

CONTENIDO

Prefacio xv

CAPÍTULO I

Introducción y conceptos básicos 1

- 1-1 **Termodinámica y energía 2**
Áreas de aplicación de la termodinámica 3
- 1-2 **Importancia de las dimensiones y unidades 3**
Algunas unidades SI e inglesas 6
Homogeneidad dimensional 8
Relaciones de conversión de unidades 9
- 1-3 **Sistemas y volúmenes de control 10**
- 1-4 **Propiedades de un sistema 12**
Continuo 12
- 1-5 **Densidad y densidad relativa 13**
- 1-6 **Estado y equilibrio 14**
Postulado de estado 14
- 1-7 **Procesos y ciclos 15**
Proceso de flujo estacionario 16
- 1-8 **Temperatura y ley cero de la termodinámica 17**
Escalas de temperatura 17
Escala de temperatura internacional de 1990 (ITS-90) 20
- 1-9 **Presión 21**
Variación de la presión con la profundidad 23
- 1-10 **Dispositivos para la medición de la presión 26**
Barómetro 26
Manómetro 29
Otros dispositivos de medición de presión 32
- 1-11 **Técnica para resolver problemas 33**
Paso 1: enunciado del problema 34
Paso 2: esquema 34
Paso 3: suposiciones y aproximaciones 34
Paso 4: leyes físicas 34
Paso 5: propiedades 34
Paso 6: cálculos 34
Paso 7: razonamiento, comprobación y análisis 35
Paquetes de software de ingeniería 35
Programa para resolver ecuaciones de ingeniería (Engineering Equation Solver, EES) 36
Observación acerca de los dígitos significativos 38

Resumen 39
Referencias y lecturas recomendadas 40
Problemas 40

CAPÍTULO 2

Energía, transferencia de energía y análisis general de energía 51

- 2-1 **Introducción 52**
- 2-2 **Formas de energía 53**
Algunas consideraciones físicas de la energía interna 55
Más sobre energía nuclear 56
Energía mecánica 58
- 2-3 **Transferencia de energía por calor 60**
Antecedentes históricos sobre el calor 61
- 2-4 **Transferencia de energía por trabajo 62**
Trabajo eléctrico 65
- 2-5 **Formas mecánicas del trabajo 66**
Trabajo de flecha 66
Trabajo de resorte 67
Trabajo hecho sobre barras sólidas elásticas 67
Trabajo relacionado con el estiramiento de una película líquida 68
Trabajo hecho para elevar o acelerar un cuerpo 68
Formas no mecánicas del trabajo 69
- 2-6 **La primera ley de la termodinámica 70**
Balance de energía 71
Incremento de la energía de un sistema, $\Delta E_{\text{sistema}}$ 72
Mecanismos de transferencia de energía, E_{entrada} y E_{salida} 73
- 2-7 **Eficiencia en la conversión de energía 77**
Eficiencia de dispositivos mecánicos y eléctricos 81
- 2-8 **Energía y ambiente 85**
Ozono y smog 86
Lluvia ácida 87
Efecto invernadero: calentamiento global y cambio climático 88

Tema de interés especial:
Mecanismos de transferencia de calor 91
Resumen 96
Referencias y lecturas recomendadas 96
Problemas 97

CAPÍTULO 3

Propiedades de las sustancias puras 109

- 3-1 **Sustancia pura 110**
- 3-2 **Fases de una sustancia pura 110**

- 3-3 Procesos de cambio de fase en sustancias puras 111**
Líquido comprimido y líquido saturado 112
Vapor saturado y vapor sobrecalentado 112
Temperatura de saturación y presión de saturación 113
Algunas consecuencias de la dependencia de T_{sat} y P_{sat} 115
- 3-4 Diagramas de propiedades para procesos de cambio de fase 116**
1 Diagrama $T-v$ 116
2 Diagrama $P-v$ 118
Ampliación de los diagramas para incluir la fase sólida 119
3 Diagrama $P-T$ 122
Superficie $P-v-T$ 123
- 3-5 Tablas de propiedades 124**
Entalpía: una propiedad de combinación 124
1a Estados de líquido saturado y de vapor saturado 125
1b Mezcla saturada de líquido-vapor 127
2 Vapor sobrecalentado 130
3 Líquido comprimido 131
Estado de referencia y valores de referencia 133
- 3-6 Ecuación de estado de gas ideal 135**
¿El vapor de agua es un gas ideal? 137
- 3-7 Factor de compresibilidad, una medida de la desviación del comportamiento de gas ideal 137**
- 3-8 Otras ecuaciones de estado 142**
Ecuación de estado de Van der Waals 142
Ecuación de estado de Beattie-Bridgeman 143
Ecuación de estado de Benedict-Webb-Rubin 143
Ecuación de estado virial 143
- Tema de interés especial:**
Presión de vapor y equilibrio de fases 147
Resumen 151
Referencias y lecturas recomendadas 152
Problemas 152

CAPÍTULO 4

Análisis de energía de sistemas cerrados 163

- 4-1 Trabajo de frontera móvil 164**
Proceso politrópico 169
- 4-2 Balance de energía para sistemas cerrados 171**
- 4-3 Calores específicos 176**
- 4-4 Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales 178**
Relaciones de calores específicos de gases ideales 180
- 4-5 Energía interna, entalpía y calores específicos de sólidos y líquidos 187**
Cambios de energía interna 187
Cambios de entalpía 187

Tema de interés especial: Aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos 191

- Resumen 198
Referencias y lecturas recomendadas 199
Problemas 199

CAPÍTULO 5

Análisis de masa y energía de volúmenes de control 215

- 5-1 Conservación de la masa 216**
Flujos másico y volumétrico 216
Principio de conservación de la masa 218
Balance de masa para procesos de flujo estacionario 219
Caso especial: flujo incompresible 220
- 5-2 Trabajo de flujo y energía de un fluido en movimiento 222**
Energía total de un fluido en movimiento 223
Energía transportada por la masa 224
- 5-3 Análisis de energía de sistemas de flujo estacionario 226**
- 5-4 Algunos dispositivos ingenieriles de flujo estacionario 229**
1 Toberas y difusores 229
2 Turbinas y compresores 232
3 Válvulas de estrangulamiento 235
4a Cámaras de mezclado 236
4b Intercambiadores de calor 238
5 Flujo en tuberías y ductos 240
- 5-5 Análisis de procesos de flujo no estacionario 242**
Tema de interés especial:
Ecuación general de energía 247
Resumen 250
Referencias y lecturas recomendadas 251
Problemas 251

CAPÍTULO 6

La segunda ley de la termodinámica 275

- 6-1 Introducción a la segunda ley 276**
- 6-2 Depósitos de energía térmica 277**
- 6-3 Máquinas térmicas 278**
Eficiencia térmica 279
¿Es posible ahorrar Q_{salida} ? 281
La segunda ley de la termodinámica: enunciado de Kelvin-Planck 283
- 6-4 Refrigeradores y bombas de calor 283**
Coeficiente de desempeño 284
Bombas de calor 285

- Desempeño de refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor 286
La segunda ley de la termodinámica: enunciado de Clausius 288
Equivalencia de los dos enunciados 289

- 6-5 Máquinas de movimiento perpetuo 290**
- 6-6 Procesos reversibles e irreversibles 292**
Irreversibilidades 293
Procesos interna y externamente reversibles 294
- 6-7 El ciclo de Carnot 295**
Ciclo de Carnot inverso 297
- 6-8 Principios de Carnot 297**
- 6-9 Escala termodinámica de temperatura 299**
- 6-10 La máquina térmica de Carnot 301**
Calidad de la energía 303
Cantidad contra calidad en la vida diaria 303
- 6-11 El refrigerador de Carnot y la bomba de calor 304**
Tema de interés especial:
Refrigeradores domésticos 307
Resumen 311
Referencias y lecturas recomendadas 312
Problemas 312

CAPÍTULO 7

Entropía 329

- 7-1 Entropía 330**
Caso especial: procesos isotérmicos de transferencia de calor internamente reversibles 332
- 7-2 El principio del incremento de entropía 333**
Algunos comentarios sobre la entropía 335
- 7-3 Cambio de entropía de sustancias puras 337**
- 7-4 Procesos isentrópicos 341**
- 7-5 Diagramas de propiedades que involucran a la entropía 342**
- 7-6 ¿Qué es la entropía? 344**
La entropía y la generación de entropía en la vida diaria 346
- 7-7 Las relaciones $T ds$ 348**
- 7-8 Cambio de entropía de líquidos y sólidos 349**
- 7-9 Cambio de entropía de gases ideales 352**
Calores específicos constantes (análisis aproximado) 353
Calores específicos variables (análisis exacto) 354
Procesos isentrópicos de gases ideales 356
Calores específicos constantes (análisis aproximado) 356
Calores específicos variables (análisis exacto) 357
Presión relativa y volumen específico relativo 357

- 7-10 Trabajo reversible de flujo estacionario 360**
Demostración que los dispositivos de flujo estacionario entregan el máximo trabajo y consumen el mínimo cuando el proceso es reversible 363
- 7-11 Minimización del trabajo del compresor 364**
Compresión en etapas múltiples con interenfriamiento 365
- 7-12 Eficiencias isentrópicas de dispositivos de flujo estacionario 368**
Eficiencia isentrópica de turbinas 369
Eficiencias isentrópicas de compresores y bombas 371
Eficiencia isentrópica de toberas 373
- 7-13 Balance de entropía 375**
Cambio de entropía de un sistema, $\Delta S_{\text{sistema}}$ 376
Mecanismos de transferencia de entropía, S_{entrada} y S_{salida} 376
1 Transferencia de calor 376
2 Flujo másico 377
Generación de entropía, S_{gen} 378
Sistemas cerrados 379
Volúmenes de control 379
Generación de entropía asociada con un proceso de transferencia de calor 385
- Tema de interés especial:**
Reducción del costo del aire comprimido 388
Resumen 398
Referencias y lecturas recomendadas 399
Problemas 400

CAPÍTULO 8

Exergía: una medida del potencial de trabajo 423

- 8-1 Exergía: potencial de trabajo de la energía 424**
Exergía (potencial de trabajo) asociada con la energía cinética y potencial 425
- 8-2 Trabajo reversible e irreversibilidad 427**
- 8-3 Eficiencia según la segunda ley, η_{II} 432**
- 8-4 Cambio de exergía de un sistema 435**
Exergía de una masa fija: exergía sin flujo (o de sistema cerrado) 435
Exergía de una corriente de flujo: exergía de flujo (o corriente) 438
- 8-5 Transferencia de exergía por calor, trabajo y masa 441**
Transferencia de exergía por calor, Q 441
Transferencia de exergía por trabajo, W 442
Transferencia de exergía por masa, m 443
- 8-6 Principio de disminución de exergía y destrucción de exergía 443**
Destrucción de exergía 444
- 8-7 Balance de exergía: sistemas cerrados 445**

- 8-8 Balance de exergía: volúmenes de control 456**
 Balance de exergía para sistemas de flujo estacionario 457
 Trabajo reversible, W_{rev} 458
 Eficiencia según la segunda ley para dispositivos de flujo estacionario, η_{II} 458
- Tema de interés especial:**
Aspectos cotidianos de la segunda ley 464
 Resumen 469
 Referencias y lecturas recomendadas 470
 Problemas 470

CAPÍTULO 9

Ciclos de potencia de gas 487

- 9-1 Consideraciones básicas para el análisis de los ciclos de potencia 488**
- 9-2 El ciclo de Carnot y su valor en ingeniería 490**
- 9-3 Suposiciones de aire estándar 492**
- 9-4 Breve panorama de las máquinas reciprocantes 493**
- 9-5 Ciclo de Otto: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por chispa 494**
- 9-6 Ciclo Diesel: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por compresión 501**
- 9-7 Ciclos Stirling y Ericsson 504**
- 9-8 Ciclo Brayton: el ciclo ideal para los motores de turbina de gas 508**
 Desarrollo de las turbinas de gas 511
 Desviación de los ciclos reales de turbina de gas en comparación con los idealizados 514
- 9-9 Ciclo Brayton con regeneración 516**
- 9-10 Ciclo Brayton con interenfriamiento, recalentamiento y regeneración 518**
- 9-11 Ciclos ideales de propulsión por reacción 522**
 Modificaciones para motores de turborreactor 526
- 9-12 Análisis de ciclos de potencia de gas con base en la segunda ley 528**
- Tema de interés especial:**
Ahorro de combustible y dinero al manejar con sensatez 531
 Resumen 538
 Referencias y lecturas recomendadas 540
 Problemas* 540

CAPÍTULO 10

Ciclos de potencia de vapor y combinados 555

- 10-1 El ciclo de vapor de Carnot 556**
- 10-2 Ciclo Rankine: el ciclo ideal para los ciclos de potencia de vapor 557**
 Análisis de energía del ciclo Rankine ideal 558
- 10-3 Desviación de los ciclos de potencia de vapor reales respecto de los idealizados 561**
- 10-4 ¿Cómo incrementar la eficiencia del ciclo Rankine? 564**
 Reducción de la presión del condensador (*reducción de $T_{baja, prom}$*) 564
 Sobrecalentamiento del vapor a altas temperaturas (*incremento de $T_{alta, prom}$*) 565
 Incremento de la presión de la caldera (*incremento de $T_{alta, prom}$*) 565
- 10-5 El ciclo Rankine ideal con recalentamiento 568**
- 10-6 El ciclo Rankine ideal regenerativo 572**
 Calentadores abiertos de agua de alimentación 572
 Calentadores cerrados de agua de alimentación 574
- 10-7 Análisis de ciclos de potencia de vapor con base en la segunda ley 580**
- 10-8 Cogeneración 583**
- 10-9 Ciclos de potencia combinados de gas y vapor 587**
- Tema de interés especial:**
Ciclos binarios de vapor 590
 Resumen 593
 Referencias y lecturas recomendadas 593
 Problemas 594

CAPÍTULO 11

Ciclos de refrigeración 609

- 11-1 Refrigeradores y bombas de calor 610**
- 11-2 El ciclo invertido de Carnot 611**
- 11-3 El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor 612**
- 11-4 Ciclo real de refrigeración por compresión de vapor 616**
- 11-5 Análisis de la segunda ley del ciclo de refrigeración por compresión de vapor 618**
- 11-6 Selección del refrigerante adecuado 623**
- 11-7 Sistemas de bombas de calor 625**

11-8 Sistemas innovadores de refrigeración por compresión de vapor 627

- Sistemas de refrigeración en cascada 627
 Sistemas de refrigeración por compresión de múltiples etapas 630
 Sistemas de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor 632
 Licuefacción de gases 633

11-9 Ciclos de refrigeración de gas 635

11-10 Sistemas de refrigeración por absorción 638

- Tema de interés especial:**
Sistemas termoeléctricos de generación de potencia y de refrigeración 641
 Resumen 643
 Referencias y lecturas recomendadas 644
 Problemas 644

CAPÍTULO 12

Relaciones de propiedades termodinámicas 659

12-1 Un poco de matemáticas: derivadas parciales y relaciones asociadas 660

- Diferenciales parciales 661
 Relaciones de derivadas parciales 663

12-2 Relaciones de Maxwell 664

12-3 La ecuación de Clapeyron 666

12-4 Relaciones generales para du, dh, ds, c_v y c_p 669

- Cambios en la energía interna 669
 Cambios de entalpía 670
 Cambios de entropía 671
 Calores específicos c_v y c_p 672

12-5 El coeficiente de Joule-Thomson 676

12-6 Las $\Delta h, \Delta u$ y Δs de gases reales 677

- Cambios en la entalpía de gases reales 678
 Cambios de energía interna de gases ideales 679
 Cambios de entropía de gases reales 679
 Resumen 682
 Referencias y lecturas recomendadas 683
 Problemas 683

CAPÍTULO 13

Mezcla de gases 691

13-1 Composición de una mezcla de gases: fracciones molares y de masa 692

13-2 Comportamiento $P-v-T$ de mezclas de gases: gases ideales y reales 694

- Mezclas de gases ideales 695
 Mezclas de gases reales 695

13-3 Propiedades de mezclas de gases: gases ideales y reales 699

- Mezclas de gases ideales 700
 Mezclas de gases reales 703

Tema de interés especial:
Potencial químico y el trabajo de separación de mezclas 707

- Resumen 718
 Referencias y lecturas recomendadas 719
 Problemas 719

CAPÍTULO 14

Mezclas de gas-vapor y acondicionamiento de aire 727

14-1 Aire seco y aire atmosférico 728

14-2 Humedad específica y relativa del aire 729

14-3 Temperatura de punto de rocío 731

14-4 Temperaturas de saturación adiabática y de bulbo húmedo 733

14-5 La carta psicrométrica 736

14-6 Comodidad humana y acondicionamiento de aire 737

14-7 Procesos de acondicionamiento de aire 739

- Calentamiento y enfriamiento simples ($\omega = \text{constante}$) 740
 Calentamiento con humidificación 741
 Enfriamiento con deshumidificación 742
 Enfriamiento evaporativo 744
 Mezclado adiabático de flujos de aire 745
 Torres de enfriamiento húmedo 747
 Resumen 749
 Referencias y lecturas recomendadas 751
 Problemas 751

CAPÍTULO 15

Reacciones químicas 761

15-1 Combustibles y combustión 762

15-2 Procesos de combustión teórica y real 766

15-3 Entalpía de formación y entalpía de combustión 772

15-4 Análisis de sistemas reactivos con base en la primera ley 775

- Sistemas de flujo estacionario 776
 Sistemas cerrados 777

15-5 Temperatura de flama adiabática 780

- 15-6 Cambio de entropía de sistemas reactivos 783
- 15-7 Análisis de sistemas reactivos con base en la segunda ley 785
 - Tema de interés especial: Celdas de combustible 790
 - Resumen 792
 - Referencias y lecturas recomendadas 793
 - Problemas 793

CAPÍTULO 16

Equilibrio químico y de fase 805

- 16-1 Criterio para el equilibrio químico 806
- 16-2 La constante de equilibrio para mezclas de gases ideales 808
- 16-3 Algunas observaciones respecto a la K_p de las mezclas de gases ideales 812
- 16-4 Equilibrio químico para reacciones simultáneas 816
- 16-5 Variación de K_p con la temperatura 818
- 16-6 Equilibrio de fase 820
 - Equilibrio de fase para un sistema de un solo componente 820
 - La regla de fases 821
 - Equilibrio de fases para un sistema multicomponente 822
 - Resumen 827
 - Referencias y lecturas recomendadas 828
 - Problemas 829

CAPÍTULO 17

Flujo compresible 837

- 17-1 Propiedades de estancamiento 838
- 17-2 Velocidad del sonido y número de Mach 841
- 17-3 Flujo isentrópico unidimensional 843
 - Variación de la velocidad del fluido con el área de flujo 846
 - Relaciones de propiedades para el flujo isentrópico de gases ideales 848
- 17-4 Flujo isentrópico a través de toberas aceleradoras 850
 - Toberas convergentes 850
 - Toberas convergentes-divergentes 855

- 17-5 Ondas de choque y ondas de expansión 859
 - Choques normales 859
 - Choques oblicuos 866
 - Ondas expansivas de Prandtl-Meyer 870
- 17-6 Flujo en un ducto con transferencia de calor, de fricción insignificante (flujo de Rayleigh) 874
 - Relaciones de propiedades para flujos de Rayleigh 880
 - Flujo de Rayleigh ahogado 881
- 17-7 Toberas de vapor de agua 883
 - Resumen 886
 - Referencias y lecturas recomendadas 887
 - Problemas 888

CAPÍTULO 18 (CAPÍTULO EN WEB) disponible en www.mhhe.com/cengel/termo8e

Energía renovable

- 18-1 Introducción
- 18-2 Energía solar
 - Radiación solar
 - Captador solar de placa plana
 - Captador solar concentrador
 - Captador de energía solar concentrador lineal
 - Centrales solares de torre
 - Estanque solar
 - Celdas fotovoltaicas
 - Aplicaciones solares pasivas
 - Ganancia de calor solar a través de las ventanas
- 18-3 Energía eólica
 - Tipos de turbinas eólicas y curva de rendimiento energético
 - Potencial de energía eólica
 - Densidad de energía eólica
 - Eficiencia de turbina eólica
 - Límite de Betz para la eficiencia de turbina eólica
- 18-4 Energía hidráulica
 - Análisis de una planta de energía hidroeléctrica
 - Tipos de turbinas
- 18-5 Energía geotérmica
 - Producción de energía geotérmica
- 18-6 Energía de biomasa
 - Recursos de biomasa
 - Conversión de la biomasa en biocombustible
 - Productos de biomasa
 - Producción de electricidad y calor por medio de biomasa
 - Deshechos sólidos municipales
 - Resumen
 - Referencias y lecturas sugeridas
 - Problemas

APÉNDICE I

Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI) 897

- Tabla A-1 Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico 898
- Tabla A-2 Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes 899
- Tabla A-3 Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes 902
- Tabla A-4 Agua saturada. Tabla de temperaturas 904
- Tabla A-5 Agua saturada. Tabla de presiones 906
- Tabla A-6 Vapor de agua sobrecalentado 908
- Tabla A-7 Agua líquida comprimida 912
- Tabla A-8 Hielo saturado. Vapor de agua 913
- Figura A-9 Diagrama $T-s$ para el agua 914
- Figura A-10 Diagrama de Mollier para el agua 915
- Tabla A-11 Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura 916
- Tabla A-12 Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión 918
- Tabla A-13 Refrigerante 134a sobrecalentado 919
- Figura A-14 Diagrama $P-h$ para el refrigerante 134a 921
- Figura A-15 Carta generalizada de compresibilidad de Nelson-Obert 922
- Tabla A-16 Propiedades de la atmósfera a gran altitud 923
- Tabla A-17 Propiedades de gas ideal del aire 924
- Tabla A-18 Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N_2 926
- Tabla A-19 Propiedades de gas ideal del oxígeno, O_2 928
- Tabla A-20 Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO_2 930
- Tabla A-21 Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO 932
- Tabla A-22 Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H_2 934

- Tabla A-23 Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H_2O 935
- Tabla A-24 Propiedades de gas ideal del oxígeno monoatómico, O 937
- Tabla A-25 Propiedades de gas ideal del hidroxilo, OH 937
- Tabla A-26 Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a $25^\circ C$, 1 atm 938
- Tabla A-27 Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes 939
- Tabla A-28 Logaritmos naturales de la constante de equilibrio K_p 940
- Figura A-29 Carta generalizada de desviación de entalpía 941
- Figura A-30 Carta generalizada de desviación de entropía 942
- Figura A-31 Carta psicrométrica a 1 atm de presión total 943
- Tabla A-32 Funciones de flujo compresible unidimensional e isentrópico de un gas ideal con $k = 1.4$ 944
- Tabla A-33 Funciones de choque normal unidimensional de un gas ideal con $k = 1.4$ 945
- Tabla A-34 Funciones del flujo de Rayleigh para un gas ideal con $k = 1.4$ 946

APÉNDICE 2

Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades inglesas) 947

- Tabla A-1E Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico 948
- Tabla A-2E Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes 949
- Tabla A-3E Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes 952
- Tabla A-4E Agua saturada. Tabla de temperaturas 954
- Tabla A-5E Agua saturada. Tabla de presiones 956

Tabla A-6E	Vapor de agua sobrecalentado	958	Tabla A-19E	Propiedades de gas ideal del oxígeno, O ₂	976
Tabla A-7E	Agua líquida comprimida	962	Tabla A-20E	Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO ₂	978
Tabla A-8E	Hielo saturado. Vapor de agua	963	Tabla A-21E	Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO	980
Figura A-9E	Diagrama <i>T-s</i> para el agua	964	Tabla A-22E	Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H ₂	982
Figura A-10E	Diagrama de Mollier para el agua	965	Tabla A-23E	Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H ₂ O	983
Tabla A-11E	Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura	966	Tabla A-26E	Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 77°C, 1 atm	985
Tabla A-12E	Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión	967	Tabla A-27E	Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes	986
Tabla A-13E	Refrigerante 134a sobrecalentado	968	Figura A-31E	Gráfica psicrométrica a 1 atm de presión total	987
Figura A-14E	Diagrama <i>P-h</i> para el refrigerante 134a	970			
Tabla A-16E	Propiedades de la atmósfera a gran altitud	971	Índice analítico		989
Tabla A-17E	Propiedades de gas ideal del aire	972			
Tabla A-18E	Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N ₂	974			