

# CONTENIDO

<i>Prólogos</i> .....	III
<i>Bibliografía</i> .....	XIII
<i>Capítulo I: CONCEPTOS FÍSICOS INICIALES</i> .....	1
1. Sistemas de unidades absolutos y gravitacionales. 2. Sistema de unidades empleado en Termodinámica técnica. 3. Formas de la energía. 4. Temperatura. 5. Conversión de escalas de temperaturas. 6. Calor. 7. Calor específico de sólidos y de líquidos. 8. Calorimetría. Ecuación fundamental. Balance térmico. 9. Equivalente mecánico del calor. 10. Problemas.	
<i>Capítulo II: PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA</i> .....	22
11. Sistema. Medio exterior. Clasificación de los sistemas. Parámetros. Equilibrio termodinámico. 12. Transformaciones. Ciclos. 13. Trabajo. 14. Antecedentes históricos del primer principio de la Termodinámica. 15. Primer principio de la Termodinámica. Sistemas cerrados. 16. Móvil perpetuo de primera especie. 17. Problemas.	
<i>Capítulo III: PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA (cont.)</i> .....	39
18. Primer principio de la Termodinámica. Sistemas abiertos con movimiento permanente. 19. Sistemas abiertos con movimiento permanente en los cuales no existe diferencia apreciable de energía cinética y potencial. Entalpía. 20. Aplicación del primer principio para los sistemas abiertos con movimiento permanente. 21. Movimiento permanente con dos o más masas que circulan. 22. Aplicación del primer principio de la Termodinámica para los sistemas abiertos con movimiento no permanente. 23. Aplicación del primer principio para sistemas abiertos con movimiento no permanente. 24. Propiedades de la función entalpía. 25. Problemas.	
<i>Capítulo IV: GASES PERFECTOS</i> .....	55
26. Leyes de Boyle-Mariotte y de Charles-Gay Lussac. 27. Ecuación de estado de los gases perfectos. 28. Ley de Joule. 29. Calores específicos a presión y a volumen constante. Fórmula de Mayer. 30. Expresión de la	

función entalpía para un gas perfecto. 31. Ley de Avogadro. El mol. Constante molar o universal de los gases perfectos. Calores molares a presión y a volumen constantes. 32. Mezcla de gases. Leyes de Dalton. Leyes de Amagat. 33. Masa molecular de una mezcla de gases. Constante  $R$ . 34. Conversión de la composición volumétrica de una mezcla gaseosa en composición gravimétrica y viceversa. 35. Calores específicos a presión y a volumen constante de una mezcla gaseosa. Energía interna. Entalpía. 36. Notas sobre las tablas 8 a 11. 37. Problemas.

*Capítulo V: GASES REALES* ..... 90

38. Generalidades. 39. Representación espacial de la ecuación de estado para gases perfectos y para sustancias reales. 40. Ecuación de Van der Waals. 41. Ecuaciones de Clausius, Wohl, Berthelot y Dieterici. 42. Ecuación de Beattie-Bridgeman. 43. Ecuación de estado general. 44. Coordenadas reducidas. Ley de los estados correspondientes. Ecuación de estado reducida. 45. Ley modificada de los estados correspondientes. 46. Coeficientes de compresibilidad. 47. Gráficos de compresibilidad. 48. Mezclas de gases reales. 49. Coeficientes fundamentales que se obtienen de la ecuación de estado. 50. Generalización de la noción de calor específico. Ecuaciones de Clausius. 51. Primer principio de la Termodinámica para las transformaciones de un gas real. Calores específicos. 52. Estrangulación de un gas real. Coeficiente de Joule-Thomson. 53. Punto de inversión. 54. Problemas.

*Capítulo VI: TRANSFORMACIONES DE UN SISTEMA GASEOSO* ..... 113

55. Curvas de expansión. 56. Curvas de compresión. 57. Transformaciones a volumen constante. 58. Transformaciones a presión constante. 59. Transformaciones isotérmicas. 60. Transformaciones adiabáticas. 61. Transformaciones politrópicas. Trazado de curvas isotérmicas y politrópicas. 62. Transformaciones adiabáticas considerando la variación de los calores específicos con la temperatura. 63. Análisis de curvas de expansión y de compresión en el plano presión-volumen. 64. Relación entre el trabajo mecánico y la energía de un gas. 65. Relación entre el trabajo de circulación y la entalpía de un gas. Transformaciones adiabáticas irreversibles. 66. Problemas.

*Capítulo VII: SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA* ..... 153

67. Rendimiento térmico. 68. Segundo principio de la Termodinámica. 69. Ciclo de Carnot. 70. Teorema de Carnot. 71. Ciclos y procesos reversibles e irreversibles. 72. Degradación de la energía. 73. Temperatura termodinámica. 74. Móvil perpetuo de segunda especie. 75. Problemas.

*Capítulo VIII: CICLOS IDEALES DE LAS MÁQUINAS QUE USAN GAS* ..... 168

76. Ciclo de la máquina de combustión externa. Ciclo Stirling. 77. Ciclo Ericsson. 78. Ciclos de la máquina de combustión interna. Ciclo Lenoir. 79. Ciclo Otto. 80. Ciclo Diesel. 81. Ciclo semidiesel. 82. Ciclo Joule o

Brayton. 83. Ciclo regenerativo de la turbina de gas. 84. Rendimiento térmico. Rendimiento indicado. Rendimiento mecánico. Rendimiento económico o total. 85. Problemas.

× <i>Capítulo IX: VAPORIZACIÓN</i> .....	190
86. Vaporización. 87. Calores en la vaporización. 88. Diagramas de vaporización. 89. Tablas del vapor de agua. Constantes características. 90. Entalpía del líquido y del vapor. 91. Vapor húmedo. 92. Vapor sobrecalentado. 93. Determinación de la humedad de un vapor. Calorímetro de estrangulación. 94. Vapores usados en las máquinas refrigerantes. 95. Problemas.	
× <i>Capítulo X: ENTROPÍA</i> .....	212
96. Equivalencia de una transformación reversible con una isotérmica y dos adiabáticas. 97. Teorema de Clausius para un ciclo reversible. 98. Entropía. Concepto y analogía de Zeuner. 99. Diagrama entrópico <i>T-S</i> . 100. Variaciones de la entropía en las transformaciones de un gas. 101. Diagrama entrópico de gases. 102. Diagramas entrópicos de gases para calores específicos variables con la temperatura. 103. Representación de ciclos en el diagrama entrópico. 104. Ciclo frigorífico de Carnot en el diagrama entrópico. Coeficiente de efecto frigorífico. 105. Teorema de Clausius para un ciclo irreversible. 106. Variación de la entropía en las transformaciones de un sistema aislado. Degradación de la energía. 107. Trabajo en las transformaciones irreversibles. 108. Calor utilizable y energía no utilizable de una fuente térmica. 109. Energía utilizable de un sistema. 110. Efectividad térmica. 111. Nociones sobre energía libre y vinculada. 112. Potencial termodinámico. 113. Funciones de Massieu. 114. Problemas.	
<i>Capítulo XI: ENTROPÍA (cont.)</i> .....	269
115. Diagrama entrópico para el vapor de agua y para los fluidos condensables. 116. Diagrama entálpico entrópico o de Mollier. 117. Representación en el diagrama entrópico del trabajo externo y de la variación de energía interna y de entalpía. 118. Representación de una transformación politrópica en un diagrama entrópico. 119. Problemas.	
<i>Capítulo XII: TERMODINÁMICA APLICADA. COMPRESORES</i> .....	282
120. Compresores sin espacio nocivo. Potencia necesaria. 121. Compresor monocilíndrico considerando el espacio nocivo. 122. Cálculo de las dimensiones del cilindro de un compresor. 123. Aire libre. 124. Rendimientos. 125. Compresores de dos y de múltiples etapas. 126. Problemas.	
× <i>Capítulo XIII: CICLOS DE LAS MÁQUINAS Y TURBINAS DE VAPOR</i> .....	301
127. Ciclo de Rankine. 128. Máquina de Rankine. 129. Diagrama del indicador. 130. Mejoras en los ciclos y en las instalaciones de vapor. 131. Ciclo	

compound. 132. Ciclos con sobrecalentamiento. 133. Ciclos regenerativos con múltiples extracciones de vapor. 134. Ciclos regenerativos con múltiples extracciones de vapor y dos sobrecalentamientos. 135. Ciclos binarios con dos flúidos. 136. Problemas.

*Capítulo XIV: CICLOS DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS* ..... 325

137. Generalidades. 138. Ciclos frigoríficos con régimen húmedo. 139. Ciclos frigoríficos con régimen seco. 140. Consumo de refrigerante. 141. Mejoras de los ciclos frigoríficos de compresión. 142. Ciclo frigorífico con doble compresión, subenfriamiento y doble estrangulación. 143. Ciclos con dos evaporadores. Ciclos con triple compresión. Ciclos binarios. 144. Ciclo inverso para la calefacción. Bomba de calor. 145. Ciclos de absorción. 146. Problemas.

*Capítulo XV: CIRCULACIÓN DE GASES Y DE VAPORES EN TUBERÍAS* ..... 342

147. Generalidades. 148. Ecuación general de la energía de gases y vapores en la circulación con movimiento permanente. Teorema de Bernoulli. 149. Régimen laminar y turbulento. Número de Reynolds. Velocidad crítica. 150. Pérdidas de carga por rozamiento. Factor de fricción. 151. Pérdidas de carga por variaciones de sección, cambios de dirección y singularidades. Longitud equivalente. 152. Criterio para dimensionar tuberías. 153. Problemas.

*Capítulo XVI: TOBERAS, DIFUSORES Y ORIFICIOS* ..... 360

154. Derrame por toberas. 155. Gasto o caudal. Determinación de las secciones de la tobera. 156. Influencia de la velocidad inicial. Rendimiento de una tobera. 157. Difusores. 158. Eyector. 159. Orificios. 160. Problemas.

*Capítulo XVII: AIRE HÚMEDO* ..... 383

161. Humedad absoluta y relativa. 162. Volumen específico y densidad del aire húmedo. 163. Tablas con las constantes características del aire húmedo saturado. 164. Punto de rocío. 165. Temperatura de saturación adiabática. 166. Psicrómetro. Temperatura de bulbo húmedo. 167. Transformaciones del aire húmedo. 168. Diagramas de calor del aire húmedo. 169. Mezclas de dos o más masas de aire húmedo. 170. Mezcla de una masa de aire húmedo con agua o vapor de agua y cambio de calor. 171. Mezcla de una masa de aire húmedo con vapor de agua. 172. Mezcla de una masa de aire húmedo con agua. 173. Secado de productos industriales mediante circulación de aire. 174. Tablas y diagramas psicrométricos. 175. Problemas.

<i>Notas adicionales</i> .....	415
--------------------------------	-----

176. Nociones sobre transmisión del calor. 177. Ecuación de Clapeyron.  
178. Mezcla de gases y vapores. 179. Problemas.

*Indice de tablas.*

Nº 1. Conversión de escalas termométricas .....	421
Nº 2. Equivalencia entre la kilocaloría y la British Thermal Unit (Btu) .....	422
Nº 3. Calores específicos de algunos metales y sustancias simples según la NBS (National Bureau Standards) .....	423
Nº 4. Expresión del calor molar en función de la temperatura para algunos metales .....	424
Nº 5. Calores específicos medios entre 0 y 100° C de algunos cuerpos sólidos y líquidos .....	425
Nº 6. Calor específico verdadero del agua, exenta de aire, a la presión constante de 1 atm .....	426
Nº 7. Factores de conversión para las distintas unidades de energía .....	427
Nº 8. Equivalencia de las unidades de presión .....	428
Nº 9. Constantes características de los gases .....	429
Nº 10. Calores molares a presión constante de algunos gases entre 0 y t° C .....	430
Nº 11. Calores molares a presión constante de algunos gases .....	431
Nº 12. Constantes críticas y de van der Waals .....	432
Nº 13. Constantes de la ecuación de Beattie y Bridgeman .....	433
Nº 14. Valores del coeficiente de compresibilidad para el aire .....	435
Nº 15. Valores del coeficiente de compresibilidad para el anhídrido carbónico .....	435
Nº 16. Valores del coeficiente de compresibilidad para el hidrógeno .....	436
Nº 17. Valores del coeficiente de compresibilidad para el nitrógeno .....	436
Nº 18. Valores del coeficiente de compresibilidad para el oxígeno .....	437
Nº 19. Variaciones politrópicas de los gases .....	438
Nº 20. Tablas del vapor de agua. Constantes características .....	440
Nº 21. Vapor de agua sobrecalentado .....	442
Nº 22. Características del vapor saturado de amoníaco .....	448
Nº 23. Presión del aire, temperatura media y volumen específico en función de la altura sobre el nivel del mar .....	449

Nº 24. Viscosidad dinámica de los flúidos .....	450
Nº 25. Viscosidad cinemática de los flúidos .....	451
Nº 26. Constantes características del aire húmedo saturado a la presión de 760 mm de mercurio .....	452
Nº 27. Tablas psicrométricas para la determinación de la humedad relativa con una presión atmosférica de 755 mm de mercurio .....	453
<i>Notas adicionales de la quinta edición</i> .....	454
180. Energía utilizable de un vapor. 181. Diagramas energía utilizable-entropía. 182. Energía utilizable de un combustible. 183. Análisis exerético de un ciclo.	
<i>Notas adicionales de la sexta edición</i> .....	460
<i>Al capítulo I:</i> 184. Casos particulares del primer principio de la Termodinámica para las transformaciones abiertas de un sistema cerrado. 185. Problemas. <i>Al capítulo VI:</i> 186. Problemas. <i>Al capítulo VII:</i> 187. Teorema de Carnot y consecuencias. 188. Problemas. <i>Al capítulo X:</i> 189. Problemas.	
<i>Detalle de diagramas</i> (fuera del texto, en sobre adjunto) .....	465