

1 ÍNDICE

1	ÍNDICE.....	5
2	PRÓLOGO	17
3	INTRODUCCIÓN	21
3.1	Geomática y topografía.....	23
3.2	Ramas de la geomática	23
3.3	Operaciones topográficas principales	25
3.4	Unidades de medida usadas en topografía	26
3.5	Concepto de escala	26
3.5.1	Escala numérica	26
3.5.2	Escala gráfica.....	27
3.6	Distancia y pendiente de una línea.....	28
3.7	Representación en planos topográficos	29
3.7.1	Elementos básicos.....	29
3.7.2	Curvas de nivel	29
3.7.3	Textos.....	36
3.7.4	Variables visuales	38
3.7.5	Límite de percepción visual y su relación con la escala	39
3.8	Perfiles longitudinales y transversales del terreno.....	39
3.9	Programas de diseño asistido por ordenador.....	42
3.10	Tipos de mapas	43
3.11	Fuentes de datos.....	43
3.11.1	Infraestructuras de datos espaciales (IDE)	43
3.11.2	Organismos oficiales.....	44
3.12	Cálculos básicos	45
3.12.1	Distancia entre dos puntos.....	45
3.12.2	Acimut de una semirrecta	46
3.12.3	Cálculo de coordenadas.....	48
3.13	Teoría de errores	49
3.13.1	Introducción	49
3.13.2	Tipos de errores.....	49
3.13.2.1	Equivocaciones.....	49
3.13.2.2	Errores sistemáticos	49
3.13.2.3	Errores accidentales	49
3.14	Problemas resueltos	51

4	SISTEMAS DE REFERENCIA Y COORDENADAS	55
4.1	Definiciones.....	57
4.1.1	Superficies auxiliares.....	57
4.1.1.1	Elipsoide	57
4.1.1.2	Geoide	58
4.1.2	Proyección cartográfica	59
4.1.3	Sistema de coordenadas	63
4.1.4	Dátum	63
4.1.5	Sistema de referencia de coordenadas (SRC)	63
4.1.6	Georeferenciación	63
4.1.7	Operaciones	63
4.2	Ejemplos de sistemas de coordenadas.....	64
4.2.1	Coordenadas geodésicas.....	64
4.2.2	Coordenadas cartesianas geocéntricas.....	65
4.2.3	Coordenadas UTM	66
4.2.4	Coordenadas en otras proyecciones importantes	68
4.2.4.1	Coordenadas en la proyección cónicas conforme de Lambert (LCC)	68
4.2.4.2	Coordenadas en la proyección de Mercator	68
4.2.4.3	Coordenadas en la proyección acimutal equivalente de Lambert (LAEA)	68
4.2.5	Coordenadas geodésicas locales.....	68
4.2.6	Coordenadas cartesianas locales	69
4.3	EJEMPLOS DE SISTEMAS DE REFERENCIA	70
4.3.1	ITRS (International Terrestrial Reference System).....	70
4.3.2	ETRS89 (European Terrestrial Reference System)	70
4.3.3	WGS84 (World Geodetic System)	70
4.3.4	ED50 (European Datum)	71
4.4	Conversiones de coordenadas.....	71
4.5	Transformaciones de coordenadas.....	72
4.5.1	Transformación de semejanza bidimensional	72
4.5.2	Transformación de semejanza tridimensional de siete parámetros.....	73
4.5.3	Método de rejilla.....	73
4.5.4	Cálculo de parámetros de transformación de semejanza	74
4.6	Marcos de referencia	75
4.6.1	Introducción.....	75
4.6.2	Ejemplos de Marcos de Referencia.....	76
4.6.2.1	International Terrestrial Reference Frame (ITRF)	76
4.6.2.2	Red del IGS	76
4.6.2.3	EUREF Permanent Network (EPN).....	77
4.6.2.4	Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales REGENTE.....	77
4.6.2.5	Red de Orden Inferior (ROI)	77
4.6.2.6	Xarxa Utilitària (XU).....	77
4.6.2.7	Red Geodésica de cuarto orden de la Comunidad Valenciana	78
4.6.2.8	Red de Nivelación de Alta Precisión (REDNAP)	78
4.6.2.9	European Vertical Reference Frame 2007 (EVRF2007)	78

4.7	Modelos de geoide	78
4.8	La base de datos geodésicos del OGP	79
4.9	Elección del sistema de referencia y de coordenadas.....	80
4.10	Problemas resueltos	81
5	INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS.....	87
5.1	Cinta métrica y flexómetro.....	89
5.2	Estación total.....	91
5.2.1	Introducción.....	91
5.2.2	Partes de una estación total	93
5.2.2.1	Sistema para el estacionamiento	93
5.2.2.2	Sistema para visualizar puntos.....	94
5.2.2.3	Sistema para la lectura de ángulos.....	95
5.2.2.4	Sistema para la lectura de distancias	96
5.2.2.5	Elementos de sustentación	99
5.2.2.6	Software	99
5.2.3	Estación total robótica	100
5.2.4	Estacionamiento	101
5.2.5	Medición de puntos	106
5.2.6	Errores accidentales en el uso de una estación total.....	108
5.2.6.1	Error debido a la inclinación del jalón.....	109
5.2.6.2	Error de dirección.....	109
5.2.6.3	Error de paralaje.....	110
5.2.6.4	Error debido a las condiciones atmosféricas.....	111
5.2.6.5	Error de estación	111
5.2.6.6	Error de puntería.....	111
5.2.6.7	Error de lectura y escritura.	111
5.2.6.8	Estabilidad del trípode	111
5.2.7	Comprobación de una estación total.....	111
5.2.8	Cálculos con estación total	112
5.3	El nivel topográfico	114
5.3.1	Introducción.....	114
5.3.2	Tipos y partes de un nivel topográfico.....	116
5.3.2.1	Nivel óptico automático	116
5.3.2.2	Nivel digital.....	118
5.3.2.3	Nivel láser.....	119
5.3.3	Método de trabajo.....	121
5.3.4	Errores accidentales.....	124
5.3.4.1	Error de inclinación de la mira	124
5.3.4.2	Error de paralaje.....	124
5.3.4.3	Error debido a las altas temperaturas.....	124
5.3.4.4	Error de horizontalidad	124
5.3.4.5	Error de lectura y escritura	124
5.3.5	Comprobación de un nivel	125

5.4	Sistemas de posicionamiento por satélite.....	127
5.4.1	Introducción.....	127
5.4.2	Tipos.....	128
5.4.2.1	G.P.S.....	128
5.4.2.2	GLONASS.....	128
5.4.2.3	Compass /Beidou-2.....	129
5.4.2.4	Galileo.....	129
5.4.3	Sistema GPS.....	130
5.4.3.1	Tiempo GPS.....	130
5.4.3.2	Observables GPS.....	130
5.4.3.3	Métodos de trabajo.....	131
5.4.3.4	Posicionamiento absoluto.....	131
5.4.3.5	Posicionamiento relativo.....	132
5.4.4	Partes de un equipo GPS.....	139
5.4.5	Errores.....	140
5.4.5.1	Errores del reloj del satélite.....	140
5.4.5.2	Errores en los parámetros orbitales.....	140
5.4.5.3	Error ionosférico y troposférico.....	140
5.4.5.4	Disponibilidad selectiva (S/A).....	140
5.4.5.5	Error de multitrayectoria o multipath.....	141
5.4.5.6	Error en el reloj del receptor.....	141
5.4.5.7	Desfase del centro radioeléctrico de la antena.....	141
5.4.5.8	Pérdida de ciclos.....	143
5.4.5.9	Resumen de los errores en la utilización del GPS.....	143
5.4.6	Estimación de la precisión de la medida.....	144
5.4.7	Precisión en la medición de alturas con GPS.....	144
5.4.8	Máscara de elevación.....	146
5.5	Láser escáner terrestre.....	147
5.5.1	Introducción.....	147
5.5.2	Clasificación.....	148
5.5.3	Componentes de un láser escáner terrestre.....	149
5.5.4	Puesta en marcha.....	150
5.5.5	Limitaciones en el uso del laser escáner.....	151
5.5.6	Aplicaciones más habituales de los láser escáner terrestres.....	152
5.6	Ecosonda.....	153
5.7	Precios de venta y alquiler de instrumentos topográficos.....	154
5.8	Elección del instrumento topográfico más adecuado según la tarea a realizar.....	155
5.9	Problemas resueltos.....	157
6	MÉTODOS TOPOGRÁFICOS PARA PONER BASES.....	161
6.1	Introducción.....	163
6.2	Realización de las reseñas de las bases topográficas.....	163

6.3	Mediante estación total	165
6.3.1	Método de poligonal o itinerario	165
6.3.1.1	Introducción	165
6.3.1.2	Tipos de poligonal	166
6.3.1.3	Medidas de campo	168
6.3.1.4	Cálculos (Para un sistema de referencia local).....	171
6.3.1.5	Cálculos (en un sistema de coordenadas UTM)	180
6.3.2	Estación libre.....	181
6.3.2.1	Cálculo.....	181
6.3.3	Otros métodos	183
6.4	Mediante GPS diferencial.....	184
6.4.1	Red con método estático	184
6.4.1.1	Introducción	184
6.4.1.2	Medidas de campo.....	187
6.4.1.3	Cálculo de las coordenadas de los vértices de la red	187
6.5	Mediante nivel topográfico (solo altimetría)	189
6.5.1	Itinerario altimétrico geométrico	189
6.5.1.1	Introducción	189
6.5.1.2	Medidas de campo.....	189
6.5.1.3	Cálculo.....	192
6.5.2	Medidas de alta precisión	194
6.6	Problemas resueltos	197
7	MÉTODOS PARA REALIZAR UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	217
7.1	Introducción	219
7.2	Mediante estación total.....	222
7.2.1	Método de radiación.....	222
7.2.1.1	Introducción.....	222
7.2.1.2	Concepto de orientación y desorientación	222
7.2.1.3	Cálculo de la radiación	223
7.2.1.4	Medida de puntos inaccesibles	226
7.2.1.5	Algunos consejos.....	227
7.2.1.6	Precisión del método	230
7.2.1.7	Empleo del método de radiación para dar coordenadas a bases	230
7.2.1.8	Obtención de la dirección aproximada del norte.....	231
7.2.1.9	Cálculo de la radiación en proyección UTM	231
7.2.1.10	Cálculo de la dirección del norte geográfico	232
7.3	Mediante GPS RTK	233
7.3.1	Preparación del equipo para la medición	233
7.3.2	Transformación entre el sistema de referencia del GPS y el del trabajo	234
7.3.3	Inicialización.....	234
7.3.4	Medidas de campo.....	235
7.3.5	Cálculos	235
7.3.6	Precisión del método	235

7.4	Mediante láser escáner terrestre	236
7.4.1	Introducción	236
7.4.2	Adquisición de los datos	236
7.4.3	Pre-procesamiento de los datos	238
7.4.4	Obtención del producto final	239
7.4.5	Precisión del método	240
7.5	Mediante cinta métrica	241
7.6	Dibujo del plano	244
7.6.1	Obtención de la nube de puntos.....	244
7.6.2	Trazado general	246
7.6.3	Trazado de las curvas de nivel	253
7.6.4	Marco del plano	261
7.6.5	Cuadrícula	263
7.6.6	Carátula.....	264
7.6.7	Cuadro bases topográficas.....	265
7.6.8	Leyenda.....	265
7.6.9	Símbolo del norte.....	265
7.6.10	Mejoras estéticas.....	266
7.6.11	Control de calidad.....	269
7.7	Problemas resueltos	271
8	MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE BATIMETRÍAS.....	275
8.1	Introducción	277
8.2	Método usando una ecosonda y un GPS diferencial.....	277
9	MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE REPLANTEOS	279
9.1	Introducción	281
9.2	Elementos utilizados para el replanteo.....	283
9.3	Ejemplos especiales de trabajos de replanteo	284
9.3.1	Zanjas	284
9.3.2	Bordillos	285
9.3.3	Ejes sobre camillas	286
9.3.4	Taludes.....	287
9.3.5	Viales.....	288
9.4	Mediante estación total.....	289
9.4.1	Método	289
9.4.2	Replanteo de puntos que están en el sistema de coordenadas UTM	291
9.4.3	Precisión.....	292
9.5	Mediante GPS RTK	292
9.5.1	Proceso	292

9.5.2	Precisión.....	293
9.6	Problemas resueltos	295
10	AJUSTE DE OBSERVACIONES POR EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS	297
10.1	Introducción	299
10.2	Observaciones directas	300
10.2.1	Introducción	300
10.2.2	Medidas directas de igual precisión	300
10.2.2.1	Valor más probable	300
10.2.2.2	Error asociado	300
10.2.3	Medidas directas ponderadas	300
10.2.3.1	Introducción	300
10.2.3.2	Valor más probable	301
10.3	Observaciones indirectas	302
10.3.1	Introducción	302
10.3.2	Observaciones indirectas de igual precisión.....	302
10.3.2.1	Valor más probable	302
10.3.2.2	Error asociado	303
10.3.3	Observaciones indirectas ponderadas.....	303
10.3.3.1	Introducción	303
10.3.3.2	Valor más probable	303
10.3.3.3	Error asociado	304
10.3.4	Ecuaciones no lineales.....	304
10.3.4.1	Resolución	304
10.4	Observaciones condicionadas	307
10.4.1	Introducción	307
10.4.2	Valor más probable	308
10.4.3	Estimación del error	309
10.4.4	Ecuaciones no lineales.....	309
10.5	Ajuste conjunto de magnitudes angulares y lineales.....	310
10.6	Problemas resueltos	311
11	MEDICIÓN DE ÁREAS Y PARTICIÓN DE FINCAS	341
11.1	Medición de áreas	343
11.1.1	Introducción	343
11.1.2	Cálculo mediante el uso de un CAD.....	343
11.1.3	Cálculo por descomposición en triángulos.....	344
11.1.4	Cálculo a partir de las coordenadas de los vértices del área.....	344
11.2	Partición de fincas.....	345

11.3	Ejercicios resueltos	349
12	TRAZADO DE OBRAS LINEALES	355
12.1	Introducción	357
12.2	Trazado en planta	357
12.2.1	Introducción	357
12.2.2	La recta	358
12.2.2.1	Ecuaciones.....	358
12.2.2.2	Cálculo de puntos desplazados de una recta	359
12.2.2.3	Ecuaciones de una recta paralela.....	360
12.2.2.4	Intersección de rectas	361
12.2.3	La curva.....	362
12.2.3.1	Elementos de la curva	362
12.2.3.2	Ecuaciones de la curva	363
12.2.3.3	Calculo de puntos desplazados de una curva.....	364
12.2.4	Curvas de transición. La clotoide.....	365
12.2.4.1	Introducción	365
12.2.4.2	Partes de la clotoide.....	366
12.2.4.3	Ecuaciones de la clotoide	367
12.2.4.4	Cálculo de los parámetros de la clotoide en posición inicial.....	368
12.2.4.5	Cálculo de la clotoide en posición general	371
12.2.4.6	Método de cálculo de una clotoide en posición general	375
12.2.4.7	Cálculo de puntos desplazados de una clotoide	376
12.3	Trazado en alzado	377
12.3.1	Recta	377
12.3.2	Acuerdos verticales. La parábola.....	378
12.3.2.1	Introducción	378
12.3.2.2	Ecuaciones de la parábola de eje vertical	379
12.3.2.3	Proceso para el cálculo de un acuerdo vertical.....	380
12.3.3	Concepto de rasante, sección tipo y peralte	383
12.3.3.1	Rasante.....	383
12.3.3.2	Sección tipo	383
12.3.3.3	Peralte	384
12.4	Ejercicios resueltos	385
13	MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE PERFILES DEL TERRENO. APLICACIÓN AL CÁLCULO DEL VOLUMEN DE MOVIMIENTOS DE TIERRA	411
13.1	Introducción	413
13.2	Perfiles longitudinales.....	413
13.2.1	Gráficamente.....	413
13.2.2	Mediante mediciones en campo	415
13.2.3	Dibujo de la rasante y la guitarra.....	416

13.3	Perfiles transversales	417
13.3.1	Gráficamente.....	417
13.3.2	Mediante mediciones en campo con estación total.....	418
13.4	Cálculo de volúmenes de movimientos de tierras	419
13.4.1	Introducción	419
13.4.2	Cubicación por perfiles transversales.....	419
13.4.2.1	Fórmulas según la combinación de perfiles contiguos	421
13.5	Ejercicios resueltos	425
14	ANEXO CONVERSIONES DE COORDENADAS	435
14.1	Geodésicas a cartesianas geocéntricas	437
14.2	Cartesianas geocéntricas a geodésicas.....	438
14.3	Mediciones clásicas geodésicas-a incrementos de coordenadas topográficas (ENU).....	439
14.4	Incrementos de coordenadas topográficas (ENU) a mediciones clásicas geodésicas	439
14.5	Incrementos de coordenadas topográficas (ENU) a incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas.....	440
14.6	Incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas -> incrementos de coordenadas topográficas (ENU)	440
14.7	Geodésicas a UTM	441
14.8	UTM a geodésicas	444
14.9	Geodésicas a cónico conforme Lambert (LCC)	446
14.10	Cónico conforme Lambert (LCC) a geodésicas	448
14.11	Geodésicas a acimutal equivalente Lambert (LAEA)	449
14.12	Acimutal equivalente Lambert (LAEA) a geodésicas	450
15	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	451
16	INFORMACIÓN SOBRE LOS PRODUCTOS REGISTRADOS CITADOS EN ESTE LIBRO	455
17	ÍNDICE DE FIGURAS.....	459

