Barométrica, Perfiles, Curvas de Nivel, entre otros, aunque en pocas ocasiones, como el Perfil, la Sección Transversal y Pendiente es obligatorio disponer de la distancia horizontal variable planimétrica (DH). Tenga en cuenta que solo se utiliza la distancia horizontal, ya que es parte

del proceso de formación del relieve. Sin embargo, solo hablamos de Planialtimetría cuando utilizamos el estudio de Altimetría, mencionado anteriormente, junto con información específica de Planimetría, como, por ejemplo, el levantamiento planimétrico con distancias horizontales, ángulos horizontales, ubicación y posición absoluta o relativa.

El relieve se caracteriza por distancias verticales que pueden ser Cotas, Altitudes y Diferencias de Nivel, estando representadas de diferentes formas, como veremos a continuación:

## **2. Formas de representación del relieve**

Como sabemos, para llegar a un plan altimétrico o planimétrico es necesario realizar un estudio previo del sitio, donde se realizará un levantamiento topográfico de tipo altimétrico. Para llegar a este plano con la altura variable, se debe acordar que es necesario representar para comprender el terreno en cuestión. Así, existen varias formas de representar el relieve, según cada necesidad, materiales involucrados y metodologías para obtener las Cotas, Altitudes y / o Diferencias de Nivel, las principales se explican a continuación:

### a) Puntos Cotizados

Los Puntos Cotizados son formas de representación de relieve, en las que se representan equidistantemente entre filas y

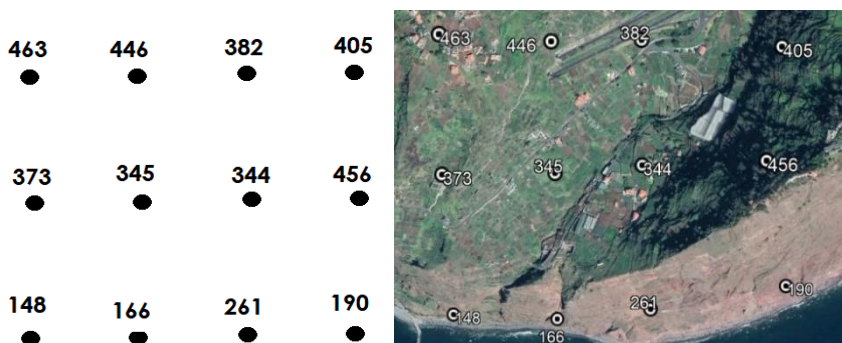
columnas, formando varios cuadrados donde se miden las Cotas / Altitudes de estos puntos. Es importante informar que, a mayor equidistancia, menor será la representación del relieve y menos contaminada será la representación, menos costosa y laboriosa también. Esta pregunta de cuánto usar la equidistancia variará según el deseo de la obra con la que se quiera realizar, es decir, la representación irá según la necesidad en cuestión.

Para llegar a los Puntos Cotizados se realizan algunas técnicas de levantamiento, la más interesante de las cuales es la Cuadrícula topográfica del terreno, utilizando Teodolitos para medir ángulos y distancias o utilizando Cintas Métricas y jalones para medir los mismos. En un capítulo posterior (Curvas de nivel) explicaré cómo se realizan ambos procedimientos.

En la Figura 1 hay una demostración de los Puntos Cotizados en forma de representación (a la izquierda) y a la derecha la perspectiva del terreno con sus Puntos Cotizados, en sus lugares correspondientes.

Tenga en cuenta que, al principio, ver los Puntos Cotizados, como una representación, puede ser un punto de comprensión confuso, pero cuando superponemos los puntos en su propia perspectiva, la comprensión mejora y, poco a poco, el usuario captará la idea de los Puntos Cotizados y comprenderá cómo ver el terreno a través de ellos.

Figura 1 - Puntos Cotizados a la izquierda y la superposición en su perspectiva ala derecha.



Fuentes: Imagen izquierda Machado Júnior (2022) – imagen derecha Google Earth.

Como puede ver en la imagen de la derecha, la equidistancia entre los puntos no proporcionó completamente la representación en relieve. Hubo puntos que deberían haberse recogido para una mejor representación del relieve, como los picos de las montañas, los talwegues, entre otros.

Para explicar mejor el evento, visualice solo los Puntos de dimensiones 456 y 190 en la imagen de la izquierda y esa misma parte en la imagen de la derecha. Nótese que, si pasamos por la representación de los Puntos Cotizados, hay una pendiente negativa continua hasta llegar a 190, pero no ocurre lo mismo en el terreno real, donde desde 456 asciende a una cierta altura para luego descender a 190.

Como puede ver, para realizar los Puntos Cotizados, así como cualquier representación, se debe tener cuidado de que el

terreno esté plenamente representado, según la necesidad, pero tampoco no haya exceso de recoger de puntos, ya que pueden sobrecargar, Aumentar el trabajo y contaminar la imagen final, sin necesidad.

Además de la representación, los Puntos Cotizados son, por regla general, una base excelente para la creación de Curvas de Nivel, que se analizan brevemente a continuación y con mayor detalle en un capítulo aparte.

## b) Curvas de Nivel

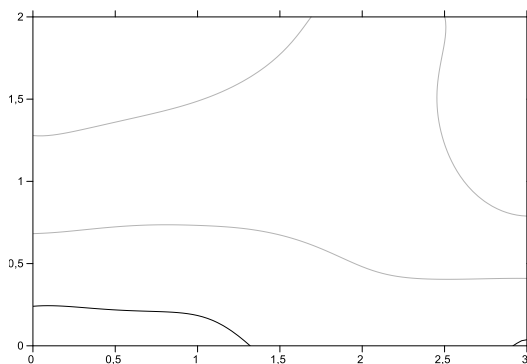
Las Curvas de Nivel son líneas imaginarias de igual Altitud o Cota que sirven como forma de representación en relieve. Diferente de los Puntos Cotizados, al ser formas de representarlos a través de puntos de valor aleatorio recogidos en el suelo, las Curvas de Nivel nos informan del conjunto de puntos de igual Altitud, facilitando diversos trabajos en las áreas de Ingeniería y Agricultura. La obtención de las Curvas de Nivel se puede realizar de varias formas, entre ellas, a través de los Puntos Cotizados.

Para obtener las Curvas de Nivel, así como los Puntos Cotizados, es necesario recolectar varios puntos para representar mejor el terreno, además de las equidistancias de las Curvas de Nivel, estos también deben ser considerados para una mejor representación del terreno.

A continuación, la Figura 2 muestra las Curvas de Nivel realizadas a través de los Puntos Cotizados de la Figura 1.



Figura 2 – Curvas de nivel dibujadas a 200 m, 300 m y 400 m, a través de los Puntos Cotizados.



Fuente: Machado Júnior (2022).

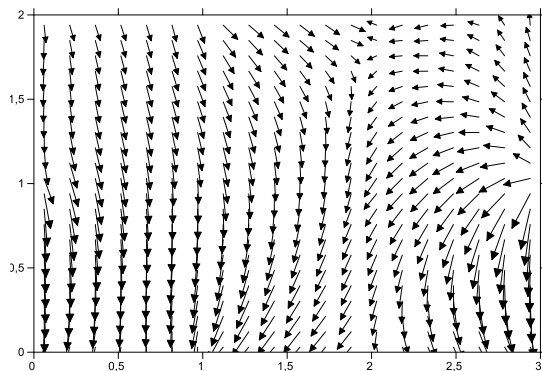
### c) Vectores

Cuando hay una necesidad de información sobre el relieve, no para valores visuales de Altitud, sino para donde debe fluir el agua, usamos Vectores.

Son una forma de representación del relieve formado por la dirección de los Talwegues, siguiendo la dirección alto-bajo, donde el agua fluye o puede fluir.

A continuación, la Figura 3 muestra los Vectores, basados en los valores de los Puntos Cotizados en la Figura 1.

Figura 3 - Vectorización de una ubicación determinada.



Fuente: Machado Júnior (2022).

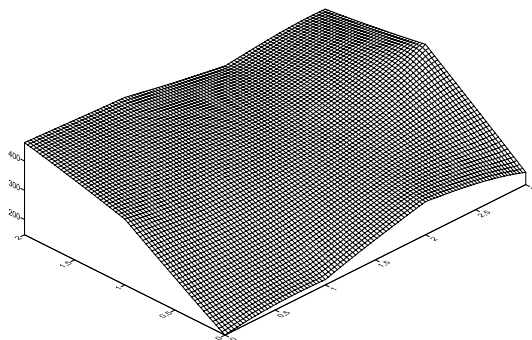
#### d) Modelado Numérico del Terreno

El Modelado Numérico del Terreno, también llamado MNT, es otra forma de representación del relieve, donde, de forma computacional o en forma de dibujo manual, se utilizan las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , en formas reales de perspectiva, para representar el relieve.

A continuación, la Figura 4 representa un determinado terreno, de acuerdo con los datos de los Puntos Cotizados en la Figura 1. Nótese que hay información sobre puntos que no fueron recolectados y fueron generados a través de interpolaciones.

Las interpolaciones son puntos que no se recogen debido a dos factores: pocos puntos recogidos y la imposibilidad humana de recoger todos los puntos de un terreno, puntos entre dos puntos principales.

Figura 4 – Modelado numérico del terreno a partir de los datos recopilados en la Figura 1.



Fuente: Machado Júnior (2022).

#### e) Por coloración

Otra forma de representar el relieve es a través de los colores. Es a través de ella que se representan mucho los relieves en mapas de Geografía y mediante mapas de producción, rendimientos y variables agronómicas para la Agricultura de Precisión.

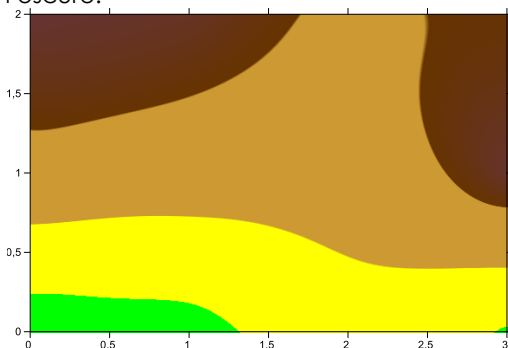
Estos mapas son altamente personalizables por los usuarios en función del programa a utilizar o incluso del diseño realizado por el desarrollador. En él podemos determinar los límites que debe representar cada clase de Altitud, así como el color elegido.

Otro factor importante para elegir es el color. En los libros de Geografía, los colores suelen ser el azul para representar el agua, es decir, el relieve 0 m o menos de 0 m, el verde para representar las regiones inferiores, el amarillo para las intermedias y el marrón para las regiones superiores, con varias adaptaciones, según el relieve en cuestión. En Agricultura de Precisión es conveniente utilizar colores

verdes para altos rendimientos o para muy buenos valores en variables agronómicas, amarillo para valores intermedios y rojo para malos valores de variables agronómicas. Sin embargo, hay que acordar que la elección la hace el usuario, de acuerdo con lo que crea más viable para su trabajo, siempre que no exista una regla prefijada.

En la Figura 5, mostramos los mismos Puntos Cotizados en la figura 1, con la interpolación de datos ya realizada, con 4 clases distintas elegidas por el autor del libro.

Figura 5 - Representación del relieve clasificada según las siguientes clases: hasta 199 m - verde, 200 a 299 m amarillo, 300 a 399 m marrón claro y 400 m en adelante marrón oscuro.



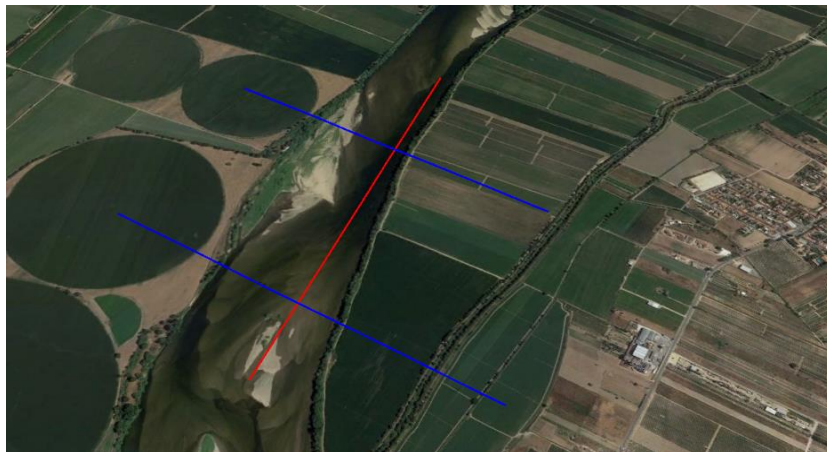
Fuente: Machado Júnior (2022).

El perfil se puede dividir en dos: Perfil Longitudinal y Sección Transversal, temas de los siguientes capítulos.

f) Perfil Longitudinal

El Perfil Longitudinal es una forma de representación del relieve en el que está dado por un corte lateral realizado en el eje principal del proyecto, a modo de ejemplo, tenemos debajo la imagen de un río y, trazada en rojo, el eje principal del cual quieres trabajar.

Figura 6- Eje principal del río en rojo y ejes transversales en azul.



Fuente: Google Earth, 2022.

Como resultado de este eje, tenemos el Perfil Longitudinal a continuación (Figura 7).

Figura 7 - Perfil del eje longitudinal del río en cuestión.



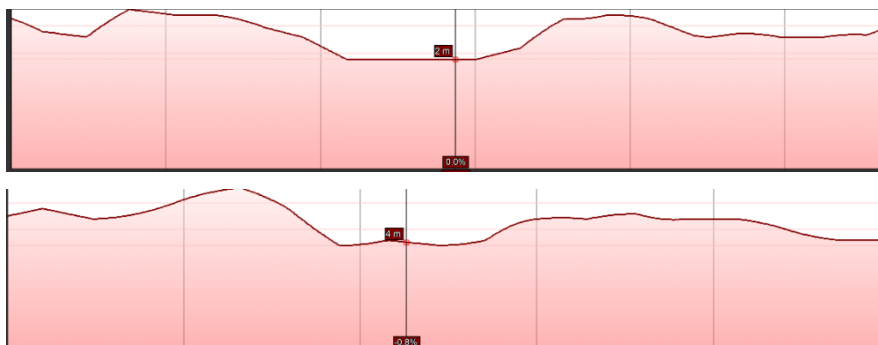
Fuente: Google Earth, 2002.

### g) Perfil o Sección Transversal

La Sección Transversal es un perfil realizado a través del eje principal del río. Para tener el Perfil Transversal es necesario tener previamente el Perfil Longitudinal, o al menos sus datos altimétricos.

En la Figura 8, tenemos las secciones E0 y E1 de un tramo del río Tejo, en Portugal, trazadas en azul en la Figura 6.

Figura 8 – Secciones Transversales de un río.



Fuente: Google Earth, 2002.

Así, conocemos las formas de representación más importantes del relieve, para ello es necesario conocer las variables más importantes para esta representación, que son las distancias verticales, como se muestra a continuación.

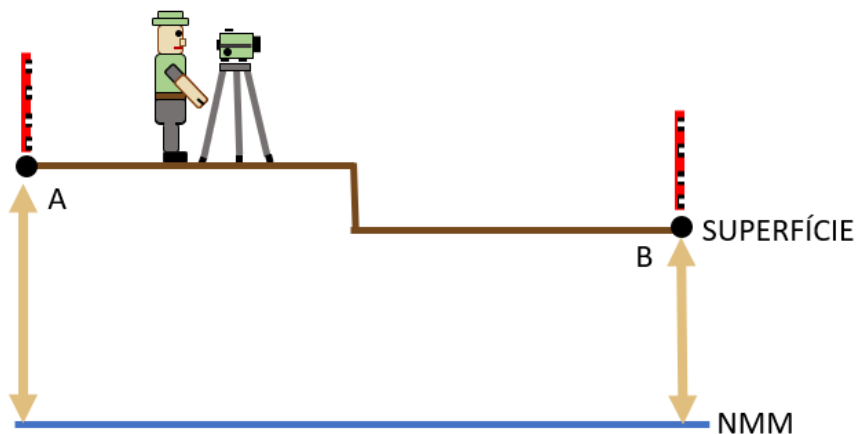
### 3. Distancias verticales

Las distancias verticales que forman los relieves y sus representaciones son: Cota, Altitud y Diferencia de Nivel.

#### a) Diferencia de Nivel

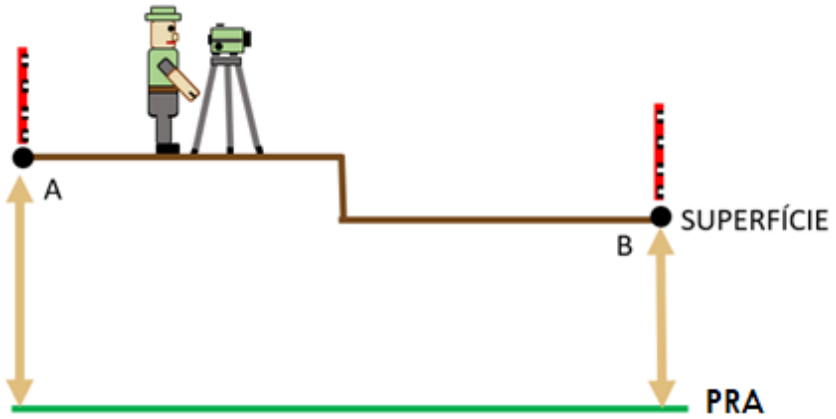
La Diferencia de Nivel es la distancia vertical entre dos puntos en un terreno. Esta distancia puede ser la diferencia entre dos Altitudes (Figura 9), de las Cotas (Figura 10) o simplemente la diferencia vertical entre ellas (Figura 11).

Figura 9 – Diferencia entre dos Altitudes.



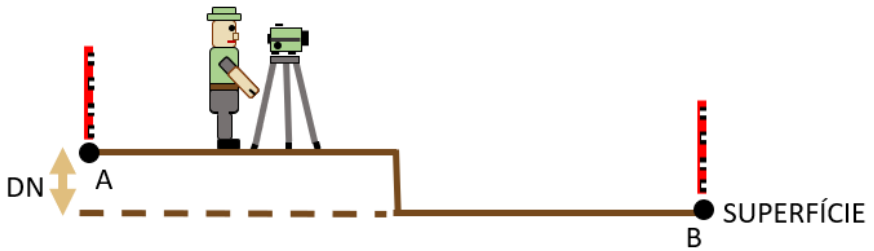
Fuente: Machado Júnior (2022).

Figura 10 – Diferencia entre dos Cotas.



Fuente: Machado Júnior (2022).

Figura 11 – Diferencia de Nivel entre puntos.



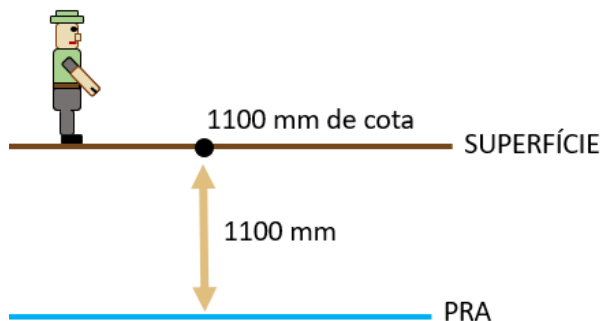
Fuente: Machado Júnior (2022).



## b) Cotas

Las Cotas, también llamadas Cotas Relativas, son distancias verticales comprendidas entre el punto de tierra en el que desea trabajar y el plano de referencia arbitrario (PRA), también llamado plano de referencia cualquier (PRC). Para determinar de Cotas, el ejecutor de la obra simplemente arbitrará en un momento determinado el valor de la Cota inicial. Por tanto, se entenderá que, por debajo o por encima de ese punto, un plan horizontal arbitrario pasará a una distancia del valor asignado de la Cota inicial.

Figura 12 – Cota.



Fuente: Machado Júnior (2022).

Las Cotas son relativas, ya que solo se utilizan para el trabajo realizado por la persona que las asignó y vinculadas a esas Cotas. Nunca use planes arbitrarios separados para diferentes trabajos. Cada trabajo debe tener su propio plan arbitrario.

Aunque el uso de cuotas parece muy subjetivo, su uso es bastante común, ya que no es necesario “buscar” una Altitud en un lugar determinado que puede estar lejos de tu trabajo.

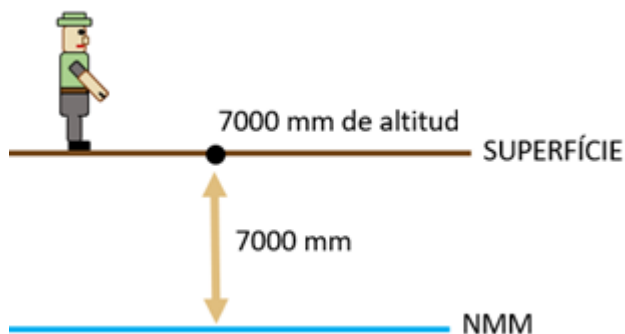
Un uso muy común para el estudio de Cotas es atribuir el valor de una determinada Cota a una acera. Todo el trabajo dentro del terreno a trabajar estará ligado a la Cota inicial de la acera, sirviendo incluso como punto de partida para que ningún nivel dentro del terreno se encuentre en valores por debajo del nivel de la acera, debido a varios factores, entre ellos la afluencia de agua de las lluvias.

### c) Altitud

La Altitud es la distancia vertical entre el punto en el suelo y el nivel medio de los mares tranquilos. La marca cero altimétrica brasileña es única y está ubicada en la Bahía de Imbituba-SC, por lo que el nivel medio del mar brasileño es único y continuo en todo el territorio brasileño.

La Altitud se llama Cota Absoluta, porque si comparamos dos puntos de la misma Altitud, incluso si, en diferentes trabajos, estarán a la misma altura, dentro del país, independientemente de la distancia y / o el trabajo. A diferencia de lo que ocurre con las dimensiones, porque dos obras con las mismas Cotas, no deben estar a la misma altura, salvo que sea una coincidencia extrema.

Figura 13 – Altitud.



Fuente: Machado Júnior (2022).

#### 4. Nivelación topográfica

La Nivelación Topográfica, subdividida en levantamiento topográfico altimétrico y Replanteo topográfico altimétrica, es una serie de metodologías e instrumentos aplicados en campo con el fin de obtener Diferencias de Nivel, Cotas y Altitudes en el terreno para representar el terreno con mayor confiabilidad y agilidad. Para ello se utilizan diferentes metodologías e instrumentos, que veremos a continuación.

Entre los instrumentos más utilizados para la Nivelación Topográfica, se destacan el Nivel de Ingeniero, Teodolito, GNSS, Estación Total, Barómetro, Laser-Scan, entre otros. La exactitud dependerá mucho de la metodología a emplear, así como de la habilidad del usuario, marca, condiciones climáticas, pero en este caso, consideraremos el modelo en perfectas condiciones, usuario

con vasta experiencia y destreza y condiciones adecuadas. Por tanto, podemos informar que el Nivel de Ingeniero, para trabajos topográficos, presenta una exactitud entre alta y muy alta, en comparación con otros instrumentos, lo que hace posible que sea el más utilizado para Altimetría. Laser-Scan, Estación Total y GNSS tienen una exactitud de media a alta, dependiendo de la metodología a aplicar. Al hablar de GNSS, se entiende que estamos hablando de GNSS Geodesico y no GNSS por Navegación, ya que este tiene una exactitud baja o muy baja, equivalente a la exactitud del Barómetro. El predecesor de las Estaciones Totales, el Teodolito, presenta una exactitud media en comparación con los otros instrumentos topográficos en cuestión.

Como ya sabemos la exactitud de cada instrumento, para un buen manejo de estos instrumentos, también es necesario conocer cada metodología a utilizar y sus respectivos instrumentos, para eso, detallamos a continuación cada tipo de nivelación.

#### a) Barométrico

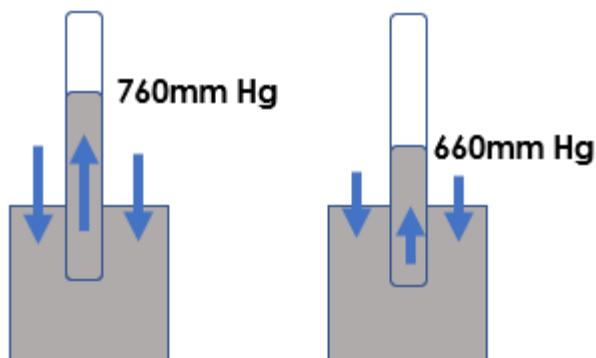
El método de nivelación a través del Barómetro se denomina barométrico, donde, a través de la presión atmosférica, se obtiene la Altitud de un lugar determinado.

El Barómetro de Mercurio o Barómetro Torricelli, consiste en un instrumento que tiene una columna de mercurio, en el cual el peso del aire presiona esta columna, y esta tiende a subir cada vez

que se acerca al nivel del mar y a bajar cada vez que se sube al nivel del mar. Altitud, por efecto de la presión.

Para el nivel del mar, la presión de mercurio es de 760 mm Hg y la exactitud del instrumento es de alrededor de 10 m (hipo exactitud), ya que cada 1 mm de la columna de mercurio equivale a 10 m de altitud.

Figura 14 – Barómetro de mercurio. En la Izquierda al nivel del mar y en la derecha a 1000 m de Altitud.



Fuente: Machado Júnior (2022).

Por lo tanto, necesitar fracciones de milímetro en la columna y transformar la Altitud en milímetros en el campo es ineficiente, además de las interacciones que ocurren en la presión atmosférica, como el clima, por ejemplo.

Para tener una idea de cómo no podemos tener esta exactitud topográfica en milímetros, como requiere la Altimetría, vayamos a un ejemplo. Imagina que cierta persona está a 100463 mm (100 m, 46 cm y 3 mm) de Altitud y queremos medir esa Altitud en un

barómetro. Bueno, si cada 1 mm es equivalente a 10 m, y en la Altitud 0 m tenemos 760 mm Hg, entonces:

760 mm Hg = 0 m. Entonces, 750 mm Hg equivalen a 100 metros de Altitud. Pero los 46 cm y 3 mm, ¿cómo mediríamos? Redondeando 46,3 cm a 50 cm (que ya estamos perdiendo 6,7 cm de exactitud), estos 50 cm equivaldrían a 0,05 milímetros en la escala de mercurio, es decir, además del error del propio instrumento, debido a los factores comentados, incluso medir en centímetros se vuelve inviable, lo que hace que el instrumento sea de baja exactitud para la Altimetría.

El Barómetro Aneroide es aún menos exacto, pero más fácil de llevar al campo, porque como su nombre lo dice, tiene forma de anillo o reloj. Consiste en una cámara de vacío que comprime y descomprime según la presión de Altitud actual, por lo que es menos exacta que el Barómetro Torricelli.

#### b) Nivelación por Satélites

Este tipo de nivelación, muy utilizada en Topografía, no es un instrumento topográfico, ya que la Topografía es la parte de la Geodesia que estudia una pequeña porción de la superficie terrestre y sus elementos se proyectan ortogonalmente sobre el plano topográfico. Ahora bien, el instrumento es capaz de medir y ubicar cualquier punto de la superficie terrestre, por lo que es un

instrumento que se caracteriza por servir a la Geodesia, la ciencia madre de la Topografía, por eso lo usamos para algunos trabajos topográficos, pero es apropiado que, es un instrumento geodésico que se utiliza en topografía por conveniencia.

Los sistemas actuales son GPS (americano), GLONASS (ruso), Galileo (europeo) y COMPASS (chino) que incluyen el receptor, el usuario y las estaciones de mando, donde el receptor permite la localización tridimensional de cualquier punto del terrestre. superficie por al menos 4 satélites, mediante decodificación de ondas electromagnéticas de tipo radio.

#### c) Nivelación Trigonométrica.

En este tipo de nivelación, sus alturas se obtienen mediante Trigonometría. Generalmente, los instrumentos adecuados para este tipo de levantamientos son las Estaciones Totales y los Teodolitos. Más adelante tendremos un capítulo específico sobre Nivelación Trigonométrica.

#### d) Nivelación Geométrica

Este método consiste en sucesivas miras horizontales sobre reglas verticales (Estadías), con el objetivo de representar el relieve a través de Diferencias de Nivel, Altitudes y Cotas. En el próximo capítulo, explicaremos el tema en detalle.

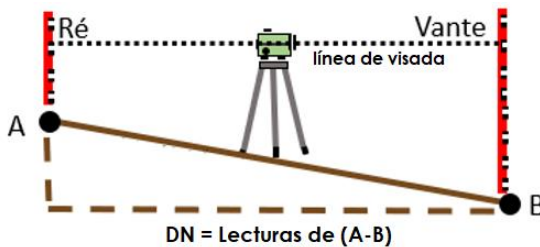
# CAPÍTULO 9

## NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

### 1. Concepto

La Nivelación Topográfica Geométrica es un tipo de nivelación que se basa en miras horizontales, paralelas entre sí y al plano topográfico, para obtener lecturas en reglas verticales, con el objetivo de determinar las distancias verticales (Figura 15).

Figura 15 – Principio de Nivelación Geométrica.



Fuente: Machado Júnior (2022).

Su nombre geométrico viene dado por la obtención de distancias verticales que se realizan mediante segmentos rectos compuestos por Lecturas de Ré (primera lectura) e Vante (segunda o más lectura en misma estación), Altura de Visada (distancia



vertical entre línea de visada y Plano de referencia) y Cotas / Altitudes.

Para el levantamiento y el replanteo topográfico es el método más preciso, cuando se trata de datos altimétricos en comparación con otros tipos de nivelación, como Trigonométrica, Barométrica y Satélite.

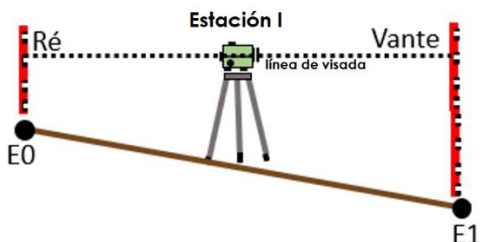
Además de ser más exacto, fácil y habitual, el Nivel de Ingeniero también es un instrumento muy económico, en comparación con las Estaciones Totales, los receptores GNSS y el Laser-scan, por lo que se activa como la mejor opción para la nivelación topográfica.

## **2. Tipos de Nivelación Geométrica**

La Nivelación Geométrica tiene dos tipos, según el número de estaciones: simple y compuesta.

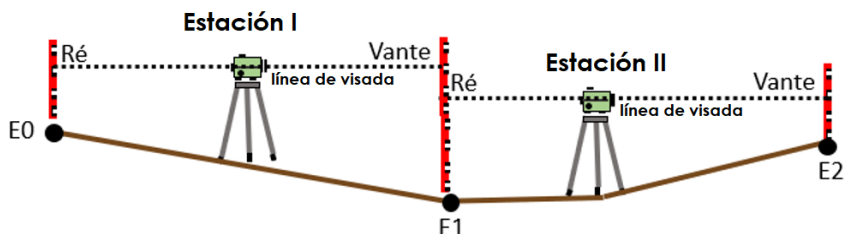
La Nivelación Geométrica Simple presenta solo una estación, donde se pueden tomar lecturas desde varios puntos dentro de esta misma estación (Figura 16) y la Nivelación Geométrica Compuesto es aquella que presenta más de una estación (Figura 17).

Figura 16 – Nivelación Geométrica Simple.



Fuente: Machado (2022).

Figura 17 – Nivelación Geométrica Compuesto.



Fuente: Machado (2022).

Podemos decir qué estación es el lugar donde está aparcado el instrumento y todos los puntos y lecturas de los que forma parte.

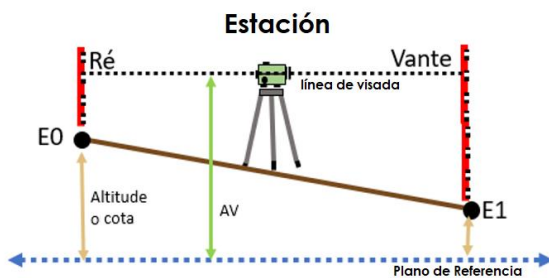
Cuando la distancia entre el instrumento y el punto de lectura sea superior a 80 m y / o cuando exista algún tipo de obstáculo que impida la visibilidad entre el instrumento y el punto a leer, el topógrafo deberá decidir realizar más de una estación. Obviamente, lleva mucho más tiempo y presenta un mayor riesgo de error que usar una sola estación. Por tanto, el usuario debe estar

atento si su trabajo solo necesita una estación (según las normas mencionadas anteriormente), o, obligatoriamente, debe hacerlo en más de una. Cuando hablamos de mayor riesgo de error, no estamos hablando del instrumento en sí, ya que es posible realizar numerosas estaciones y no se producirán errores. Sin embargo, la cantidad de veces que la Estadía se retira de su lugar de origen y se reemplaza, puede causar esta posibilidad, como también la cantidad de lecturas ejecutadas.

### 3. Altura de Visada (AV)

La Altura de Visada (AV) es la distancia vertical entre la línea de visada y el plano de referencia, que puede ser NMM o PRA (Figura 18).

Figura 18 – Diagrama de una estación y su Altura de Visada (AV), en verde.



Fuente: Machado (2022).

En una estación, podemos tener solo una Altura de visada, ya que la línea de visada corre paralela al plano de referencia, por lo que la distancia vertical entre la Línea de Visada y el Plano de Referencia es única, en la misma estación, y puede tener dos Alturas

de Visada en dos estaciones, tres Alturas de Visadas en tres estaciones, y así sucesivamente, siempre, una para cada estación.

#### **4. Lecturas de Ré y Vante**

Las lecturas de Ré y Vante son componentes básicos de la Nivelación Geométrica, al igual que las Cotas, las Altitudes y Diferencia de Nivel.

En la misma estación, solo tenemos una Ré y al menos una Vante. La palabra Ré proviene de una referencia, es decir, la primera lectura sirve como referencia para las demás lecturas. Vante, por otro lado, proviene de la palabra adelante, es la segunda, tercera o más lecturas en la misma estación.

Para obtener las Cotas o Altitudes, se parte de un valor de Altitud / Cota en el punto inicial ( $E_0, p_0, A, 0$ ) de la superficie y se mide el valor de Ré, que no es más que la distancia vertical entre las lecturas del Hilo Medio en la Línea de Visión y el punto en la superficie. La suma de la Lectura de Ré con la Cota tendremos la Altura de Visada, explicada anteriormente. La sustracción de la Altura de Visada con la Lectura de Vante tenemos la nueva Cota / Altitud determinada en el punto ( $E_1, p_1, B, 1$ ), como se muestra en las fórmulas siguientes:

$$1) \text{ Cota} + \text{Ré} = \text{AV}$$

$$2) \text{ AV} - \text{Vante} = \text{Cota.}$$

## 5. Análisis inicial del trabajo

Para iniciar el trabajo, el usuario debe realizar un levantamiento previo de la ubicación, visualizando diversos obstáculos y donde colocar el instrumento para tener una visión estratégica del trabajo, respetando preferentemente la equidistancia entre el instrumento y los puntos, y que no exista interferencia externa durante el servicio, como automóvil.

Tras la visualización anterior, el usuario debe silenciar el instrumento, mediante sus tornillos nivelantes, para colocar la burbuja circular de nivel en el centro de su compartimento específico.

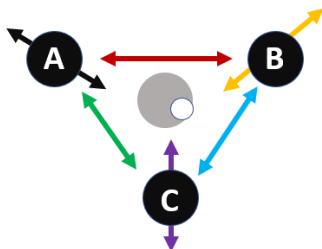
Para facilitar la nivelación del instrumento, el usuario debe seguir unas reglas de planos horizontales formados por las vueltas de los tornillos de nivelación.

A continuación, se muestra la Figura 19, que muestra los tres tornillos nivelantes y el nivel circular. Para facilitar la comprensión, usé las letras A, B y C para nombrar cada tornillo y usé flechas de colores para indicar los planos que se forman para que la burbuja se pueda insertar en el centro lo antes posible, sin movimientos aleatorios.

Si giramos el tornillo A individualmente, la burbuja viajará a lo largo del plano hacia la línea negra, hacia el centro del instrumento (CI) - noroeste del instrumento. Si giramos el tornillo B, la burbuja se desplazará en la dirección CI hacia el noreste del instrumento. Si

giramos el tornillo C, la burbuja se desplazará en la dirección CI hacia el sur del instrumento.

Figura 19 – Selle los tornillos y sus direcciones de translocación de la burbuja en el círculo.



Fuente: Machado (2022).

Si giramos una combinación de tornillos A y C, la burbuja seguirá la dirección noroeste-sureste del instrumento. Si giramos los tornillos C y B la burbuja seguirá la dirección suroeste-noreste del instrumento y si giramos A y B la burbuja seguirá la dirección este-oeste del instrumento.

Recuerde que, si giramos dos tornillos, ambos deben girarse en sentidos opuestos para no dañar el instrumento, porque el sentido horario sube el instrumento y el sentido antihorario baja el instrumento.

## 6. Técnica práctica de Nivelación Geométrica Simple

Después de nivelar el instrumento y elegir la ubicación estratégica, es el momento de tomar las lecturas. Imagina que tu trabajo está compuesto por los puntos E0 y E1 (estacas) y

conocemos el valor de Altitud de la ubicación. Bueno, colocamos el Estadía encima del punto E0 y leemos la Ré de este punto para obtener la Altura de Visada ( $Cota + Ré = AV$ ). Después de eso, el instrumento se gira al punto E1 y se realiza la lectura de frente para obtener la Altitud final ( $AV - Vante = Cota$ ).

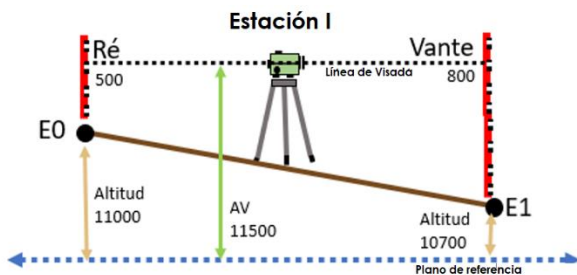
¿Y si no se conoce la Altitud del punto E0? Simplemente determine cualquier valor para este punto, y ese, preferiblemente, es un valor que no causa Cotas negativas. Al determinar el valor se formó una Cota y se realizará todo tu trabajo y en base a su valor, donde el resultado final también será una Cota y no se debe utilizar ni comparar con otros trabajos que utilicen otras Cotas con referencias diferentes.

La continuación se muestra la Figura 20 y su respectivo Libro de Campo con un ejemplo de un procedimiento práctico de Nivelación Geométrica Simple, con datos reales.

Tenga en cuenta que el usuario partió de una Altitud de 11000 mm, donde 11000 mm es la distancia entre el punto E0 y el NMM (plano de referencia), y colocó la Estadía arriba de este punto, leyendo el Hilo Medio y encontrando el valor de 500 mm de Ré.

Entonces, se agregó la Cota + Ré y se encontró que la Altura de Visada de 11.500 mm. Luego de esta primera lectura, el usuario giró el instrumento al punto E1 y leyó la Vante en el valor de 800 mm y obtuvo la nueva Altitud en el valor de 10700 mm, pues sustraió la Altura de Visada de la Vante para obtener la Altitud.

Figura 20 – Nivelación geométrica simple con datos de campo.



Fuente: Machado (2022).

Simultáneamente con las lecturas, se completa el Libro de Campo, donde se ponen los valores de Cotas / Altitudes, lecturas y Altura de Visada para seguimiento, cálculos y registro final del trabajo.

Nótese que, en el Libro de Campo, las Lecturas de Ré y Vante están en la misma columna, ya que se entiende que en la misma estación la primera lectura es la Ré, por lo que no es necesario informar que esa lectura es de Ré, ya que es fácil de distinguir.

Libro de Campo					
Estación	Puntos	Lecturas	AV	Cotas	
	visados	(mm)	(mm)	(mm)	
I	E0	500	11500	11000	
	E1	800		10700	

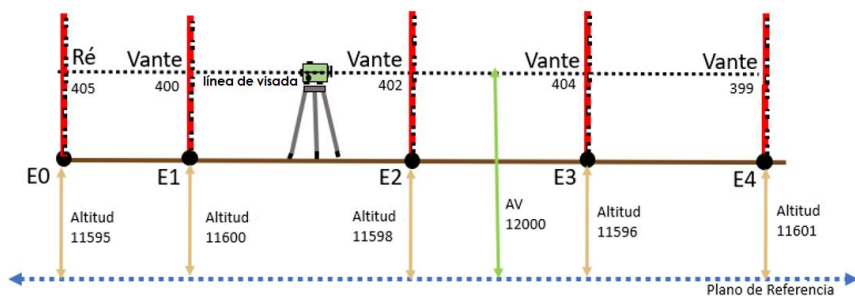


Para ello, la Nivelación Geométrica Simple también puede estar compuesta por más de una Vante, como por ejemplo ocurre al hacer un Cuadrícula del Terreno, donde solo es posible obtener todos los puntos de una estación, siempre que no haya obstáculos o una distancia de 80 m del instrumento en cualquier punto.

En mi experiencia, he visto personas que piensan que las lecturas en la misma dirección (E0 y E1 en la Figura 21) se llamarían Ré y aquellas en la dirección opuesta (E2, E3 y E4) serían Vante. Esta afirmación es incorrecta porque, como vimos anteriormente, solo la primera lectura se llama Ré, es decir, solo la primera lectura es la referencial y, a través de ella, se forma la Altura de Visada (AV).

En el siguiente ejemplo (Figura 21), hay una demostración de Nivelación Geométrica Simple, con varios Vantes partiendo de una Altitud y cómo ocurre la anotación, en su libro respectivo.

Figura 21 – Nivelación Geométrica Simple con más de una Vante.



Fuente: Machado (2022).

Libro de Campo					
Estación	Puntos visados	Lecturas (mm)	AV (mm)	Cotas (mm)	
1	E0	405	12000	11595	
	E1	400		11600	
	E2	402		11598	
	E3	404		11596	
	E4	399		11601	

## 7. Técnica práctica de Nivelación Geométrica Compuesta

La Nivelación Geométrica Compuesta es una sucesión de Nivelaciones Geométricas Simples unidos por puntos de cambio de estación. Para un mejor avance de la obra, se deben elegir los puntos más limítrofes, dentro de la coherencia técnica y dentro de las normas vigentes, para que haya mayor eficiencia en el camino para obtener las Cotas / Altitudes.

Elegir la posición estratégica donde se ubicará el instrumento es una de las operaciones más importantes, ya que es allí donde determinarán y visualizarán todos los puntos de la estación.

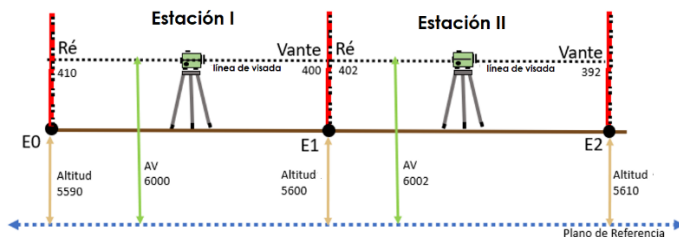
#### a) Puntos de cambio de estación

El procedimiento de Nivelación Geométrica Compuesta es básicamente el mismo que el simple, pero difiere al cambiar de estación. El topógrafo debe prestar atención cuando hay un cambio, ya que debe colocar la Estadía exactamente en el mismo punto en el que estaba cuando iba a hacer la lectura posterior para la próxima temporada. Tenga en cuenta que, en los puntos de cambio, se produce la lectura de Vante de la estación anterior y la lectura Ré de la siguiente estación. Para evitar volver a poner la Estadía en el mismo punto y provocar un cierto error, ya en el lugar milimétrico, es interesante que el asistente que usa Estadía no la saque del lugar luego de la Vante de la estación I (por ejemplo), la Estadía debe girarse para leer la Ré de la estación II, sin mayor riesgo de errores, después del procedimiento.

#### a) Ejemplo práctico de Nivelación Geométrica Compuesta

En el siguiente ejemplo (Figura 22), tenemos dos estaciones de las cuales tenemos el punto de inicio (E0), el punto intermedio (E1) y el punto final (E2).

Figura 22 – Nivelación Geométrica Compuesta.



Fuente: Machado (2022).

Libro de Campo				
Estación	Puntos visados	Lecturas (mm)	AV (mm)	Cotas (mm)
I	E0	410	6000	5590
	E1	400		5600
II	E1	402	6002	5600
	E2	392		5610

En este ejemplo, comenzamos a trabajar a una altitud de 5590 mm. La Lectura de Ré (410 mm) se realizó en el punto E0 y se obtuvo la Altura de Visada de 6000 m para la primera estación. También en la primera estación, hubo una Lectura de Vante de 400 mm en el punto E1 y se obtuvo una Altitud de 5600 mm. Inmediatamente después de esta lectura, el usuario auxiliar que está en la Estadía estará en la misma posición, simplemente girando la

Estadía en la dirección de la siguiente lectura en ese mismo punto, la lectura de Ré para la estación II.

El usuario que está en el instrumento retirará con cuidado el instrumento de la ubicación y lo conducirá a la siguiente ubicación donde será aparcado y se nivelará el instrumento, como aprendimos anteriormente. Con el telescopio girado al punto E1, se realizará la Lectura de Ré, que en este caso fue de 402 mm, provocando una nueva Altura de Visada de 6002 mm, y luego se realizará la Lectura de Vante en E2 y la Altitud de 5610 mm es obtenido.

Después de todo el trabajo para el propósito de la prueba, se debe realizar la Nivelación Contraria, que es la ruta inversa, que puede pasar o no por los mismos puntos de nivelación. Si los puntos de interés son el principio y el final, no es necesario pasar por los puntos intermedios de nivelación en la Nivelación Contraria. Si los puntos intermedios son de interés, es obligatorio devolver el pasaje en estos puntos implicados.

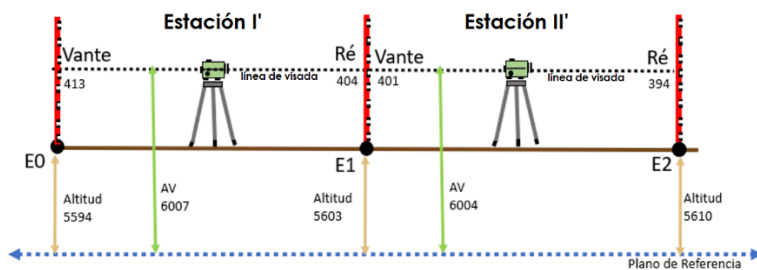
## **8. Nivelación Contraria**

La Nivelación Contraria es el procedimiento para comparar o volver a probar el trabajo realizado. En él se realiza el recorrido inverso a la Nivelación. También es importante señalar que, luego de leer la última estación de nivelación, se retira el instrumento y se vuelve a instalar desde cero como cualquier otro cambio de estación. Al pasar exactamente por los puntos de nivelación, en un

sistema de Ré y una Vante, todos los puntos que fueron Rés en la nivelación serán Vantes en la nivelación contraria y los que fueron Vantes en la nivelación serán Ré en la nivelación contraria. Si hay más de una Vante en la estación, esta teoría no funciona, ya que solo hay un Ré en cada estación.

El siguiente ejemplo (Figura 23) demuestra la nivelación realizada a partir de la nivelación de la Figura 22 y su respectivo Folleto de campo.

Figura 23 – Nivelación Contraria de la Figura 22.



Fuente: Machado (2022).

Libro de Campo				
Estación	Puntos visados	Lecturas (mm)	AV (mm)	Cotas (mm)
II'	E2	394	6004	5610
	E1	401		5603
I'	E1	404	6007	5603
	E0	413		5594

Nótese que, por el mismo punto intermedio en el que se realizó la nivelación, volvimos a atravesarlo para comprobar si era coherente o no. Como en este ejemplo, solo se realizó una lectura atrás y una lectura adelante en cada estación. Todos los puntos que fueron Rés en la Nivelación serán Vantes en la Nivelación Contraria y viceversa.

Una vez finalizada la Nivelación, el usuario retiró el instrumento de su lugar y lo volvió a poner en el mismo espacio en el que estaba, realizó la Lectura de Ré (394 mm) en el punto E2 y obtuvo la Altura de Visada de 6004 mm. Posteriormente realizó la lectura de Vante en la misma estación II 'y obtuvo una altitud de 5603 mm.

Nótese que, en la reprobación, hubo una diferencia de 3 mm en relación a la Altitud encontrada en la Nivelación, y debe verificar si esta es significativa o no, estudiando la tolerancia y el error.

Luego de las lecturas en la estación II', el usuario retiró el instrumento del sitio y lo reinstaló en la estación I' para Lecturas de Ré y Vante, con el valor de Ré de 404 mm y el valor de Vante de 413 mm, obteniendo la Altura de Visada en el valor de 6007 mm y Altitud 5594 mm, diferente de la Altitud original y exacta en el valor de 5590 mm. Entonces, recurramos a la discusión sobre el error y la tolerancia a continuación.

## 9. Tolerancia, error y distribución

Antes de iniciar el proceso de corrección, es necesario saber de qué hablan otros autores sobre la tolerancia:

Según el libro de GARCÍA y PIEDADE (1984), clasifican la tolerancia como:

- a) orden superior: la tolerancia es de  $\pm 1,5$  mm / km recorrido.
- b) primer orden: la tolerancia es de  $\pm 2,5$  mm / km recorrido.
- c) segundo orden: la tolerancia es de 1,0 cm / km recorrido.
- d) tercer orden: la tolerancia es de 3,0 cm / km recorrido.
- e) cuarto orden: la tolerancia es de 10,0 cm / km recorrido.

Ya Espartel (1987) dice que la tolerancia debería ser:

$$T = \pm 5 \text{ mm} \times DH^{1/2}(\text{km}).$$

Bueno, la tolerancia es algo a considerar mucho, ya que es una mezcla de lo que abordan los dos autores. Dividir en clases es una buena alternativa para caracterizar una cierta tolerancia y además cuanto mayor es el recorrido, la tolerancia puede ser mayor, sin embargo, esto es útil para algunas situaciones, pues quien debe definir la tolerancia es el propio servicio. Imagina que debemos nivelar dos rieles de un ferrocarril, y todos saben que su nivelación debe ser casi exacta, pero imagina que usamos esta



misma ideología de tolerancia desde la distancia a los rieles espaciados en grandes proporciones, que no funcionaría para nosotros.

Por lo tanto, usar la tolerancia para aceptar el error requiere un buen sentido del usuario y no debe limitarse a unas pocas clases o fórmulas. Sirven para proporcionar una base importante, pero no cómo utilizarla como regla definitiva.

Como nuestro ejemplo utilizado en las Figuras 22 y 23 no informa qué tipo de servicio hicimos, nos basaremos en la fórmula de Espartel (1987).

Una vez finalizado el trabajo, encontramos para el punto intermedio E1 los valores de 5600 mm y 5603 mm, respectivamente para Nivelación y Nivelación Contraria, y para el punto inicial 5590 mm y 5594 mm. Basándonos en el final del trabajo, vemos que quedan 4 mm de error. Así, si consideramos que hemos recorrido el límite máximo entre el punto y la estación (80 m), tenemos que cubrir la Nivelación y Nivelación Contraria total sobre la distancia horizontal de 640 m. Usando la fórmula  $T = \pm 5 \text{ mm} \times DH^{1/2} \text{ (km)}$ , tenemos:  $T = \pm 5 \text{ mm} \times 0.64^{1/2} \text{ (km)}$ , es decir, la tolerancia es igual a  $\pm 4 \text{ mm}$ .

Si tomamos el error en el valor de 4 mm y la tolerancia en el valor de 4 mm, podemos distribuir este error en el trabajo. Si el error fue mayor que la tolerancia, deberíamos rehacer todo el trabajo, o parte de él, si está seguro de dónde estarían los puntos.

Entonces, +4 mm dividido por el número de estaciones involucradas (4) será igual a -1 mm para cada estación, como veremos en el Libro de Campo a continuación.

Libro de Campo							
Estación	Puntos visados	Lecturas	AV (mm)	Cotas (mm)	Correcciones (mm)	Cotas corregidas	
I	E0	410	6000	5590			
	E1	402		5600	- 1 mm	5599	
II	E1	402	6002	5600			
	E2	392		5610	- 2 mm	5608	
II'	E2	394	6004	5610			
	E1	401		5603	- 3 mm	5600	
I'	E1	404	6007	5603			
	E0	413		5594	- 4 mm	5590	

Tenga en cuenta que, incluso después de la distribución, hay dos valores distintos para E1. En este caso, la corrección no es algo absoluto, es solo una forma de distribuir el error y no conseguir algo desproporcionado y inconsistente entre los puntos determinados. En este caso, el usuario debe elegir el valor que más se asemeje a la obra, que es algo muy difícil de conocer, o simplemente utilizar cualquiera de estos valores como producto final.

También tenga en cuenta que esta distribución no exige al trabajo de errores. Es simplemente una forma de enmascarar el error de manera menos burda y más aceptable para el trabajo final, reduciendo el error promedio general y acercándolo al valor real.

# CAPÍTULO 10

## PERFIL LONGITUDINAL, PENDIENTE Y SECCIÓN TRANSVERSAL

### 1. Concepto de Perfil

El Perfil es una forma de representación del relieve (Figura 24), donde solo se ve en la imagen la vista lateral y ortogonal de un determinado objeto. Es como si hubiera hecho un corte lateral en el suelo y proyectado gráficamente ese corte. Continuando con la misma definición, es como si un plano perpendicular al plano topográfico pasara por el objeto de interés, trayendo todos los puntos de interés para análisis, estudio y comparaciones.

El perfil se divide en Perfil Longitudinal y Perfil Transversal o también llamado Sección Transversal. El Perfil Longitudinal es el que se ocurre sobre el eje principal del objeto en cuestión. La Sección Transversal, por su parte, configura un corte perpendicular al eje principal de esta obra.

Figura 24 – Perfil de una cordillera en Perú.



Fuente: Google Earth, 2022.

## 2. Perfil Longitudinal

El Perfil Longitudinal (Figura 25) es una representación del relieve que se produce a partir de un corte imaginario en el eje principal del objeto en el que se quiere representar. Para determinar un Perfil Longitudinal, es importante señalar que los puntos a recoger deben tener la misma referencia con estacas de igual distancia (estaquiamiento), incluso si hay puntos de cambio de conformidad del terreno entre los puntos de misma distancia. Para evitar estos puntos importantes fuera del estaquiamiento, se debe considerar un buen estudio del sitio antes de realizar el levantamiento para que el Perfil Longitudinal esté mejor representado. Si hay puntos de interés fuera de esta participación, los llamaremos Estacas Fraccionarias y los veremos más adelante.

Figura 25– Perspectiva y Perfil Longitudinal de la Ilha da Madeira, Portugal.



Fuente: Google Earth, 2022.

a) Escalas

Cuando desee representar el Perfil Longitudinal o la Sección Transversal en un gráfico, debe tener cuidado para que esté bien representado. Como sabemos, en la mayoría de los casos de trabajo, la distancia horizontal es casi siempre mucho mayor que la distancia vertical, como en la Figura 25 anterior. Vemos que la Ilha da Madeira tiene una distancia horizontal de aproximadamente 45 km, mientras que su distancia vertical no supera los 1800 m. Ahora, si tuviéramos que representar estas cantidades en la misma escala, tendríamos algo similar a la figura (26) a continuación.

Figura 26 – La Ilha da Madeira representada en la misma escala.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Entonces, para una mejor representación del relieve, debemos utilizar dos escalas para las distancias vertical y horizontal, siendo la escala vertical diez veces mayor que la horizontal para que el terreno esté bien representado. ¿Y por qué ser diez veces más grande? Bueno, eso es para la mayoría de los casos. Vea este ejemplo real de la Ilha da Madeira. Si tomamos la Altitud 1700 m y la multiplicamos por 10, tenemos 17 km, es decir, los datos de la distancia horizontal de 45 km se asemejan a los 17 km hipotéticos creados a partir de la ampliación. Como puede ver, aumentar diez

veces la escala vertical es solo un promedio para que la mayoría de las obras estén bien representadas.

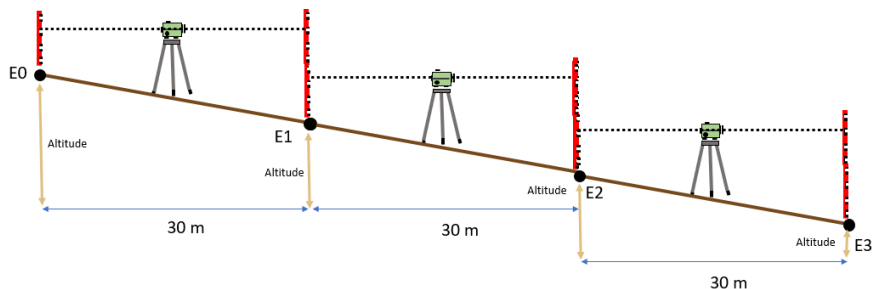
Entonces, si determinamos que la escala horizontal es 1/300, entonces la escala vertical debe ser 1/30.

## b) Estaquiamiento

El Estaquiamiento es un procedimiento topográfico que se crea una línea recta, con puntos igualmente espaciados para obtener el Perfil Longitudinal. Cuando un punto es aleatorio, lo llamamos  $p_0, p_1, p_2, p_n$ , pero cuando los puntos son equidistantes y siguen una línea determinada, lo llamamos de Estacas y debe ser llamado por los símbolos  $E_0, E_1, E_2, E_n$  (Figura 27).

En Topografía se debe determinar la equidistancia entre las estacas, según la necesidad de la obra. Por convención, cuando no informamos los valores horizontales de esta estaca, es porque utilizamos 20 m.

Figura 27 - Estaquiamiento topográfico.

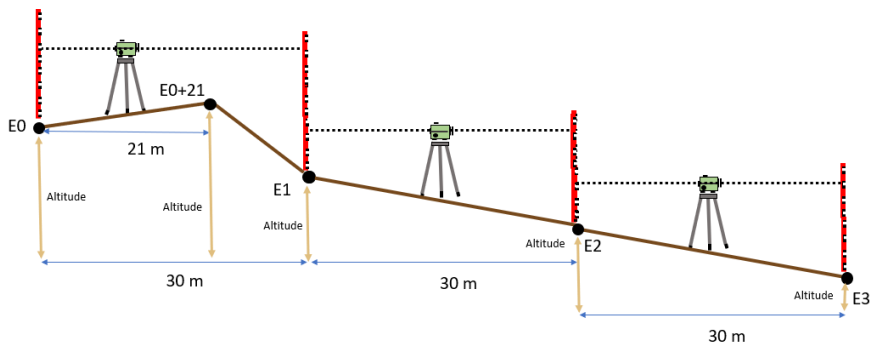


Fuente: Machado Júnior, 2022.

c) Estaca fraccionaria

Incluso con una buena planificación para evitar Estacas Fraccionarias, a veces es casi imposible evitarlas. Para trabajar con ellos, simplemente hacemos la medida proporcional entre la última Estaca y la anterior y lo nombramos con la simbología de la Estaca anterior + la distancia entre las Estacas en metros, como se muestra en la Figura 28, por ejemplo. En esa Figura hay un Estaquiamento de 30 m, pero hay un punto de cambio de conformidad del relieve entre las estacas E0 y E1. Para incluirlo en el Libro de Campo y tomar las medidas altimétricas, simplemente lo llamamos E0 + 21 y los datos altimétricos permanecerán normales para cualquier Estaca, incluso la Estaca Fraccionaria.

Figura 28 – Estaquiamento con Estacas Fraccionarias.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### d) Dibujo de Perfil Longitudinal

Para empezar a dibujar el Perfil Longitudinal, es fundamental seguir los pasos:

- 1) Realizar un estudio preliminar de la ubicación
- 2) Defina la distancia de estaquiamiento
- 3) Encontrar la Altitud del primer punto o establezca la Cota inicial de ese punto
- 4) Realice la Nivelación Geométrica determinando todas las Alturas / Altitudes del Estaquiamiento.
- 5) Determine el tamaño del papel
- 6) Establecer escalas verticales y horizontales
- 7) Dibuja el perfil.

Partamos hipotéticamente del tema 4 realizado, puesto que ya hemos estudiado cómo obtener las Altitudes / Cotas, mediante Nivelación Geométrica. En posesión del Libro de Campo a continuación, dibujemos el perfil, a través de los siguientes pasos:



Libro de Campo				
Estación	Puntos visados	Lecturas	AV (mm)	Cotas (mm)
I	E0	1000	6000	5000
	E1	500		5500
II	E1	750	6250	5500
	E2	250		6000
III	E2	500	6500	6000
	E3	250		6250
IV	E3	750	7000	6250
	E4	500		6500

Obs:  
Distancias entre  
estacas de 30 m

e) Pasos:

Para determinar las escalas es necesario encontrar la distancia horizontal recorrida y la distancia vertical máxima del relieve.

Entonces, la distancia horizontal recorrida es de 120 m y la distancia vertical máxima es de 1500 mm.

Ahora es el momento de definir el tamaño de papel con el que desea trabajar. La elección del tamaño del papel dependerá del estándar de trabajo o de la elección del usuario.

En este caso, elegimos papel A3 (estándar brasileño) que mide 297 mm por 410 mm

Con el tamaño del papel y las distancias verticales en la mano, hagamos una relación de la distancia más larga con el lado más largo del papel y la distancia más corta con el lado más corto del papel.

En este caso, relacionaremos 120 m con el lado de 420 mm y 1500 mm con 297 mm.

Ahora, dividamos la distancia horizontal desde el terreno con el tamaño del papel para obtener la escala horizontal. Tenga en cuenta que cuando dividimos la distancia horizontal por el lado más largo del papel, las Estacas E0 y E4 coincidirán exactamente con los bordes del papel, dejando que la escala se redondee a un valor de módulo mayor para que encaje con algo de holgura, en Además de este valor de módulo, es mejor contemplar una escala redondeada o llamada escala ideal, ya que facilitará el trabajo, además de ser visualmente mejor.

$$\text{Módulo de escala} = 120 \text{ m} / 0,42 \text{ m}$$

$$\text{Módulo de escala} = 285,714$$

Módulo de escala ideal = 300 o 500, nunca 200, 100, etc, ya que la representación será mayor que el papel.

Definido la escala horizontal ( $E = 1: 300$  o  $E = 1: 500$ ), en consecuencia, tenemos la escala vertical el valor de  $E = 1: 30$  o  $E = 1: 50$ . Ahora tenemos que comprobar si usamos escalas 1:30 o 1:50, dividiendo el lado corto del papel con la distancia vertical se ajustará al papel.

Módulo de escala vertical =  $1500 \text{ mm} / 297 \text{ mm}$

Módulo de escala vertical = 5,05

La escala vertical fue 1: 5.05, es decir, este valor se ajusta exactamente a los bordes del papel, cualquier módulo más grande que este, el dibujo encajará en el papel con holgura y cualquier módulo más pequeño que este no será posible trabajar, porque el dibujo se quedará sin papel.

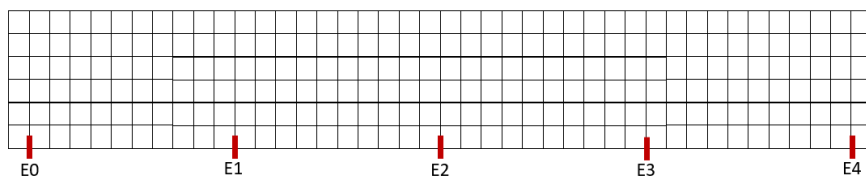
Como podemos ver, las escalas 1:30 y 1:50 son posibles de elegir, el usuario solo tiene que saber cuál define mejor su trabajo. Como las escalas 1: 300 y 1:30 son posibles y están más cerca del tamaño máximo de papel, las usaremos para dibujar el perfil.

f) Escalas 1:30 y 1:300

Si hacemos una analogía de la distancia entre las estacas E0 y E1 en el valor de 30 m, para la escala horizontal de 1: 300, significa

que cada 1 cm de papel corresponde a 300 cm (3 m) del real. Como la distancia es de 30 m, la representación será de 10 cm entre las estacas E0 y E1, así como entre E1 y E2; E2 y E3; E3 y E4, totalizando 40 cm de los 42 cm de papel, como se muestra en el dibujo de la figura (29) a continuación.

Figura 29 – Estacas E0 a E4 espaciadas en el papel de centímetros.

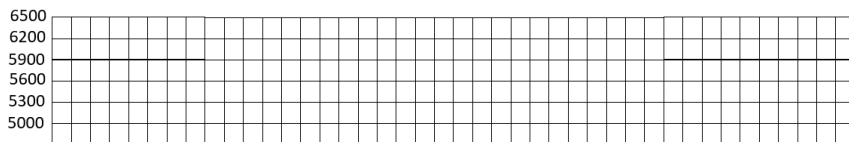


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Para la distancia vertical, trazaremos una secuencia de Altitudes de nuestra elección, que pueden ser 250 mm, 500 mm, 1000 mm, entre otras. Como la Altitud más baja es 5000 mm y la más alta es 6500 mm y la escala es 1:30, escogamos la distancia cada 300 mm, por ejemplo, 5000 mm, 5300 mm, 5600 mm, 5900 mm, 6200 mm, 6500 mm.

Entonces, usando la escala 1:30, si cada 1 cm en el papel corresponde a 300 mm (300 mm) en el real, entonces cada trazo de 300 mm de Altitud se representará en el papel por 1 cm, como se muestra en la figura 30 a continuación.

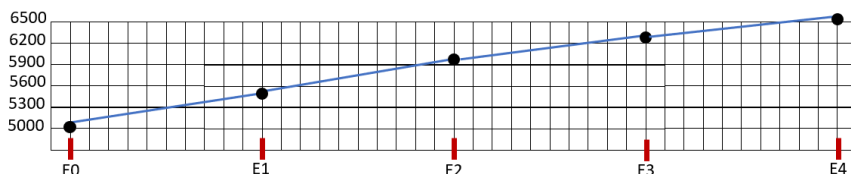
Figura 30 – Gráfico de Altitud en papel de centímetros.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Finalmente, enumeremos las Altitudes de cada estaca en el dibujo de papel, en este caso centimétricas, como se muestra en la figura (31) a continuación.

Figura 31 – Perfil Longitudinal de la Nivelación del Libro de Campo de este capítulo.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

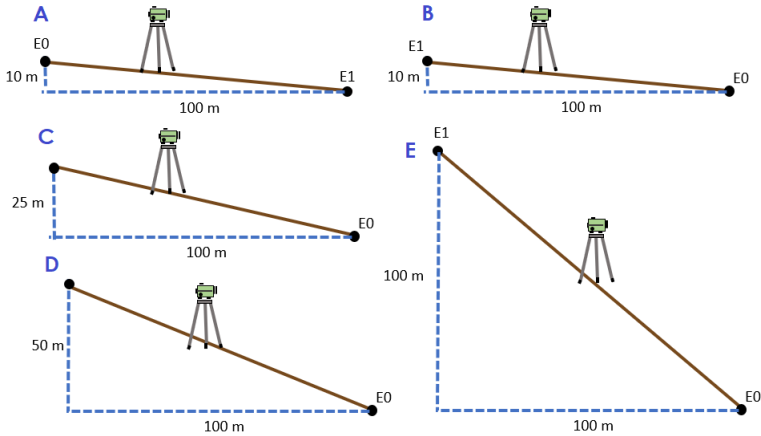
### 3. Pendiente

El Pendiente es la relación entre la distancia vertical y horizontal de un tramo dado en línea recta, que se puede dar como porcentaje. La Pendiente puede ser negativa o positiva, según el sentido de la obra. Si la dirección es el inicio de la obra hasta el final de la obra, subiendo, será positiva y la inversa negativa, expresada en +% o -%.

$$\text{Pendiente en \%} = \frac{DV \times 100}{DH}$$

La pendiente puede variar desde infinito negativo hasta infinito positivo, veamos algunos ejemplos de pendiente en la Figura 32 a continuación:

Figura 32 – Pendientes de -10%(A), +10%(B), +25%(C), +50%(D) y 100%(E).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

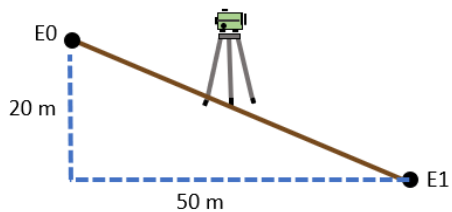
Como vimos anteriormente, hay un número infinito de Pendientes, en el siguiente ejemplo, calculamos la pendiente de acuerdo con los datos de la figura.

$$\text{Pendiente} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Pendiente} = (-20 \times 100) / 50$$

$$\text{Pendiente} = (-2000) / 50$$

$$\text{Pendiente} = -40\%$$



## 4. Sección Transversal

La Sección Transversal es un recorte lateral y ortogonal realizada perpendicularmente al eje principal del objeto a estudiar, con el fin de obtener la representación del relieve, a través de una vista perpendicular al eje principal del proyecto.

A diferencia del Perfil Longitudinal, donde se realiza el estaquiamiento, los puntos de sección no se realizan mediante estaquiamiento, sino según el cambio del terreno (Figura 33).

Figura 33 – Perspectiva y Sección Transversal (em rojo) de la Ilha da Madeira, Portugal.



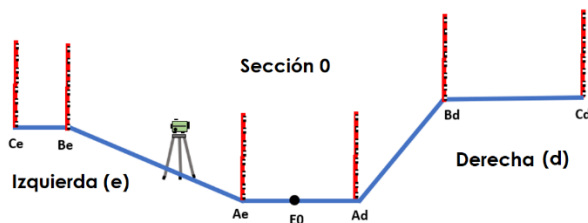
Fuente: Google Earth, 2022.

Para la obtención de las Secciones Transversales es necesario relevar el Perfil Longitudinal, mediante Nivelación Geométrica, en el que el usuario obtendrá los valores de las Estacas,

que serán los puntos clave (referencias) para la formación de las secciones.

Las secciones se componen de varios puntos, siendo la estaca de Perfil Longitudinal el punto principal, que dará el nombre a la sección, por ejemplo, la estaca E0 será el punto central de la sección 0 (S0). Desde el punto medio de la sección, todos los puntos que estén a la derecha del punto medio tendrán su nomenclatura (d) y los de la izquierda (e), comenzando desde A hasta el final de cada lado de la sección, como se muestra en la figura. (34) a continuación.

Figura 34 – Puntos de la Sección Transversal S0.



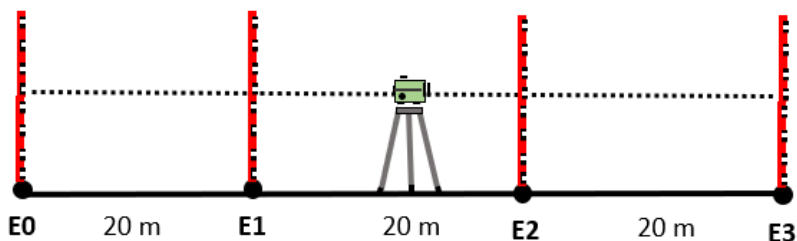
Fuente: Machado Júnior, 2022.

#### a) Procedimiento practico

Luego de realizar la Nivelación Geométrica del Perfil Longitudinal (Figura 35) se realiza la Sección Transversal.



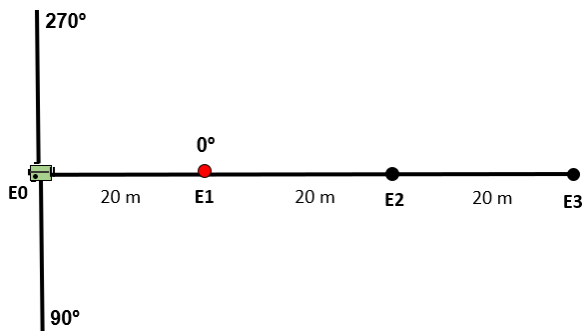
Figura 35 – Nivelación Geométrica del Perfil Longitudinal.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Primero, elija la sección que desea hacer el levantamiento. Para trazar la línea perpendicular al eje principal de la obra, pone el instrumento arriba de la estaca de la sección, con el instrumento apuntando a los Jalones de la sección posterior a la obra. Se resetea el ángulo horizontal del instrumento y, luego de este procedimiento, se gira el instrumento hasta llegar a  $90^\circ$  a la derecha del eje principal y  $270^\circ$  a la izquierda de este mismo eje (Figura 36).

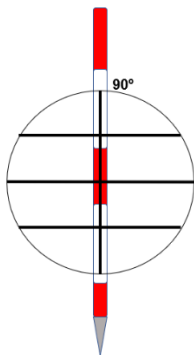
Figura 36 – Dibujar la línea perpendicular al eje principal del trabajo (vista superior).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En este momento ( $0^\circ$  o  $270^\circ$ ), el usuario visualiza el hilo vertical en el telescopio y le pide al asistente que mueva los Jalones hacia la izquierda o hacia la derecha hasta alinearlas con este hilo vertical, para trazar la línea perpendicular (Figura 37 ).

Figura 37 – Alineación de los Jalones en el hilo vertical del telescopio.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Una vez más pone los Jalones alineados a este hilo vertical en otro punto detrás o delante del primero, formando una línea recta perpendicular al eje principal, como se muestra en la Figura 38.

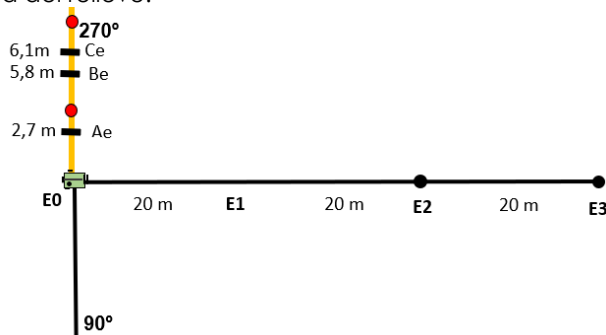
Figura 38 – Alineación de dos puntos en la Sección 0, a través de alineación del Jalón en el hilo vertical del telescopio.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Posteriormente, con la ayuda de una Cinta Métrica, el asistente debe marcar los puntos A, B, C, entre otros, según el cambio de conformidad del terreno, tanto a la derecha como a la izquierda, formando así la línea de la Sección Transversal, lo único que falta es la obtención de las Altitudes / Cotas mediante Nivelación Geométrica (Figura 39).

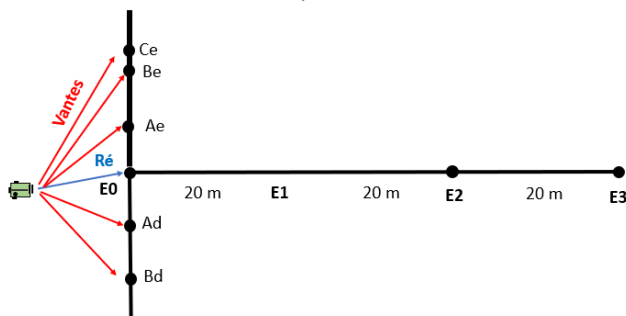
Figura 39 – Marcado de los puntos de la Sección, según el cambio de conformidad del relieve.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

La Nivelación Geométrica de la sección se realiza retirando primero el instrumento arriba de la Estaca, ya que solo se utilizó para determinar el ángulo de  $90^\circ$  y  $270^\circ$  con relación al eje principal, y colocándolo en una posición desde la que pueda tomar todas las lecturas de la sección. La primera lectura (Lectura de Ré) será obligatoriamente en la Estaca y las demás lecturas (lecturas de Vante) se realizarán en los puntos A, B, C, etc, tanto a la izquierda como a la derecha (Figura 40).

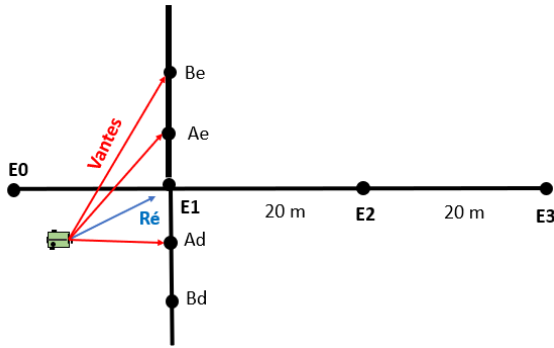
Figura 40 – Determinación de Cotas y Altitudes en la Sección 0.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Una vez finalizada la obtención de las Cotas / Altitudes de los puntos de la primera sección, se retira el instrumento y se coloca en una posición estratégica para la lectura de todos los puntos de la siguiente sección (Figura 41), salvaguardando que, antes, se debe utilizar el instrumento, dibuje la línea de la siguiente sección, como hicimos en las Figuras 36 a 39.

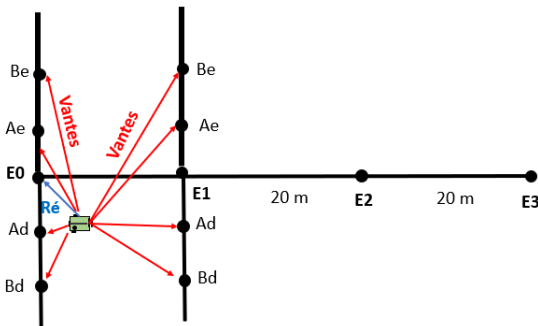
Figura 41 – Determinación de Cotas y Altitudes en la Sección 1.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

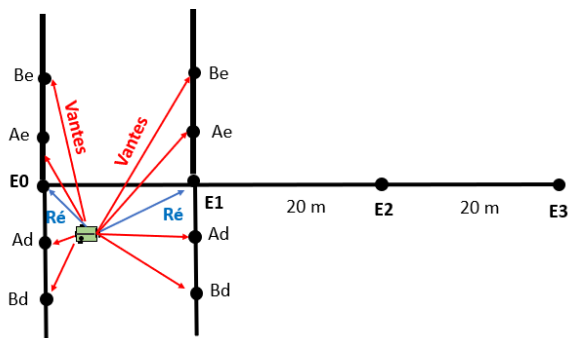
A pesar de la posibilidad de poder tomar las lecturas desde varios puntos de varias secciones en la misma estación, esta práctica no debería ocurrir, si se utiliza Ré de una solo sección (Figura 42). Solo es posible, en la misma posición, utilizar las Rés y Las Vantes por separado para cada sección, como se muestra en la Figura 43.

Figura 42 – Mala práctica de lectura de Vantes. Lectura en dos secciones refiriéndose a la Ré de una sección en la misma estación.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Figura 43 – Práctica de Lecturas de Ré y Vantes, en la misma estación, de forma aislada.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

## b) Llenado del Libro de Campo

El llenado del Libro de Campo sigue los mismos criterios que el llenado del Perfil Longitudinal. El único cambio es la distancia entre los puntos de la sección que son diferentes entre sí, como se muestra en el Libro de Campo a continuación:

Libro de Campo					
Estación	Puntos vísados	Lecturas	AV (mm)	Cotas (mm)	DH (m)
I	E0	1000	6000	5000	Distancias entre estacas de 30 m
	E1	500		5500	
II	E1	750	6250	5500	
	E2	250		6000	
SO	E0	500	5500	5000	0,0
	Ae	250		5250	2,4
	Be	350		5150	3,7
	Ad	450		5050	2,3
	Bb	750		4750	3,7
	Cd	500		5000	4,3

c) Dibujo do Perfil Transversal

El dibujo de la Sección Transversal em el papel debe seguir los mismos pasos que el Perfil Longitudinal.

# CAPÍTULO 11

---

## NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

### 1. Concepto de Nivelación Trigonométrica

La Nivelación Trigonométrica es un método de nivelación que se basa en determinar la diferencia de nivel entre dos puntos en un terreno.

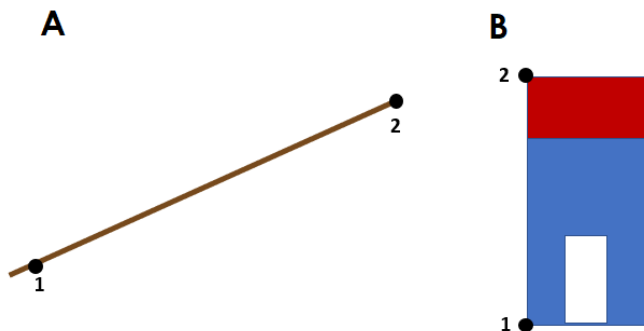
La Nivelación Trigonométrica puede ser una alternativa más viable que la Nivelación Geométrica cuando hay grandes diferencias de nivel. Normalmente se utiliza para determinar la altura de árboles, puentes, edificios, entre otros. La Nivelación Trigonométrica es la mejor alternativa en estos casos, ya que la Nivelación Geométrica, en estas situaciones, es más limitada, ya que funciona solo con miras horizontales, siendo entonces más rápida que la Nivelación Geométrica, cuando se trata de objetos altos. Su principio viene dado por la Trigonometría, a través del triángulo rectángulo, en el que, al determinar el ángulo entre el cateto y la hipotenusa (ángulo alfa) y determinando uno de los catetos (distancia horizontal), se descubre el valor del otro cateto que es la altura del objeto o parte de él.

Hay dos tipos de levantamientos trigonométricos relacionados con la distancia horizontal de los puntos (1 y 2) para



determinar la diferencia de nivel: DH distinto de cero ( $NTDH <> 0$ ) y DH igual a cero ( $NTDH = 0$ ) para los puntos 1 y 2 ( Figura 44).

Figura 44 – En A la distancia horizontal es diferente de cero y en B DH es igual a cero ( $NTDH = 0$ ) para 1 y 2.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a) Diferencia de nivel del terreno: DH distinto de cero de los puntos de determinación de la diferencia de nivel (1 y 2).

La Figura 45 demuestra, en la práctica, cómo se produce la determinación de la diferencia de nivel entre dos puntos con una distancia horizontal diferente de cero.

Esta determinación se realiza instalando el Teodolito en el primer punto (punto 1) y pone la Estadía en el punto donde desea conocer la Diferencia de Nivel en relación con el primer punto (punto 2). El usuario debe tomar las lecturas del ángulo alfa, altura del instrumento (AI) en metros, hilo medio (FM), en este caso en metros, ya que está haciendo una relación trigonométrica con otras

variables en metros y distancia horizontal (DH), también en metros. Esta obtención de la distancia horizontal se puede hacer con la Cinta Métrica, según la situación, o con los hilos estadimétricos (FS y FI), y luego poner las fórmulas a continuación:

$$\operatorname{tg} \alpha = (FM^{***} + Z) / DH$$

\*\*\*Lectura del hilo medio en metros

$$DN = AIs + Z$$

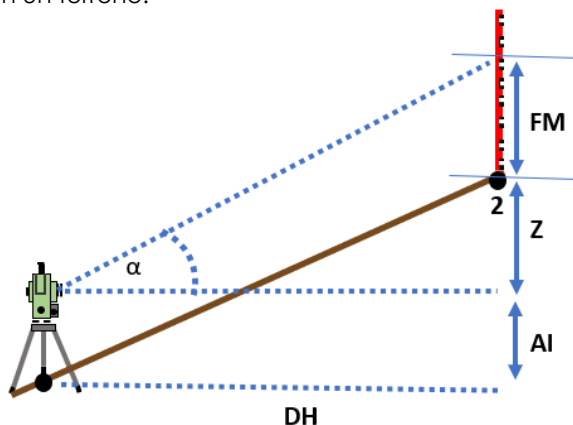
**Calcular la distancia horizontal a través de los hilos estadimétricos:**

$$DH(m)^{**} = [(FS^* - FI^*) \times \operatorname{Cos}^2 \alpha] / 10$$

\* Lectura de los hilos superior y inferior deben ser en milímetros

\*\* DH a través de la Taquimetría cuando el telescopio no está en la ubicación horizontal al plano topográfico (Nuestro ejemplo).

Figura 45 – Determinación de la Diferencia de Nivel entre dos puntos DH distintos de 0 en un terreno.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

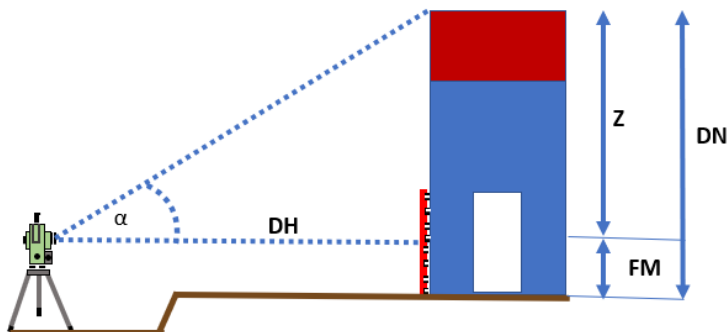
b) Altura de los objetos: DH igual a cero en los puntos de determinación de Diferencia de Nivel (1 y 2).

Para determinar la altura de los objetos, donde la DH de los puntos 1 y 2 es igual a 0, se pone el teodolito arriba del punto 1 y la Estadía se pone junto al edificio en el punto 2. Hace las lecturas del ángulo alfa, hilo medio, en metros y distancia horizontal con la Cinta Métrica, en metros y se utilizan los datos determinados en las fórmulas siguientes:

$$\text{tg } \alpha = Z/\text{DH}$$

$$\text{DN} = Z + \text{FM}$$

Figura 46 – Determinación de la altura del edificio.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

# CAPÍTULO 12

---

## CURVAS DE NÍVEL

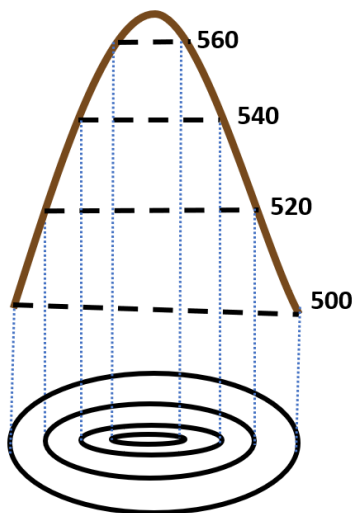
### 1. Concepto

Las Curvas de Nivel son líneas imaginarias, en el terreno y proyectadas sobre el dibujo, de igual altura, que sirven, entre otras cosas, para representar el relieve en cuestión. Las Curvas de Nivel están formadas por Cotas o Altitudes, según el plano de referencia, y siguen unas reglas como veremos a continuación.

Las Curvas de Nivel son proyecciones ortogonales que representan todas las alturas del campo en el dibujo. Cuando provienen de la naturaleza, estas proyecciones se dibujan en el papel, se vuelven curvas, ya que los componentes del relieve tienden a curvarse, debido al desgaste natural de los bordes, resultando en líneas curvas.

Un elemento importante de las Curvas de Nivel es la equidistancia, porque por convención, estandarización, facilidad de lectura e interpretación, deben ser iguales. Las equidistancias son planos paralelos imaginarios, igualmente espaciados, en una Cota/Altitud dada que tocan alrededor del relieve.

Figura 47 – Representación del relieve (arriba) en forma de Curvas de Nivel (abajo) y su equidistancia (20 m).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Otra consideración importante, cuando se habla de equidistancias, es que cuanto menor sea la equidistancia, mejor estará representado el relieve y cuanto mayor sea, algunos elementos pueden no estar representados. No obstante, conviene estudiar esta relación de equidistancia, ya que no conviene utilizar muchas Curvas de Nivel, ya que podría contaminar la obra, además de hacerla más laboriosa, sin necesidad.

## **2. Relación de Equidistancia y Escala**

No es una regla absoluta, pero tomando como punto de partida podemos relacionar la equidistancia con la escala para que el dibujo aporte la información necesaria sin contaminarla. La Norma brasileña 13133, que se ocupa de los levantamientos topográficos, destaca esta relación.

Para escalas de 1:10000, use una equidistancia de 10 m como punto de partida, ya que 1: 5000 usa 5 m, 1: 2000 usa 2 m y entre 1: 500 y 1: 1000, use si 1 m (NBR 13133).

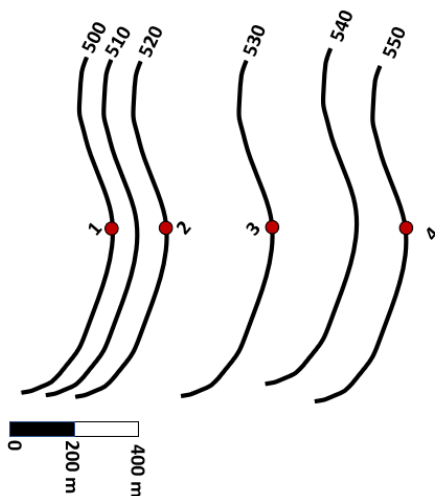
## **3. Características de las Curvas de Nivel**

Las Curvas de Nivel siguen algunos criterios establecidos para la estandarización, mejor comprensión, eficiencia y consistencia.

Las Curvas de Nivel en relieve natural están libres de curvas cerradas, que deben ser suaves. Otra característica importante es que nunca se cruzan ni se unen, por razones obvias, ya que son líneas imaginarias de igual Altitud, por lo que diferentes Altitudes nunca estarían en el mismo punto de información altimétrica. Además de estas características, es importante saber que cuanto más alejadas las curvas de nivel indican que el terreno es menos

empinado y cuanto más unido es el terreno más empinado, debido a la relación de la distancia horizontal con la vertical, como se ve en la Figura 48.

Figura 48 – Curvas alejadas y juntas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En la figura anterior (48), tenemos 6 Curvas de Nivel equidistantes a 10 m. Para confirmar la afirmación de que cuanto más juntos es el relieve, recurramos a la fórmula de la Pendiente, que se vio en el capítulo 9.

La distancia horizontal entre los puntos 1 y 2, según la escala gráfica es de 200 m y la distancia horizontal entre los puntos 3 y 4 es de 400 m. Para ambas situaciones la distancia vertical es de 20 m,

ya que la equidistancia de las Curvas de Nivel es de 10 m. Entonces, vayamos a la resolución:

$$\text{Pendiente}^{1-2} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Pendiente}^{1-2} = (20 \times 100) / 200$$

$$\text{Pendiente}^{1-2} = 10\%$$

$$\text{Pendiente}^{3-4} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Pendiente}^{3-4} = (20 \times 100) / 400$$

$$\text{Pendiente}^{3-4} = 5\%$$

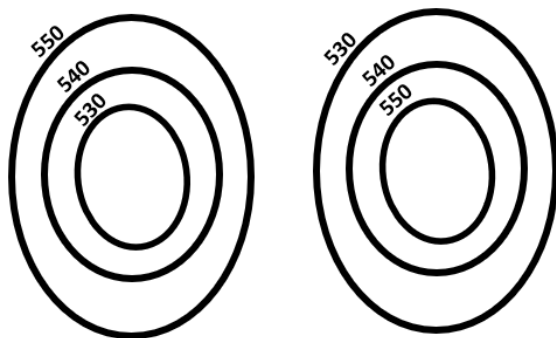
Como era de esperar, la Pendiente del tramo 3-4 es menor que la Pendiente del tramo 1-2.

Otra característica importante es que nunca se interrumpen. Siempre forman círculos regulares e irregulares, según el relieve que los rodea. Si hay una curva en cualquier gráfico, plan o mapa que se rompa, solo hay una situación: se rompen en el plan, porque el plan es pequeño y no encaja todo el relieve, continuando con otro plan.

Además de estas reglas, existen características propias que facilitan su comprensión, como es el caso de depresiones y elevaciones que, de manera general, pueden tener el mismo diseño, pero en direcciones altimétricas opuestas, como se muestra en la Figura 49.



Figura 49 – En la depresión izquierda y elevación derecha.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Las Curvas de Nivel deben dibujarse, según su espesor, en intermedio y maestro. Las curvas maestras sirven para facilitar la visualización de las curvas y la comprensión del relieve. Son más gruesas en espesor y las Altitudes se informan en ellos. Cuando tenemos curvas maestras que son 5 de 5, las 4 entre ellas son intermedias y no es necesario cotizarlas. Cuando no hay necesidad de curvas maestras, todas se vuelven comunes y cotizadas.

En cuanto al color del dibujo, si se utilizan mapas de colores, estos deben ser de color marrón o violeta, pero si el mapa es monocromático, se debe elegir el negro para todo el trabajo, incluidas las Curvas de Nivel.

Otra característica importante de las Curvas de Nivel son los elementos que forman, incluidos Vaguadas, Divisorias de Aguas y Collados.

Las Vaguadas son líneas imaginarias donde el agua fluye en relieve. En un plano, las Vaguadas se encuentran cuando el diseño de las curvas apunta hacia la curva de Altitud inferior apuntando hacia la curva de Altitud superior, como se muestra en la Figura 50, de lo contrario será una divisoria de agua.

Figura 50 – Vaguada.

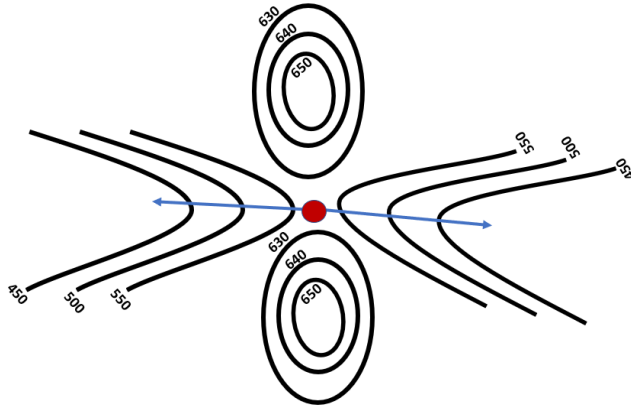


Fuente: Machado Júnior, 2022.

Las Vaguadas también surgen a partir de Collados que son otro tipo de formación del relieve.

Los Collados son elementos formadores del relieve que tienen la característica de tener un punto más alto entre dos Vaguadas y uno más bajo entre dos divisorias de agua. Es muy común tener Collados en el relieve, como se muestra en el esquema de relieve.

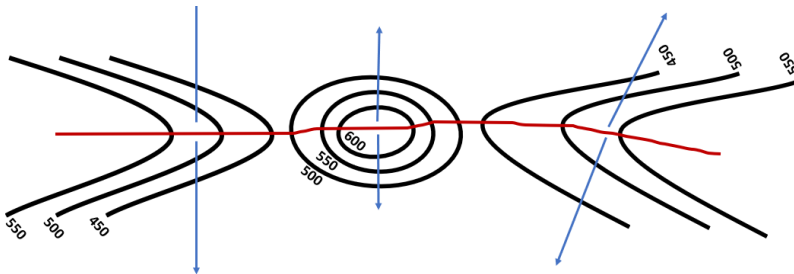
Figura 51 – Esquema de um Collado.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Las Divisorias de Agua son otra característica del relieve que se identifican fácilmente en las Curvas de Nivel. Tienen la función de dividir el agua en dos o más vías para su drenaje. Las Divisorias de Agua son elementos fundamentales para la formación de cuencas hidrográficas (Figura 52).

Figura 52- Esquema de las Divisorias de Agua.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

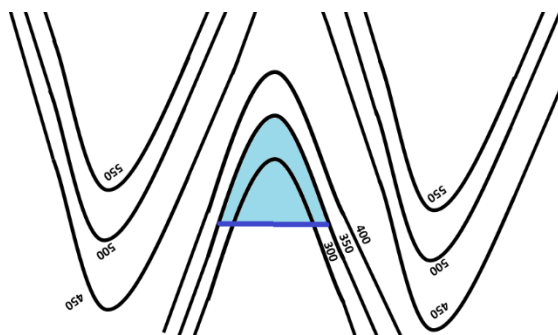
#### 4. Curvas de Nivel y hidrografía

En un plan con Curvas de Nivel es posible determinar Cuencas, indicar mejor rincón para implantar una represa, entre otras posibilidades.

Como las represas son las encargadas de almacenar agua, las Curvas de Nivel deben elegirse, de acuerdo con sus Altitudes, para contener completamente el agua en un volumen dado. Deben disponerse obligatoriamente perpendiculares a las Vaguadas a partir de la Elevación  $X_0$  y su Elevación  $X_f$  final debe ser la altura máxima de acumulación, con un cierto despeje, dentro de los conceptos de ingeniería.

Al trazar la línea de la represa, preste atención a comenzar el segmento en una Cota / Altitud y este segmento debe terminar en una Cota / Altitud del mismo valor, pasando por Cotas / Altitudes que será la altura máxima de la presa, como se muestra en Figura 53.

Figura 53- Curvas de Nivel y represa.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En el caso de la Figura 53, la represa comienza en la Altitud 350 y va hasta la Altitud 300, pasando por la curva 300, es decir, la represa tiene alrededor de 50 metros de altura, acumulando el volumen  $x$ , según las áreas en azul claro.

Para fines didácticos del cálculo de volumen, el próximo capítulo, haremos esta resolución. Suponiendo que el área de Cota 350 es de  $100 \text{ m}^2$  y la de Cota 300 es de  $80 \text{ m}^2$ , vayamos a los cálculos:

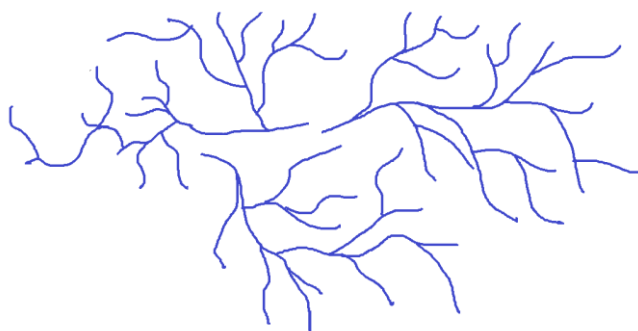
$$v = [(área \text{ Cota } 350 + \text{área Cota } 300)/2] \times eq$$

$$v = [(100 + 80)/2] \times 50$$

$$\mathbf{v = 4500 \text{ m}^3}$$

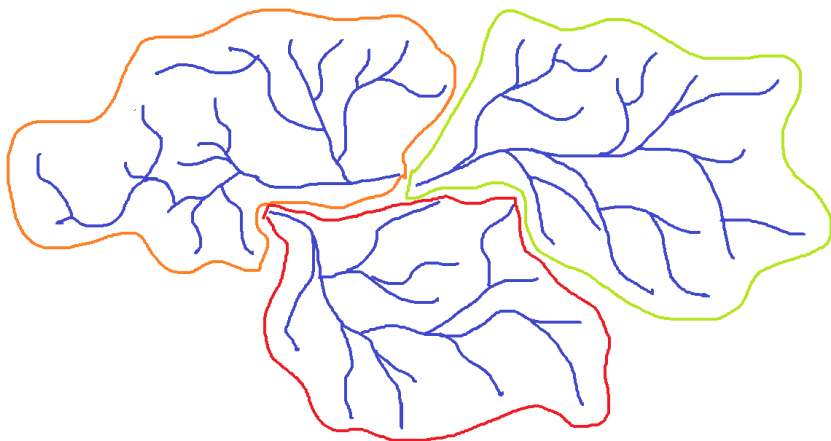
Las Divisorias de Agua, como se explicó anteriormente, son las encargadas de delimitar las cuencas hidrográficas. A través de las Vaguadas (ríos), es posible trazar las divisorias de agua, que forman las cuencas hidrográficas, como se ve en las Figuras 54 y 55.

Figura 54 – Rede de Vaguadas (ríos).



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Figura 55 – Cuencas delimitados a través de las Vaguadas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

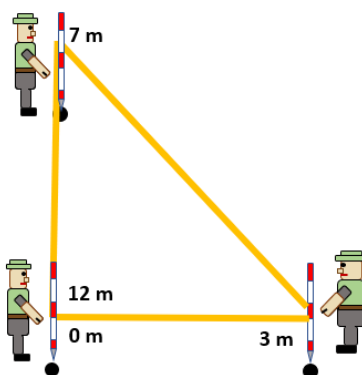
## 5. Cuadrícula del terreno para obtener las Curvas de Nivel

Para obtener las Curvas de Nivel, el método de Cuadrícula es bastante interesante y no requiere equipos costosos y sofisticados. Se realiza con Cintas Métricas, Jalones y Nivel de Ingeniero, éste para obtener las Cotas / Altitudes. Este método se recomienda para áreas pequeñas y no demasiado empinadas, requiere un buen manejo de Cintas Métricas y nociones de Trigonometría. Además de un reconocimiento previo de la ubicación, es importante determinar el espaciado que se obtendrán los puntos Cotizados, ya que el tamaño de esta malla definirá la representación del relieve. Cuanto más plano sea el

relieve, se puede aumentar el espaciado de la malla y cuanto más empinado se debe acortar ese espaciamiento.

Para comenzar el trabajo, elija el punto de origen (0,0), donde debe trazar las coordenadas X y Y del plano cartesiano a crear. Como sabemos, las líneas de las coordenadas X y Y tienen un ángulo de  $90^\circ$  entre ellas, así que creemos este ángulo usando una Cinta Métrica y tres Jalones, con la ayuda de tres personas. La primera persona sostendrá el Jalón con un valor de 0 m de la medida, la segunda persona sostendrá el Jalón con un valor de 3 m de la medida y la tercera persona sostendrá el Jalón con un valor de 7 m en el Jalón y la primera persona también tendrá el valor de 12 m, todos formando un triángulo rectángulo entre los Jalones en función de los valores de la Cinta Métrica, como se muestra en la Figura 56.

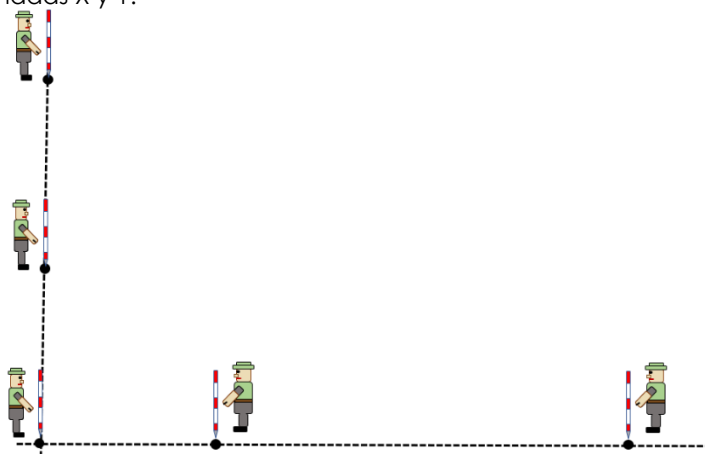
Figura 56 - Formación de los lados de 3 m, 4 m y 5 m para obtener el ángulo recto, formando las líneas de las coordenadas X y Y.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Después de la formación del ángulo de las líneas de las coordenadas, se ponen los Jalones alineados a dos catetos de los Jalones para formar las líneas de las coordenadas X y Y, como se muestra en la Figura 57.

Figura 57 – Jalones alineados para formación de las líneas de las coordenadas X y Y.

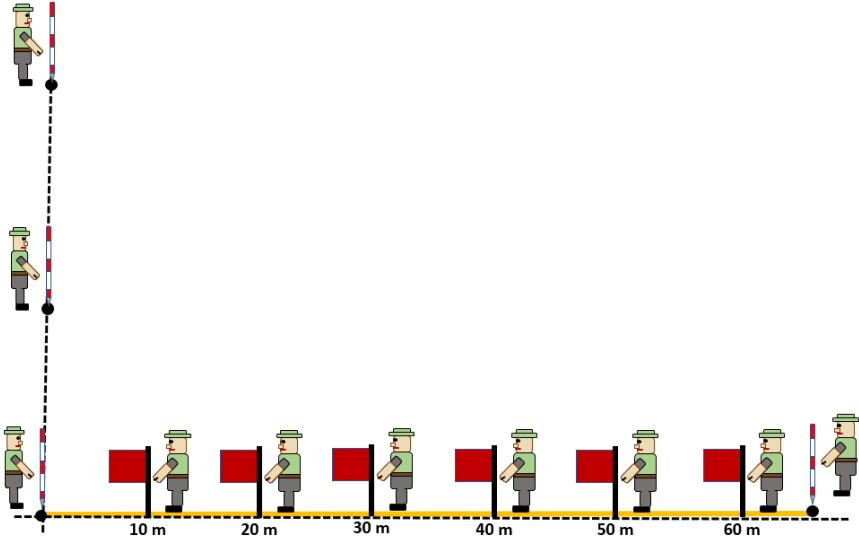


Fuente: Machado Júnior, 2022.

A partir de los Jalones ya alineados y el espaciado definido, en este caso, escogamos 10 m, usemos la Cinta Métrica y las banderas para definir las coordenadas de la base X y Y, como se muestra en las Figuras 58 y 59.

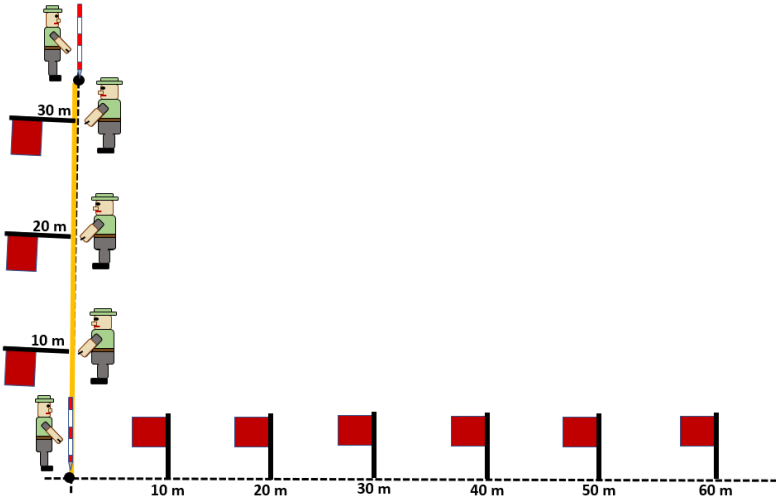


Figura 58 – Definición de las coordenadas X.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

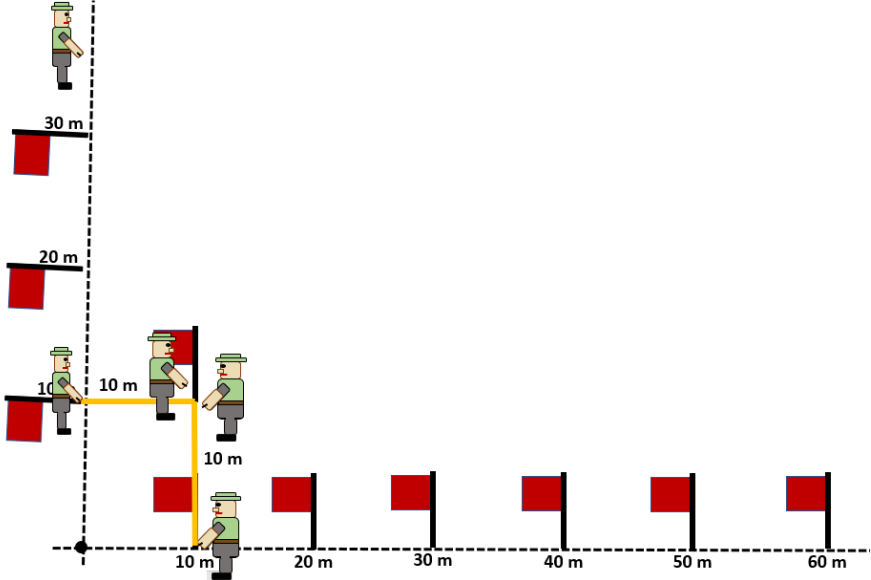
Figura 59 – Definición de las coordenadas Y.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Después de estos pasos, con la ayuda de dos Cintas Métricas y 4 personas, se marcan los puntos internos de las coordenadas X y Y, donde dos usuarios mantendrán las Cintas Métricas en las bases de coordenadas y dos más mantendrán las Cintas Métricas en los valores 10 m, donde se encuentran las Cintas Métricas será el punto intermedio, formando un cuadrado de 10 m, como se muestra en la Figura 60.

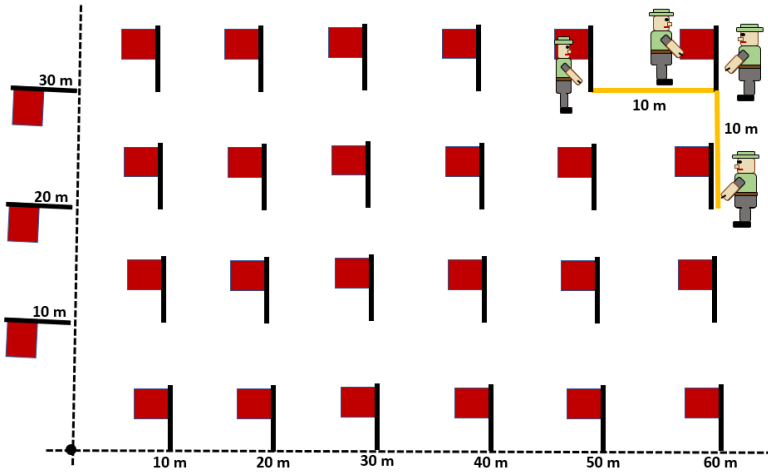
Figura 60 – Marcando los puntos internos de la Cuadrícula del terreno.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Y se repite el trabajo hasta que se colocan todas las banderas, como se muestra en la Figura 61.

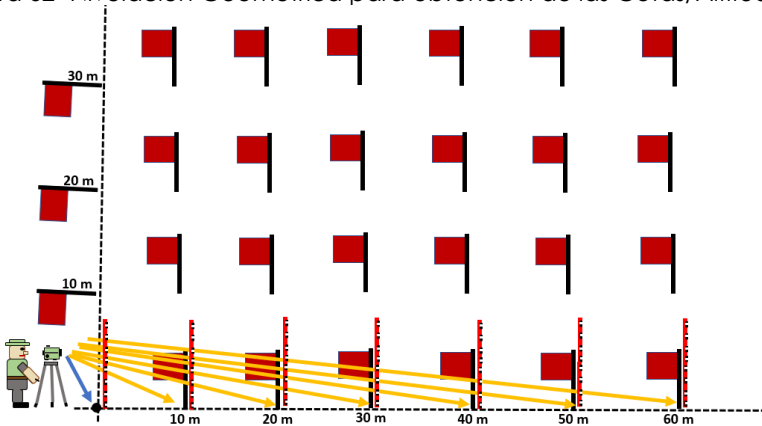
Figura 61 – Colocación completa de banderas.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

Una vez terminada la Cuadrícula del terreno, se obtienen las Cotas / Altitudes, a través de la Nivelación Geométrica, como se muestra en la Figura 62.

Figura 62- Nivelación Geométrica para obtención de las Cotas/Altitudes.



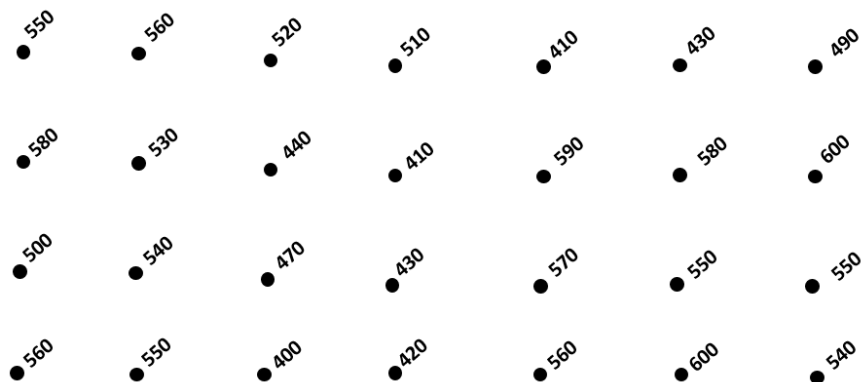
Fuente: Machado Júnior, 2022.

## 6. Interpolación de puntos

Después de la determinación de los Puntos Cotados, a través de la Cuadrícula del terreno, iniciaremos la interpolación para generar las Curvas de Nivel.

Imaginemos que, para el trabajo anterior de Cuadrícula del terreno, obtuvimos los siguientes Puntos Cotados (Figura 63).

Figura 63 – Puntos Cotados obtenido hipotéticamente.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

a) Interpolación vertical de las Curvas de Nivel mediante Cuadrícula del terreno.

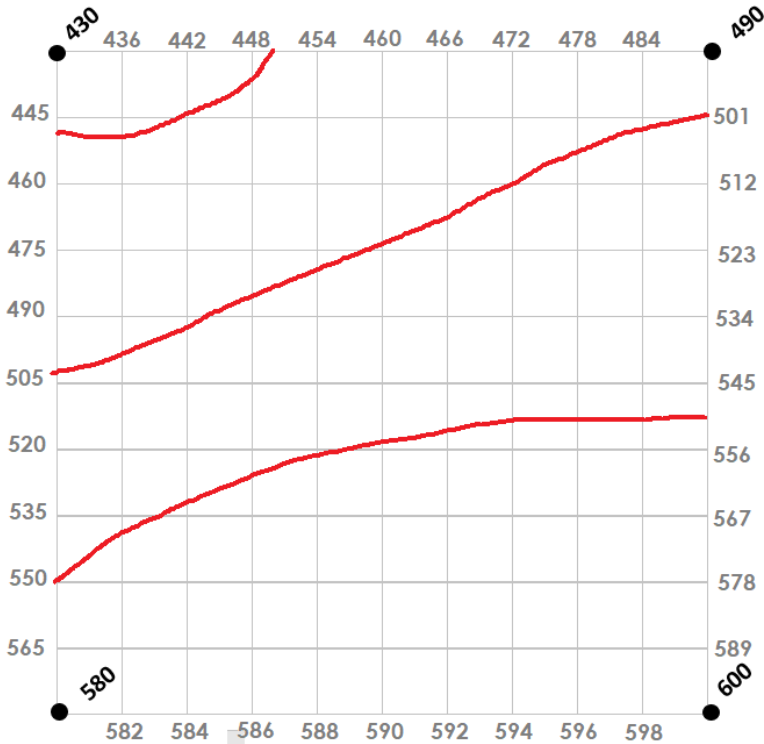
Se sabe que hay una variedad de puntos determinados en una Cuadrícula y, para generar las Curvas de Nivel, tenemos que interpolar estos puntos para unir, en forma de líneas, los valores de igual Altitud o Cota. Para eso, elegimos los valores de las



b) Interpolación horizontal de las Curvas de Nivel a través de Cuadrícula

Cuando una determinada curva pasa entre dos puntos conocidos, se debe respetar la interpolación horizontal, es decir, la proporcionalidad de las distancias, como se muestra en el siguiente dibujo (Figura 65).

Figura 65 – Interpolación horizontal y trazado de las Curvas de Nivel.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

En el caso anterior, las Curvas de Nivel deben pasar proporcionalmente a sus valores debidos. La curva 450 debe pasar más cerca de la 430 (con 20 restantes) que de la 490 (con 40 restantes). Para determinar la ubicación exacta, restamos 490 de 430, obtenemos 60 y luego dividimos este valor en 10 cuadrados de 6, formando valores intermedios de 436, 442, 448, 454, 460, 466, 472, 478 y 484, así facilitando, donde la Curva de Nivel pasará horizontalmente. Se realizaron los mismos procedimientos para 600-490, 600-580 y 580-430, en la misma figura. Nótese que la curva 500 está pasando muy cerca de la 490 y muy lejos de la 600, claro, en esta situación es razonable hacer esta proporción, pero en realidad el cálculo se debe hacer para que la curva se coloque en el valor verdaderamente proporcional.

# CAPÍTULO 13

---

## BATIMETRIA

### 1. Concepto

Es la parte de la Altimetría que tiene como objetivo medir porciones de tierra por debajo del nivel del agua, como ríos, lagos, lagunas, presas, mares y océanos. El término proviene del griego *bathys* que significa profundo. Como todo trabajo altimétrico, la metodología consiste en determinar las coordenadas tridimensionales de cada punto que forma el relieve en cuestión.

### 2. Metodologías e instrumentos de medición

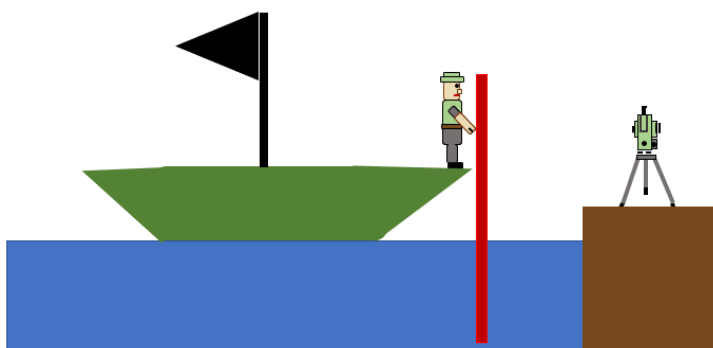
Existen dos metodologías principales para medir el relieve del agua: Topobatimetría y Ecobatimetría (batimetría de ondas sonoras).

La Topobatimetría, como su nombre indica, porque utiliza metodologías propias de la Topografía. Es una metodología donde se utiliza un bastón vertical en los puntos que se quiere levantar en el lecho del cuerpo de agua con la ayuda de la Estación Total o GNSS para determinar los puntos. En el pasado, esta técnica se realizaba mediante cables. Esta técnica era muy propensa a



errores, requería más tiempo y era más difícil trabajar con ella. Por lo general, la Topobatimetría se utiliza en cuerpos de agua poco profundos con corrientes bajas, debido a las limitaciones de los bastones y el movimiento de las embarcaciones. Tiene una recolección que requiere mucho tiempo y un alto costo, debido a una mano de obra más especializada que un levantamiento topográfico común (fuera del agua), como se muestra en la Figura 66.

Figura 66- Medición por Topobatimetría.



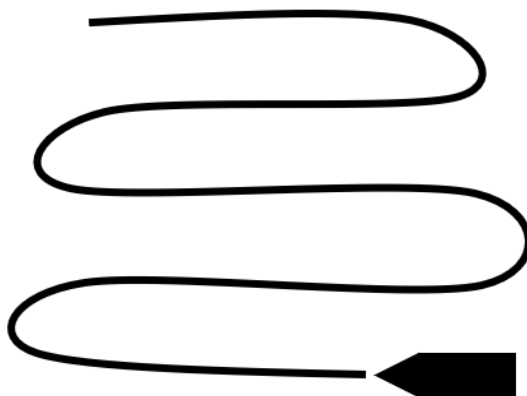
Fuente: Machado Júnior, 2022.

Tanto la Topobatimetría como la Ecobatimetría, se debe planificar el tipo y tamaño de la embarcación, de acuerdo con la corriente, las dificultades de la flora y el tamaño del levantamiento.

Las metodologías de Ecobatímetro, que pueden ser simples (monohaz) o múltiples (multihaz), se caracterizan por el uso de una embarcación en la que, dentro de ella, se acopla o inserta este instrumento (Ecobatímetro), capaz de enviar frecuencias de sonido

capaces de capturar la profundidad de un punto determinado. Esta metodología consiste en rutas hacia varias "s" alargadas para que no se descubra ningún espacio para la recolección de datos (Figura 67).

Figura 67 – Sentido de la Ecobatimetría.



Fuente: Machado Júnior, 2022.

La diferencia crucial entre monohaz y multihaz es la cantidad de rayos de radiación electromagnética emitidos. Mientras que el monohaz emite solo 200 kHz, el multihaz emite 20 kHz y 200 kHz, lo que permite un trabajo más refinado al delimitar regiones no capturadas por el monohaz, como lodos y materia orgánica, por ejemplo.

En comparación con la Topobatimetría, la Ecobatimetría requiere menos tiempo y es menos impredecible. Sin embargo, si se

realiza correctamente, la Topobatimetría es más precisa que esta metodología.

Si bien el producto final de la Ecobatimetría es característico de la Topografía, no entraremos en detalles sobre ella, ya que es una técnica que involucra sensores, instrumentos que no son característicos de la Topografía. por tanto, vamos a dar más evidencia a la genuina metodología de la Topografía, Topobatimetría.

### **3. Topobatimetría por Estaciones Totales**

La topobatimetría con Estaciones Totales es muy similar al levantamiento topográfico por coordenadas, usando la Estación Total. La diferencia es simplemente porque existe un plan para recolectar puntos de interés en el cuerpo de agua, ya sea por Cuadriculación, Sección Transversal o Margen.

El procedimiento consiste en marcar dos puntos de apoyo fijos que llamaremos Estación Ocupada (E0) y Ré (E1) que quedarán fuera del cuerpo de agua. Después de marcar los puntos de apoyo, la Estación Total se instala encima del punto E1, centrando y nivelando el equipo y asignando la coordenada (0,0,0) o aleatoria o incluso con la ayuda de GNSS Geodesico. Posteriormente, se coloca el bastón con un prisma en el punto de Ré (E0) y se mide la coordenada de este punto, utilizando una Cinta Métrica o con la propia Estación Total. Por ejemplo, si la distancia desde la estación

ocupada hasta la Ré es 5 m y la Diferencia de Nivel es positiva 1 m, podemos usar la coordenada (0.5,1) en Ré.

Luego de instalar el instrumento y el bastón y definir las coordenadas, el usuario de la Estación Total gira su instrumento hacia los puntos de interés que estarán en el cuerpo de agua. El otro usuario estará en la embarcación, en los lugares apropiados, según el plano, para poner el bastón con prisma (montada en la embarcación), en el punto exacto donde se determinará la coordenada. Luego, se realiza la medición, a través de la Estación Total, y automáticamente generará la coordenada tridimensional de la ubicación, dejando todos los puntos por realizar para la determinación completa del relieve.

Si no puede ver todos los puntos, deberá cambiar la estación. Una vez finalizada la recopilación de datos, el usuario transferirá los datos de la Estación Total a un pendrive, los convertirá a un dwg o extensión específica de un programa CAD y los llevará al CAD 3D para realizar ajustes y confección del relieve.

# CAPÍTULO 14

---

## CÁLCULO DE VOLUMEN

### 1. Concepto

El volumen es una variable física tridimensional en la que forma parte de la formación y representación del relieve. En Topografía, el uso del cálculo de volúmenes sirve para comprender, analizar, representar y posibilitar la construcción de edificios, puentes, aeropuertos, agricultura, entre otros.

Transportar grandes volúmenes de tierra a tierra o cortar un sitio es muy costoso. Como regla general, el volumen de un terreno dado debe calcularse para saber la cantidad de terreno que se removerá y / o colocará de manera que haya el menor movimiento de tierra posible.

Los volúmenes del terreno se calculan de acuerdo a las figuras geométricas tridimensionales regulares existentes, tales como cubos, paralelepípedos, pirámides, esferas, conos, entre otros.

En la naturaleza, los cálculos deben realizarse mediante Curvas de Nivel, ya que este tipo de metodología aporta valores aproximados a los valores reales, minimizando los errores, debido a la dificultad de representar fielmente el terreno.

## 2. Cálculo de volúmenes en curvas de nivel

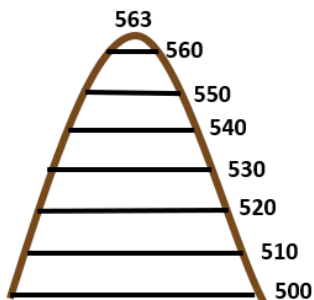
El principio se basa en determinar el volumen de un relieve, a través de las Curvas de Nivel, a partir del cálculo de la media de las áreas de estos paralelepípedos, según la siguiente fórmula:

$$V = \frac{A1 + A2}{2} \times eq$$

**Hagamos el siguiente ejemplo:**

Sabiendo que las áreas de las Cotas son:

500 = 1000 m<sup>2</sup>, 510 = 950 m<sup>2</sup>, 520 = 900 m<sup>2</sup>, 530 = 850 m<sup>2</sup>, 540 = 800 m<sup>2</sup>, 550 = 750 m<sup>2</sup> e 560 = 700 m<sup>2</sup>.



En ese caso, tendremos 7 volúmenes. **Vt = v1+v2+v3+v4+v5+v6+v7**

- V1:  $[(\text{Área Cota } 500 + \text{área Cota } 510) / 2] \times 10$   
V2:  $[(\text{Área Cota } 510 + \text{área Cota } 520) / 2] \times 10$   
V3:  $[(\text{Área Cota } 520 + \text{área Cota } 530) / 2] \times 10$   
V4:  $[(\text{Área Cota } 530 + \text{área Cota } 540) / 2] \times 10$   
V5:  $[(\text{Área Cota } 540 + \text{área Cota } 550) / 2] \times 10$   
V6:  $[(\text{Área Cota } 550 + \text{área Cota } 560) / 2] \times 10$   
V7:  $(\text{Área Cota } 560 \times \text{altura de pico}) / 3$  [fórmula del cono]

Então,

- V1:  $[(1000 \text{ m}^2 + 950 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V2:  $[(950 \text{ m}^2 + 900 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V3:  $[(900 \text{ m}^2 + 850 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V4:  $[(850 \text{ m}^2 + 800 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V5:  $[(800 \text{ m}^2 + 750 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V6:  $[(750 \text{ m}^2 + 700 \text{ m}^2) / 2] \times 10$   
V7:  $[(700 \text{ m}^2 \times 3) / 3]$

Então,

- V1:  $9750 \text{ m}^3$   
V2:  $9250 \text{ m}^3$   
V3:  $8750 \text{ m}^3$   
V4:  $8250 \text{ m}^3$   
V5:  $7750 \text{ m}^3$   
V6:  $7250 \text{ m}^3$   
V7:  $700 \text{ m}^3$

$$V_t = 9750 \text{ m}^3 + 9250 \text{ m}^3 + 8750 \text{ m}^3 + 8250 \text{ m}^3 + 7750 \text{ m}^3 + 7250 \text{ m}^3 + 700 \text{ m}^3$$

$$V_t = 51700 \text{ m}^3$$

### Ejercicio explicado:

Sabiendo que las áreas de dos montañas y dos depresiones son de valor:

elevación 1 : Cota 200 = 1000 m<sup>2</sup>, Cota 300 = 800 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 750 m<sup>2</sup> e Cota 500 = 500 m<sup>2</sup>.

elevación 2 : Cota 200 = 1100 m<sup>2</sup>, Cota 300 = 950 m<sup>2</sup> e Cota 400 = 830 m<sup>2</sup>.

depresión 1 : Cota 500 = 900 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 800 m<sup>2</sup> e Cota 300 = 750 m<sup>2</sup>.

depresión 2 : Cota 500 = 1200 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 1000 m<sup>2</sup> e Cota 300 = 800 m<sup>2</sup>.





a) Calcule los volúmenes de cada elevación y depresión.

b) Si queremos usar la Cota 400 como línea de rasante, ¿cuánto volumen de arena se debe cortar o rellenar para nivelar hasta esta Cota?

\*Ac= área de Cota

### a) Resolución

#### Volumen de elevación 1:

$$Ve1 = v1 + v2 + v3 + v4 = 238.000 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac200 + Ac300) / 2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac300 + Ac400) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 + Ac500) / 2 \times 100 = 62.500 \text{ m}^3$$

$$v4 = (Ac300 \times 80) / 3 = 8.000 \text{ m}^3$$

#### Volumen de elevación 2:

$$Ve2 = v1 + v2 + v3 = 219.160 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac200 + Ac300) / 2 \times 100 = 102.500 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac300 + Ac400) / 2 \times 100 = 89.000 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 \times 100) / 3 = 27.666 \text{ m}^3 \text{ (Fórmula del cono, pues no hay formación de área en la Cota 500).}$$

#### Volumen de depresión 1:

$$Ve1 = v1 + v2 + v3 = 187.500 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac500 + Ac400) / 2 \times 100 = 85.000 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac400 + Ac300) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 \times 100) / 3 \times 100 = 25.000 \text{ m}^3$$

**Volumen de depresión 2:**

$$V_{e1} = v_1 + v_2 + v_3 = 230.000 \text{ m}^3$$

$$v_1 = (A_{c500} + A_{c400}) / 2 \times 100 = 110.000 \text{ m}^3$$

$$v_2 = (A_{c400} + A_{c300}) / 2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$v_3 = (A_{c400} \times 100) / 3 \times 100 = 30.000 \text{ m}^3$$

**Volumen total del terreno = 874.160 m<sup>3</sup>**

**b) Resolución**

**Volumen elevación 1 arriba de Cota 400:**

$$V_1 = (A_{c400} + A_{c500}) / 2 \times 100 = 62.500 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (A_{c300} \times 80) / 3 = 8.000 \text{ m}^3$$

**Volume para cortar = 70.500 m<sup>3</sup>**

**Volumen elevación 2 arriba de Cota 400:**

$$V_1 = (A_{c400} \times 100) / 3 = 27.666 \text{ m}^3$$

**Volume para cortar = 27.666 m<sup>3</sup>**

**Volumen depresión 1 abajo de Cota 400:**

$$V_1 = (A_{c400} + A_{c300}) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (A_{c400} \times 100) / 3 \times 100 = 25.000 \text{ m}^3$$

**Volume para rellenar = 102.500 m<sup>3</sup>**

**Volumen depresión 2 abajo de Cota 400:**

$$V1=(Ac400+Ac300)/2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$V2=(Ac400 \times 100)/3 \times 100 = 30.000 \text{ m}^3$$

**Volume para rellenar = 120.000 m<sup>3</sup>**

**Cálculo Final:**

**Cortar = 98.166 m<sup>3</sup>**

**Rellenar = 222.500 m<sup>3</sup>**

**Necesitaremos 124.333 m<sup>3</sup> de arena para rellenar.**

## REFERENCIAS

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. Topografia Geral. 1 ed. Recife, Editora UFRPE, 2014.

COMASTRI, J. A. & GRIPP JR. J. Topografia aplicada: Medição, divisão e demarcação. Viçosa: UFV, 1998.

DOUBEK, A. Topografia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.

ESPARTEL, L. Curso de Topografia. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

MACHADO JUNIOR, J. Topografia Básica. Recife. 1ª. 2022

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das Agriculturas no Mundo. Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

MCCORMAC, J. Topografia. 5 ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 2007.

VALENTINE, T. A Grande Pirâmide. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976. Pré-história, História antiga.

