

# ÍNDICE SISTEMÁTICO

	<u>PÁGINA</u>
Sumario .....	5
Prólogo .....	7
<b>Capítulo 1. Introducción a la energía solar .....</b>	<b>9</b>
Objetivos del capítulo .....	10
1. Panorámica energética mundial .....	11
2. Energías renovables y no renovables.....	12
3. Demanda de energía. Mix energético .....	12
4. La energía solar .....	16
5. La energía solar fotovoltaica en España .....	16
6. La energía solar térmica en España .....	17
Conceptos básicos .....	19
Bibliografía .....	19

<b>Capítulo 2. Aspectos básicos de la radiación solar .....</b>	<b>21</b>
Objetivos del capítulo .....	23
1. Movimiento de la Tierra alrededor del Sol .....	24
2. Declinación solar .....	25
3. Ángulo horario ( $\omega$ ) .....	27
4. Ecuación del tiempo (Et) .....	27
4.1. Tiempo solar verdadero (TSV) .....	28
5. Posición del Sol relativa a un punto de la superficie terrestre. Coordenadas solares .....	29
5.1. Carta solar .....	32
6. Radiación solar. Constante solar .....	33
7. Atenuación de la radiación solar por la atmósfera terrestre .....	35
8. Radiación solar sobre una superficie .....	36
8.1. Medida de la radiación solar .....	37
8.1.1. Medida de la radiación directa .....	38
8.1.2. Medida de la radiación global y difusa .....	38
8.2. Modelos y tablas de radiación .....	38
8.3. Horas solares pico equivalentes (HSP) .....	40
8.4. Orientación e inclinación óptima de una superficie captadora .....	42
8.4.1. Método de la inclinación óptima anual .....	43
8.4.2. Método en función del periodo de tiempo y el uso .....	43
8.4.3. Criterios técnicos .....	44
9. Estudios técnicos de orientación, inclinación y sombras .....	44
9.1. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación.....	45
9.2. Cálculo de pérdidas por sombras .....	48
9.2.1. Sombra de un obstáculo sobre un punto .....	48
9.2.2. Sombra de una fila de paneles sobre la siguiente .....	54
Anexo.Tablas de referencia pérdidas por sombra.....	55
Conceptos básicos .....	59
Actividades de repaso .....	59
Ejercicios voluntarios .....	63
Bibliografía .....	65

<b>Capítulo 3. Energía solar fotovoltaica: conceptos generales de una instalación fotovoltaica .....</b>	<b>67</b>
Objetivos del capítulo .....	69
1. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas .....	70
1.1. Aplicaciones aisladas. Sistemas de potencia autónomos .....	70
1.2. Aplicaciones conectadas a la red .....	71
2. Componentes de una instalación solar fotovoltaica .....	72
2.1. El panel fotovoltaico .....	74
2.1.1. La célula fotovoltaica. Efecto fotoeléctrico .....	75
2.1.2. Estructura de una célula fotovoltaica .....	78
2.1.3. Tipos de células .....	78
2.1.4. Parámetros fundamentales de una célula o panel .....	82
2.1.4.1. Características eléctricas. Curva característica .....	82
2.2. Construcción del módulo solar fotovoltaico .....	89
2.2.1. Factores que afectan al funcionamiento de los paneles .....	91
2.3. El campo fotovoltaico .....	92
2.4. Acumulador o baterías .....	96
2.4.1. Características de las baterías .....	98
2.4.2. Tipos de baterías .....	103
2.4.3. Asociación de elementos y baterías .....	106
2.4.4. Dimensionado de la capacidad del banco de baterías en una instalación .....	107
2.5. El regulador de carga .....	109
2.5.1. Tipos de reguladores .....	111
2.5.2. Características de los reguladores .....	114
2.5.3. Protección de los reguladores .....	115
2.5.4. Asociación de reguladores y dimensionado .....	116
2.6. El inversor .....	118
2.6.1. Tipos de inversores .....	119
2.6.2. Parámetros de un inversor .....	121
2.6.3. Dimensionado de un inversor .....	122
2.7. Aparatos de maniobra y protección .....	123
2.7.1. Generador fotovoltaico .....	124

2.7.2. Protecciones del inversor .....	129
2.7.2.1. Inversor de conexión a red .....	129
2.7.2.2. Inversor de instalación aislada .....	130
2.7.3. Protección contra sobretensiones .....	130
2.7.3.1. Sobretensiones en corriente continua .....	131
2.7.3.2. Sobretensiones en corriente alterna .....	131
2.7.4. Puesta a tierra .....	131
2.7.4.1. Parte de corriente continua .....	131
2.7.4.2. Parte de corriente alterna .....	132
2.8. Conductores eléctricos .....	132
2.8.1. Selección de la sección o calibre de los conductores .....	133
2.8.1.1. Criterio de la intensidad máxima admisible .....	133
2.8.1.2. Criterio de la máxima caída de tensión .....	134
2.8.1.3. Criterio de la intensidad de cortocircuito .....	136
2.9. Seguridad y cálculo de estructuras .....	137
2.9.1. Acciones en la estructura. Viento .....	137
2.9.1.1. Presión dinámica del viento .....	138
2.9.1.2. Coeficiente de exposición .....	138
2.9.1.3. Coeficiente eólico o de presión exterior .....	139
2.9.2. Acciones en la estructura. Nieve .....	141
2.9.3. Acciones en la estructura. Sobrecarga de los módulos .....	141
Conceptos básicos .....	142
Actividades de autocomprobación .....	143
Ejercicios voluntarios .....	150
Bibliografía .....	151
<b>Capítulo 4. Energía solar fotovoltaica: instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a red .....</b>	<b>153</b>
Objetivos del capítulo .....	155
1. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos aislados .....	156
1.1. Método amperios-hora .....	157
1.1.1. Fases 1 y 2 .....	158
1.1.2. Fase 3 .....	160

1.1.3. Fase 4 .....	162
1.1.3.1. <i>Performance ratio</i> .....	162
1.1.4. Fase 5 .....	165
1.1.5. Fase 6 .....	166
1.1.6. Fase 7 .....	166
1.1.7. Fases 8 a 11 .....	166
2. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Autoconsumo .....	169
2.1. Condiciones de dimensionado .....	170
2.2. Tensión de trabajo .....	171
2.3. Interconexión y protecciones .....	171
2.4. Inversor .....	172
2.5. Estimación de la producción anual de energía .....	174
3. Análisis económico de instalaciones fotovoltaicas .....	177
3.1. Coste neto de la instalación .....	177
3.2. Tiempo de retorno de la inversión: simple (PB) y actualizado (PBA) ..	178
3.3. Valor actual neto de la inversión (VAN) .....	179
3.4. Tasa interna de rentabilidad (TIR) .....	179
Anexo. Hoja de características técnicas de los equipos utilizados para los ejemplos y problemas de este capítulo .....	181
Conceptos básicos .....	187
Actividades de repaso .....	187
Ejercicios voluntarios .....	190
Bibliografía .....	190
<b>Capítulo 5. Conceptos generales de las instalaciones solares térmicas .....</b>	<b>193</b>
Objetivos del capítulo .....	195
1. Clasificación según el principio de funcionamiento .....	196
2. Componentes de una instalación solar térmica forzada .....	197
3. El subsistema de captación. El captador solar plano .....	198
3.1. Elementos de un captador solar plano .....	199
3.1.1. Cubierta transparente .....	200

3.1.2. Placa absorbente .....	202
3.1.3. Aislamiento .....	204
3.1.4. Carcasa .....	204
3.2. Balance energético de un captador .....	205
3.3. Conexión de captadores .....	212
4. El subsistema de intercambio .....	215
4.1. Eficiencia del intercambiador .....	218
4.2. Factor captador-intercambiador .....	219
4.3. Dimensionado de intercambiadores .....	220
5. El subsistema de acumulación .....	223
5.1. Dimensionado del volumen de acumulación .....	224
5.2. Estratificación y conexión .....	226
6. El subsistema hidráulico .....	229
6.1. Estancamiento de la instalación .....	231
6.2. Sobrecalentamiento y heladas .....	233
6.3. Fluidos de trabajo .....	234
6.4. Tuberías .....	236
6.4.1. Dimensionado de tuberías .....	236
6.4.2. Aislamiento de tuberías .....	241
6.5. Vaso de expansión .....	243
6.6. Bomba de circulación .....	246
6.7. Otros elementos. Valvulería .....	248
7. El sistema auxiliar .....	249
7.1. Sistema auxiliar en serie con la acumulación solar .....	250
7.2. Sistema auxiliar en paralelo con la acumulación solar .....	250
7.3. Dimensionado del sistema auxiliar .....	250
8. El subsistema de control .....	252
Anexo. Ábacos de propiedades para propilenglicol .....	254
Conceptos básicos .....	259
Actividades de repaso .....	260
Ejercicios voluntarios .....	265
Bibliografía .....	268

<b>Capítulo 6. Energía solar térmica: aplicaciones, cálculo y diseño ....</b>	<b>269</b>
Objetivos del capítulo .....	270
1. Producción de ACS .....	271
1.1. Circuitos primarios o solares .....	271
1.2. Instalaciones para ACS individuales .....	273
1.2.1. Instalaciones para ACS individuales. Viviendas .....	273
1.2.2. Instalaciones para ACS individuales. Otras aplicaciones .....	275
1.3. Instalaciones para ACS en edificios de viviendas .....	277
1.3.1. Instalaciones para ACS centralizadas .....	277
1.3.2. Instalaciones para ACS descentralizadas .....	277
2. Cálculo de instalaciones de ACS .....	283
2.1. Método instantáneo o estático .....	284
2.2. Método F-Chart .....	286
2.3. Método MetaSol .....	291
Conceptos básicos .....	292
Actividades de repaso .....	292
Ejercicios voluntarios .....	293
Bibliografía .....	294







