

Contenido

Prólogo	xiii
Símbolos y abreviaturas	xv
1. Propiedades de los fluidos	1
1.1. La Mecánica de los Fluidos y la Hidráulica	1
1.2. Definición de fluido	1
1.3. Sistema técnico de unidades	1
1.4. Sistema Internacional de Unidades (SI)	2
1.5. Peso específico	2
1.6. Densidad de un cuerpo	3
1.7. Densidad relativa de un cuerpo	3
1.8. Viscosidad de un fluido	4
1.9. Presión de vapor	5
1.10. Tensión superficial	5
1.11. Capilaridad	5
1.12. Módulo volumétrico de elasticidad (E)	6
1.13. Condiciones isotérmicas	7
1.14. Condiciones adiabáticas e isentrópicas	7
1.15. Perturbaciones en la presión	7
2. Estática de fluidos	17
2.1. Introducción	17
2.2. Presión de un fluido	17
2.3. La presión	17
2.4. Diferencia de presiones	18
2.5. Altura o carga de presión h	18
2.6. Variaciones de la presión en un fluido compresible	18
2.7. Vacío y presión atmosférica	18
2.8. Presión absoluta y presión manométrica	19
2.9. Barómetros	19
2.10. Piezómetros y manómetros	19
3. Fuerzas hidrostáticas sobre las superficies	40
3.1. Introducción	40
3.2. Fuerza ejercida por un líquido sobre un área plana	40
3.3. Fuerza ejercida por un líquido sobre una superficie curva	41
3.4. Tensión circunferencial o tangencial	41
3.5. Tensión longitudinal en cilindros de pared delgada	41
3.6. Fuerzas hidrostáticas en una presa	41

4.	Empuje y flotación	65
4.1.	Principio de Arquimedes	65
4.2.	Estabilidad de cuerpos sumergidos y flotantes	65
5.	Traslación y rotación de masas líquidas	80
5.1.	Introducción	80
5.2.	Movimiento horizontal	80
5.3.	Movimiento vertical	80
5.4.	Rotación de masas fluidas. Recipientes abiertos	80
5.5.	Rotación de masas fluidas. Recipientes cerrados	81
6.	Análisis dimensional y semejanza hidráulica	93
6.1.	Introducción	93
6.2.	Análisis dimensional	93
6.3.	Modelos hidráulicos	93
6.4.	Semejanza geométrica	94
6.5.	Semejanza cinemática	94
6.6.	Semejanza dinámica	94
6.7.	La relación entre las fuerzas de inercia	95
6.8.	Relación de las fuerzas de inercia a las de presión	95
6.9.	Relación de las fuerzas de inercia a las viscosas	95
6.10.	Relación de las fuerzas de inercia a las gravitatorias	95
6.11.	Relación de las fuerzas de inercia a las elásticas	95
6.12.	Relación de las fuerzas de inercia a las de la tensión superficial	96
6.13.	Relación de tiempos	96
7.	Fundamentos del flujo de fluidos	118
7.1.	Introducción	118
7.2.	Flujo de fluidos	118
7.3.	Flujo permanente	119
7.4.	Flujo uniforme	119
7.5.	Líneas de corriente	119
7.6.	Tubos de corriente	120
7.7.	Ecuación de continuidad	120
7.8.	Redes de corriente	120
7.9.	Energía y altura de carga	121
7.10.	Ecuación de la energía	122
7.11.	Altura de velocidad	123
7.12.	Aplicación del teorema de Bernoulli	123
7.13.	Línea de energías o de alturas totales	124
7.14.	Línea de alturas piezométricas	124
7.15.	Potencia	124
8.	Flujo de fluidos en tuberías	160
8.1.	Introducción	160
8.2.	Flujo laminar	160
8.3.	Velocidad crítica	160

8.4.	Número de Reynolds	161
8.5.	Flujo turbulento	161
8.6.	Tensión cortante en la pared de una tubería	162
8.7.	Distribución de velocidades	162
8.8.	Pérdida de carga en flujo laminar	163
8.9.	Fórmula de Darcy-Weisbach	164
8.10.	Coefficiente de fricción	164
8.11.	Otras pérdidas de carga	165
8.12.	Ecuaciones empíricas de flujos de agua	166
8.13.	Diagramas de tuberías	167
9.	Sistemas complejos de tuberías	193
9.1.	Introducción	193
9.2.	Tuberías equivalentes	193
9.3.	Tuberías en serie o compuestas	193
9.4.	Tuberías en paralelo	194
9.5.	Tuberías ramificadas	194
9.6.	Red de tuberías	196
10.	Flujo en canales abiertos	222
10.1.	Introducción	222
10.2.	Flujo uniforme y permanente	222
10.3.	Flujo no uniforme	222
10.4.	Flujo laminar	223
10.5.	La fórmula de Chezy	223
10.6.	El coeficiente C	223
10.7.	El caudal Q	224
10.8.	La pérdida de carga h_L	224
10.9.	Distribución vertical de la velocidad	224
10.10.	Energía específica	224
10.11.	Profundidad crítica	225
10.12.	Caudal unitario máximo	225
10.13.	En canales no rectangulares y para un flujo crítico	225
10.14.	Flujo no uniforme	226
10.15.	Resalto hidráulico	226
10.16.	Flujo en canales abiertos de sección recta circular	226
10.17.	Secciones rectas de máximo rendimiento	227
11.	Flujo de fluidos compresibles	269
11.1.	Introducción	269
11.2.	Flujo isotermo	269
11.3.	Flujo isentrópico	270
11.4.	Tobera convergente	270
11.5.	Flujo compresible a través de un estrechamiento	272
12.	Medidas en flujo de fluidos	278
12.1.	Introducción	278
12.2.	Tubo de Pitot	278

12.3.	Coeficiente de velocidad	278
12.4.	Coeficiente de contracción	279
12.5.	Coeficiente de descarga	279
12.6.	Pérdida de carga	279
12.7.	Vertederos de aforo	280
12.8.	Fórmula teórica de un vertedero	280
12.9.	Fórmula de Francis	280
12.10.	Fórmula de Bazin	280
12.11.	Fórmula de Fteley y Stearns	281
12.12.	Fórmula del vertedero triangular	281
12.13.	La fórmula del vertedero trapezoidal	281
12.14.	Para presas empleadas como vertederos	281
12.15.	El tiempo de vaciado de depósitos	281
12.16.	El tiempo para establecer el flujo	282
13.	Fuerzas desarrolladas por los fluidos en movimiento	318
13.1.	Introducción	318
13.2.	El principio del impulso-cantidad de movimiento	318
13.3.	El coeficiente β de corrección de la cantidad de movimiento	319
13.4.	Resistencia	319
13.5.	Sustentación	319
13.6.	Resistencia total	319
13.7.	Coeficientes de resistencia	320
13.8.	Coeficientes de sustentación	320
13.9.	Número de Mach	320
13.10.	Teoría de la capa límite	321
13.11.	Placas planas	321
13.12.	Golpe de ariete	323
13.13.	Velocidades supersónicas	323
14.	Maquinaria hidráulica	363
14.1.	Maquinaria hidráulica	363
14.2.	En el caso de rodetes	363
14.3.	Ruedas hidráulicas, turbinas, bombas y soplantes	363
14.4.	Velocidad específica	365
14.5.	Rendimiento	366
14.6.	Cavitación	366
14.7.	Propulsión por hélices	366
14.8.	Los coeficientes de la hélice	367
Apéndices, Tablas y Diagramas		391
Tabla 1.	(A) Propiedades aproximadas de algunos gases	391
	(B) Algunas propiedades del aire a la presión atmosférica	391
	(C) Propiedades mecánicas del agua a la presión atmosférica	392
Tabla 2.	Densidad relativa y viscosidad cinemática de algunos líquidos ...	393
Tabla 3.	Coeficientes de fricción f para agua solamente	394
Tabla 4.	Pérdidas de carga en accesorios	396

Tabla 5.	Valores de K	397
Tabla 6.	Algunos valores del coeficiente C de Hazen-Williams	397
Tabla 7.	Coefficientes de desagüe para orificios verticales circulares de arista viva	398
Tabla 8.	Coefficientes de expansión Y para un flujo compresible a través de Toberas y Venturímetros	399
Tabla 9.	Valores medios de n empleados en las fórmulas de Kutter y Manning y de m de la fórmula de Bazin	400
Tabla 10.	Valores de C de la fórmula de Kutter	401
Tabla 11.	Valores del factor de descarga K en $Q = (K/n) y^{8/3} S^{1/2}$ para canales trapezoidales	402
Tabla 12.	Valores del factor de descarga K' en $Q = (K'/n) b^{8/3} S^{1/2}$ para canales trapezoidales	403
Diagrama A-1	Coefficientes de fricción f	404
Diagrama A-2	Coefficientes de fricción f	405
Diagrama B-1	Nomograma de caudales para la fórmula de Hazen-Williams, $C = 100$	406
Diagrama B-2	Diagrama de tuberías: ecuación de Hazen-Williams ($C = 120$), British Engineering System	407
Diagrama B-3	Diagrama de tuberías: ecuación de Hazen-Williams ($C = 120$), Sistema internacional y Sistema técnico	408
Diagrama B-4	Diagrama de tuberías: ecuación de Manning ($n = 0,013$), British Engineering System	409
Diagrama B-5	Diagrama de tuberías: ecuación de Manning ($n = 0,013$), Sistema internacional y Sistema técnico	410
Diagrama C	Orificios medidores	411
Diagrama D	Boquillas de aforo	412
Diagrama E	Venturímetros	413
Diagrama F	Coefficiente de resistencia en función de R_e	414
Diagrama G	Coefficientes de resistencia para placas planas y lisas	415
Diagrama H	Coefficientes de resistencia para velocidades supersónicas	416
Indice		417