

CONTENIDO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CENTRO DE MEDIOS
 BIBLIOTECA

4206-4

Prólogo	XV
Lista de símbolos	XVII
Lista de abreviaturas	XXI
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Ámbito de la Mecánica de fluidos	1
1.2. Esquema histórico del desarrollo de la Mecánica de fluidos ..	2
1.3. El libro, su contenido, y cómo estudiar mejor la Mecánica de fluidos	2
1.4. Cómo resolver los problemas	3
1.5. Dimensiones y unidades	4
CAPÍTULO 2. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	9
2.1. Distinción entre un sólido y un fluido	9
2.2. Distinción entre un gas y un líquido	9
2.3. Densidad, peso específico, volumen específico y densidad relativa	9
2.4. Fluidos compresibles e incompresibles	11
2.5. Compresibilidad de los líquidos	11
2.6. Peso específico de los líquidos	13
2.7. Ecuaciones de estado de los gases perfectos	14
2.8. Compresibilidad de los gases	16
2.9. Atmósfera estándar	17

2.10. Fluido ideal	18
2.11. Viscosidad	18
2.12. Tensión superficial	23
2.13. Presión de vapor de los líquidos	25
Problemas	26
CAPÍTULO 3. ESTÁTICA DE FLUIDOS	29
3.1. Presión en un punto igual en todas direcciones	29
3.2. Variación de presión en un fluido en reposo	30
3.3. Presión expresada como la altura de un fluido	32
3.4. Presión absoluta y presión manométrica	34
3.5. Barómetro	35
3.6. Medición de la presión	36
3.7. Fuerza sobre un área plana	42
3.8. Centro de presión	44
3.9. Fuerza sobre un área curvada	50
3.10. Flotación y estabilidad de cuerpos sumergidos y flotantes ...	53
3.11. Masas fluidas sometidas a aceleración	57
Problemas	60
CAPÍTULO 4. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL FLUJO FLUIDO ..	65
4.1. Tipos de flujo	65
4.2. Flujo laminar y turbulento	66
4.3. Flujo estacionario y flujo uniforme	67
4.4. Sendas, líneas de corriente y líneas fluidas	68

X CONTENIDO

4.5. Cantidad de flujo y velocidad media	68	6.3. Factor de corrección de la cantidad de movimiento	119
4.6. Sistema y volumen de control	70	6.4. Aplicaciones del principio de cantidad de movimiento	120
4.7. Ecuación de continuidad	71	6.5. Fuerza ejercida sobre un conducto a presión	122
4.8. Flujo unidimensional, bidimensional y tridimensional	73	6.6. Fuerza ejercida sobre un álabe o pala estático	125
4.9. Red de flujo	73	6.7. Álaves móviles: relación entre velocidad absoluta y relativa	126
4.10. Uso y limitaciones de la red de flujo	75	6.8. Fuerza ejercida por un chorro sobre un álabe o pala en movimiento	127
4.11. Sistema de referencia en problemas de flujo	77	6.9. Reacción de un chorro	130
4.12. Velocidad y aceleración en un flujo estacionario	77	6.10. Propulsión a chorro	132
4.13. Velocidad y aceleración en un flujo no estacionario	80	6.11. Máquinas rotatorias: continuidad, velocidades, par	133
Problemas	81	6.12. Carga equivalente a trabajo mecánico	137
CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES ENERGÉTICAS EN EL FLUJO ESTACIONARIO		6.13. Flujo a través de un canal rotatorio	138
85		6.14. Reacción con rotación	138
5.1. Energía cinética de un fluido en movimiento	85	6.15. El principio de la cantidad de movimiento aplicado a molinos y hélices	139
5.2. Energía potencial	86	Problemas	142
5.3. Energía interna	86	CAPÍTULO 7. SEMEJANZA Y ANÁLISIS DIMENSIONAL	
5.4. Ecuación general de la energía para el flujo estacionario de cualquier fluido	87	147	
5.5. Ecuaciones de la energía para flujos estacionarios de fluidos incompresibles, y el teorema de Bernouilli	89	7.1. Definición y usos de la semejanza	147
5.6. Ecuación de la energía para el flujo estacionario de fluidos compresibles	91	7.2. Semejanza geométrica	147
5.7. La ecuación de Euler para movimiento estacionario de un fluido ideal a lo largo de una línea de corriente	93	7.3. Semejanza cinemática	148
5.8. Presión en el flujo fluido	94	7.4. Semejanza dinámica	148
5.9. Carga	95	7.5. Relaciones de escala	153
5.10. Potencia en el flujo fluido	95	7.6. Comentarios sobre los modelos	153
5.11. Cavitación	97	7.7. Análisis dimensional	154
5.12. Definición de las líneas piezométrica y de energía	99	Problemas	159
5.13. Pérdida de carga en una descarga sumergida	101	CAPÍTULO 8. FLUJO INCOMPRESIBLE ESTACIONARIO EN CONDUCTOS A PRESIÓN	
5.14. Aplicación de las líneas piezométrica y de energía	101	161	
5.15. Método de resolución de problemas de flujo	104	8.1. Flujo laminar y turbulento	161
5.16. Trayectoria de un chorro	106	8.2. Número de Reynolds crítico	162
5.17. Flujo sobre una trayectoria curvada	108	8.3. Radio hidráulico, diámetro hidráulico	163
5.18. Vórtice rotacional o forzado	108	8.4. Pérdida de carga en conductos de sección transversal constante	163
5.19. Vórtices irrotacionales o libres	110	8.5. Fricción en conductos circulares	164
Problemas	113	8.6. Flujo laminar en tuberías circulares	166
CAPÍTULO 6. CANTIDAD DE MOVIMIENTO Y FUERZAS EN FLUJOS		8.7. Condiciones de entrada en el flujo laminar	167
117		8.8. Flujo turbulento	168
6.1. Deducción del principio de cantidad de movimiento	117	8.9. Subcapa viscosa en flujo turbulento	170
6.2. Ecuaciones de Navier-Stokes	119	8.10. Perfil de velocidades en un flujo turbulento	173
		8.11. Rugosidad de la tubería	175
		8.12. Diagrama para el coeficiente de fricción	177

8.13. Resolución de problemas de flujo en tuberías por el método de tanteo	178
8.14. Resolución rigurosa de problemas de flujo en tuberías	182
8.15. Ecuaciones empíricas para el flujo en tuberías	185
8.16. Fricción fluida en conductos no circulares	186
8.17. Pérdidas locales en flujo turbulento	187
8.18. Pérdida de carga en la entrada	187
8.19. Pérdida de carga en una descarga sumergida	188
8.20. Pérdida debida a un estrechamiento	189
8.21. Pérdida debida a un ensanchamiento	190
8.22. Pérdidas en accesorios de tuberías	193
8.23. Pérdidas en curvas y codos	193
8.24. Resolución de problemas de tubería única con pérdidas locales	194
8.25. Tubería con una bomba o una turbina	199
8.26. Tuberías con ramificaciones	201
8.27. Tuberías en serie	206
8.28. Tuberías en paralelo	208
8.29. Redes de tuberías	210
8.30. Temas adicionales del flujo en tuberías	213
Problemas	214

CAPÍTULO 9. FUERZAS SOBRE CUERPOS SUMERGIDOS 223

9.1. Introducción	223
9.2. Resistencia de fricción de la capa límite. Flujo incompresible	224
9.3. Capa límite laminar para flujo incompresible sobre una placa plana lisa	226
9.4. Capa límite turbulenta para flujo incompresible sobre una placa plana lisa	228
9.5. Resistencia de fricción para flujo incompresible sobre una placa plana lisa con régimen de transición	231
9.6. Separación de la capa límite y resistencia de presión	233
9.7. Resistencia de cuerpos tridimensionales (flujo incompresible)	234
9.8. Resistencia sobre cuerpos bidimensionales (flujo incompresible)	239
9.9. Sustentación y circulación	240
9.10. Flujo ideal alrededor de un cilindro	242
9.11. Sustentación de un perfil de ala	244
9.12. Resistencia inducida sobre un perfil de ala de longitud finita	245
9.13. Diagramas de sustentación y resistencia.	247
9.14. Efectos de la compresibilidad sobre la resistencia y sustentación	249
9.15. Comentarios finales	251
Problemas	251

CAPÍTULO 10. FLUJO ESTACIONARIO EN CANALES ABIERTOS 255

10.1. Canales abiertos	255
10.2. Flujo uniforme	256
10.3. Resolución de problemas de flujo uniforme	260
10.4. Distribución de velocidad en canales abiertos	262
10.5. Canales abiertos «anchos y poco profundos»	264
10.6. Sección transversal de mayor rendimiento	264
10.7. Secciones circulares parcialmente llenas	267
10.8. Flujo laminar en canales abiertos	268
10.9. Energía específica y profundidades alternativas de flujo en canales rectangulares	270
10.10. Flujo subcrítico y supercrítico	273
10.11. Profundidad crítica en canales no rectangulares	274
10.12. Incidencia de la profundidad crítica	276
10.13. Obstáculos y estrechamientos	277
10.14. Flujo no uniforme o variable	280
10.15. Ecuación de la energía para un flujo lentamente variable	281
10.16. Perfiles de superficie de agua en un flujo lentamente variable	283
10.17. Ejemplos de perfiles de superficie de agua	285
10.18. El resalto hidráulico	288
10.19. Posición del resalto hidráulico	291
10.20. Velocidad de las olas de gravedad	293
10.21. Flujo alrededor de curvas en canales	295
10.22. Transiciones	296
10.23. Hidráulica de los colectores	298
10.24. Otros temas relacionados con el flujo en canales abiertos	301
Problemas	302

CAPÍTULO 11. MEDIDA DE LOS FLUIDOS 311

11.1. La medida de las propiedades fluidas	311
11.2. Medida de la presión estática	313
11.3. Medida de la velocidad con el tubo pitot	315
11.4. Medida de la velocidad por otros métodos	317
11.5. Medida del caudal	319
11.6. Orificios, toberas y tubos	320
11.7. El venturi	326
11.8. Medidor de tobera	329
11.9. Medidor de orificio	331
11.10. Medida de los fluidos compresibles	332

11.11. Vertederos de pared delgada	334
11.12. Vertederos hidrodinámicos y descarga libre	338
11.13. Vertedero de desbordamiento	340
11.14. Compuertas de esclusa	341
11.15. Medida de la elevación de la superficie de un líquido	342
11.16. Otros métodos para la medida del caudal	343
Problemas	343

CAPÍTULO 12. PROBLEMAS DEL FLUJO NO ESTACIONARIO 349

12.1. Introducción	349
12.2. Descarga con altura variable en el depósito	349
12.3. Flujo no estacionario de fluidos incompresibles en tuberías	352
12.4. Establecimiento del flujo estacionario	355
12.5. Velocidad de la onda en tuberías	357
12.6. Golpe de ariete	358
12.7. Chimeneas de equilibrio	364
Problemas	366

CAPÍTULO 13. FLUJO ESTACIONARIO DE FLUIDOS COMPRESIBLES 373

13.1. Consideraciones termodinámicas	373
13.2. Ecuaciones fundamentales aplicables al flujo de fluidos compresibles	375
13.3. Velocidad del sonido	376
13.4. Flujo adiabático (con o sin fricción)	378
13.5. Propiedades de remanso	378
13.6. Flujo isentrópico	381
13.7. Efecto de la variación de área en el flujo compresible unidimensional	382
13.8. Flujo compresible a través de una tobera convergente	383
13.9. Flujo isentrópico a través de una tobera convergente-divergente	385
13.10. Onda de choque unidimensional	387
13.11. La onda de choque oblicua	389
13.12. Flujo isotérmico	391
13.13. Flujo isotérmico en un conducto de área constante	391
13.14. Flujo adiabático en un conducto de área constante	394
13.15. Comparación entre distintos tipos de flujo	396
13.16. Conclusiones	397
Problemas	397

CAPÍTULO 14. MATEMÁTICAS DEL FLUJO IDEAL 401

14.1. Ecuación diferencial de la continuidad	401
14.2. Flujo rotacional e irrotacional	403
14.3. Circulación y vorticidad	404
14.4. La función de corriente	406
14.5. Campos fluidos sencillos	406
14.6. Potencial de velocidades	409
14.7. Ortogonalidad de líneas de corriente y líneas equipotenciales	410
14.8. Flujo a través de medios porosos	412
Problemas	413

CAPÍTULO 15. MÁQUINAS HIDRÁULICAS. BOMBAS 417

15.1. Descripción de las bombas centrífugas y de flujo axial	417
15.2. Altura desarrollada por una bomba	419
15.3. Rendimiento de las bombas	420
15.4. Leyes de semejanza para bombas	420
15.5. Características del funcionamiento de las bombas a velocidad constante	422
15.6. Características de funcionamiento con velocidades y tamaños distintos	423
15.7. Punto de funcionamiento de una bomba	425
15.8. Velocidad específica de una bomba	426
15.9. Factor de velocidad-periférica	427
15.10. Cavitación en las bombas	428
15.11. Efecto de la viscosidad	431
15.12. Selección de bombas	432
15.13. Bombas en serie y en paralelo	434
15.14. Instalaciones de bombas	435
Problemas	436

CAPÍTULO 16. MÁQUINAS HIDRÁULICAS. TURBINAS 441

16.1. Turbinas hidráulicas	441
16.2. Turbinas de impulso	441
16.3. Funcionamiento de una turbina de impulso	443
16.4. Altura sobre una turbina de impulso y rendimiento	445
16.5. Inyectores para turbinas de impulso	447
16.6. Turbinas de reacción	448
16.7. Funcionamiento de una turbina de reacción	450
16.8. Tubos de descarga y altura efectiva en las turbinas de reacción	451

16.9. Rendimiento de las turbinas	453
16.10. Leyes de semejanza para turbinas de reacción	455
16.11. Factor de velocidad-periférica y velocidad específica de las turbinas	456
16.12. Cavitación en turbinas	457
16.13. Selección de turbinas	460
16.14. Turbina-bomba	461
16.15. Instalaciones de turbinas	462
Problemas	463

APÉNDICES

A. Propiedades fluidas y geométricas	467
B. Aplicaciones y programas informáticos	473
C. Referencias	479
D. Respuestas a los ejercicios	483
Índice	493