

# CONTENIDO

## **PARTE 1**

### **Fundamentos de mecánica de fluidos y transporte 1**

---

#### **Capítulo 1**

##### Propiedades de los fluidos 2

- 1.1 Continuo 3
- 1.2 Definición de un fluido 3
- 1.3 Dimensiones y unidades 5
- 1.4 Viscosidad 8
- 1.5 Masa, peso y variables de concentración 11
- 1.6 Temperatura y variables termodinámicas 14
- 1.7 Presión y un gas perfecto 15
- 1.8 Módulo de elasticidad volumétrico 18
- 1.9 Presión de vapor 19
- 1.10 Tensión superficial 20

#### **Capítulo 2**

##### Estática de fluidos 30

- 2.1 Fuerza, esfuerzo y presión de punto 31
- 2.2 Ecuación básica de la estática de fluidos 35
- 2.3 Unidades y escalas para la medida de la presión 40
- 2.4 Manómetros 44
- 2.5 Fuerzas sobre áreas planas 49
- 2.6 Componentes de fuerzas sobre superficies curvas 58
- 2.7 Fuerza de boyamiento 65
- 2.8 Estabilidad de cuerpos flotantes y sumergidos 68
- 2.9 Equilibrio relativo 71

#### **Capítulo 3**

##### Conceptos del flujo de fluidos y ecuaciones básicas de volumen de control 102

- 3.1 Conceptos de flujo y cinemática 103
- 3.2 La ecuación general de conservación en un volumen de control 113
- 3.3 La conservación de la masa 115
- 3.4 La ecuación de energía 118

- 3.5 Aplicación de la ecuación de energía para situaciones de flujo permanente de fluidos 124
- 3.6 La ecuación de momentum lineal del volumen de control 133
- 3.7 Aplicaciones de la ecuación de momentum lineal 136
- 3.8 La ecuación de momento de momentum 155
- 3.9 Transferencia de calor y de masa 158

#### **Capítulo 4**

##### Ecuaciones diferenciales básicas 185

- 4.1 Cinemática, movimiento y deformación 186
- 4.2 Ecuación general de transporte de Reynolds 195
- 4.3 La ecuación de continuidad 196
- 4.4 La ecuación de momentum 198
- 4.5 La conservación de energía mecánica y la ecuación de Bernoulli 202
- 4.6 La ecuación de energía 208
- 4.7 La ecuación diferencial de calor 211
- 4.8 Balance diferencial de masa para una especie 212

#### **Capítulo 5**

##### Análisis dimensional y similitud dinámica 224

- 5.1 Homogeneidad dimensional y relaciones adimensionales 225
- 5.2 Dimensiones y unidades 227
- 5.3 El Teorema II: momentum y energía 228
- 5.4 El Teorema II: transporte de calor y de masa 240
- 5.5 Análisis adimensional de ecuaciones rectoras 243
- 5.6 Estudios en modelos y similitud 247

#### **Capítulo 6**

##### Flujo viscoso: tuberías y canales 259

- 6.1 Flujos laminares y turbulentos: flujos internos y externos 260

- 6.2 Flujo laminar, incompresible y permanente entre placas paralelas 263
- 6.3 Flujo laminar en tuberías y anillos circulares 268
- 6.4 Relaciones para flujo turbulento 273
- 6.5 Pérdidas de energía en flujo turbulento en conductos abiertos y cerrados 283
- 6.6 Flujo permanente uniforme en canales abiertos 285
- 6.7 Flujo permanente incompresible a través de tuberías simples 288
- 6.8 Pérdidas menores 298

### Capítulo 7

#### Flujos externos 315

- 7.1 Fuerzas de corte y de presión 316
- 7.2 Conceptos de capa límite: placas planas 318
- 7.3 Flujo y arrastre: esferas 325
- 7.4 El efecto de los gradientes de presión: separación y estelas 328
- 7.5 Arrastre sobre cuerpos sumergidos 332
- 7.6 Sustentación 337
- 7.7 Aceleración y fuerzas inerciales 340

### Capítulo 8

#### Flujo de fluidos ideales 346

- 8.1 Requisitos para el flujo de un fluido ideal 347
- 8.2 Ecuación de movimiento de Euler 347
- 8.3 Flujo irrotacional: potencial de velocidad 350
- 8.4 Integración de la ecuación de Euler: ecuación de Bernoulli 352
- 8.5 Funciones de corriente y condiciones de frontera 354
- 8.6 Flujos en dos dimensiones 359
- 8.7 Ondas de agua: un problema de frontera móvil 370

### Capítulo 9

#### Transporte por advección y difusión 378

- 9.1 Difusión y conducción molecular permanente 379
- 9.2 Advección y convección: aproximaciones globales 389
- 9.3 Transporte en la capa límite laminar 398
- 9.4 Relaciones de transporte turbulento 402

- 9.5 Difusión turbulenta 405
- 9.6 Difusión y dispersión en canales 416
- 9.7 Aplicaciones de técnicas de difusión y dispersión 424

## PARTE 2

### Aplicaciones de la mecánica de fluidos y transporte 443

---

#### Capítulo 10

##### Mediciones 444

- 10.1 Atributos y funciones del sistema 445
- 10.2 Medición de la presión 451
- 10.3 Medida de la elevación 453
- 10.4 Medición de temperatura 456
- 10.5 Medición de velocidad 456
- 10.6 Aparatos de medida de caudal: orificios 466
- 10.7 Medidor venturi, boquillas y otros aparatos de tasa para conductos 474
- 10.8 Aparatos de medida de caudal de tasa para canales abiertos 479
- 10.9 Medida de concentración de partículas 487
- 10.10 Medida de la viscosidad 493

#### Capítulo 11

##### Turbomaquinaria 505

- 11.1 Unidades homólogas: velocidad específica 506
- 11.2 Teoría elemental de álabes 512
- 11.3 Teoría de turbomáquinas 514
- 11.4 Turbinas de reacción 518
- 11.5 Bombas y ventiladores 522
- 11.6 Turbinas de impulso 529
- 11.7 Cavitación 534

#### Capítulo 12

##### Flujo en conductos cerrados 541

- 12.1 Flujo permanente: fórmulas exponenciales para la fricción en tuberías 542
- 12.2 Flujo permanente: líneas piezométricas y de energía 543
- 12.3 Flujo permanente: sistemas de tuberías 550
- 12.4 Flujo permanente: redes de tuberías 559
- 12.5 Flujo permanente: metodologías para redes hidráulicas complejas 561

- 12.6 Flujo permanente: conductos no circulares, envejecimiento de tuberías y aditivos 566
- 12.7 Flujo no permanente: oscilación de un líquido en un tubo en U 568
- 12.8 Flujo no permanente: establecimiento del flujo 576
- 12.9 Flujo no permanente: descripción del fenómeno de golpe de ariete 578
- 12.10 Flujo no permanente: ecuaciones diferenciales para el cálculo del golpe de ariete 580
- 12.11 Flujo no permanente: solución por el método de las características 583

### Capítulo 13

- Flujo en canales abiertos 605
- 13.1 Clasificación del flujo 606
- 13.2 Secciones transversales hidráulicas óptimas en canales 607
- 13.3 Flujo permanente uniforme en una llanura de inundación 609
- 13.4 Resalto hidráulico y piscina de disipación 610
- 13.5 Energía específica y profundidad crítica 614
- 13.6 Transiciones 617
- 13.7 Flujo gradualmente variado 620
- 13.8 Clasificación de perfiles superficiales 626
- 13.9 Secciones de control 628
- 13.10 Cálculo en computador del flujo gradualmente variado 629
- 13.11 Frente de onda positivo sin fricción en un canal rectangular 631
- 13.12 Frente de onda negativo sin fricción en un canal rectangular 633

### Capítulo 14

- Aplicaciones de fenómenos de transporte 643

- 14.1 Transporte producto de la ingeniería versus transporte geoambiental 643
- 14.2 Flujos multifase: transporte de partículas 646
- 14.3 Flujo y transporte simultáneo: capa límite estratificada 660
- 14.4 Transferencia interfase: evaporación 671
- 14.5 Reactores de proceso y tanques 685
- 14.6 Mezcla mecánica y agitación 695

## Apéndices

---

### Apéndice A

- Sistemas de fuerza, momentos y centroides 707
- A.1 Sistemas de fuerzas simples 707
- A.2 Primero y segundo momentos: centroides 707

### Apéndice B

- Ayudas para la programación de computadores 711

### Apéndice C

- Propiedades físicas de fluidos 712

### Apéndice D

- Notación de variables 717

### Apéndice E

- Operaciones y notación vectoriales 722
- E.1 Notación y definiciones 722
- E.2 Álgebra vectorial 723
- E.3 Operaciones vectoriales 724
- E.4 Vectores unitarios, normales y planos 725
- E.5 Operaciones diferenciales 726

### Apéndice F

- Respuestas a problemas pares 728