

Contenido

CAPÍTULO 1

LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

1

1.1	Panorama	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Conceptos fundamentales introductorios	3
1.4	El sistema internacional de unidades (SI)	4
1.5	El sistema tradicional de unidades de Estados Unidos	5
1.6	Peso y masa	6
1.7	Temperatura	8
1.8	Unidades consistentes en una ecuación	9
1.9	Definición de presión	11
1.10	Compresibilidad	13
1.11	Densidad, peso específico y gravedad específica	14
1.12	Tensión superficial	19
	Referencias	21
	Sitios de Internet	21
	Problemas	21
	Tarea de programación de computadoras	24

CAPÍTULO 2

VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS

26

2.1	Panorama	26
2.2	Objetivos	26
2.3	Viscosidad dinámica	27
2.4	Viscosidad cinemática	29
2.5	Fluidos newtonianos y no newtonianos	30
2.6	Variación de la viscosidad con la temperatura	33
2.7	Medición de la viscosidad	35
2.8	Grados SAE de viscosidad	44
2.9	Grados ISO de viscosidad	46
2.10	Fluidos hidráulicos para sistemas de fluido de potencia	46
	Referencias	48
	Sitios de Internet	48
	Problemas	49
	Tarea de programación de computadoras	51

CAPÍTULO 3

MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

52

3.1	Panorama	52	
3.2	Objetivos	52	
3.3	Presión absoluta y manométrica	53	
3.4	Relación entre la presión y la elevación	55	
3.5	Desarrollo de la relación presión-elevación	57	
3.6	Paradoja de Pascal	61	
3.7	Manómetros	62	
3.8	Barómetros	67	
3.9	La presión expresada como altura de una columna de líquido		69
3.10	Medidores y transductores de presión	70	
	Referencias	74	
	Sitios de Internet	75	
	Problemas	75	

CAPÍTULO 4

FUERZAS DEBIDAS A FLUIDOS ESTÁTICOS

83

4.1	Panorama	83	
4.2	Objetivos	85	
4.3	Gases bajo presión	85	
4.4	Superficies planas horizontales bajo líquidos	86	
4.5	Paredes rectangulares	87	
4.6	Áreas planas sumergidas —en general	90	
4.7	Desarrollo del procedimiento general para fuerzas en áreas planas sumergidas	94	
4.8	Carga piezométrica	96	
4.9	Distribución de la fuerza sobre una superficie curva sumergida		97
4.10	Efecto de una presión sobre la superficie del fluido	103	
4.11	Fuerzas sobre una superficie curva con fluido debajo de ella		103
4.12	Fuerzas sobre superficies curvas con fluido arriba y abajo		104
	Problemas	105	
	Tarea de programación de computadoras	122	

CAPÍTULO 5

FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD

123

5.1	Panorama	123	
5.2	Objetivos	124	
5.3	Flotabilidad	124	
5.4	Materiales para flotabilidad	132	
5.5	Estabilidad de cuerpos sumergidos por completo		133
5.6	Estabilidad de cuerpos flotantes	135	
5.7	Grado de estabilidad	140	
	Referencia	142	
	Sitios de Internet	142	
	Problemas	142	
	Tarea de programación de computadoras		152

CAPÍTULO 6

EL FLUJO DE LOS FLUIDOS Y LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

153

6.1	Panorama	153	
6.2	Objetivos	154	
6.3	La tasa de flujo de un fluido y la ecuación de continuidad		154
6.4	Tuberías y tubos disponibles comercialmente	158	
6.5	Velocidad de flujo recomendable en tuberías y ductos		161
6.6	Conservación de la energía —ecuación de Bernoulli		165
6.7	Interpretación de la ecuación de Bernoulli	167	
6.8	Restricciones de la ecuación de Bernoulli	169	
6.9	Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli	169	
6.10	Teorema de Torricelli	179	
6.11	Flujo debido a una disminución de la carga		182
	Referencias	185	
	Sitios de Internet	185	
	Problemas	186	
	Tarea de programación de computadoras		196

CAPÍTULO 7

ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA

197

7.1	Panorama	197	
7.2	Objetivos	199	
7.3	Pérdidas y ganancias de energía	199	
7.4	Nomenclatura de las pérdidas y ganancias de energía		202
7.5	Ecuación general de la energía	202	
7.6	Potencia que requieren las bombas	207	
7.7	Potencia suministrada a motores de fluido		211
	Problemas	213	

CAPÍTULO 8

NÚMERO DE REYNOLDS, FLUJO LAMINAR, FLUJO TURBULENTO Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN

226

8.1	Panorama	226	
8.2	Objetivos	229	
8.3	Número de Reynolds	230	
8.4	Números de Reynolds críticos	231	
8.5	Ecuación de Darcy	233	
8.6	Pérdida por fricción en el flujo laminar	233	
8.7	Pérdida de fricción en el flujo turbulento	235	
8.8	Ecuaciones para el factor de fricción	242	
8.9	Fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua		243
8.10	Otras formas de la fórmula de Hazen-Williams	245	
8.11	Nomograma para resolver la fórmula de Hazen-Williams		245
	Referencias	247	
	Sitios de Internet	247	
	Problemas	247	
	Tarea de programación de computadoras		254

CAPÍTULO 9

PERFILES DE VELOCIDAD PARA SECCIONES CIRCULARES Y FLUJO EN SECCIONES NO CIRCULARES 255

9.1	Panorama	255
9.2	Objetivos	256
9.3	Perfiles de velocidad	256
9.4	Perfil de velocidad para el flujo laminar	257
9.5	Perfil de velocidad para el flujo turbulento	258
9.6	Flujo en secciones no circulares	260
9.7	Dinámica de fluidos computacional	266
	Referencias	268
	Sitios de Internet	268
	Problemas	268
	Tarea de programación de computadoras	277

CAPÍTULO 10

PÉRDIDAS MENORES 278

10.1	Panorama	278
10.2	Objetivos	280
10.3	Coefficiente de resistencia	281
10.4	Expansión súbita	281
10.5	Pérdida en la salida	284
10.6	Expansión gradual	286
10.7	Contracción súbita	288
10.8	Contracción gradual	290
10.9	Pérdida en la entrada	292
10.10	Coefficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos	293
10.11	Aplicación de válvulas estándar	300
10.12	Vueltas de tubería	303
10.13	Caída de presión en válvulas de potencia de fluidos	305
10.14	Coefficientes de flujo para válvulas, por medio del C_v	310
10.15	Válvulas de plástico	311
	Referencias	313
	Sitios de Internet	313
	Problemas	314
	Análisis asistido por computadora y ejercicios de diseño	319

CAPÍTULO 11

SISTEMAS DE TUBERÍAS EN SERIE 320

11.1	Panorama	320
11.2	Objetivos	321
11.3	Sistemas de clase I	321
11.4	Solución de problemas de clase I, con ayuda de una hoja de cálculo	327
11.5	Sistemas de clase II	330
11.6	Sistemas de clase III	339
11.7	Diseño de tuberías para la integridad estructural	343
	Referencias	345

Sitios de Internet	346	
Problemas	346	
Tarea de análisis y diseño asistidos por computadora		357

CAPÍTULO 12

SISTEMAS DE TUBERÍAS EN PARALELO

358

12.1	Panorama	358	
12.2	Objetivos	360	
12.3	Sistemas con dos ramas	361	
12.4	Sistemas con tres o más ramas (redes)	368	
	Referencia	377	
	Sitios de Internet	377	
	Problemas	377	
	Tarea de programación de computadoras		381

CAPÍTULO 13

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE BOMBAS

382

13.1	Panorama	382	
13.2	Objetivos	384	
13.3	Parámetros involucrados en la selección de bombas	385	
13.4	Tipos de bombas	385	
13.5	Bombas de desplazamiento positivo	385	
13.6	Bombas cinéticas	392	
13.7	Datos de rendimiento de bombas centrífugas	398	
13.8	Leyes de afinidad para bombas centrífugas	400	
13.9	Datos del fabricante de bombas centrífugas	401	
13.10	El punto de operación de una bomba y la selección de ésta		410
13.11	Carga de succión neta positiva	411	
13.12	Detalles de la línea de succión	417	
13.13	Detalles en la línea de descarga	418	
13.14	Diseño de sistemas de tubería y procedimiento de selección de bombas	419	
13.15	Modos de operación de sistemas alternos	423	
13.16	Selección de la bomba y velocidad específica	429	
13.17	Costos del ciclo de vida para sistemas de bombeo de fluidos	430	
13.18	Software para diseñar sistemas de tuberías y seleccionar bombas		433
	Referencias	434	
	Sitios de Internet	434	
	Software para diseño de sistemas de tubería		435
	Problemas	436	
	Problemas de diseño	438	
	Problema exhaustivo de diseño		441

CAPÍTULO 14

FLUJO EN CANALES ABIERTOS

443

14.1	Panorama	443	
14.2	Objetivos	444	
14.3	Clasificación del flujo en canales abiertos		445

14.4	Radio hidráulico y número de Reynolds en el flujo en canales abiertos	446	
14.5	Tipos de flujo en canales abiertos	447	
14.6	Flujo estable uniforme en canales abiertos	448	
14.7	Geometría de los canales abiertos más comunes	453	
14.8	Las formas más eficientes de los canales abiertos	456	
14.9	Flujo crítico y energía específica	457	
14.10	Salto hidráulico	459	
14.11	Medición del flujo en canales abiertos	462	
	Referencias	467	
	Sitios de Internet	467	
	Problemas	468	
	Tarea de programación de computadoras	471	

CAPÍTULO 15

MEDICIÓN DEL FLUJO

15.1	Panorama	473	
15.2	Objetivos	474	
15.3	Factores de selección de un medidor de flujo	474	
15.4	Medidores de carga variable	476	
15.5	Medidores de área variable	485	
15.6	Medidor de flujo de turbina	486	
15.7	Medidor de flujo de vórtice	487	
15.8	Medidor de flujo magnético	487	
15.9	Medidores de flujo ultrasónicos	489	
15.10	Medidores de desplazamiento positivo	489	
15.11	Medidor de flujo másico	490	
15.12	Sondas de velocidad	492	
15.13	Medición del nivel	497	
15.14	Obtención y procesamiento de datos por medio de computadora		
	Referencias	499	
	Sitios de Internet	499	
	Preguntas de repaso	500	
	Problemas	501	
	Tarea de programación de computadoras	502	

CAPÍTULO 16

FUERZAS DEBIDO A LOS FLUIDOS EN MOVIMIENTO

16.1	Panorama	503	
16.2	Objetivos	504	
16.3	Ecuación de fuerza	504	
16.4	Ecuación del impulso-cantidad de movimiento	505	
16.5	Método de solución de problemas por medio de las ecuaciones de fuerza	505	
16.6	Fuerzas sobre objetos estacionarios	506	
16.7	Fuerzas sobre las vueltas de las tuberías	509	
16.8	Fuerzas sobre objetos en movimiento	513	
	Problemas	514	

CAPÍTULO 17**ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN****520**

- 17.1 Panorama 520
- 17.2 Objetivos 521
- 17.3 Ecuación de la fuerza de arrastre 522
- 17.4 Arrastre de presión 523
- 17.5 Coeficiente de arrastre 524
- 17.6 Arrastre de fricción sobre esferas en flujo laminar 530
- 17.7 Arrastre de vehículos 531
- 17.8 La compresibilidad y los efectos de la cavitación 533
- 17.9 La sustentación y el arrastre sobre los aeroplanos 534
- Referencias 537
- Sitios de Internet 537
- Problemas 537

CAPÍTULO 18**VENTILADORES, SOPLADORES, COMPRESORES
Y EL FLUJO DE LOS GASES****542**

- 18.1 Panorama 542
- 18.2 Objetivos 543
- 18.3 Flujos volumétricos y presiones de los gases 543
- 18.4 Clasificación de los ventiladores, sopladores y compresores 544
- 18.5 Flujo de aire comprimido y otros gases en tubos 549
- 18.6 Flujo de aire y otros gases a través de las boquillas 556
- Referencias 564
- Sitios de Internet 564
- Problemas 565
- Ejercicios de programación de computadoras 567

CAPÍTULO 19**FLUJO DE AIRE EN DUCTOS****568**

- 19.1 Panorama 568
- 19.2 Objetivos 570
- 19.3 Pérdidas de energía en el sistema 570
- 19.4 Diseño de ductos 576
- 19.5 Eficiencia energética y consideraciones prácticas en el diseño de ductos 583
- Referencias 584
- Sitios de Internet 584
- Problemas 585

APÉNDICES**589**

- A Propiedades del agua 589
- B Propiedades de los líquidos comunes 591
- C Propiedades comunes de aceites lubricantes derivados del petróleo 593

Contenido

D	Variación de la viscosidad con la temperatura	594
E	Propiedades del aire	597
F	Dimensiones de tuberías de acero	601
G	Dimensiones de tubos de acero	603
H	Dimensiones de tubos de cobre tipo K	604
I	Dimensiones de tuberías de hierro dúctil	605
J	Áreas de círculos	606
K	Factores de conversión	608
L	Propiedades de las áreas	611
M	Propiedades de los sólidos	613
N	Constante de los gases, exponente adiabático y relación de presión crítica para gases seleccionados	615

RESPUESTAS DE LOS PROBLEMAS SELECCIONADOS 616

ÍNDICE 623