

TOPOGRAFÍA I

*Jaime Adrián Peralta Delgado
Manuel Octavio Cordero Garcés
Julio Javier Jaramillo Véliz*

Ciencias y Letras



TOPOGRAFÍA I

*Jaime Adrián Peralta Delgado
Manuel Octavio Cordero Garcés
Julio Javier Jaramillo Véliz*



Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L.

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

© del texto: **los autores**

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/Alzamora, 17- 03802- ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: **abril 2020**

ISBN: **978-84-121459-5-3**

DOI: <https://doi.org/10.17993/CcyLI.2020.34>

ACERCA DE LOS AUTORES



Jaime Adrián Peralta Delgado. Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador; Máster en Gestión Ambiental con Mención en la Evaluación del Impacto Ambiental, Universidad de Pinar del Rio, Pinar del Rio, Cuba; Investiga tema “Índices Ambientales para la construcción de Vías en el Ecuador”, Contratista de Obras. Director de Fiscalización de obras civiles. Actualmente Profesor de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.



Manuel Octavio Cordero Garcés. Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador, Magister en Construcción de Obras Viales- Titulo otorgado por la Universidad Técnica de Manabí; Servidor Público en instituciones como CORPECUADOR, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen, Servicio de Contratación de Obras, Universidad Estatal del Sur de Manabí (Responsable de Proyectos de Vinculación con la Sociedad de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí).



Julio Javier Jaramillo Véliz. Ingeniero agrícola, Universidad Técnica de Manabí, Magister en Sistemas de Información Geográfica Aplicada a la Conservación y Desarrollo Sostenible, Universidad Central del Ecuador. Actualmente Profesor Titular Auxiliar a Tiempo completo en la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA	11
1.1. Breve reseña histórica.....	11
1.2. Límites de la topografía.....	12
CAPÍTULO II: TEORÍA DE ERRORES	15
2.1. Teoría de errores y su importancia en la Ingeniería Civil	15
2.2. Clasificación de los errores atendiendo a sus causas y su ley de ocurrencia	16
2.2.1. Errores instrumentales.....	17
2.2.2. Errores personales.....	17
2.2.3. Errores naturales	17
2.2.4. Errores sistemáticos o acumulativos.....	17
2.2.5. Errores accidentales, aleatorios o compensatorios.....	18
2.3. Valor promedio	18
2.4. Error probable de una medición aislada	19
2.5. Error probable del valor promedio	19
2.6. Valor más probable de una medición	20
2.7. Precisión.....	20
2.7.1. Precisión lineal.....	21
2.7.2. Precisión angular	21
CAPÍTULO III: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	23
3.1. Láser giratorio	23
3.2. El nivel.....	23
3.3. Nivel de burbuja.....	24
3.4. Nivel óptico	24
3.5. Cintas métricas.....	24
3.6. Mira horizontal invar.....	25
3.7. Teodolito	25
3.8. Tablas taquimétricas y su empleo	28
3.9. Distanciómetros electrónicos.....	28
3.10. Anteojo topográfico	29
3.11. Telémetro	30
3.12. Taquímetro autorreductor	30
3.13. Distanciómetro.....	33
CAPÍTULO IV: MEDICIONES ALTIMÉTRICAS	35
4.1. Definiciones fundamentales	35
4.1.1. Superficie de nivel	35
4.1.2. Superficie de referencia	35
4.1.3. Cota altimétrica	35
4.1.4. Cota fija.....	35
4.1.5. Cota estable.....	36
4.1.6. Cota temporal.....	36
4.1.7. Nivelación	36
4.2. Clasificación de las nivelaciones	37
4.2.1. Nivelación geométrica.....	37
4.2.1.1. Nivelación Simple	37

4.2.1.2. Nivelación Compuesta	38
4.3. Comprobación de las lecturas.....	40
4.4. Cálculo de la poligonal cerrada de enlace.....	40
4.4.1. Cálculo del error de cierre angular	42
4.4.3. Cálculo de los incrementos Δx y Δy	42
4.4.4. Cálculo de $E\Delta x$ y $E\Delta y$	43
4.4.5. Cálculo del error de cierre lineal.....	44
4.4.6. Correcciones de los incrementos.....	44
4.4.7. Cálculo de Δx y Δy corregidos	45
4.4.8. Precisión del levantamiento.....	45
4.4.9. Recomendación de la escala del plano	45
CAPÍTULO V: ORIENTACIÓN.....	47
5.1. Alineación	47
5.2. Tipos de meridianos de referencia.....	47
5.2.1. Meridiano geográfico verdadero	47
5.2.2. Meridiano magnético	48
5.3. Azimut y Rumbo.....	48
5.3.1. Azimut de un alineamiento	48
5.3.2. Rumbo de un alineamiento.....	49
5.3.3. Contrazimut de un alineamiento	49
5.3.4. Contrarumbo o rumbo inverso de un alineamiento.....	49
5.4. Tipos de ángulos horizontales medidos en los vértices de poligonales	49
5.4.1. Ángulos de derecha	50
5.4.2. Ángulos de izquierda	50
5.4.3. Ángulos de deflexión o de giro.....	50
5.5. Posición relativa de puntos en el terreno	50
5.5.1. Radiación	50
5.5.2. Trilateración.....	50
5.5.3. Intersección de visuales	50
5.5.4. Intersección directa	51
5.5.5. Mediciones por izquierdas y derechas.....	51
5.5.6. Intersección inversa.....	51
5.6. Sistema de coordenadas topográficas	52
CAPÍTULO VI: ORIENTACIÓN (POLIGONACIÓN).....	57
6.1. Poligonación.....	57
6.2. Tipos de meridianos de referencia.....	58
6.3. Poligonal	59
6.3.1. Tipos de poligonales.....	59
6.3.1.1. Poligonales abiertas orientadas en el punto inicial.....	60
6.3.1.2. Poligonales de enlace por dos puntos extremos de dos lados orientados ...	60
6.3.1.3. Poligonales de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado.....	60
6.3.1.4. Poligonales de enlace por dos puntos extremos sin orientación.....	61
6.3.1.5. Poligonales cerradas de rodeo	61
6.3.1.6. Poligonales cerradas de ida y vuelta	61
6.3.2. Nudo de poligonal	62
6.3.3. Cálculo de las poligonales según el fin que persigue el levantamiento	64

6.3.3.1. Cálculo de una poligonal cerrada de rodeo.....	64
6.3.3.2. Cálculo de una poligonal cerrada de enlace.....	71
6.3.3.3. Cálculo de una poligonal cerrada de ida y vuelta	75
CAPÍTULO VII: TAQUIMETRÍA.....	81
7.1. Principio fundamental de la taquimetría	81
7.2. Métodos taquimétricos y taquimetría sencilla	81
7.3. Método de taquimetría sencilla o nivelación taquimétrica	83
7.4. Empleo del teodolito como taquímetro.....	84
7.5. Registro de campo	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distancia medida con cinta.	16
Figura 2. Ejemplo resuelto por fórmulas trigonométricas.....	28
Figura 3. Campo visual, anteojos del Daltha 0-20.	31
Figura 4. Mira topográfica.	32
Figura 5. Nivelación simple.	37
Figura 6. Nivelación compuesta.	38
Figura 7. Nivelación diferencial.	39
Figura 8. Nivelación radial.	40
Figura 9. Ángulos de dirección.	41
Figura 10. Levantamiento por poligonal.	51
Figura 11. Levantamiento de una zona 1.	52
Figura 12. Levantamiento de una zona 2.	52
Figura 13. Orientación.	52
Figura 14. Puntos externos de una alineación.	54
Figura 15. Cálculo de Rumbo.	54
Figura 16. Ángulos de dirección de una poligonal.....	59
Figura 17. Poligonal abierta.	60
Figura 18. Poligonal de enlace por dos puntos extremos de dos lados orientados.....	60
Figura 19. Poligonal de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado.	60
Figura 20. Poligonales de enlace por dos puntos extremos sin orientación.....	61
Figura 21. Poligonal cerrada de rodeo.	61
Figura 22. Poligonal cerrada de ida y vuelta.	62
Figura 23. Nudo de poligonal.	63
Figura 24. Croquis de una poligonal de rodeo.	64
Figura 25. Croquis de una poligonal cerrada de enlace.	71
Figura 26. Croquis de una poligonal de ida y vuelta.	75
Figura 27. Taquimetría.....	82
Figura 28. Curvas de nivel	82
Figura 29. Taquimetría sencilla.....	84
Figura 30. Taquimetría con teodolito.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla taquimétrica	28
Tabla 2. Registro de campo	33
Tabla 3. Registro de gabinete 1	41
Tabla 4. Registro de gabinete 2	42
Tabla 5. Conversión de azimuts a rumbos	49
Tabla 6. Registro de campo N°1. (Poligonal cerrada de rodeo).....	64
Tabla 7. Registro de campo N.º 2. (Poligonal cerrada de enlace).....	71
Tabla 8. Registro de campo N.º 3. (Poligonal cerrada de ida y vuelta).....	75
Tabla 9. Registro de campo en taquimetría	86

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA

Podemos considerar a la topografía como la disciplina que se presenta en nuestro diario vivir, pues en sus aplicaciones se necesita información sobre el área del lugar donde se llevarán a cabo determinadas actividades.

Dentro de las obras civiles y en muchos otros campos, la topografía constituye un elemento indispensable.

1.1. Breve reseña histórica

Antes de comenzar a enunciar conceptos y métodos de cálculo en esta Disciplina se considera importante el conocer un poco acerca de su historia para afianzar estos elementos teóricos y además enriquecer un poco el espectro cultural hacia la ciencia.

Se puede plantear que la ciencia madre de la Topografía es la Geodesia, la cual surgió en la civilización egipcia, muchos años A.N.E.; es una palabra de origen griego cuyo significado quiere decir división de la tierra (gi- tierra, daisia- división) y que es, por tanto, la ciencia físico-matemático que tiene por objetivo determinar la precisión relativa de puntos en la superficie de la tierra, con objetivo del conocimiento de su figura y dimensión.

A la Topografía la podemos plantear como la rama de las Ciencias Geodésicas, que tiene por objetivo el estudio de los métodos necesarios para llegar a representar un terreno con todos sus detalles naturales o creados por el hombre, así como el conocimiento de los instrumentos para llevar a cabo estos fines.

De estas definiciones generales ya podemos ir sacando una diferencia fundamental entre ambos conceptos y es, en lo fundamental, el alcance territorial que tiene cada una de ellas. La Geodesia se ocupa de conocer la figura y dimensiones de la tierra a su grado máximo de alcance; sin embargo, la Topografía se ocupa del estudio de los métodos y los instrumentos para lograr representaciones de terreno relativamente pequeñas en comparación con la Geodesia.

Retomando los aspectos de carácter histórico podemos prácticamente afirmar que fueron los egipcios quienes comenzaron en la antigüedad los trabajos geodésicos ya que estos para ellos fue una necesidad, pues sufrían sistemáticamente el azote de las crecidas del río Nilo, el cual en su arrastre destruía los límites de propiedad, etc., y era necesario restituirlos en su lugar de origen; también ha quedado probado por la historia que el gran desarrollo constructivo que lograron los egipcios no hubiera sido posible sin el uso de algunas técnicas de medición, como lo fue la gran pirámide

de 232.75m de lado y 1440.19m de alto en la cual obtuvieron grandes éxitos en sus procesos constructivos y de orientación, cometiendo errores en sus mediciones del orden de los 21mm en cuanto a la horizontalidad y $4^{\circ}30'00''$ en su orientación así como de $12''$ en los ángulos rectos, resultados que aun hoy investigan por su vigencia en la época contemporánea.

También prueba el desarrollo de los egipcios desde épocas muy antiguas el hecho de que fue en Egipto donde se formaron grandes hombres de ciencia como Tales de Mileto, Pitágoras, Euclides (600 A.N.E.), etc.

Es atribuible a los egipcios la división sexagesimal (360°) y la creación del codo real de 524mm. El primer plano agrimétrico fue hecho por los egipcios con una antigüedad de 3800 años A.N.E., y el más antiguo conocido.

Los trabajos de precisión de Geodesia comenzaron 1617 impulsados por el holandés Snellius. Los trabajos geodésicos a gran escala comenzaron en esta fecha con el levantamiento topográfico de la India, posteriormente siguieron en Alemania en el período de 1824-1844, en la URSS se desarrollaron en 1855 y en EE.UU. en 1871.

En el país, estos trabajos comenzaron en 1946 dirigidos por los Estados Unidos, determinándose las coordenadas geográficas de varios puntos de la costa entre ellos San Antonio, la Habana, Nuevitas, Maisí y Cienfuegos.

Posterior al triunfo de la Revolución se creó un organismo para dar respuesta a los trabajos topogeodésicos que se denominó ICGC y que en la actualidad es el Instituto GEOCUBA, el cual está adscrito a las FAR y trabaja de acuerdo a las necesidades del desarrollo económico del país.

1.2. Límites de la topografía

En el apartado anterior, cuando se hace referencia a las definiciones de Geodesia y Topografía, resalta una distinción entre ambas en cuanto a la extensión que abarcan sus trabajos, por lo que es lógico pensar que en los trabajos geodésicos va a influir la curvatura de la tierra mientras en la Topografía no sucede así, con excepción de la altimetría donde la curvatura terrestre produce una influencia mayor de error en los resultados de las mediciones efectuadas, por esta razón, cuando se trate lo referente a las alturas o relieve en esta asignatura se hará referencia a los diferentes errores que pueden incidir en este proceso y en específico al error por curvatura terrestre.

Sobre las aplicaciones de la Topografía en la Ingeniería Civil se puede plantear que está presente en el 100% de las obras que se vayan a ejecutar, ya que la primera

fase a realizar para la construcción de una obra es el proyecto arquitectónico y se hace basado en un plano topográfico del lugar de ejecución. Luego se hace el movimiento de tierra, primero en los proyectos, sobre el plano topográfico, llevándose posteriormente al terreno por métodos topográficos y se comprueban, a continuación se hace el replanteo de dicha obra, es decir, llevar la obra del plano al terreno, auxiliándose también de métodos topográficos. Luego, en el proceso ejecutivo también se controla la ejecución con métodos topográficos.

Podemos decir, de forma general, que la Topografía está presente en la Ingeniería Civil, especialmente en las siguientes actividades:

- Confección del plano topográfico.
- Replanteo en el terreno.
- Control de ejecución y explotación de obras.

Ciencias y Letras

