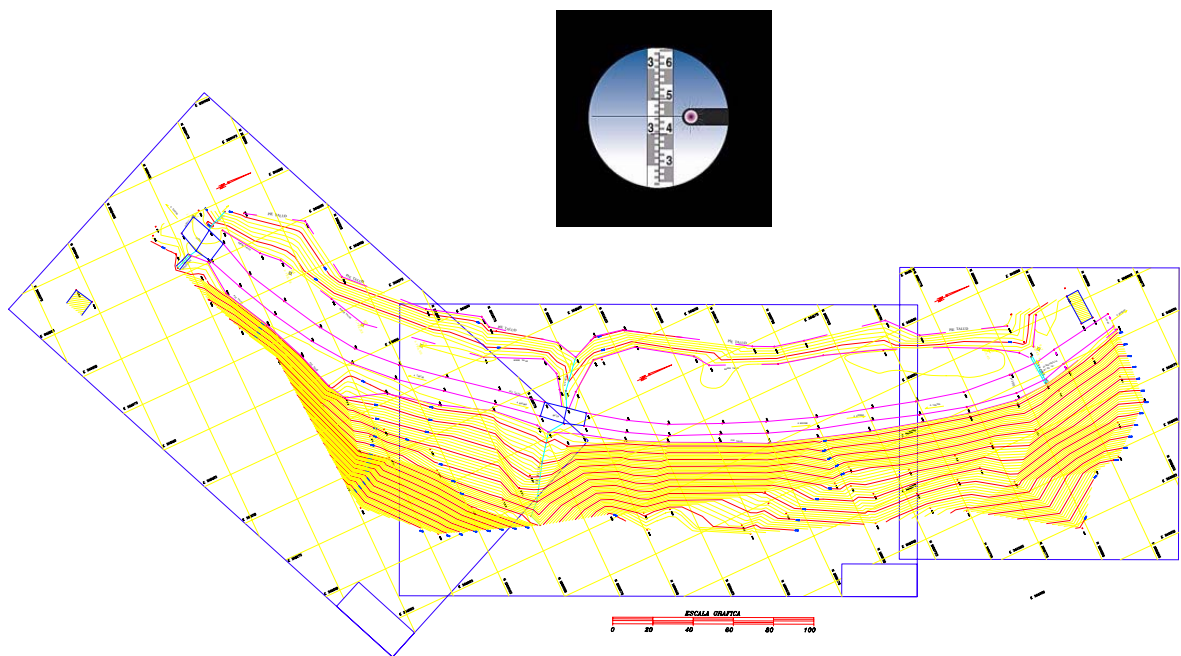




**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE VIAS**

TOPOGRAFIA PLANA



LEONARDO CASANOVA MATERA

MERIDA – 2002

HECHO EL DEPOSITO DE LEY
Depósito Legal lf23720027702059
ISBN 980-11-0672-7

*Impreso en Venezuela / Printed in Venezuela
Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA / Mérida 2002*

PRÓLOGO

Innumerables son las situaciones en las que los ingenieros, arquitectos, geógrafos, geólogos, planificadores y urbanistas necesitan conocer con cierta exactitud, la forma y tamaño de un determinado sector de la superficie terrestre.

Dos diferentes disciplinas se ocupan de la medición y representación de la superficie terrestre. La GEODESIA, que se encarga de estudiar grandes extensiones de tierra y la cual considera a la tierra como un elipsoide de revolución, y la TOPOGRAFÍA, que se dedica a extensiones más pequeñas, considerando la superficie terrestre como una superficie plana. La escogencia del método a utilizar para la representación de la superficie terrestre dependerá de la extensión y finalidad del trabajo.

Siendo que la representación de la superficie terrestre es indispensable en todas y cada una de las fases de cualquier proyecto de ingeniería, y que la mayoría de nuestros proyectos abarcan zonas que pueden considerarse dentro de los límites del campo topográfico, el presente texto se dedica al estudio de la TOPOGRAFÍA PLANA y sus aplicaciones en algunos de los campos de la ingeniería civil.

EL AUTOR

Mérida, 2002

DEDICATORIA

A Dios y La Virgen

A mis padres Ramón Vicente y Luz Elena

A mi esposa María Stella

A mis hijas María Verónica y María Luciana

A mis hermanos

A mis compañeros del Departamento de Vías

A los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil

A mis amigos

A la Universidad de los Andes

A la Memoria de C. L Miller (1929 – 2000)

INDICE

Pag.

PROLOGO

CAPITULO 1

ELEMENTOS DE GEOMETRÍA Y TRIGONOMETRIA

1.1. Elementos de Geometría	1-1
1.1.1. Sistema de coordenadas rectangulares	1-1
1.1.2. Sistema de coordenadas polares	1-2
1.1.3. Relaciones geométricas entre ambos sistemas	1-3
1.1.4. La recta	1-5
1.1.5. El círculo	1-10
1.1.6. Cálculo de áreas	1-11
1.1.6.1. Área de figuras elementales	1-12
1.1.6.2. Área de un polígono por sus coordenadas	1-13
1.1.6.3. Áreas de superficies irregulares	1-17
1.1.7. Volumen	1-22
1.1.7.1. Volumen de sólidos elementales	1-22
1.1.7.2. Volumen entre secciones transversales	1-24
1.1.7.2.1. Método de las áreas medias	1-24
1.1.7.2.2. Método del prismoide	1-31
1.2. Elementos de Trigonometría	1-35
1.2.1. Ángulos	1-35
1.2.2. Sistemas de medidas angulares	1-36
1.2.2.1. Sistema sexagesimal	1-36
1.2.2.2. Sistema sexadecimal	1-37
1.2.2.3. Sistema centesimal	1-37
1.2.2.4. Sistema analítico	1-38
1.2.2.5. Relaciones entre los diferentes sistemas	1-38
1.2.3. Relaciones trigonométricas fundamentales	1-40
1.2.3.1. Triángulo rectángulo	1-40
1.2.3.2. Triángulo oblicuo	1-42
Problemas Propuestos	1-44

CAPITULO 2

INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

2.1. Instrumentos simples	2-1
2.1.1. Cintas métricas y accesorios	2-1
2.1.2. Escuadras	2-6
2.1.3. Clisímetro	2-7
2.1.4. Brújula	2-7
2.1.5. Miras Verticales	2-9
2.1.6. Miras Horizontales	2-10
2.1.7. Planímetro	2-11

2.2. Instrumentos principales	2-12
2.2.1. Teodolitos	2-12
2.2.2. Teodolitos Electrónicos	2-17
2.2.3. Estación total electrónica	2-17
2.2.4. Estaciones robóticas	2-18
2.2.5. Niveles	2-19
2.2.6. Distanciómetros electrónicos	2-24

CAPITULO 3

MEDICIÓN DE DISTANCIAS

3. Medición de distancias	3-1
3.1. Distancia topográfica	3-1
3.2. Medición de distancias con odómetro	3-2
3.3. Medición de distancias con telémetro	3-3
3.4. Medición de distancias con cintas de acero	3-3
3.4.1. Corrección de errores sistemáticos	3-4
3.4.2. Errores aleatorios	3-12
3.4.3. Errores groseros	3-14
3.4.4. Errores accidentales	3-14
3.5. Medición óptica de distancias	3-14
3.6. Medición de distancias con mira horizontal invar.	3-20
3.7. Medición de distancias con distanciómetros electrónicos	3-22
Problemas propuestos	3-25

CAPITULO 4

MEDICIÓN DE ANGULOS

4. Medición de ángulos	4-1
4.1. Límites del campo topográfico planimétrico	4-2
4.2. Medición de ángulos horizontales por medio de distancias horizontales	4-3
4.2.1. Por la ley del coseno	4-3
4.2.2. Por construcción de triángulo isósceles	4-4
4.3. Medición de ángulos con teodolitos	4-6
4.3.1. Condiciones de exactitud	4-6
4.3.1.1. El eje vertical [VV] debe coincidir con la vertical	4-6
4.3.1.2. El eje horizontal [HH] debe ser perpendicular a [VV]	4-8
4.3.1.3. El eje de colimación [CC] debe ser perpendicular a [HH]	4-10
4.3.1.4. El eje vertical [VV] debe pasar por el centro del círculo horizontal [O]	4-11
4.3.1.5. El eje de colimación [CC] debe cortar a [VV]	4-12
4.3.1.6. Intervalos de los círculos graduados con igual amplitud	4-14
4.3.1.6.1 Método de repetición	4-15
4.3.1.6.2 Método de reiteración	4-17
4.3.1.7. El eje de colimación [CC] y el eje del nivel tórico deben ser paralelos	4-18

4.4. Sistemas de lectura de círculos graduados	4-20
4.4.1. Sistema de Nonio o Vernier	4-20
4.4.2. Otros sistemas de lectura	4-22
Problemas propuestos	4-23

CAPITULO 5

PROCEDIMIENTOS TOPOGRAFICOS

5. Procedimientos topográficos	5-1
5.1. Poligonales	5-1
5.1.1. Cálculo y compensación de poligonales	5-3
5.1.1.1. Cálculo y compensación del error de cierre angular	5-4
5.1.1.2. Ley de propagación de los acimutes	5-5
5.1.1.3. Cálculo de las proyecciones de los lados	5-7
5.1.1.4. Cálculo del error de cierre lineal	5-8
5.1.1.5. Compensación del error lineal	5-10
5.1.1.5.1. Método de la brújula	5-10
5.1.1.6. Cálculo de las coordenadas de los vértices	5-11
5.2. Triangulación	5-20
5.2.1. Consistencia de los triángulos	5-22
5.2.2. Compensación de triángulos	5-22
5.2.2.1. Compensación de una red de triángulos	5-22
5.2.2.1.1. Condición angular	5-22
5.2.2.1.2. Condición de lado	5-22
5.2.2.2. Compensación de un cuadrilátero	5-25
5.2.2.2.1. Condición angular	5-25
5.2.2.2.2. Condición de lado	5-25
Problemas propuestos	5-29

CAPITULO 6

NIVELACION

6. Nivelación	6-1
6.1. Forma de la Tierra	6-1
6.2. Curvatura y refracción	6-3
6.3. Nivelación trigonométrica	6-6
6.4. Nivelación taquimétrica	6-9
6.5. Nivelación Geométrica	6-11
6.5.1. Nivelación geométrica simple desde el extremo	6-11
6.5.2. Nivelación geométrica simple desde el medio	6-13
6.5.3. Nivelación geométrica compuesta desde el medio	6-14
6.6. Nivelación de perfiles	6-16
6.7. Control de nivelaciones	6-18
6.7.1. Error de cierre	6-18
6.7.2. Tolerancia del error de cierre	6-19
6.7.3. Compensación de nivelaciones	6-20

6.7.3.1. Compensación proporcional a la distancia	6-20
6.7.3.2. Compensación sobre los puntos de cambio	6-21
6.8. Cálculo y ajuste del error de inclinación	6-24
Problemas propuestos	6-26

CAPITULO 7

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

7. Levantamientos topográficos	7-1
7.1. Métodos taquimétricos	7-1
7.1.1. Con teodolito y mira vertical	7-1
7.1.2. Con estación total	7-8
7.2. Representación gráfica del relieve del terreno	7-10
7.2.1. El plano acotado	7-10
7.2.2. Las curvas de nivel	7-12
7.2.2.1. Equidistancia	7-12
7.2.3. Métodos para la determinación de las curvas de nivel	7-13
7.2.3.1. Método analítico	7-13
7.2.3.2. Método gráfico	7-15
7.2.4. Características de las curvas de nivel	7-19
7.3. Levantamiento y representación de superficies	7-21
7.3.1. Método de la cuadrícula	7-21
7.3.2. Método de radiación	7-22
7.3.3. Método de secciones transversales	7-23
Problemas propuestos	7-26

CAPITULO 8

REPRESENTACIÓN DE PLANOS

8. Presentación de planos	8-1
8.1. Escalas	8-1
8.1.1. Manejo de Escalas	8-3
8.2. Elaboración de planos	8-5
Problemas propuestos	8-10

CAPITULO 9

APLICACIONES DE LAS CURVAS DE NIVEL

9. Aplicaciones de las curvas de nivel	9-1
9.1. Cálculo de pendientes	9-1
9.2. Trazado de líneas de pendiente constante	9-4
9.3. Cálculo de la cota de un punto	9-6
9.4. Perfiles, secciones y cálculo de volúmenes a partir de las curvas de nivel	9-7

9.4.1. Perfiles longitudinales	9-7
9.4.2. Secciones transversales	9-8
9.4.3. Cálculo de volúmenes a partir de las secciones transversales	9-11
9.5. Topografía modificada	9-19
9.6. Cálculo de volumen de almacenamiento de agua en represas o embalses a partir de las curvas de nivel	9-22
Problemas propuestos	9-25

CAPITULO 10

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (G.P.S.)

10. Sistema de posicionamiento global	10-1
10.1. Fundamentos	10-2
10.1.1. Trilateración satelital	10-2
10.1.2. Medición de distancia desde los satélites	10-3
10.1.3. Precisión en la medida del tiempo	10-4
10.1.4. Posicionamiento del satélite	10-4
10.1.5. Corrección de errores	10-5
10.1.5.1. Errores propios del satélite	10-5
10.1.5.2. Errores originados por el medio de propagación	10-6
10.1.5.3. Errores en la recepción	10-6
10.2. Componentes del sistema G.P.S.	10-7
10.2.1. El segmento usuario	10-8
10.2.2. El segmento espacial	10-9
10.3. Precisiones con G.P.S.	10-9
10.4. Sistemas de coordenadas	10-10
10.5. Sistemas de proyecciones	10-11
10.6. Aplicaciones de los G.P.S.	10-11

