

INDICE

1. Introducción	1
Capítulo I. Nivelación Geométrica o por Alturas	
2. Método operatorio	3
3. Itinerarios de nivelación: complemento aritmético	5
4. Perfiles longitudinales	7
5. Perfiles transversales	9
6. Nivelación de superficies	11
7. Niveles: Plataformas nivelantes y trípodes. Breve reseña histórica	12
8. comprobación y corrección de los niveles: nivel sencillo. Aparato con anteojo reversible. Anteojo reversible y nivel sobre la horquilla del anteojo	22
9. Equialtímetros para nivelaciones de precisión: Nivel de Heckman. Nivel cruzado. Convergencia del eje del nivel y del eje de colimación. Variabilidad del eje de colimación, o eje visual. Curvatura del anteojo	29
10. Miras de nivelación: Miras reversibles. Miras para la lectura directa de alturas. Miras para nivelaciones de precisión. Miras nivelantes para trabajos en minas. Miras para nivelaciones de precisión, miras para trabajos en minas. Mira parlante del Instituto Geográfico y Catastral de España. Colocación de las miras. Precisión y comprobación de las miras	38
11. Niveles de mano y clisímetros	49
12. Señalamiento de los puntos de nivelación: Nivelación con dobles puntos de mira	52
13. Métodos especiales de nivelación: Nivelación con dobles puntos de mira. Miras reversibles. Nivelación con visual inclinada. Tornillo de Stampfer	57
14. Nivelaciones de precisión: Nivelación con burbujas descentrada. Lectura con los tres hilos. Lectura sobre el punto medio de un trazo de la mira. Lectura sobre una división lineal de la mira. Nivelación con el Zeiss nivel Vogler con anteojo ascendente	61
15. Leyes de los errores de nivelación: Doble nivelación. Error de cierre en una poligonal. Compensación lineal	61
16. Errores sistemáticos en la nivelación: Evaluación de los errores sistemáticos por el cálculo del error medio de la nivelación	77
17. Errores propios del equialtímetro: Error del nivel propiamente dicho. Error de lectura de mira. Posición de los hilos de retículo sobre la mira	80
18. Efecto de conjunto de todos los errores, y precisión de la nivelación en general: Precisión de los métodos de nivelación. Rapidez de la nivelación	83
19. Compensación de una red de nivelación: Tabla de cierres de poligonales. Tabla de compensaciones. Compensación de las nivelaciones de montaña. Compensación aproximada	86
20. Nivelación de Alemania: Nivelación a través de corrientes de agua	91
21. Nivelación de España	96
22. Nivelación de las vías férreas y de los planos de población	99
23. Efecto de la forma elipsoidal de la tierra, sobre los resultados de las nivelaciones: Cotas ortométrica y dinámica	99

Capítulo II.	
Nivelación Trigonométrica o por Pendientes	
24. Medidas de ángulos cenitales	104
25. Cálculo de los ángulos de pendiente: Corrección de índice o de cero. Eliminación del error o corrección de índice o cero	106
26. Medición de ángulos de pendiente por lecturas de nivel: Curvatura del anteojo y error de los ejes del teodolito	109
27. Teoría de la nivelación por pendientes o trigonométrica: Curvatura terrestre. Refracción de la visual	112
28. Ejemplo numérico del cálculo de alturas: Compensación de las alturas trigonométricas	116
29. Medición de la altura de las torres: Alturas aproximadas	120
30. Ampliación de fórmulas anteriores: Determinación el radio terrestre. Otras fórmulas de la nivelación más completas	122
31. Ejemplo	125
32. Nivelación trigonométrica en el mar	129
33. Nivelación trigonométrica en España	132
34. Compensación de una red altimétrica por medio de observaciones de condición (con coeficientes correlativos)	134
35. Compensación de una red altimétrica por medio de observaciones de enlace	137
36. Teoría de la refracción de la luz	141
37. Resultados teóricos y experimentales de la refracción	145
38. Desarrollo en serie del coeficiente de refracción	148
39. Variación periódica diurna de la refracción: Distinto efecto de la refracción según la distancia	151
40. Bibliografía y literatura sobre nivelaciones trigonométricas y sobre refracción	153
Capítulo III.	
Nivelación Barométrica	
41. Fundamentos de la teoría	156
42. Barómetros de mercurio: El barómetro de cubeta, como barómetro fijo. El barómetro abierto, de sifón, como barómetro portátil. Barómetro portátil de sinfón cubeta, sistema Wilod – Fuess. Barómetro de cubeta fija, de R. Fuess Barómetro portátil de Fortín. El barómetro cerrado de sifón, de R. Fuess, como barómetro portátil. Barómetro portátil de Darmer, con sifón de goma	159
43. Correcciones de barómetro de mercurio: Corrección de temperatura. Corrección de nivel en la cubeta. Corrección de capilaridad. Burbujas de aire en la rama superior del barómetro. Precisión de los datos obtenidos con los barómetros de mercurio	165
44. Corrección de gravedad: Reducción de la precisión a la gravedad normal	171
45. termómetros de mercurio en general, y termómetros hipsométricos	172
46. Barómetros metálicos, aneroides de precisión de Goldschmid	176
47. Fórmulas para las reducciones en los barómetros aneroides	180
48. Corrección de temperatura en los aneroides	182
49. Corrección de escala en los aneroides: Comparación en un mismo sitio. Comparación durante ascensiones a montañas. Comparación con	185

la máquina neumática. Aparato comparador de R. Fuess	
50. Variabilidad de la corrección de presión: Elasticidad remanente	191
51. Temperatura y humedad del aire: Termómetro – honda	193
52. Fórmulas barométrica completa: Otras fórmulas barométricas	194
53. Tablas barométricas: Tablas y fórmulas barométricas para regiones determinadas. Altitudes sobre el mar. Desniveles barométricos	198
54. Práctica de la nivelación con barométrica; Observación y cálculo. Interpolación barométrica. Nivelación con barómetro fijo. Nivelación con cierres en puntos fijos. Corrección isobárica. Medios auxiliares de cálculo, gráficos y mecánicos. Reducción al horizonte de distancia inclinadas, por diferencia entre lecturas del aneroide	205
55. Ley de los errores y precisión de la nivelación barométrica	212
56. Nivelación barométrica sin observaciones correspondientes: Determinación directa de altitudes (Alturas sobre mar)	215
57. Error periódico de las alturas barométricas: Teorías sobre los errores periódicos de la nivelación barométrica	218
58. Bibliografía sobre nivelación barométrica	221
Capítulo IV. Taquimetría	
59. Aparatos diastimométricos con miras (estadímetros): Anteojo simple y anteojo de Ramsden. Anteojo de Huygens. Anteojo de Porro. Anteojo con lente móvil de enfoque. Estadímetro de Heckmann – Breithaupt	224
60. Determinación de las constantes diastimométricas: Determinación de la constante aditiva c. Determinación de la constante de multiplicación (coeficiente diastimométrico). K. Determinación simultánea de k y c	233
61. Cálculo de c + k l: Constante aditiva c. coeficiente diastimométrico o constante de multiplicación k	238
62. Visuales inclinadas: Fórmulas exactas. Error por falta de verticalidad en la mira	241
63. Medios auxiliares de cálculo para cos a y para $\frac{1}{2} \text{ sen } 2^a$: Diagramas. Regla de cálculo taquimétrica. Tablas numéricas	244
64. Precisión de las mediciones estadimétricas: Influencia de la constante k. movimiento del aire (aire caliginoso). Influencia de la refracción atmosférica	251
65. Teodolito taquimétrico. O taquímetro: Taquímetro pequeño de Hildebrand. Taquímetro de Otto Fennel. Teodolito – taquímetro de F. W Breinhaupt. Taquímetrocleps de Porro. Taquímetro nivelante de Otro Fennel. Taquímetro nivelante de Zeiss	256
66. Miras para taquímetros	261
67. Taquímetros reductores y autorreductores. Taquímetro de proyección o de corredera. Taquímetro con tornillo de elevación (inclinométrico). Tornillo de inclinación y círculo cenital. Taquímetro con ocular micrométrico. Método logarítmico – taquimétrico de Tichy. Tornillo de Stampfer. Taquímetros de contacto o de tope. Taquímetro de contacto de Doergens. Taquímetro de tope, de Kern. Taquímetro de Szepessy. Otros taquímetros de tornillo micrométrico	263
68. Taquímetro de Hammer – Fennel: Taquímetro – teodolito autorreductor. Datos históricos	283

69. Aguja y declinación magnéticas	283
70. Brújulas. Brújula de bolsillo. Brújula con alidada de pinulas. Brújula de antejo. declinatoria	286
71. Itinerarios de brújula: Rumbos y acimutes Itinerarios. Itinerarios de taquímetro. Errores en los itinerarios de brújula	291
72. Transportadores: Transportador sin centro, de Jordan	295
73. Itinerarios medidos con cinta métrica o cadena y observadas con burbuja de alidada y eclímetro de mano	297
74. Levantamiento taquimétrico: Puntos permanentes. Puntos secundarios o de relleno. Densidad de una red taquimétrica y velocidad del levantamiento. Nivelación sobre planimetrías	300
75. Curvas de nivel: Medios auxiliares para la construcción de las curvas de nivel. Diferentes formas de curvas de nivel. Precisión de las curvas de nivel	307
76. Plancheta: Verificaciones y correcciones de la plancheta. Orientación del tablero en el campo	312
77. Levantamiento con plancheta: determinación de las estaciones. Trabajo de campo. Reseña histórica sobre la plancheta	315
78. Telémetros de reflexión: telémetros de Adie – Christie y de Barr – Stroud	319
79. Otros telémetros sin mira: Telemetría con base corta. Telemetría por ángulos de depresión. Telemetría por enfoque del ocular en los anteojos. Telémetros estereoscópico de Zeiss	324
80. Levantamientos expeditivos	330
81. Bibliografía sobre taquimetría	333
Capitulo V. Fotogrametría	
82. Objeto principal de la fotometría: Reseña histórica de la fotogrametría hasta 1900	336
83. Fototeodolito, fototaquímetro: Verificación y corrección de los fototeodolitos	338
84. Orientación interior del fototeodolito: Fototeodolito con cámara basculante. Fototeodolito con placa vertical. Determinación de la orientación. Determinación de la orientación interior por compensación	345
85. Medición de la fotografía: Coordinatómetro de Zeiss. Determinación de ángulos acimutales y de altura. Diagrama para la determinación de los ángulos acimutales y verticales. Teodolito comparador. Reseña histórica sobre los teodolitos comparadores	353
86. Levantamiento fotogramétrico: Puntos límites. Levantamiento fotogramétrico del oasis Dachel, del desierto de Libia	358
87. Levantamiento expeditivos por fotogrametría: Determinación de la orientación exterior con dos fotografías. Levantamiento con más de dos estaciones. Proyección gnomónica. Determinación de la orientación exterior en terrenos llanos	364
88. Estereofotogrametría: Teoría de la estereofotogrametría normal. Es estereomicrómetro. Estereocomparador de Pulfrich, construido por Zeiss. Estereocomparador de Hegershoff. Longitud de la base. Construcción de los planos	368
89. Levantamiento estereofotogramétricos en general. Ejes horizontales	375

y paralelos, oblicuos a la base. Ejes horizontales convergentes. Ejes paralelos, oblicuos e inclinados. Ejes de direcciones cualesquiera. Cálculo de coordenadas	
90. El estereoautógrafo: Fotocartógrafo de Kern	382
91. Levantamiento estereofotogramétricos: Reseña histórica de los estereoautógrafos	387
92. Fotogrametría aérea: Cámara de mano de Zeiss. Dispositivo de suspensión para la cámara de Zeiss. Cámara de Wild. Determinación de la orientación interior de la cámara	391
93. Cámaras cinematogramétricas simples y múltiples: El antejo buscador. Cámara cinematográfica doble, de Zeiss. Cámara cinematográfica cuádruple, de Zeiss	395
94. Levantamiento aéreos	399
95. Restitución de las fotografías aéreas	403
96. Teoría de la restitución óptica: las constantes del restituidos	403
97. El restituidor óptico: El restituidor de Zeiss. Restituidores de la Compañía fotogramétrico, de Munich, y de la compañía Aerotopográfica Zeiss, de Jena. Aplicaciones de la restitución	412
98. Cámara panorámica: el restituidor panorámico	413
99. Triangulación radial: Triangulación con el nadir como punto radical	413
100. Triangulación sobre el punto focal: El triangulador radial de Zeiss	417
101. Práctica de la triangulación radial: Transportador de la Compañía Fotogramétrico, de Munich, para los levantamientos panorámicos. Aplicación de los acimutes astronómicos a las triangulaciones radiales	421
102. El problema de la trisección en el espacio: Cálculo del valor aproximado de la orientación exterior	424
103. Solución general del problema de la trisección en el espacio	429
104. Orientación recíproca de dos fotografías: Orientaciones absolutas de la vista en relieve. Triangulación aérea	431
105. Proyectos dobles: Aparato de doble proyección, de Gasser. Fotocartógrafo de Nistri. Aparato de doble proyección de Gallus	439
106. El autocartógrafo de Hegershoff – Heyde	441
107. El estereotopógrafo de Poivilliers	446
108. El estereoplanógrafo de Zeiss: Parte óptica del estereoplanógrafo. El dispositivo trazador	448
109. Otros aparatos de doble proyección: El Aerosimplex de Hegershoff. El triangulador de Boykow. El autorreductor de Santoni	453
110. El aerocartógrafo de Hegershoff	455
111. El autógrafo de Wild	458
112. Reductores estereoscópico con índice real flotante	462
113. Orientación absoluta de las vistas: Orientación de la vista en relieve. Precisión de los mapas aerofotogramétricos	464
Capítulo VI.	
Proyecto, Trazado y Replanteo de Caminos, Vías Férreas, etc.	
114. Proyecto general: Ejemplo de proyecto de una vía férrea	470
115. Trazado o replanteo de alineaciones rectas: Alineación desde los puntos extremos. Alineación desde un punto intermedio. Alineación por prolongación sucesiva. Precisión de las prolongaciones sucesivas. Compensación de un error de cierre,	476

116. Replanteo de curvas circulares conocidas las dos tangentes y de radio: Ejemplo numérico. Tangente secundaria en el punto medio de la curva. Tangentes secundaria asimétrica. Cuerdas principales y secundarias. Ángulo central obtuso	479
117. Caso en que es inaccesible el punto de intersección de las dos alineaciones: Empleo de un punto auxiliar	483
118. Trazado de curvas por abscisas y ordenadas: Trazado de arcos circulares con equi – diferencias de abscisas. Trazado de curvas circulares, con arcos de igual longitud. Comparación entre los métodos de equidiferencias de abscisas, y de igualdad de arcos. Trazado por coordenadas, con la cuerda como eje de abscisas	486
119. Trazado de curvas por ángulos inscritos: Trazado por ángulos tangenciales desde un punto de fijo. Trazado por ángulos inscritos por instrumentos portátil	489
120. Métodos de aproximación: Por polígonos inscritos o circunscritos. Por tangentes sucesivas. Por distancia de cada punto a la cuerda anterior por flechas y cuartos de flechas	493
121. Otros métodos de trazado de curvas circulares: Trazado de las tangentes. Elección de método en la determinación de puntos y tangentes	496
122. Arcos de enlace compuestos: Trazado de curvas en S (erpentinas)	499
123. Curva de triple arco en el túnel del San Gotardo	503
124. Curvas de enlace progresivo: Caso general	506
125. Curvas de enlace progresivo, de peralte uniforme: las gráficas de curvatura y de forma, de un arco de parábola cúbica. Curvas de enlace progresivo con peralte uniforme. Trazado de las curvas de enlace progresivo. Ejemplo	510
126. Trazado de túneles: Replanteo de arcos de círculos. Túnel del Monte Cenís. Túnel de San Gotardo. Túnel helicoidal. Túnel Simplón. Túnel de Lutschberg. Otros replanteos particulares: túnel de Albula	518
Capítulo VII.	
Trabajos Topográficos en España	
127. Trabajos topográficos geográfico y Catastral. Mapa de España. Planos de población. Nivelación de precisión de España. Catastro topográfico parcelario	526
Apéndice	
Tablas	
Tablas auxiliares para el cálculo del error medio de una nivelación	533
Nivelación trigonométrica: corrección de horizonte en función de la distancia	534
Nivelación barométricas: Corrección de horizonte en función de log a	535
Nivelación barométrica: Curvatura de la tierra y refracción media	536
Conversión de escalas barométricas y termométricas	537
Reducción del barómetro a 0°	538
	a
	540
Depresión capilar en el tubo barométrico	541
	542
Reducción a la gravedad normal	a

	543
Tensión del vapor de agua saturado	544 a 545
Determinación aproximada de la tensión del vapor	546
Humedad del aire	547
Dilatación del aire por el calor	548
Alturas barométricas sobre el mar par $t = 15^\circ$	549
Desniveles barométricos	550 a 551
Itinerarios medios con cinta y eclímetro	552
Reducción de pasos a metros, teniendo en cuenta las diferencias barométricas	553
Tablas taquimétricas	554 a 557
Coordenadas rectangulares para el replanteo de arco de circunferencia	558 a 560
Ángulo periférico para cuerdas de longitud $s = 20$	561 a 563
Longitud s de la cuerda para ángulo periférico x	564
Curvas de paso o de enlace	565