

ÍNDICE

Prólogo	17
1. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	21
1.1. Energías renovables	24
1.1.1. Sostenibilidad	26
1.1.2. Energía eólica	28
1.1.3. Energía hidráulica	29
1.1.4. Biomasa	31
1.1.5. Energía geotérmica	32
1.1.6. Otras energías renovables	34
1.1.7. Energía solar	35
1.2. Radiación solar	37
1.2.1. Tipos de radiación solar	39
1.2.2. Movimiento del sol	40
1.3. Aplicaciones y ventajas de la energía solar térmica ..	43
1.4. Descripción de sistemas solares térmicos	44
1.4.1. Elementos	46
2. CAPTADORES SOLARES	49
2.1. Conversión fototérmica	52
2.1.1. Proceso de conversión	53
2.2. Efecto invernadero	56
2.3. Captador de placa plana. Elementos	58

2.4.	Estudio energético de un captador de placa plana ...	62
2.4.1.	Balance energético	64
2.4.2.	Curva característica	66
2.4.3.	Curva de rendimiento instantáneo de un panel según normativa INTA 61 00 01	68
2.4.4.	Curva de rendimiento del tipo de Ensayo Europeo	69
2.5.	Captador de tubo de vacío	72
2.6.	Tipos de captadores de tubo de vacío	74
2.6.1.	Captadores de flujo directo	74
2.6.2.	Captadores de vacío con tubo de calor (<i>Heat Pipe</i>)	76
2.7.	Fluidos caloportadores	80
2.8.	Pautas para captadores	81
3.	INTERCAMBIADORES, ACUMULADORES Y BOMBAS CIRCULADORAS	83
3.1.	Intercambio de calor entre fluidos	86
3.1.1.	Efectividad de un intercambiador de calor ...	87
3.2.	Tipos de intercambiadores	89
3.2.1.	Intercambiadores de tubos concéntricos	90
3.2.2.	Intercambiadores de haz tubular y serpentín .	91
3.2.3.	Intercambiadores de doble pared	92
3.2.4.	Intercambiadores de placa	92
3.2.5.	Materiales	94

3.3.	Forma constructiva de los intercambiadores	95
3.3.1.	Intercambiadores tubulares	95
3.3.2.	Intercambiadores de doble pared	97
3.3.3.	Intercambiadores de placas	97
3.4.	Montaje y mantenimiento de intercambiadores	99
3.4.1.	Montaje de intercambiadores	99
3.4.2.	Mantenimiento de intercambiadores	100
3.4.3.	Pautas para intercambiadores	102
3.5.	Acumuladores	102
3.5.1.	Efecto de estratificación. Forma constructiva	104
3.5.2.	Pautas para acumuladores	105
3.5.3.	Materiales	108
3.6.	Montaje y mantenimiento de acumuladores	108
3.7.	Bombas circuladoras	110
3.8.	Forma constructiva y tipos de bombas circuladoras .	112
3.8.1.	Rotor húmedo	113
3.8.2.	Rotor seco	115
3.9.	Condiciones de montaje de bombas circuladoras	117
4.	REDES HIDRÁULICAS	119
4.1.	Elementos integrantes de la red hidráulica	122
4.2.	Conductos	123
4.2.1.	Uniones	126
4.2.2.	Aislamiento	127

4.3. Vaso de expansión	128
4.4. Válvulas y accesorios	132
4.4.1. Válvulas de paso	132
4.4.2. Válvulas de seguridad	135
4.4.3. Embudo de desagüe	136
4.4.4. Válvulas de retención o antirretorno	137
4.4.5. Válvulas de equilibrado	138
4.4.6. Válvulas termostáticas	139
4.4.7. Accesorios	139
4.4.8. Purgadores y desaireadores	140
4.4.9. Separador de burbujas	141
4.4.10. Manómetros e hidrómetros	142
4.4.11. Termómetros	142
4.4.12. Reductor de presión	143
4.5. Conexionado de captadores solares térmicos	144
4.5.1. Consideraciones importantes a tener en cuenta	144
4.5.2. Conexión en serie	145
4.5.3. Conexión en paralelo	147
4.5.4. Conexión mixta serie – paralelo	147
4.6. Equilibrado hidráulico	148
4.6.1. Retorno invertido	149
4.6.2. Válvulas de equilibrado	150
4.7. Tipos de conexión de acumuladores y captadores	152

5. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	155
5.1. Sistemas de obtención de ACS	158
5.1.1. Principio 1: captar el máximo posible de energía solar	160
5.1.2. Principio 2: consumo prioritario de la energía solar	161
5.1.3. Principio 3: asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la convencional	161
5.1.4. Principio 4: no calentar la acumulación solar con el sistema auxiliar	162
5.2. Clasificación de sistemas solares térmicos	164
5.2.1. Según el sistema de circulación del fluido primario	164
5.2.2. Según la forma de intercambio de calor entre circuito primario y secundario	166
5.2.3. Según el sistema de apoyo empleado en la producción de ACS	167
5.2.4. Según el sistema de energía convencional que se adopte	169
5.3. Tipos de instalaciones de energía solar térmica	170
5.3.1. Instalación individual con caldera en serie ...	171
5.3.2. Instalación individual con caldera en paralelo .	173
5.3.3. Instalación colectiva con captación centralizada y acumulación y caldera individual	174
5.3.4. Instalación colectiva con captación y acumulación centralizadas y caldera individual	177
5.3.5. Instalación colectiva con captación centralizada, acumulación mixta y caldera individual ..	179

5.3.6.	Instalación colectiva con captación y acumulación centralizadas, distribución mediante intercambiadores de placas y caldera individual	181
5.4.	Instalaciones solares en un edificio	183
5.4.1.	Sistema convencional centralizado	184
5.4.2.	Sistema solar con captación y acumulación centralizada y sistema de distribución de agua precalentada centralizado	185
5.4.3.	Sistema solar con captación centralizada y sistemas de acumulación y apoyo individuales ..	186
5.4.4.	Otros sistemas	186
5.4.5.	Sistema solar totalmente individual de ACS .	188
5.5.	Climatización de piscinas	189
5.5.1.	Calentamiento directo combinando sólo piscina	191
5.5.2.	Calentamiento directo independiente sólo piscina	193
5.5.3.	Calentamiento indirecto independiente sólo piscina	194
5.6.	Instalaciones de energía solar de usos múltiples	196
5.6.1.	ACS + calefacción	197
5.6.2.	ACS + climatización de piscina	201
5.6.3.	ACS + calefacción + climatización de piscina	202
5.7.	Refrigeración solar: frío a partir de calor	204
5.7.1.	Ciclo de refrigeración por compresión	206
5.7.2.	Ciclo de refrigeración por absorción	207

5.8. Otras aplicaciones de la energía solar térmica	214
5.9. Subvenciones	215
6. REGULACIÓN DE INSTALACIONES	217
6.1. Concepto de regulación	220
6.2. Tipos de regulación	221
6.2.1. Termostatos diferenciales	222
6.2.2. Sistemas con programación a medida	226
6.3. Elementos integrantes de la regulación	227
6.3.1. Sondas de temperatura	228
6.3.2. Servomotores y válvulas	233
6.3.3. Controladores	234
6.3.4. Otros elementos de campo	235
6.4. Estrategias de regulación	236
6.5. Circuitos básicos de regulación de instalaciones solares	239
6.5.1. Obtención de ACS con interacumulador	239
6.5.2. Obtención de ACS con acumulador en insta- laciones de tipo medio	241
6.5.3. Obtención de ACS con acumulador en insta- laciones de tipo grande	244
6.5.4. Calentamiento de vaso de piscina	247
6.5.5. Obtención de ACS y calentamiento de vaso de piscina con control integrado	248
6.5.6. Obtención de ACS y apoyo a calefacción	251
6.5.7. Obtención de ACS, calentamiento de vaso de piscina y apoyo a calefacción	252

6.6. Ejemplo de control programable	254
6.7. Pautas para regulaciones	257
7. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	261
7.1. Aprobación y estructura	264
7.1.1. Entrada en vigor y períodos transitorios	266
7.1.2. Estructura del CTE	267
7.2. Ámbito de aplicación y condiciones generales	269
7.2.1. Condiciones generales para el cumplimiento del CTE	271
7.3. Documento básico HE: ahorro de energía	275
7.3.1. HE 1: limitación de demanda energética	277
7.3.2. HE 2: rendimiento de las instalaciones térmi- cas	278
7.3.3. HE 3: eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	278
7.3.4. HE 4: contribución solar mínima de ACS	280
7.3.5. HE 5: contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	281
7.4. HE 4: Contribución solar mínima de ACS	283
7.4.1. Cálculo y dimensionado	284
7.4.2. Condiciones generales de instalación	288
7.4.3. Mantenimiento	288

8. CÁLCULO DE INSTALACIONES (I)	293
8.1. Definiciones y conceptos	296
8.2. Balance energético en el captador solar. Ecuación de Bliss	302
8.3. Factor de eficacia (Fr)	304
8.3.1. Ecuación de Bliss	305
8.4. Curva de rendimiento del captador	307
8.5. Efectividad de un intercambiador de calor	309
8.6. Determinación de datos generales	314
8.6.1. Ubicación geográfica del proyecto	314
8.6.2. Contribución solar mínima según el CTE	315
8.6.3. Determinación de las demandas energéticas	317
8.7. Cálculo de la energía incidente sobre una superficie	320
8.8. Pérdidas por orientación e inclinación	323
8.9. Pérdidas por sombras	326
8.9.1. Representación del perfil de obstáculos	326
8.9.2. Factor de llenado y factor de sombras	332
8.9.3. Ejemplo	333
8.10. Distancia mínima a objetos y separación entre filas de captadores	334
8.10.1. Captadores instalados en el plano horizontal	335
8.10.2. Fórmula abreviada	337

9. CÁLCULO DE INSTALACIONES (II)	339
9.1. Predeterminación de elementos principales y prestaciones	342
9.2. Cálculo de la acumulación solar.....	347
9.3. Cálculo de intercambiadores de calor	349
9.4. Método F–Chart	354
9.5. Cálculo de prestaciones mediante el método F–Chart	357
9.5.1. Cálculo del parámetro D_1	358
9.5.2. Cálculo del parámetro D_2	363
9.5.3. Cálculo de la fracción solar “f”	367
9.5.4. Valoración de la cobertura solar mensual	368
9.5.5. Valoración de la cobertura solar anual	369
9.6. Programa de cálculo	370
9.6.1. Entorno de la pestaña	371
9.6.2. Proceso de trabajo	372
9.7. Cálculo de tuberías y pérdidas de carga	375
9.7.1. Método de cálculo	377
9.7.2. Diámetros y espesores	383
9.8. Cálculo del aislamiento	386
9.9. Cálculo de bombas circuladoras	389
9.9.1. Curvas y punto de trabajo	391
9.9.2. Teoría general de las bombas centrífugas	392
9.10. Cálculo de vasos de expansión	396
9.10.1. Coeficiente de expansión	396
9.10.2. Coeficiente de presión	398

9.10.3. Vasos de expansión cerrados	399
10. OTROS ASPECTOS DE LAS INSTALACIONES	401
10.1. Integración arquitectónica	404
10.1.1. Tipos de instalación de captadores solares .	405
10.1.2. Integración arquitectónica	406
10.1.3. Evolución y tendencias	408
10.2. Ejemplos de instalación de captadores solares	410
10.2.1. Caso general	410
10.2.2. Superposición	413
10.2.3. Integración arquitectónica	414
10.3. Estructura soporte	416
10.3.1. Instalación de captadores en estructura metálica	417
10.3.2. Instalación de captadores sustituyendo tejas	418
10.3.3. Instalación de captadores sobre tejas	421
10.4. Normativa de prevención contra la legionelosis	423
10.5. Documentación para la legalización de instalaciones	426
10.6. Reformas	427
10.7. Contenidos de la documentación técnica	428
11. SISTEMA DE APOYO CONVENCIONAL	431
11.1. Sistema de apoyo convencional	434
11.1.1. Requisitos para el equipo convencional	436

11.2. Tipos de equipos convencionales	440
11.2.1. Tipo de instalación	441
11.2.2. Tipos de consumos que atiende	441
11.2.3. Tipo de tecnología empleada	442
11.2.4. Tipo de combustible utilizado	443
11.3. Ciclo de la biomasa	445
11.3.1. Tipos de biomasa empleados con fines térmicos	446
11.4. Tipos de calderas de biomasa	453
11.4.1. Almacenamiento de biomasa	455
12. ANEXO I. DOCUMENTO BÁSICO HE AHORRO DE ENERGÍA	457
12.1. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	459
13. ANEXO II. FACTOR DE CORRECCIÓN K	513
13.1. Factor de corrección K	515