

TOPOGRAFÍA

CONCEPTOS Y APLICACIONES

MARIO ARTURO RINCÓN VILLALBA
WILSON ERNESTO VARGAS VARGAS
CARLOS JAVIER GONZÁLEZ VERGARA

Vargas Vargas, Wilson Ernesto, autor

Topografía : conceptos y aplicaciones / Wilson Ernesto Vargas Vargas, Mario Arturo Rincón Villalba, Carlos Javier González Vergara -- Segunda edición -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2023.

337 páginas. -- (Ingeniería y afines. Ingeniería civil)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-503-641-3 (impreso) -- 978-958-503-642-06 (e-book)

1. Topografía 2. Ingeniería civil I. Rincón Villalba, Mario Arturo, autor II. González Vergara, Carlos Javier, autor

CDD: 526.3 ed. 23

CO-BoBN- a1112492



Área: Ingeniería y afines

Subárea: Ingeniería civil

ECOE
EDICIONES

© Mario Arturo Rincón Villalba
© Wilson Ernesto Vargas Vargas
© Carlos Javier González Vergara

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32 - Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Segunda edición: Bogotá, marzo del 2023

ISBN: 978-958-503-641-3
e-ISBN: 978-958-503-642-0

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Editora júnior de adquisiciones: Alejandra Cely R.
Corrección de estilo: Andrés Caro
Diagramación: Nicolás Bello
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y digital
Carrera 69 H # 77 - 40

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	1
1.1 Topografía.....	1
1.1.1 Representación de puntos en topografía.....	1
1.2 Operaciones topográficas.....	2
1.2.1 Levantamiento topográfico.....	2
1.2.2 Replanteo.....	2
1.2.3 Control.....	3
1.3 Tipos de levantamientos.....	3
1.4 Mediciones en topografía.....	3
1.4.1 Unidades de medición angular.....	4
1.4.2 Unidades de medida de longitud.....	5
1.4.3 Unidades de medida de superficie.....	7
1.4.4 Unidades de medida de volumen.....	8
1.5 Redondeo de números.....	8
1.6 Exactitud y precisión.....	9
1.7 Equipos utilizados en Topografía.....	9
1.7.1 Estación total.....	9
1.7.2 Trípode.....	10
1.7.3 Nivel topográfico.....	11

1.7.4 Mira topográfica.....	11
1.7.5 Prisma	11
1.7.6 Jalones	12
1.7.7 Cinta métrica	13
1.7.8 Plomadas	13
CAPÍTULO 2. LEVANTAMIENTOS CON CINTA Y BRÚJULA	15
2.1 Levantamiento con cinta.....	15
2.1.1 Medición de distancias con cinta	15
2.1.2 Medición de ángulos con cinta.....	18
2.1.3 Cálculo de áreas por figuras geométricas	20
2.1.4 Levantamiento con cinta método de izquierdas y derechas	22
2.1.5 Levantamiento con cinta método de medidas a dos puntos	27
2.2 Levantamiento con cinta y brújula	32
2.2.1 Ejercicio práctico.....	34
2.3 Ejercicios planteados	40
CAPÍTULO 3. ÁNGULOS Y COORDENADAS.....	41
3.1 Ángulos	41
3.1.1 Rumbo (Rb)	42
3.1.2 Azimut (AZ)	43
3.1.3 Ángulo de deflexión.....	43
3.2 Coordenadas.....	44
3.2.1 Coordenadas arbitrarias.....	47
3.2.2 Coordenadas asifinas.....	48
3.2.3 Coordenadas reales.....	48
3.2.4 Coordenadas rectangulares.....	48
3.2.5 Coordenadas polares	48
3.3 Conversión de coordenadas	49
3.3.1 Conversión de coordenadas rectangulares a polares.....	49
3.3.2 Conversión de coordenadas polares a rectangulares.....	51
CAPÍTULO 4. RADIACIÓN	53
4.1 Radiación simple.....	53
4.1.1 Definición	53
4.1.2 Aplicaciones	54
4.1.3 Procedimiento en terreno	54
4.1.4 Procedimiento en la oficina.....	55
4.1.5 Ejemplo práctico	55
4.1.6 Cálculos	56
4.2 Radiación doble	60
4.2.1 Definición	60
4.2.2 Aplicaciones	60
4.2.3 Ley de senos	61
4.2.4 Metodología.....	61
4.2.5 Ejemplo.....	62
4.3 Ejercicios planteados	70

CAPÍTULO 5. POLIGONALES	73
5.1 Generalidades.....	73
5.2 Clasificación de las poligonales	74
5.2.1 Poligonal abierta.....	74
5.2.2 Poligonal cerrada.....	75
5.2.3 Poligonal orientada o de azimut directo	76
5.2.4 Poligonal no orientada.....	76
5.3 Ajustes y compensaciones.....	78
5.3.1 Error de cierre angular	78
5.3.2 Errores de cierre en distancia	80
5.3.3 Precisión de la poligonal	80
5.4 Métodos de ajuste	80
5.4.1 Método de brújula o de Bowditch.....	80
5.4.2 Método de tránsito.....	81
5.4.3 Método de Crandall.....	81
5.4.4 Método de variación de coordenadas.....	82
5.4.5 Ajuste por mínimos cuadrados	83
CAPÍTULO 6. POLIGONAL ABIERTA	85
6.1 Definición	85
6.2 Levantamiento: poligonal abierta método ceros atrás.....	86
6.2.1 Metodología.....	86
6.2.2 Ejercicio: poligonal abierta por ceros atrás.....	87
6.3 Poligonal abierta por azimut directo.....	90
6.3.1 Metodología.....	90
6.3.2 Ejercicio poligonal abierta por azimut directo.....	92
6.4 Ejercicio planteado	96
CAPÍTULO 7. POLIGONAL CERRADA	97
7.1 Definición	97
7.2 Aplicaciones.....	97
7.3 Metodología.....	97
7.3.2 Trabajo en oficina.....	98
7.4 Ejercicio práctico	99
7.4.1 Ajuste de la poligonal por método de brújula	100
7.4.2 Ajuste de la poligonal por método de tránsito	105
7.4.3 Ajuste de la poligonal por método de Crandall	107
7.4.4 Ajuste de la poligonal por método de variación de coordenadas por el número de lados	110
7.4.5 Ajuste de la poligonal por método de variación de coordenadas por el perímetro.....	112
7.4.6 Ajuste de la poligonal por método de mínimos cuadrados.....	114
7.4.7 Cálculo de los detalles	118
7.5 Ejercicio planteado	120
CAPÍTULO 8. POLIGONAL PUNTO A PUNTO	123
8.1 Metodología.....	125

8.1.1 Trabajo de campo	125
8.1.2 Trabajo de oficina.....	125
8.2 Ejercicio: poligonal abierta por ceros atrás corrigiendo ángulos	126
8.2.1 Cálculos	127
8.3 Ejercicio: poligonal punto a punto por ceros atrás corrigiendo azimuts	134
8.3.1 Cálculos	136
8.4 Poligonal controlada en cada delta.....	143
8.4.1 Aplicaciones y ventajas	143
8.4.2 Metodología	144
8.4.3 Ejercicio práctico.....	145
8.5 Ejercicio planteado	152
CAPÍTULO 9. LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS.....	155
9.1 Tipos de replanteo	156
9.1.1 Replanteo para obras puntuales	156
9.1.2 Replanteo para obras lineales	158
9.1.3 Control vertical.....	161
CAPÍTULO 10. CÁLCULO DE ÁREAS	163
10.1 Definición.....	163
10.2 Métodos de cálculo de áreas.....	164
10.2.1 Método de las figuras geométricas	164
10.2.2 Método de las coordenadas	170
10.2.3 Método de la herramienta CAD	174
10.2.4 Método gráfico del planímetro.....	178
10.2.5 Método gráfico de la malla de puntos	180
10.2.6 Método gráfico del papel milimetrado.....	183
CAPÍTULO 11. ALTIMETRÍA, CONCEPTOS GENERALES.....	185
11.1 Altimetría.....	185
11.2 Altura o cota.....	186
11.3 Tipos de nivelación.....	186
11.4 Equipos empleados en nivelación	187
11.4.1 Teodolito	187
11.4.2 Nivel	188
11.4.3 Mira.....	189
11.4.4 Nivel de mano (nivel Locke).....	189
11.4.5 Nivel Abney.....	189
11.4.6 Altimetro	190
11.4.7 Equipo menor y materiales.....	190
11.5 Precisión en altimetría	190
11.5.1 Error permitido en nivelación.....	190
CAPÍTULO 12. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA O DIFERENCIAL.....	193
12.1 Equipos para nivelación geométrica	193
12.2 Errores en nivelación geométrica	194
12.3 Nivelación geométrica simple.....	195

12.3.1 Ejemplo de nivelación geométrica simple	196
12.4 Nivelación geométrica compuesta.....	197
12.4.1 Procedimiento para nivelaciones geométricas compuestas	198
12.5 Circuito de nivelación por diferentes cambios	198
12.5.1 Ejemplo práctico: circuito de nivelación por diferentes cambios.....	199
12.5.2 Ejercicio propuesto: circuito de nivelación por diferentes cambios.....	203
12.6 Circuito de nivelación por los mismos cambios.....	203
12.6.1 Ejemplo práctico: circuito de nivelación por los mismos cambios	204
12.6.2 Ejercicio práctico: circuito de nivelación por los mismos cambios.....	208
CAPÍTULO 13. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.....	209
13.1 Definición	209
13.2 Usos	210
13.3 Metodología	210
13.3.1 Trabajo en campo.....	210
13.3.2 Trabajo en oficina.....	211
13.4 Tipos de nivelación trigonométrica	212
13.4.1 Nivelación trigonométrica simple	212
13.4.2 Nivelación trigonométrica compuesta	217
13.5 Ejercicio propuesto	225
CAPÍTULO 14. NIVELACIÓN DE LÍNEAS (PERFILES)	227
14.1 Concepto.....	227
14.2 Perfil longitudinal.....	228
14.2.1 Métodos de materialización de ejes.....	228
14.2.2 Ejemplo práctico	230
14.3 Perfiles o secciones transversales.....	234
14.3.1 Nivelación de los perfiles transversales.....	234
14.3.2 Ejemplo práctico	237
14.4 Ejercicio propuesto	241
CAPÍTULO 15. MODELOS DIGITALES DE TERRENO	243
15.1 Curvas de nivel.....	244
15.1.1 Características de las curvas de nivel	244
15.1.2 Equidistancia de las curvas de nivel	245
15.2 Breaklines o divisorias de aguas	246
15.3 Análisis con Modelos Digitales de Terreno.....	248
15.3.1 Interpretación de las curvas.....	248
15.3.2 Mapa de pendientes	249
15.3.3 Mapa de elevaciones	249
15.3.4 Mapa de direcciones de pendiente.....	250
15.3.5 Mapa de cuencas	250
CAPÍTULO 16. NIVELACIÓN DE SUPERFICIES	253
16.1 Generalidades.....	253
16.2 Nivelación por radiación	253
16.3 Nivelación por cuadrícula	263

16.4 Método de nivelación trigonométrica – puntos de quiebre.....	271
16.5 Ejercicios planteados	283
CAPÍTULO 17. MOVIMIENTO DE TIERRAS	289
17.1 Concepto.....	289
17.2 Método de perfiles consecutivos o secciones transversales	289
17.2.1 Diseño de la rasante.....	289
17.2.2 Cálculo del área en la sección transversal.....	292
17.2.3 Cálculo de la cubicación	298
17.3 Método de las curvas de nivel.....	303
CAPÍTULO 18. PLANOS TOPOGRÁFICOS	307
18.1 Información en planos topográficos	310
18.2 Elaboración de planos correspondientes a levantamientos topográficos	314
CAPÍTULO 19. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL	315
19.1 Segmentos del sistema GPS.....	316
19.1.1. Segmento espacial	316
19.1.2. Segmento Control Tierra	317
19.1.3. Segmento de Usuarios	317
19.2 Constelaciones satelitales.....	319
19.2.1 Constelación GPS (Antigua Navstar).....	319
19.2.2 Constelación GLONASS	320
19.2.3 Constelación GALILEO	321
19.3 Métodos de posicionamiento GPS	322
19.3.1 Posicionamiento estático relativo	323
19.3.2 Posicionamiento estático relativo rápido	323
19.3.3 Posicionamiento cinemático relativo	324
19.3.4 Posicionamiento cinemático STOP & GO.....	324
19.3.5 Posicionamiento en tiempo real (RTK)	325
19.4 Procesamiento de datos GPS.....	326
19.4.1 Planeación.....	326
19.4.2 Toma de datos.....	328
19.4.3 Postproceso	328
REFERENCIAS	339

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Representación de puntos	2
Figura 2.	Distancias en topografía.....	4
Figura 3.	Precisión	9
Figura 4.	Estación total	10
Figura 5.	Trípode	10
Figura 6.	Nivel	11
Figura 7.	Mira.....	11
Figura 8.	Prisma	12
Figura 9.	Jalones.....	12
Figura 10.	Cinta métrica o flexómetro.....	13
Figura 11.	Plomada.....	13
Figura 12.	Medidas con cinta en terreno plano	16
Figura 13.	Medidas seccionadas con cinta en terreno plano.....	16
Figura 14.	Medidas con cinta en terreno inclinado.....	17
Figura 15.	Medidas seccionadas con cinta en terreno inclinado.....	17
Figura 16.	Medidas con cinta en terreno inclinado con obstáculos.....	18
Figura 17.	Perpendicular con cinta, método del radio	18
Figura 18.	Perpendicular con cinta, método del triángulo rectángulo.....	19
Figura 19.	Perpendicular con escuadras	19

Figura 20. Fórmula para ángulos con cinta	19
Figura 21. Carteras de campo: levantamiento con cinta.....	23
Figura 22. Carteras de campo: levantamiento con cinta.....	24
Figura 23. Área por figuras geométricas.....	26
Figura 24. Distancias izquierdas y derechas al restaurante	27
Figura 25. Distancias al punto 10.....	28
Figura 26. Carteras de campo: levantamiento con cinta, método distancias a dos puntos	29
Figura 27. Carteras de campo: levantamiento con cinta, método distancias a dos puntos	30
Figura 28. Ejercicio planteado: levantamiento con cinta.....	31
Figura 29. Ejercicio planteado: levantamiento con cinta.....	32
Figura 30. Azimut	33
Figura 31. Rumbo	33
Figura 32. Carteras de campo: levantamiento con cinta y brújula.....	35
Figura 33. Carteras de campo: levantamiento con cinta y brújula.....	36
Figura 34. Azimuts tomados en campo	38
Figura 35. Atracción local de cada línea del polígono	38
Figura 36. Atracción local de cada línea del polígono	39
Figura 37. Ejercicio: medición con cinta.....	40
Figura 38. Ángulo	42
Figura 39. Nomenclatura de los cuadrantes	42
Figura 40. Rumbo	43
Figura 41. Azimut	43
Figura 42. Ángulo de deflexión.....	44
Figura 43. Proyecciones cartográficas	46
Figura 44. Orígenes de las coordenadas planas de Gauss en Colombia	47
Figura 45. Coordenadas	48
Figura 46. Coordenadas polares	49
Figura 47. Coordenadas rectangulares a polares	50
Figura 48. Definición de cuadrante en función del signo de las diferencias de norte y este	50
Figura 49. Signo del ángulo θ	51
Figura 50. Coordenadas rectangulares a polares	52
Figura 51. Radiación simple de un lote.....	53
Figura 52. Equipos empleados en levantamientos por radiación simple	54
Figura 53. Imagen del predio a levantar	56
Figura 54. Cartera de campo: levantamiento por radiación sencilla	57

Figura 55. Cartera de campo: levantamiento por radiación sencilla	58
Figura 56. Radiación doble.....	60
Figura 57. Ley de senos	61
Figura 58. Glorieta a ser levantada y ubicación de la base medida.....	62
Figura 59. Radiación doble en la glorieta	63
Figura 60. Cartera de campo: radiación desde D2	64
Figura 61. Cartera de campo: radiación desde D2 y D3.....	65
Figura 62. Cartera de Campo: radiación desde D3	66
Figura 63. Ángulos del triángulo para el punto 4.....	67
Figura 64. Levantamiento con poligonales.....	74
Figura 65. Poligonal abierta.....	75
Figura 66. Poligonal de circuito cerrado.....	75
Figura 67. Poligonal de línea cerrada	76
Figura 68. Poligonal orientada	76
Figura 69. Poligonal por ceros atrás externos	77
Figura 70. Poligonal por ceros atrás internos.....	77
Figura 71. Poligonal por deflexiones.....	78
Figura 72. Ángulos internos de una poligonal.....	79
Figura 73. Ángulos externos de una poligonal	79
Figura 74. Poligonal con brazo interno.....	80
Figura 75. Poligonal abierta.....	85
Figura 76. Cartera de campo	87
Figura 77. Cartera de Campo	92
Figura 78. Ejercicio planteado: poligonal abierta	96
Figura 79. Ejercicio práctico: poligonal cerrada	99
Figura 80. Ejercicio práctico: poligonal cerrada	100
Figura 81. Ejercicio planteado: poligonal cerrada	120
Figura 82. Ejercicio planteado: poligonal cerrada	121
Figura 83. Poligonal punto a punto	123
Figura 84. Poligonal punto a punto con dos puntos de apoyo.....	124
Figura 85. Poligonal punto a punto con tres puntos de apoyo.....	124
Figura 86. Poligonal punto a punto con cuatro puntos de apoyo.....	124
Figura 87. Ejercicio poligonal punto a punto	126
Figura 88. Ejercicio: poligonal punto a punto.....	127
Figura 89. Ángulos medidos y ángulo proyectado.....	129
Figura 90. Ángulos externos del polígono (incluido el ángulo en proyecciones)	129
Figura 91. Ejercicio poligonal punto a punto (para corregir azimuts)	135

Figura 92. Ejercicio poligonal punto a punto (para corregir azimuts)	136
Figura 93. Poligonal controlada en cada delta	143
Figura 94. Cartera de campo	145
Figura 95. Cartera de campo	146
Figura 96. Cartera de campo	152
Figura 97. Cartera de campo	153
Figura 98. Planta de bodega	157
Figura 99. Tramo vial	159
Figura 100. Tramo vial para control vertical	162
Figura 101. Unidades de área	164
Figura 102. Área a levantar	166
Figura 103. División del terreno en figuras geométricas	166
Figura 104. Cartera de campo: levantamiento con cinta	168
Figura 105. Cartera de campo: levantamiento con cinta	169
Figura 106. Coordenadas de la edificación - Numeración de puntos.....	171
Figura 107. Poligonal que une los puntos de la edificación de la Figura 106.....	174
Figura 108. Comando AREA en la barra de comandos.....	175
Figura 109. Comando AREA, opción Object, selección del polígono.....	175
Figura 110. Área del polígono	175
Figura 111. Selección de puntos del polígono bajo el comando AREA.....	176
Figura 112. Área del polígono	176
Figura 113. Comando LIST	177
Figura 114. Área de la poligonal con el comando LIST	178
Figura 115. Planímetro rodante	178
Figura 116. Ubicación de los brazos del planímetro	179
Figura 117. Recorrido para el cálculo del área por planímetro polar	179
Figura 118. Cálculo del área por planímetro rodante	180
Figura 119. Malla de puntos	181
Figura 120. Área por malla de puntos.....	182
Figura 121. Conteo de puntos en el área.....	182
Figura 122. Diferentes ubicaciones de la malla sobre el área	183
Figura 123. Área con papel milimetrado	183
Figura 124. Posiciones diferentes para el conteo de puntos	184
Figura 125. Cota o altura.....	186
Figura 126. Teodolito.....	188
Figura 127. Nivel	188
Figura 128. Mira.....	189

Figura 129. Nivel Locke.....	189
Figura 130. Nivel Abney.....	189
Figura 131. Altimetro	190
Figura 132. Nivelación geométrica simple.....	195
Figura 133. Cartera de campo: nivelación geométrica simple	196
Figura 134. Nivelación geométrica compuesta	198
Figura 135. Ejercicio: circuito de nivelación por diferentes cambios.....	199
Figura 136. Ejercicio: circuito de nivelación por diferentes cambios.....	200
Figura 137. Ejercicio propuesto: circuito de nivelación por diferentes cambios	203
Figura 138. Ejercicio: circuito de nivelación por los mismos cambios	204
Figura 139. Ejercicio: circuito de nivelación por los mismos cambios	205
Figura 140. Ejercicio: circuito de nivelación por los mismos cambios	208
Figura 141. Diagrama general de la nivelación trigonométrica.....	210
Figura 142. Ángulo cenital mayor a 90 grados	212
Figura 143. Cartera de campo	213
Figura 144. Cartera de campo	214
Figura 145. Cartera de campo	219
Figura 146. Cartera de campo	220
Figura 147. Cartera de campo	221
Figura 148. Cartera de campo	222
Figura 149. Ejercicio propuesto: cartera de campo	225
Figura 150. Ejercicio propuesto: cartera de campo	226
Figura 151. Perfil topográfico.....	227
Figura 152. Tipo de perfiles.....	228
Figura 153. Materialización del eje por distancias fijas	229
Figura 154. Materialización del eje por puntos de quiebre	229
Figura 155. Problemas en el método de distancias fijas.....	230
Figura 156. Materialización del eje por método mixto.....	230
Figura 157. Cartera de campo: nivelación perfil 1.....	231
Figura 158. Cartera de campo: nivelación perfil 2.....	232
Figura 159. Dibujo perfil escala 1:1	234
Figura 160. Perfil escala a décupla.....	234
Figura 161. Escuadra óptica	235
Figura 162. Escuadra de agrimensor	235
Figura 163. Trazo de perpendiculares en línea recta.....	236
Figura 164. Trazo de perpendiculares en las curvas.....	236
Figura 165. Nivelación de secciones transversales	237

Figura 166. Nivelación de secciones transversales con cambios.....	237
Figura 167. Cartera de campo de nivelación de secciones	238
Figura 168. Sección transversal.....	240
Figura 169. Nivelación de un perfil.....	241
Figura 170. Nivelación secciones transversales.....	242
Figura 171. Modelo digital del terreno.....	243
Figura 172. Curvas de nivel de un modelo digital del terreno.....	244
Figura 173. Curvas de nivel de un modelo digital del terreno.....	245
Figura 174. Curvas de nivel sobre un vía sin aplicar breaklines.....	246
Figura 175. Líneas de triangulación o interpolación sin breaklines	247
Figura 176. Líneas de triangulación o interpolación con breaklines	247
Figura 177. Curvas de nivel sobre un vía aplicando breaklines.....	248
Figura 178. Curvas de nivel en corrientes de agua y en filos de montaña.....	248
Figura 179. Mapa de pendientes	249
Figura 180. Mapa de elevaciones	250
Figura 181. Mapa de direcciones de pendiente.....	250
Figura 182. Mapa de cuencas	251
Figura 183. Radiación. Ubicación de las visuales	254
Figura 184. Materialización de puntos de quiebre.....	254
Figura 185. Medición de ángulos y distancias.....	255
Figura 186. Cartera de la radiación	256
Figura 187. Cartera de la nivelación.....	258
Figura 188. Interpolación entre los puntos 21 - 22.....	260
Figura 189. Ubicación de las cotas cerradas.....	262
Figura 190. Plano topográfico	263
Figura 191. Terreno a nivelar.....	264
Figura 192. Coordenadas de la cuadrícula	264
Figura 193. Cuadrícula y equipo para nivelación.....	265
Figura 194. Dimensiones de una cuadrícula.....	268
Figura 195. Líneas y diagonales de la cuadrícula.....	269
Figura 196. Ubicación de puntos para curvas de nivel en la cuadrícula	270
Figura 197. Trazado de las curvas de nivel	271
Figura 198. Cartera de campo	272
Figura 199. Cartera de campo	273
Figura 200. Cartera de campo	274
Figura 201. Cartera de nivelación.....	275
Figura 202. Ubicación de los puntos por coordenadas y generación de los triángulos.....	280

Figura 203. Creación de la superficie en Civil 3D	281
Figura 204. Creación de los puntos en la plataforma Civil 3D	281
Figura 205. Definición de la superficie por puntos en la plataforma Civil 3D	282
Figura 206. Puntos en la plataforma Civil 3D	282
Figura 207. Modelo Digital de Terreno - MDT en la plataforma Civil 3D	283
Figura 208. Nivelación de un terreno por radiación	284
Figura 209. Nivelación de un terreno por radiación	285
Figura 210. Nivelación de terrenos por puntos de quiebre	287
Figura 211. Nivelación de terrenos por puntos de quiebre	288
Figura 212. Perfil y diseño	290
Figura 213. Sección transversal típica	291
Figura 214. Trazo de la rasante en la sección transversal	291
Figura 215. Área del diseño en la sección transversal.....	292
Figura 216. Puntos de la sección transversal.....	293
Figura 217. Área por método de cartera de chaflanes.....	293
Figura 218. Multiplicaciones de la regla de cruces	294
Figura 219. Puntos sección transversal mixta.....	294
Figura 220. Área por método de cartera de chaflanes. Sección mixta.....	295
Figura 221. Multiplicaciones de la regla de cruces	296
Figura 222. Origen cartesiano	296
Figura 223. Multiplicaciones de coordenadas.....	297
Figura 224. Área en CAD.....	298
Figura 225. Sólido entre secciones transversales	298
Figura 226. Prismoide en corte	299
Figura 227. Prismoide en relleno	299
Figura 228. Piramoide	300
Figura 229. Tronco de piramoide.....	300
Figura 230. Sección especial	301
Figura 231. Volumen en secciones: ejemplo.....	301
Figura 232. Área entre curvas de nivel.....	303
Figura 233. Perfil de la zona de proyecto.....	303
Figura 234. Zonas de corte y relleno	304
Figura 235. Formato pliego (medidas en milímetros)	308
Figura 236. Formato medio pliego (medidas en milímetros)	308
Figura 237. Formato A1 (medidas en milímetros).....	309
Figura 238. Formato A2 (medidas en milímetros).....	309
Figura 239. Grilla de coordenadas.....	311
Figura 240. Cuadrícula perfil longitudinal.....	311

Figura 241. Cuadrícula secciones transversales.....	312
Figura 242. Norte dibujada en la planta de un plano topográfico.....	312
Figura 243. Escalas gráficas	313
Figura 244. Convenciones topográficas.....	313
Figura 245. Convenciones topográficas.....	314
Figura 246. Segmentos del sistema GPS	316
Figura 247. GPS de alta precisión	318
Figura 248. GPS de Mano.....	319
Figura 249. Constelación GPS.....	320
Figura 250. Constelación GLONASS.....	321
Figura 251. Constelación GALILEO	322
Figura 252. Tiempos de Rastreo.....	327
Figura 253. Geoportal con tiempos de Rastreo.....	327
Figura 254. Creación de trabajo y definición de especificaciones.....	328
Figura 255. Definición de Datum	329
Figura 256. Definición de parámetros de cálculo.....	329
Figura 257. Cargar datos crudos	330
Figura 258. Acceso ftp Rinex IGAC	330
Figura 259. Cargar RINEX de las bases	331
Figura 260. Visualización de las bases y los puntos.....	331
Figura 261. Visualización tiempos de ocupación	332
Figura 262. Análisis de ruidos en satélites	332
Figura 263. Datos de soluciones semanales.....	333
Figura 264. Efemérides precisas.....	333
Figura 265. Proceso de cálculo.....	334
Figura 266. Coordenadas calculada.....	334
Figura 267. Coordenadas Elipsoidales	335
Figura 268. Cálculo de velocidades	335
Figura 269. Cálculo de Ondulación Geoidal.....	336
Figura 270. Cálculo de Altura Elipsoidal.....	337
Figura 271. Cálculo de cambio de época	337

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ángulos del polígono.....	25
Tabla 2.	Ángulos corregidos.....	25
Tabla 3.	Promedio de las distancias horizontales.....	26
Tabla 4.	Cálculo del área por figuras geométricas.....	26
Tabla 5.	Cálculo de ángulos.....	36
Tabla 6.	Corrección de ángulos.....	37
Tabla 7.	Valores de referencia del CTM-12.....	47
Tabla 8.	Determinación del valor del Azimut.....	51
Tabla 9.	Determinación de los azimuts y proyecciones de los detalles.....	59
Tabla 10.	Ángulos internos de los triángulos y distancia desde D2 a los detalles.....	68
Tabla 11.	Azimuts proyecciones y coordenadas del levantamiento.....	69
Tabla 12.	Ejercicio planteado de radiación simple.....	70
Tabla 13.	Ejercicio planteado de radiación doble.....	71
Tabla 14.	Coordenadas base.....	88
Tabla 15.	Cálculo de azimut de la poligonal.....	88
Tabla 16.	Cálculo de proyecciones de la poligonal.....	89
Tabla 17.	Cálculo de coordenadas de la poligonal.....	89
Tabla 18.	Cálculo de coordenadas de los detalles.....	90
Tabla 19.	Coordenadas base.....	93

Tabla 20.	Cálculo de azimut de la poligonal.....	93
Tabla 21.	Cálculo de proyecciones de la poligonal.....	93
Tabla 22.	Cálculo de coordenadas de la poligonal.....	94
Tabla 23.	Cálculo de coordenadas de los detalles.....	95
Tabla 24.	Ángulos observados.....	101
Tabla 25.	Ajuste de ángulos.....	102
Tabla 26.	Azimut inicial.....	102
Tabla 27.	Cálculos de azimut de los lados de la poligonal.....	102
Tabla 28.	Cálculos de proyecciones.....	103
Tabla 29.	Correcciones de proyecciones acumuladas.....	103
Tabla 30.	Cálculo de proyecciones para cada lado.....	104
Tabla 31.	Ajuste de las proyecciones.....	104
Tabla 32.	Cálculo de coordenadas.....	105
Tabla 33.	Cálculo de proyecciones.....	105
Tabla 34.	Correcciones de proyecciones.....	106
Tabla 35.	Proyecciones corregidas.....	106
Tabla 36.	Coordenadas corregidas.....	107
Tabla 37.	Cálculo de azimuts.....	107
Tabla 38.	Cálculo de proyecciones.....	107
Tabla 39.	Cálculo de variables.....	108
Tabla 40.	Suma algebraica de las tres variables.....	108
Tabla 41.	Correcciones para cada lado.....	109
Tabla 42.	Proyecciones corregidas.....	110
Tabla 43.	Coordenadas corregidas.....	110
Tabla 44.	Cálculo de azimuts.....	110
Tabla 45.	Cálculo de proyecciones.....	111
Tabla 46.	Cálculo de coordenadas.....	111
Tabla 47.	Corrección de coordenadas.....	112
Tabla 48.	Coordenadas corregidas.....	112
Tabla 49.	Cálculos de azimut.....	113
Tabla 50.	Cálculo de proyecciones.....	113
Tabla 51.	Cálculo de coordenadas.....	113
Tabla 52.	Cálculo de correcciones.....	114
Tabla 53.	Cálculo de correcciones corregidas.....	114
Tabla 54.	Cálculo de azimut.....	114
Tabla 55.	Cálculo de proyecciones.....	115
Tabla 56.	Cálculo de coordenadas.....	115
Tabla 57.	Cálculo de senos y cosecos de los azimut de cada línea.....	115

Tabla 58.	Matriz de cálculo	116
Tabla 59.	Matriz A.....	116
Tabla 60.	Recalculo de la poligonal.....	118
Tabla 61.	Nuevo cálculo de la poligonal.....	118
Tabla 62.	Cálculo de detalles	118
Tabla 63.	Coordenadas de los puntos de amarre inicial	128
Tabla 64.	Coordenadas de los puntos de amarre final	128
Tabla 65.	Ángulos del polígono cerrado	129
Tabla 66.	Ángulos corregidos	130
Tabla 67.	Azimuts de la poligonal.....	130
Tabla 68.	Proyecciones de la poligonal.....	131
Tabla 69.	Proyecciones corregidas	132
Tabla 70.	Coordenadas de la poligonal	132
Tabla 71.	Azimut de los detalles.....	133
Tabla 72.	Proyecciones de los detalles	133
Tabla 73.	Cálculo de coordenadas de detalles.....	134
Tabla 74.	Coordenadas de los puntos de amarre inicial	137
Tabla 75.	Coordenadas de los puntos de amarre final	137
Tabla 76.	Ángulos del polígono cerrado	137
Tabla 77.	Azimuts corregidos.....	138
Tabla 78.	Proyecciones de la poligonal.....	138
Tabla 79.	Proyecciones corregidas	140
Tabla 80.	Coordenadas de la poligonal	140
Tabla 81.	Azimut de los detalles.....	141
Tabla 82.	Proyecciones de los detalles	141
Tabla 83.	Cálculo de coordenadas detalles	142
Tabla 84.	Corrección de ángulos.....	147
Tabla 85.	Cálculo de Azimuts.....	147
Tabla 86.	Cálculo de proyecciones.....	148
Tabla 87.	Corrección de proyecciones.....	149
Tabla 88.	Coordenadas de la poligonal	150
Tabla 89.	Precisiones de cada lado.....	151
Tabla 90.	Coordenadas de los detalles.....	151
Tabla 91.	Deltas materializados en campo.....	157
Tabla 92.	Coordenadas de los ejes de construcción	157
Tabla 93.	Distancias y azimuts calculados	158
Tabla 94.	Coordenadas punto de amarre	159
Tabla 95.	Coordenadas del eje y los chaflanes del tramo.....	159

Tabla 96.	Datos replanteo desde GPS-1	160
Tabla 97.	Datos replanteo desde D2	161
Tabla 98.	Control vertical.....	162
Tabla 99.	Cálculo del área por figuras geométricas	165
Tabla 100.	División en figuras geométricas	167
Tabla 101.	División en figuras geométricas	170
Tabla 102.	Coordenadas de los puntos.....	171
Tabla 103.	Cálculos discriminados del primer método	172
Tabla 104.	Cálculos discriminados del segundo método	173
Tabla 105.	Cálculo del área por planímetro rodante	180
Tabla 106.	Cálculo del área por malla de puntos	181
Tabla 107.	Número de cuadros.....	184
Tabla 108.	Tipos de nivelación	187
Tabla 109.	Constante por clase de nivelación.....	191
Tabla 110.	Errores permitidos por clase de nivelación	191
Tabla 111.	Cálculos nivelación geométrica simple	197
Tabla 112.	Nivelación de cambios del circuito de nivelación	200
Tabla 113.	Cálculos de distancias.....	201
Tabla 114.	Ajuste del circuito.....	201
Tabla 115.	Cotas de los detalles	202
Tabla 116.	Chequeo y ajuste del circuito.....	206
Tabla 117.	Cálculo de las cotas de los detalles.....	206
Tabla 118.	Datos de campo cálculo nivelación simple	215
Tabla 119.	Cálculo de desniveles y cotas de los puntos.....	216
Tabla 120.	Cálculo de coordenadas - Radiación simple.....	217
Tabla 121.	Ajuste de la poligonal cerrada.....	223
Tabla 122.	Cálculo de desniveles y cotas de los deltas.....	224
Tabla 123.	Lecturas a los cambios	233
Tabla 124.	Chequeo y ajuste de traslado de cotas	233
Tabla 125.	Cálculo cotas del eje.....	233
Tabla 126.	Cotas de eje longitudinal.....	239
Tabla 127.	Cartera de cálculo de cotas de la sección transversal	239
Tabla 128.	Equidistancia sugerida según la escala del plano.....	245
Tabla 129.	Áreas para tipo de terreno.....	249
Tabla 130.	Cálculo de coordenadas	257
Tabla 131.	Cálculo de la nivelación.....	259
Tabla 132.	Interpolación de las línea de visual - $IV = 0.5 \text{ m}$	261
Tabla 133.	Cálculo de la nivelación.....	265

Tabla 134. Interpolación de un cuadro de la cuadrícula.....	270
Tabla 135. Ajuste de la poligonal: cálculo de coordenadas.....	276
Tabla 136. Coordenadas de los detalles y nube de puntos.....	276
Tabla 137. Coordenadas y cotas – tablas 120 y 121	278
Tabla 138. Coordenadas y cotas – tablas 120 y 121	278
Tabla 139. Coordenadas y cotas – tablas 120 y 121	278
Tabla 140. Nivelación trigonométrica	278
Tabla 141. Nivelación de un terreno por cuadrícula	285
Tabla 142. Cotas del diseño	290
Tabla 143. Datos para el área por método de cartera de chaflanes.....	293
Tabla 144. Cálculo del área por método de cartera de chaflanes.....	294
Tabla 145. Datos para el área por método de cartera de chaflanes. Sección mixta.....	295
Tabla 146. Coordenadas de los puntos de la sección.....	297
Tabla 147. Cálculo del área por método de coordenadas	297
Tabla 148. Áreas de las secciones: ejemplo	302
Tabla 149. Cálculo del volumen: ejemplo	302
Tabla 150. Áreas entre las curvas de nivel.....	304
Tabla 151. Cálculo de las diferencias de altura: relleno.....	305
Tabla 152. Cálculo de las diferencias de altura: corte.....	305
Tabla 153. Cálculo volumen de relleno	305
Tabla 154. Cálculo volumen de corte	305
Tabla 155. Derivaciones de un pliego	308
Tabla 156. Formatos DIN.....	309
Tabla 157. Equivalencias de las escalas topográficas.....	310
Tabla 158. Características métodos de posicionamiento	326
Tabla 159. Coordenadas del punto 1	334