

INDICE

Prefacio	XVII
Nomenclatura	XXV
1. Conceptos Básicos de la Termodinámica	1
1.1. Termodinámica y Energía	2
1.2. Nota sobre las dimensiones y Unidades	4
1.3. Sistemas cerrados y abiertos	8
1.4. Formas de energía	9
1.5. Propiedades de un sistema	12
1.6. Estado y equilibrio	13
1.7. Proceso ciclos	14
1.8. El postulado de estado	16
1.9. Presión	17
1.10. Temperatura y la ley cero de la termodinámica	21
1.11. Resumen	26
Referencias y lecturas sugeridas	27
Problemas	27
2. Propiedades de las Sustancias Puras	37
2.1. Sustancias pura	38
2.2. Fases de una sustancia pura	38
2.3. Procesos de cambio de fase de sustancias puras	39
2.4. Diagramas de Propiedades para Procesos de Cambio de Fase	44
2.5. la superficie $P - v - T$	50
2.6. Tablas de propiedades	51
2.7. la ecuación de estado de gas ideal	63
2.8. factor de compresibilidad – una medida de la desviación del comportamiento de gas ideal	66
2.9. Otras ecuaciones	70
2.10. Resumen	76
Referencia y lectura sugeridas	76
Problemas	77
3. La Primera Ley de la Termodinámica: Sistema Cerrados	91
3.1. Introducción a la primera ley de la termodinámica	92
3.2. Transferencia de calor	92
3.3. Trabajo	100
3.4. Formas mecánicas del trabajo	104
3.5. La primera ley de la termodinámica	116
3.6. Un enfoque sistemático a la solución de problemas	120
3.7. Calores específicos	128
3.8. Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales	130
3.9. Energía interna, entalpía y calores específicos de sólidos y líquidos	139
3.10. Aspectos termodinámicos de sistemas biológicos	141
3.11. Resumen	148
Referencias y lecturas sugeridas	150
Problemas	150
4. La Primera Ley de la Termodinámica: Volúmenes de Control	177
4.1. Análisis termodinámica de volúmenes de control	178
4.2. El proceso de flujo permanente	184

4.3. Algunos dispositivos de ingeniería de flujo permanente	189
4.4. Procesos de flujo no permanente	204
4.5. Resumen	216
Referencias y lecturas sugeridas	218
Problemas	218
5. La Segunda Ley de la Termodinámica	239
5.1. Introducción a la segunda ley de la termodinámica	240
5.2. Depósitos de energía térmica	241
5.3. Máquinas térmicas	242
5.4. Refrigeradores y bombas de calor	249
5.5. Máquinas de movimiento perpetuo	255
5.6. Procesos reversible e irreversible	257
5.7. El ciclo de Carnot	262
5.8. Los principios de Carnot	265
5.9. La escala termodinámica de temperaturas	266
5.10. La máquina térmica de Carnot	268
5.11. El refrigerador y la bomba de calor de Carnot	273
5.12. Resumen	275
Referencias y lecturas sugeridas	277
Problemas	277
6. Entropía	295
6.1. La desigualdad de Clausius	296
6.2. Entropía	298
6.3. El principio del incremento de entropía	313
6.4. Causas del cambio de entropía	313
6.5. ¿Qué es la entropía?	315
6.6. Diagramas de propiedades que incluyen a la entropía	319
6.7. Las relaciones T ds	322
6.8. El cambio de entropía de sustancias puras	324
6.9. El cambio de entropía de sólidos y líquidos	329
6.10. El cambio de entropía de gases ideales	332
6.11. Trabajo de flujo permanente reversible	340
6.12. Minimización del trabajo del compresor	344
6.13. Eficiencias adiabáticas de algunos dispositivos de flujo permanente	348
6.14. Resumen	356
Referencias y lecturas sugeridas	360
Problemas	361
7. Análisis de la Segunda Ley Sistema de Ingeniería	387
7.1. Disponibilidad – Potencial de trabajo máximo	388
7.2. Trabajo reversible e irreversibilidad	390
7.3. Eficiencia de la segunda ley	397
7.4. Análisis de la segunda ley en sistema cerrados	401
7.5. Análisis de la segunda ley en sistema de flujo permanente	411
7.6. Análisis de la segunda ley en sistema de flujo no permanente	416
7.7. Aspectos de la segunda ley en la vida diaria	422
7.8. Resumen	426
Referencias y lecturas sugeridas	429
Problemas	429

Apéndice 1. Tablas de Propiedades y Diagramas (Unidades del SI)	A-3
Tabla A.1. Masa molar, constante de gas y propiedades del punto – crítico	A-4
Tabla A.2. Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes	A-5
Tabla A.3. Calores específicos y densidades de sólidos y líquidos comunes	A-8
Tabla A.4. Agua saturada – tabla de temperaturas	A-10
Tabla A.5. Agua saturada – tabla de presiones	A-12
Tabla A.6. Agua sobrecalentada	A-14
Tabla A.7. Agua líquida comprimida	A-18
Tabla A.8. Hielo saturado – vapor de agua	A-19
Tabla A.9. Diagrama T – s para el agua	A-20
Tabla A.10. Diagrama de Mollier para el agua	A-21
Tabla A.11. Refrigerante saturado 12 – Tabla de temperatura	A-22
Tabla A.12. Refrigerante saturado 12 – Tabla de presión	A-23
Tabla A.13. Refrigerante Sobrecalentado 12	A-24
Figura A.14. Diagrama P – h para el refrigerante 12	A-27
Tabla A.15. Refrigerante 134 ^a saturado	A-28
Tabla A.16. Refrigerante 134 ^a sobrecalentado	A-30
Tabla A.17. Propiedades de gas ideal del aire	A-34
Tabla A.18. Propiedades de gas ideal de nitrógeno, N ₂	A-36
Tabla A.19. Propiedades de gas ideal de oxígeno, O ₂	A-38
Tabla A.20. Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO ₂	A-40
Tabla A.21. Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO	A-42
Tabla A.22. Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H ₂	A-44
Tabla A.23. Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H ₂ O	A-45
Tabla A.24. Propiedades de gas ideal del oxígeno monoatómico, O	A-47
Tabla A.25. Propiedades de gas ideal del hidroxilo OH	A-47
Tabla A.26. Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 25°C 1 atm	A-48
Tabla A.27. Entalpía de combustión y entalpía de vaporización a 25° C, 1 atm	A-49
Tabla A.28. Logaritmos base 0 de la constante de equilibrio K _p	A-50
Tabla A.29. Constantes que aparecen en las ecuaciones de estado Beattie – Bridgeman y Benedict – Webb – Rubin	A-51
Figura A.30. Gráfica generalizada de compresibilidad	A-52
Figura A.30. Gráfica generalizada de compresibilidad	A-55
Figura A.33. Gráfica psicométrica a 1 atm de presión total	A-59
Figura A.34. Funciones de flujo compresible isentrópico unidimensional para un gas ideal con calores específicos y masa molar constantes, m y k = 1.4	A-60
Figura A.35. Funciones de choque normal unidimensional para un gas ideal con calores específicos y masa molar constantes, y k = 1.4	A-61
Apéndice 2. Tablas de Propiedades, Figuras y Diagramas (Unidades Inglesas)	
Tabla A.1E. Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico	A-64
Tabla A.2E. Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes	A-65
Tabla A.3E. Calores específicos y densidades de sólidos y líquidos	A-68

comunes	
Tabla A.4E. Agua saturada – Tabla de temperatura	A-69
Tabla A.5E. Agua saturada – tabla de presiones	A-70
Tabla A.6E. Agua sobrecalentada	A-72
Tabla A.7E. Agua líquida comprimida	A-76
Tabla A.8E. Hielo Saturado – vapor el agua	A-77
Tabla A.9E. Diagrama T – s para el agua	A-78
Tabla A.10E. Diagrama de Mollier para el agua	A-79
Tabla A.11E. Refrigerante saturado 12 – tabla de temperatura	A-80
Tabla A.12E. Refrigerante saturado 12 – Tabla de presión	A-81
Tabla A.13E. Refrigerante sobrecalentado	A-82
Figura A14E. Diagrama P – h para el refrigerante 12	A-85
Tabla A.15E. Refrigerante saturado 134 ^a	A-86
Tabla A.16E. Refrigerante recalentado 134 ^a	A-88
Tabla A.17E. Propiedades de gas ideal del aire	A-91
Tabla A.18E. Propiedades de gas ideal del Nitrógeno N ₂	A-93
Tabla A.19E. Propiedades de gas ideal de oxígeno O ₂	A-95
Tabla A.20E. Propiedades de gas ideal del dióxido de Carbono Co ₂	A-97
Tabla A.21E. Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono CO	A-99
Tabla A.22E. Propiedades de gas ideal de hidrógeno H ₂	A-101
Tabla A.23E. Propiedades de gas ideal del vapor de agua, A ₂ O	A-102
Tabla A.26E. Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 77° F, 1 atm	A-104
Figura A.27E. Entalpía de combustión y entalpía de vaporización a 77° F, 1 atm	A-105
Tabla A -29EW. Constantes que aparecen en las ecuaciones de estado Beattie – Brideman y Benedict – Webb – Rubin	A-106
Figura A.33E. Gráfica psicométrica a 1 atm de presión total	A-107
Apéndice 30. Acerca del Software	A-109
Índice	I-1