

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 El sistema energético .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Las energías renovables .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Energía de la biomasa .....	7
1.2.2 Energía eólica .....	8
1.2.3 Energía geotérmica .....	9
1.2.4 Energía hidráulica .....	11
1.2.5 Energía mareomotriz .....	12
1.2.6 Energía undimotriz .....	13
1.2.7 Energía maremotérmica .....	15
1.2.8 Energía osmótica .....	16
1.2.9 Energía solar .....	17
<b>1.3 La energía solar térmica en el mundo .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 La energía solar térmica en Europa .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 2. LA RADIACIÓN SOLAR .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 El Sol, fuente de energía .....</b>	<b>25</b>
2.1.1 Terminología básica .....	26
2.1.2 La constante solar .....	26
2.1.3 El espectro solar .....	27
<b>2.2 Influencia de la atmósfera .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3 El balance energético en la Tierra .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4 El movimiento Tierra-Sol .....</b>	<b>33</b>
2.4.1 Ángulos básicos .....	36
2.4.2 El tiempo solar .....	39
2.4.3 Ángulos relativos a superficies inclinadas .....	40
<b>2.5 Irradiación solar extraterrestre .....</b>	<b>42</b>
<b>2.6 Irradiación solar terrestre .....</b>	<b>43</b>
<b>2.7 Medición de la radiación solar .....</b>	<b>45</b>
<b>2.8 Fundamentos físicos del aprovechamiento de la energía solar .....</b>	<b>48</b>
2.8.1 El cuerpo negro .....	48
2.8.2 Absorbancia .....	49
2.8.3 Emitancia .....	50
2.8.4 Superficies selectivas .....	50

<b>CAPÍTULO 3. LAS INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 Descripción de una instalación solar térmica.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2 Clasificación de las instalaciones solares térmicas.....</b>	<b>54</b>
3.2.1 Clasificación según el principio de circulación .....	55
3.2.2 Clasificación según el sistema de expansión .....	56
3.2.3 Clasificación según el sistema de intercambio .....	58
3.2.4 Clasificación según el sistema auxiliar.....	59
3.2.5 Clasificación según la aplicación.....	62
<b>CAPÍTULO 4. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1 Descripción y clasificación de los captadores solares .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2 Componentes del captador plano .....</b>	<b>73</b>
4.2.1 Cubierta transparente.....	74
4.2.2 Placa absorbente.....	75
4.2.3 Tubos de intercambio .....	75
4.2.4 Aislamiento.....	76
4.2.5 Carcasa .....	76
<b>4.3 Balance energético .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4 Rendimiento térmico.....</b>	<b>79</b>
<b>4.5 Conexión de los captadores .....</b>	<b>82</b>
<b>4.6 Área total, área de apertura y área del absorbedor.....</b>	<b>86</b>
<b>4.7 Estructura de soporte .....</b>	<b>87</b>
<b>4.8 Distancia mínima entre filas de captadores .....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO 5. EL SISTEMA DE INTERCAMBIO .....</b>	<b>91</b>
<b>5.1 Mecanismos de transmisión de calor .....</b>	<b>91</b>
5.1.1 Transmisión de calor por conducción .....	91
5.1.2 Transmisión de calor por convección.....	93
5.1.3 Transmisión de calor por radiación .....	95
5.1.4 Resistencia térmica .....	95
5.1.5 El coeficiente global de transmisión de calor .....	96
<b>5.2 Descripción y clasificación de los intercambiadores de calor.....</b>	<b>98</b>
5.2.1 Intercambiadores internos.....	98
5.2.2 Intercambiadores externos .....	99
<b>5.3 Eficiencia del intercambiador.....</b>	<b>101</b>
<b>5.4 Factor captador-intercambiador .....</b>	<b>102</b>
5.4.1 Cálculo del intercambiador .....	103

<b>CAPÍTULO 6. EL SISTEMA DE ACUMULACIÓN.....</b>	<b>113</b>
<b>6.1 Descripción .....</b>	<b>113</b>
<b>6.2 La estratificación de las temperaturas.....</b>	<b>114</b>
<b>6.3 El aislamiento .....</b>	<b>114</b>
<b>6.4 Clasificación de los acumuladores .....</b>	<b>114</b>
6.4.1 Clasificación según la posición.....	115
6.4.2 Clasificación según el material .....	116
6.4.3 Clasificación según el sistema de intercambio .....	117
<b>6.5 Dimensionado del sistema de acumulación.....</b>	<b>122</b>
<b>CAPÍTULO 7. EL SISTEMA HIDRÁULICO .....</b>	<b>123</b>
<b>7.1 Componentes del sistema hidráulico .....</b>	<b>123</b>
<b>7.2 Tuberías .....</b>	<b>124</b>
7.2.1 Dilatación térmica .....	126
7.2.2 Cálculo de tuberías y pérdidas de carga.....	126
7.2.3 Aislamiento.....	136
<b>7.3 Válvulas .....</b>	<b>138</b>
7.3.1 Válvulas de esfera .....	139
7.3.2 Válvulas de asiento .....	139
7.3.3 Válvulas de resorte.....	140
7.3.4 Válvulas de clapeta.....	142
7.3.5 Válvulas de equilibrado .....	144
7.3.6 Válvulas termostáticas.....	145
<b>7.4 Bombas de recirculación.....</b>	<b>146</b>
7.4.1 Requisitos de las bombas de circulación.....	150
7.4.2 Cálculo de la bomba .....	152
<b>7.5 Vasos de expansión .....</b>	<b>152</b>
7.5.1 Tipología.....	153
7.5.2 Cálculo de vasos de expansión según la norma UNE 100155 .....	154
7.5.3 Cálculo del vaso de expansión del circuito primario .....	158
<b>7.6 Elementos accesorios.....</b>	<b>162</b>
7.6.1 Disipadores de calor .....	162
7.6.2 Purgadores de aire .....	168
7.6.3 Reductores de presión .....	170
7.6.4 Manómetros.....	170
7.6.5 Termómetros.....	171
7.6.6 Conjuntos prefabricados .....	172
7.6.7 Contadores de energía.....	173
<b>7.7 Fluido caloportador.....</b>	<b>174</b>

<b>CAPÍTULO 8. EL SISTEMA AUXILIAR.....</b>	<b>179</b>
<b>8.1 Introducción.....</b>	<b>179</b>
<b>8.2 Conexión del sistema auxiliar con la instalación solar .....</b>	<b>181</b>
8.2.1 Sistema auxiliar en serie con la acumulación solar .....	181
8.2.2 Sistema auxiliar-acumulador en serie con la acumulación solar .....	183
8.2.3 Sistema auxiliar en paralelo con la acumulación solar.....	183
<b>8.3 Dimensionado del sistema auxiliar .....</b>	<b>185</b>
<b>CAPÍTULO 9. EL SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>191</b>
<b>9.1 Sensores.....</b>	<b>193</b>
<b>9.2 Termostato diferencial .....</b>	<b>196</b>
<b>9.3 Actuadores .....</b>	<b>198</b>
<b>9.4 Control del proceso de carga del acumulador solar.....</b>	<b>199</b>
<b>CAPÍTULO 10. APLICACIONES.....</b>	<b>205</b>
<b>10.1 Climatización de piscinas.....</b>	<b>205</b>
10.1.1 Circuito abierto .....	206
10.1.2 Circuito cerrado.....	207
<b>10.2 Producción de ACS .....</b>	<b>208</b>
10.2.1 Producción de ACS centralizada y acumulación distribuida.....	209
10.2.2 Producción de ACS centralizada y acumulación centralizada .....	211
10.2.3 Producción de ACS centralizada, acumulación centralizada e intercambiador individual .....	213
<b>10.3 Calefacción.....</b>	<b>214</b>
<b>10.4 Refrigeración .....</b>	<b>216</b>
10.4.1 La refrigeración por absorción .....	216
10.4.2 El ciclo de absorción de simple efecto .....	218
10.4.3 El ciclo de absorción de doble efecto.....	220
10.4.4 La absorción rotativa .....	222
10.4.5 Instalaciones de pequeña y media potencia para producción de ACS, apoyo a calefacción y producción de frío .....	223
10.4.6 Instalación para producción de agua caliente sanitaria, apoyo a calefacción y producción de frío en instalaciones de gran tamaño.....	224
<b>CAPÍTULO 11. CÁLCULO DE INSTALACIONES.....</b>	<b>227</b>
<b>11.1 El Código Técnico de la Edificación.....</b>	<b>227</b>
<b>11.2 Contribución solar mínima .....</b>	<b>229</b>
<b>11.3 Cálculo de la energía solar disponible .....</b>	<b>235</b>
<b>11.4 Cálculo de la demanda de energía en instalaciones de ACS .....</b>	<b>236</b>

<b>11.5 Cálculo de la demanda de energía en la climatización de piscinas.....</b>	<b>240</b>
<b>11.6 Cálculo de la demandas de calefacción y refrigeración .....</b>	<b>242</b>
11.6.1 El método de los grados-día .....	242
11.6.2 Cálculo aproximado de la carga térmica.....	244
<b>CAPÍTULO 12. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS .....</b>	<b>247</b>
<b>ANEXO I. NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>253</b>
<b>ANEXO II. TABLAS DE REFERENCIA .....</b>	<b>256</b>
<b>ANEXO III. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN .....</b>	<b>271</b>
<b>ANEXO IV. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS .....</b>	<b>275</b>
<b>ANEXO V. MÉTODOS DE CÁLCULO.....</b>	<b>283</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>306</b>