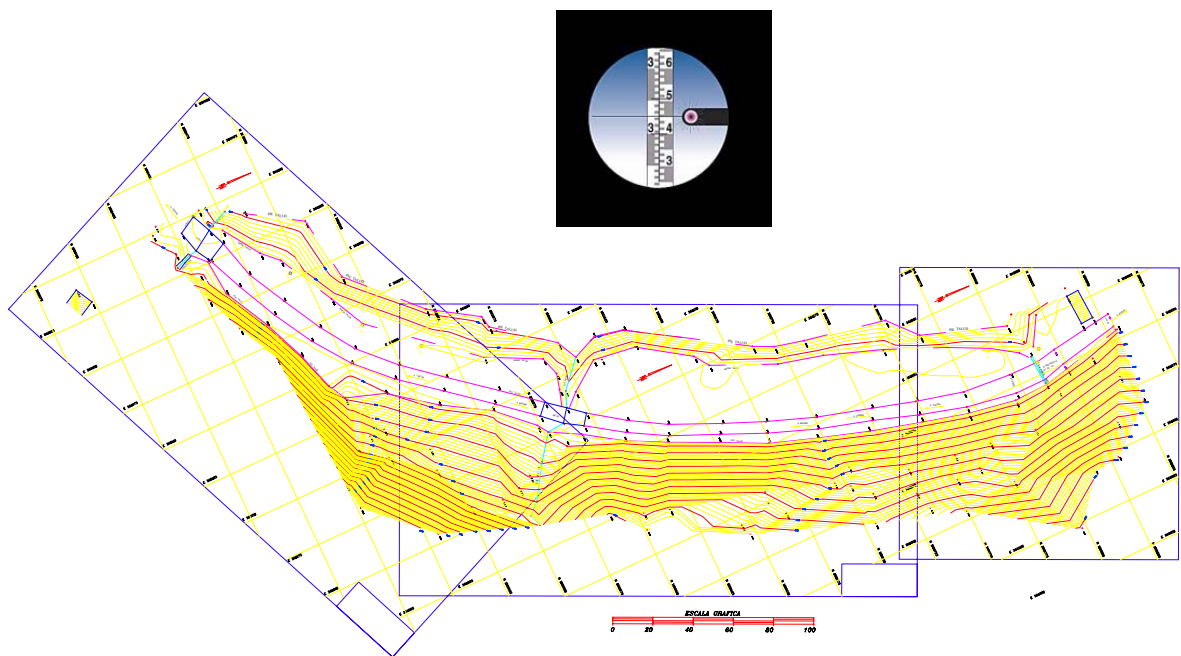




UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE VIAS

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

| | <i>Pag.</i> |
|--|---|
| 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 |

