

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI**

**INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA  
PARA PRODUCCIÓN DE ACS Y APOYO A  
CALEFACCIÓN**

Trabajo Final de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

**Autor:** Jose Benavent Hinrichs

**Tutor:** Jorge Gabriel Segura Alcaraz

**Curso académico:** [2014-2015]





## Contenido

### DOCUMENTO 1: MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR.....	16
1.1.	ANTECEDENTES .....	16
1.2.	UNA JUSTIFICACIÓN A LA ENERGÍA SOLAR .....	16
1.3.	ENERGÍAS NO RENOVABLES.....	17
1.4.	ENERGÍAS RENOVABLES.....	17
1.5.	LAS PERSPECTIVAS DE MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	17
1.6.	LAS PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	18
1.7.	LAS BARRERAS DE ENTRADA PARA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	18
2.	OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN:.....	19
2.1.	OBJETIVO DEL PROYECTO.....	19
2.2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	19
3.	NORMATIVA:.....	20
3.1.	CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).....	20
3.2.	REGLAMENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS (RITE).....	20
3.3.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA.....	21
3.4.	DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN (DTIE).....	21
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO:.....	22
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.....	22
4.2.	HABITABILIDAD DEL EDIFICIO.....	26
5.	LA RADIACIÓN SOLAR:.....	27
5.1.	RADIACIÓN SOLAR EN LA SUPERFICIE TERRESTRE .....	27
5.2.	CARACTERÍSTICAS DE UN CUERPO RESPECTO A LA RADIACIÓN.....	28
5.3.	TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	28
5.4.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE LA RADIACIÓN SOLAR .....	28
6.	CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA: .....	31
6.1.	TIPOS DE CAPTACIÓN TÉRMICA .....	31
6.2.	FUNCIONAMIENTO DE UN CAPTADOR SOLAR.....	31
6.3.	TIPOS DE CAPTADORES SOLARES.....	32
6.1.1.	Captadores solares de concentración:.....	32
6.1.2.	Captador solar de baja temperatura:.....	33
6.4.	CAPTADOR SOLAR PLANO .....	33

6.4.1. Placa absorbente:.....	34
6.4.2. Superficie transparente:.....	34
6.4.3. Caja contenedora: .....	34
6.4.4. Aislamiento térmico: .....	34
6.4.5. Fluido caloportador:.....	35
6.4.6. Red de tuberías: .....	35
6.5. CAPTADOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO .....	35
6.6. CONEXIONADO DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS.....	36
6.6.1. Conexión de captadores en serie:.....	36
6.6.2. Conexión de captadores en paralelo con retorno invertido:.....	36
6.6.3. Conexionado de captadores en mixto: .....	37
7. COMPOSICION DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO: .....	38
7.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLARES .....	38
7.2. SISTEMA DE INTERCAMBIO .....	39
7.2.1. Intercambiador de calor:.....	40
7.3. SISTEMA DE ACUMULACIÓN .....	41
7.3.1. Tipos de acumulación:.....	41
7.4. CIRCUITO HIDRÁULICO.....	42
7.4.1. Tuberías:.....	42
7.4.2. Aislantes: .....	43
7.4.3. Bomba de circulación: .....	43
7.4.4. Fluido caloportador:.....	43
7.4.5. Vaso de expansión:.....	44
7.4.6. Purga de aire: .....	44
7.4.7. Purgador:.....	44
7.4.8. Manómetros:.....	44
7.4.9. Termómetros y termostatos: .....	44
7.4.10. Válvulas de paso:.....	45
7.4.11. Válvulas de seguridad: .....	45
7.4.12. Válvulas antirretorno o retención:.....	45
7.4.13. Válvulas de tres vías: .....	45
7.4.14. Grifo de vaciado: .....	45
7.5. TERMOSTATO DIFERENCIAL .....	45

7.6. ESTRUCTURA, APOYO Y MONTAJE DE LOS CAPTADORES SOLARES.....	46
8. INSTALACIÓN DE ACS, UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	47
8.1. DEMANDA DE ACS.....	47
8.2. ZONA CLIMÁTICA.....	47
8.3. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA .....	49
8.4. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES .....	50
8.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS .....	53
9. INSTALACIÓN DE ACS, PRECÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA: .....	55
9.1. CONSUMO TEÓRICO DEL EDIFICIO.....	55
9.2. CONSUMO REAL DEL EDIFICIO .....	56
9.3. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO .....	56
9.4. INTENSIDAD ÚTIL.....	58
9.4.1. Radiación horizontal incidente:.....	58
9.4.2. Energía neta incidente: .....	59
9.4.3. Energía neta incidente corregida: .....	60
9.4.4. Número de horas de Sol útiles: .....	60
9.4.5. Intensidad útil: .....	61
9.5. ENERGÍA NETA DEL COLECTOR .....	61
9.5.1. Parámetro T*.....	63
9.5.2. Parámetro $\eta_{ec}$ : .....	63
9.5.3. Rendimiento del colector:.....	64
9.5.4. Aportación solar teórica del colector por m <sup>2</sup> :.....	64
9.6. SUPERFICIE COLECTORA TEÓRICA.....	65
10. INSTALACIÓN SOLAR DE ACS COBERTURA SOLAR ANUAL (F-CHART):.....	67
10.1. PARÁMETRO D1 .....	67
10.2. PARÁMETRO D2 .....	68
10.3. COBERTURA SOLAR ANUAL:.....	71
10.3.1. Factor $f$ : .....	71
10.3.2. Energía útil captada:.....	71
10.3.3. Cobertura solar anual:.....	72
11. INSTALACIÓN DE ACS, DIMENSIONADO DEL CIRCUITO PRIMARIO: .....	73
11.1. FLUIDO CALOPORTADOR.....	73
11.1.1. Concentración en peso (C <sub>p</sub> ):.....	73

11.1.2. Concentración en volumen ( $C_v$ ):	74
11.1.3. Calor específico:	74
11.1.4. Densidad:	75
11.1.5. Viscosidad:	76
11.1.6. Conductividad térmica:	77
11.2. CIRCUITO HIDRAÚLICO:	78
11.2.1. Caudal de tuberías de retorno y salida:	78
11.2.2. Diámetro de la tubería:	78
11.2.3. Velocidad del fluido dentro de la tubería:	78
11.2.4. Pérdida de carga lineal:	79
11.2.5. Selección de diámetros y pérdidas de carga en tuberías:	80
11.2.5. Pérdida de carga por accesorios ( $\Delta p_{\text{accesorios}}$ ):	81
11.2.6. Pérdida de carga en el captador ( $\Delta p_{\text{captador}}$ ):	82
11.2.7. Pérdida de carga en el intercambiador ( $\Delta p_{\text{intercambiadores}}$ ):	82
11.2.8. Altura geométrica ( $H_{\text{geométrica}}$ ):	82
11.2.9. Pérdida de carga total en el circuito primario:	83
11.3. VOLUMEN CIRCUITO PRIMARIO:	83
11.4. VASO DE EXPANSIÓN:	84
11.5. BOMBA HIDRÁULICA:	85
11.6. AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS:	86
12. INTRODUCCIÓN A LA CLIMATIZACIÓN:	89
12.1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN:	89
12.1.1. Condiciones exteriores:	90
12.1.2. Arquitectura:	90
12.1.3. Condiciones interiores:	91
12.2. PASADO Y FUTURO DE LA CLIMATIZACIÓN:	91
13. TRANSFERENCIA DE CALOR EN CLIMATIZACIÓN:	93
13.1. CONDUCCIÓN:	93
13.1.1. Conducción estacionaria en sistemas simples: placa, cilindro, esfera:	94
13.1.2. Concepto de resistencia térmica. Aplicación a sistemas simples:	95
13.2. CONVECCIÓN:	96
13.2.1. Descripción del fenómeno. Ley de enfriamiento de Newton. Coeficiente de película:	96
13.2.2. Tipos de convección:	97

13.3. RADIACIÓN .....	99
13.3.1. Descripción del fenómeno. Magnitudes radiantes: .....	99
13.3.2. Cuerpo negro. Leyes de la Radiación Térmica: .....	100
13.3.3. Radiación en cuerpos reales, propiedades radiantes: .....	101
13.4. APLICACIONES DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA CLIMATIZACIÓN: .....	101
13.4.1. Superficies extendidas (aletas): .....	102
13.4.2. Intercambiadores de calor: .....	102
14. BIENESTAR TÉRMICO EN EL CUERPO HUMANO: .....	104
14.1. INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LAS PERSONAS Y SU ENTORNO: .....	104
14.1.1. Reacciones del cuerpo humano ante desequilibrios energéticos:.....	105
14.2. CONDICIONES DE BIENESTAR:.....	105
14.2.1. Temperatura operativa y humedad relativa: .....	106
15. PRINCIPIOS DE LA CLIMATIZACIÓN RADIANTE.....	107
15.1. APLICACIONES .....	108
15.2. VENTAJAS .....	108
15.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA.....	109
15.4. DISTRIBUCIONES DEL SUELO RADIANTE .....	110
15.4.1. Suelo radiante en espiral:.....	110
15.4.2. Suelo radiante serpentín:.....	110
15.4.3. Suelo radiante con doble serpentín: .....	111
15.5. CRITERIOS DE DISEÑO .....	111
15.5.1. Diseño del suelo radiante:.....	112
15.6. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE .....	114
15.6.1. Tubería de distribución: .....	114
15.6.2. Panel aislante: .....	115
15.6.3. Banda periférica: .....	116
15.6.4. Barrera anti-vapor:.....	116
15.6.5. Colectores de distribución: .....	117
15.6.6. Solera emisora:.....	117
15.6.7. Sistema de regulación: .....	118
15.6.8. Grupo hidráulico de impulsión:.....	118
15.6.9. Kit de regulación:.....	119
15.6.10. Control individual de la temperatura:.....	119

15.6.11. Termostato ambiente: .....	120
15.6.12. Cabezal electrotérmico: .....	120
15.6.13. Caja de conexiones:.....	120
15.6.14. Sonda de temperatura exterior: .....	121
15.6.15. Centralita de regulación:.....	121
15.6.16. Sonda de temperatura de impulsión: .....	121
15.6.17. Válvula de regulación: .....	121
15.6.18. Sonda de ambiente: .....	122
15.7. ESQUEMA BÁSICO DEL SUELO RADIANTE .....	122
16. CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS:.....	123
16.1. CARGAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN .....	123
16.1.1. Pérdidas por transmisión sin suplementos $Q_{to}$ : .....	123
16.1.2. Suplemento de interrupción de servicio:.....	124
16.1.3. Suplemento por orientación: .....	125
16.1.4. Cálculo de las cargas por transmisión: .....	125
16.2. CARGAS TÉRMICAS POR VENTILACIÓN .....	128
16.2.1 Volumen de los espacios de la casa: .....	129
16.2.2. Renovaciones de aire por hora: .....	129
16.2.3. Temperaturas interiores y exteriores de diseño:.....	130
16.2.4. Cálculo de las cargas por ventilación: .....	130
16.3. CARGAS TÉRMICAS POR GANANCIA INTERNA DE CALOR .....	131
16.4. CARGA TERMICA TOTAL .....	131
17. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE: .....	132
17.1. LOCALIZACIÓN DE LOS COLECTORES .....	132
17.2. DISEÑO DE CIRCUITOS.....	132
17.3. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO .....	133
17.4. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA .....	134
17.5. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA .....	135
17.6. CÁLCULO DE MONTANTES Y TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN .....	136
17.7. CÁLCULO DE PERDIDAS DE CARGA.....	138
17.7.1. Pérdida de carga en el circuito de suelo radiante:.....	138
17.7.2. Pérdida de carga en el colector:.....	139
17.7.3. Pérdida de carga en la tubería de distribución: .....	140

17.7.4. Pérdida de carga por accesorios: .....	140
17.7.5. Pérdida de carga total: .....	140
17.8. SELECCIÓN DE LA BOMBA .....	141
17.9. SELECCIÓN DEL GRUPO DE IMPULSIÓN .....	142
18.  INSTALACIÓN PLACAS SOLARES TÉRMICAS PARA APOYO A LA CALEFACCIÓN:.....	144
18.1. DEMANDA ENERGÉTICA NECESARIA.....	144
18.1.1. Volumen de agua en el suelo radiante:.....	144
18.1.2. Demanda energética: .....	145
18.2. INTENSIDAD ÚTIL.....	146
18.3. ENERGÍA NETA DEL COLECTOR .....	146
18.3.1. Parámetro $T^*$ :.....	146
18.3.2. Parámetro $\eta_{ec}$ : .....	147
18.3.3. Rendimiento del colector:.....	147
18.3.4. Aportación solar teórica del colector por $m^2$ :.....	148
18.4. SUPERFICIE COLECTORA TEÓRICA.....	148
19.  INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES TÉRMICAS PARA APOYO DE SUELO RADIANTE, COBERTURA SOLAR ANUAL (F-CHART): .....	149
19.1. PARÁMETRO D1: .....	149
19.2. PARÁMETRO D2: .....	150
19.3. COBERTURA SOLAR ANUAL.....	152
19.3.1. Factor $f$ :.....	152
19.3.2. Energía útil captada:.....	153
19.3.3. Cobertura solar anual:.....	153
20.  INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE, DIMENSIONADO DEL CIRCUITO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN:.....	154
20.1. FLUIDO CALOPORTADOR.....	154
20.1.1. Concentración en peso:.....	154
20.1.2. Concentración en volumen: .....	154
20.1.3. Calor específico: .....	154
20.1.4. Densidad:.....	154
20.1.5. Viscosidad:.....	154
20.1.6. Conductividad térmica: .....	155
20.2. CIRCUITO HIDRÁULICO.....	155
20.2.1. Caudal de tuberías de retorno y salida: .....	155

20.2.2. Diámetro de la tubería: .....	155
20.2.3. Velocidad del fluido dentro de la tubería: .....	156
20.2.4. Pérdida de carga lineal: .....	156
20.2.5. Selección de diámetros y pérdidas de carga en tuberías:.....	157
20.2.6. Pérdida de carga por accesorios ( $\Delta p_{\text{accesorios}}$ ): .....	158
20.2.7. Pérdida de carga en el captador: .....	159
20.2.8. Pérdida de carga en el intercambiador ( $\Delta p_{\text{intercambiadores}}$ ): .....	159
20.2.9. Altura geométrica ( $H_{\text{geométrica}}$ ): .....	160
20.2.10. Pérdida de carga total en el circuito primario: .....	160
20.3. VOLUMEN CIRCUITO PRIMARIO: .....	160
20.4. VASO DE EXPANSIÓN: .....	161
20.5. BOMBA HIDRÁULICA: .....	162
20.6. AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS: .....	163
1. REQUISITOS GENERALES: .....	167
1.1. FLUIDO DE TRABAJO.....	167
1.2. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS.....	167
1.2.1. Generalidades: .....	167
1.2.2. Mezclas anticongelantes: .....	168
1.2.3. Recirculación del agua del circuito:.....	168
1.2.4. Drenaje automático con recuperación del fluido: .....	169
1.2.5. Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados): ...	169
1.3. SOBREALEMENTOS.....	169
1.3.1. Protección contra sobrecalentamientos:.....	169
1.3.2. Protección contra quemaduras:.....	170
1.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas:.....	170
1.4. RESISTENCIA A PRESIÓN.....	170
1.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO .....	170
1.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS .....	170
2. CONFIGURACIONES BÁSICAS: .....	171
2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	171
3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO: .....	172
3.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO .....	172
3.1.1. Datos de partida:.....	172



3.1.2.	Dimensionado básico: .....	173
3.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	174
3.2.1.	Generalidades: .....	174
3.2.2.	Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica: .....	175
3.2.3.	Conexionado: .....	176
3.2.4.	Estructura soporte:.....	176
3.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR .....	177
3.3.1.	Generalidades: .....	177
3.3.2.	Situación de las conexiones: .....	177
3.3.3.	Varios acumuladores:.....	178
3.3.4.	Sistema auxiliar del acumulador solar: .....	179
3.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO.....	180
3.5.	DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	180
3.5.1.	Generalidades: .....	180
3.5.2.	Tuberías:.....	181
3.5.3.	Bombas:.....	181
3.5.4.	Vasos de expansión: .....	181
3.5.5.	Purga de aire: .....	181
3.5.6.	Drenaje:.....	182
3.6.	RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL .....	182
3.7.	REQUISITOS ESPECÍFICOS ADICIONALES PARA SISTEMAS DIRECTOS .....	182
3.8.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.....	183
3.9.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	184
3.10.	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	185
4.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN: .....	185
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	185
4.2.	PROCEDIMIENTO .....	186
5.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS: .....	188
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	188
5.2.	PROCEDIMIENTO .....	188
5.2.1.	Obtención del perfil de obstáculos: .....	188
5.2.2.	Representación del perfil de obstáculos:.....	188
5.2.3.	Selección de la tabla de referencia para los cálculos:.....	189

5.2.4.	Cálculo final:.....	189
6.	COMPONENTES:.....	190
6.1.	GENERALIDADES.....	190
6.2.	CAPTADORES SOLARES.....	190
6.3.	ACUMULADORES.....	190
6.4.	INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	192
6.5.	BOMBAS DE CIRCULACION.....	193
6.6.	TUBERÍAS.....	194
6.7.	VÁLVULAS.....	195
6.8.	VASOS DE EXPANSIÓN.....	196
6.8.1.	Vasos de expansión abiertos:.....	196
6.8.2.	Vasos de expansión cerrados:.....	197
6.9.	AISLAMIENTOS .....	198
6.10.	PURGA DE AIRE.....	199
6.11.	SISTEMA DE LLENADO .....	200
6.12.	SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL .....	200
6.13.	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	201
6.14.	EQUIPOS DE MEDIDA .....	202
6.14.1.	Medida de temperatura:.....	203
6.14.2.	Medida de caudal:.....	203
6.14.3.	Medida de energía: .....	204
6.14.4.	Medida de presión: .....	204
7.	CONDICIONES DE MONTAJE: .....	205
7.1.	GENERALIDADES.....	205
7.2.	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES .....	206
7.3.	MONTAJE DE ACUMULADOR .....	206
7.4.	MONTAJE DE INTERCAMBIADOR .....	207
7.5.	MONTAJE DE BOMBA.....	207
7.6.	MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS .....	207
7.7.	MONTAJE DE AISLAMIENTO.....	209
7.8.	MONTAJE DE CONTADORES.....	209
7.9.	MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL .....	210
7.10.	PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO .....	210

8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO: .....	211
8.1. GENERALIDADES.....	211
8.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	212
8.3. GARANTÍAS.....	216
BIBLIOGRAFÍA.....	218
ANEXO 1: TABLAS .....	220
1. CTE HE 4: .....	221
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA: ....	223
3. RITE:.....	226
4. MANUAL TÉCNICO SUELO RADIANTE UPONOR: .....	227
ANEXO 2: PLANOS .....	237
ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS .....	254
ANEXO 4: PRESUPUESTO.....	282



El objetivo de este proyecto es la realización de una instalación solar térmica para producción de agua caliente sanitaria y apoyo a la calefacción, que será por suelo radiante. Primero calcularemos la instalación para ACS, para ello también deberemos calcular la demanda energética necesaria para el calentar el agua, en base a ello se estimará la superficie de captación y el número de placas necesarias para cubrir esa demanda. Una vez calculado el número de placas se dimensionará el circuito y los elementos necesarios para llevar el líquido caloportador a un acumulador donde se almacenará el calor. De la misma forma dimensionaremos la instalación de captación solar para suelo radiante, del que también calcularemos los diversos elementos necesarios para su montaje, teniendo en cuenta las necesidades energéticas de cada habitación de la casa. Decir que las instalaciones de captación solar no podrán abastecer por completo la energía necesaria para estas instalaciones, pero si supondrá un ahorro a largo plazo debido al ahorro que supondrá en combustibles tradicionales.

L'objectiu d'aquest projecte és la realització d'una instal·lació solar tèrmica per a producció d'aigua calenta sanitària i suport a la calefacció, que serà per pis radiant. Primer calcularem la instal·lació per a ACS, per a tal deurem calcular la demanda energètica necessària per a calfar l'aigua, en base a això s'estimarà la superfície de captació i el nombre de plaques necessàries per a cobrir eixa demanda. Una vegada calculat el nombre de plaques es dimensionarà el circuit i els elements necessaris per a portar el líquid caloportador a un acumulador on s'emmagatzemarà el calor. De la mateixa forma dimensionarem la instal·lació de captació solar per al pis radiant, del que també calcularem els diversos elements necessaris per al seu muntatge, tenint en compte les necessitats energètiques de cada habitació de la casa. Dir que les instal·lacions de captació solar no podran abastir per complet la energia per a estes instal·lacions, però si suposarà un estalvi a llarg termini debut al estalvi que suposarà en combustibles tradicionals.

**Palabras clave:** acumulador, agua caliente sanitaria, aislante, captador, cargas térmicas, climatización, confort, energía renovable, radiación, solar térmica, suelo radiante, tubería, vaso de expansión.

# DOCUMENTO 1: MEMORIA

---

# 1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR.

## 1.1. ANTECEDENTES

La disponibilidad de energía en el mundo se ha convertido en un problema de gran importancia que afecta a la mayoría de países con industria, más o menos desarrollada, que se ven afectados por la creciente demanda de energía necesaria para la industria.

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de una alternativa a los combustibles fósiles, una alternativa limpia, no contaminante y que no corra el riesgo de agotarse. El Sol es una energía que responde a estas necesidades. Provee de una energía limpia y abundante en la mayor parte de la superficie terrestre.

El principal problema es que, a pesar de todos los avances producidos durante los últimos años, el aprovechamiento de la energía solar sigue siendo muy bajo, comparándolo con el resto de energías usadas en el mundo.

Los problemas surgidos son:

- La gran dispersión de la radiación solar: esto obliga a la captación y concentración de la radiación solar.
- Carácter incontrolable y variable en el tiempo de la intensidad de radiación solar: debido al clima (nubosidad, humedad, lluvia...), la energía recogida es almacenada para satisfacer la demanda con un tiempo de autonomía establecido.

Además, en toda instalación solar se debe disponer de una fuente energética suplementaria en caso que la energía solar no pueda cubrir la demanda existente.

## 1.2. UNA JUSTIFICACIÓN A LA ENERGÍA SOLAR

Hacia mediados del siglo XIX se inventaron los primeros motores de combustión interna, que requieren un combustible específico para funcionar. Con el tiempo, estos motores se volvieron más fiables y económicos y, por lo tanto, más abundantes, haciendo que la sociedad fuera extraordinariamente dependiente de estos motores.

El uso masivo de motores de combustión interna ha producido alteraciones significativas en la atmosfera a nivel mundial, debido a las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido al quemar combustibles fósiles. El efecto de estas emisiones produce el llamado efecto invernadero.

Es por ello que en las últimas décadas se han buscado alternativas energéticas limpias para evitar el excesivo deterioro de la capa de ozono y, también, porque el modelo energético actual, basado en combustibles fósiles principalmente, no es sustentable indefinidamente.

### **1.3. ENERGÍAS NO RENOVABLES**

Se suelen definir como aquellas almacenadas, generalmente en el subsuelo, que a medida que se van consumiendo se agotan. Las reservas disponibles están sujetas a la factibilidad técnica y económica de su explotación, al descubrimiento de nuevos yacimientos y al ritmo de extracción y consumo.

Dentro de las energías no renovables se distinguen tres tipos:

- Combustibles fósiles: petróleo, gas natural, carbón...
- Energía geotérmica.
- Energía nuclear.

### **1.4. ENERGÍAS RENOVABLES**

Se llaman fuentes de energía renovables a aquellas que, administradas de forma adecuada, pueden explotarse ilimitadamente sin que ésta disminuya.

Las energías renovables son, junto con el ahorro y la eficiencia energética, la llave para un futuro energético limpio, eficaz, seguro y autónomo. Un futuro que debe hacerse presente con medidas urgentes, como única forma de evitar el calentamiento global del planeta.

Una breve clasificación de las energías renovables sería la siguiente:

- Energía solar: directa, térmica, fotovoltaica.
- Energía eólica.
- Energía de la biomasa.
- Diferencia de temperatura oceánica.
- Energía de las olas.
- Energía hidráulica.
- Energía de las mareas.

### **1.5. LAS PERSPECTIVAS DE MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

Acorde con el desarrollo de los sistemas de confort y el uso generalizado de la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS), a principios de los años 80 empezó a aprovecharse la energía solar térmica mediante el uso de captadores solares térmicos, pero no fue hasta mediados de los 90 cuando realmente empezó a despuntar.

A principios del siglo XXI, la paulatina aparición de Ordenanzas Solares municipales por todo el país, sumado al crecimiento de la conciencia medioambiental en la sociedad, hacen que el desarrollo de la energía solar térmica para preparación de ACS



esté en un momento óptimo. Estas Ordenanzas Solares se dirigen hacia la aparición de ayudas y subvenciones, así como la obligatoriedad de instalar sistemas de energía solar térmica en edificios de nueva construcción en los que se vaya a producir consumo de ACS.

Actualmente, desde el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), se han desarrollado acciones destinadas a apoyar a las administraciones locales, mediante una colaboración activa basada tanto en el apoyo técnico como económico.

## **1.6. LAS PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

El desarrollo a nivel de equipos y componentes, ha sido espectacular en los últimos años. Ello, unido al desarrollo normativo apropiado y a una correcta labor formativa, redundará en un beneficio para la sociedad, fundamentado en el ahorro económico y mejora del medio ambiente.

Dicho beneficio, que trae consigo efectos a corto plazo, al reducirse la factura energética en combustibles fósiles, y a largo plazo, al reducirse los niveles de contaminación y calentamiento de la atmósfera, debiera ser capaz de lidiar contra una rentabilidad de la instalación muchas veces escasa si únicamente se plantea en términos de periodo de retorno de la inversión realizada.

## **1.7. LAS BARRERAS DE ENTRADA PARA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

De acuerdo con lo que se especifica en el Plan de Fomento de las Energías Renovables, se producen una serie de condicionantes, de entre los que más influyen son los económico-financieros y, especialmente, lo que se refiere a la necesidad de realizar una inversión adicional inicial elevada, puesto que disponer una instalación de energía solar representa adelantar el pago de la energía futura a obtener del sistema.

Es un hecho que parte de la sociedad española no conoce suficientemente los beneficios y usos de la energía solar térmica por falta de información. Por otro lado, en los últimos tiempos se ha avanzado sustancialmente en materia de concienciación medioambiental con una creciente receptividad social hacia estos problemas.

Adicionalmente, todo el proceso necesario relacionado con las subvenciones que se han venido otorgando al sector durante años sufre de excesiva rigidez.

Las instalaciones solares térmicas, a diferencia de otro tipo de instalaciones energéticas, son de muy pequeño tamaño, como es el caso de las instalaciones de equipos solares domésticos homologados (ESDH), por lo que la aplicación de las subvenciones debe agilizarse y hacerse más eficaz, para conseguir el fácil acceso a las mismas.

## **2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN:**

### **2.1. OBJETIVO DEL PROYECTO**

El objetivo de este proyecto es el cálculo y diseño de una instalación solar de baja temperatura para una vivienda unifamiliar en Alcoi de nueva construcción, calle Verge del Pilar nº 25. La finalidad de esta instalación será la producción de ACS y calefacción por medio de suelo radiante.

Para ello, se calculará la demanda necesaria de ACS y de las cargas térmicas de calefacción y climatización, con la finalidad de seleccionar las dimensiones de la instalación de placas solares y ajustar su tamaño a las necesidades de la vivienda.

Posteriormente también se realizará un presupuesto de la instalación, que se podrá comparar con los costes en otras energías más “tradicionales”, el fin es que por precio y calidad de vida las instalaciones solares térmicas resulten más llamativas para los consumidores.

### **2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Las instalaciones solares se han hecho hueco en los últimos años debido a su rentabilidad a medio plazo, pero fundamentalmente por la escasez de combustibles fósiles y el efecto devastador que producen las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

La realización de este proyecto implica aprovechar la energía solar, una energía que sabemos que no se agotará, además de limpia y gratuita, y que no tiene los riesgos que pueden tener los combustibles fósiles, como inflamabilidad e irritabilidad.

Con el desarrollo de las energías renovables, se pretende por otra parte reducir el grado de dependencia de los combustibles tradicionales, de forma que el cambio de dependencia energética se realice progresivamente.

Un último aspecto a destacar es las bajísimas pérdidas energéticas producidas durante el transporte. Al ser instalaciones cuyo objetivo es abastecer una vivienda o un edificio, la red de tuberías no es lo suficientemente extensa como para producir una pérdida excesiva de calor, por lo que son instalaciones muy eficientes.

### **3. NORMATIVA:**

#### **3.1. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)**

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad: seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización y habitabilidad: salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía.

El documento que interesa en nuestro caso, para instalaciones solares térmicas, es el DB HE (Ahorro de energía). Las secciones de este documento se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5, y la sección HE 0 que se relaciona con varias de las anteriores. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico correspondiente. Estos requisitos son:

- HE 0: limitación del consumo energético.
- HE 1: Limitación de la demanda energética.
- HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

#### **3.2. REGLAMENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS (RITE)**

El RITE tiene por objeto establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

A efectos del RITE se consideran como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización y de producción de ACS.

Se aplica a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas en los edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan.

### **3.3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA**

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

Este documento no es de aplicación a instalaciones solares con almacenamientos estacionales.

### **3.4. DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN (DTIE)**

Los DTIE usados han sido:

- DTIE 7.05: Cálculo de cargas térmicas.
- DTIE 8.03: Instalaciones solares térmicas para producción de ACS.
- DTIE 9.05: Sistemas de climatización.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO:

### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda en la que vamos a realizar la instalación se trata de una casa unifamiliar ubicada en Alcoi.

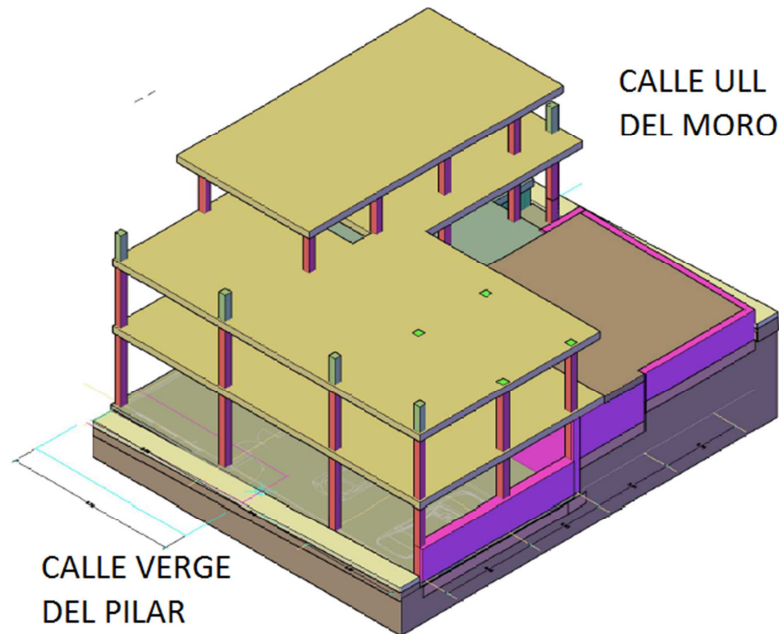


Figura 4.1.1 – Perspectiva de la vivienda

Como podemos ver, una característica de la vivienda es que se tiene acceso a ella desde dos calles, pero a diferente altura. Más adelante se explicará la distribución de las plantas, pero por ahora se puede decir que desde la calle Verge del Pilar se tiene acceso al garaje de la vivienda, comunicado con la planta superior por unas escaleras.

A la planta principal se tiene acceso directamente desde la calle Ull del Moro.

La sección transversal del edificio es la que se muestra a continuación:

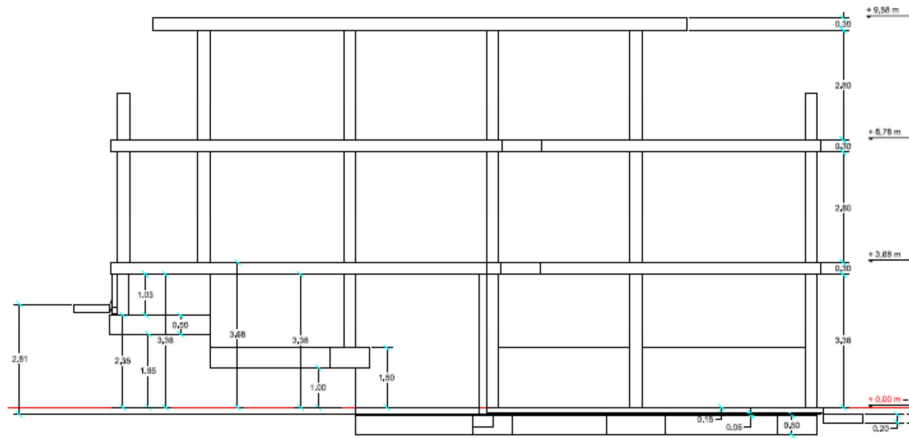
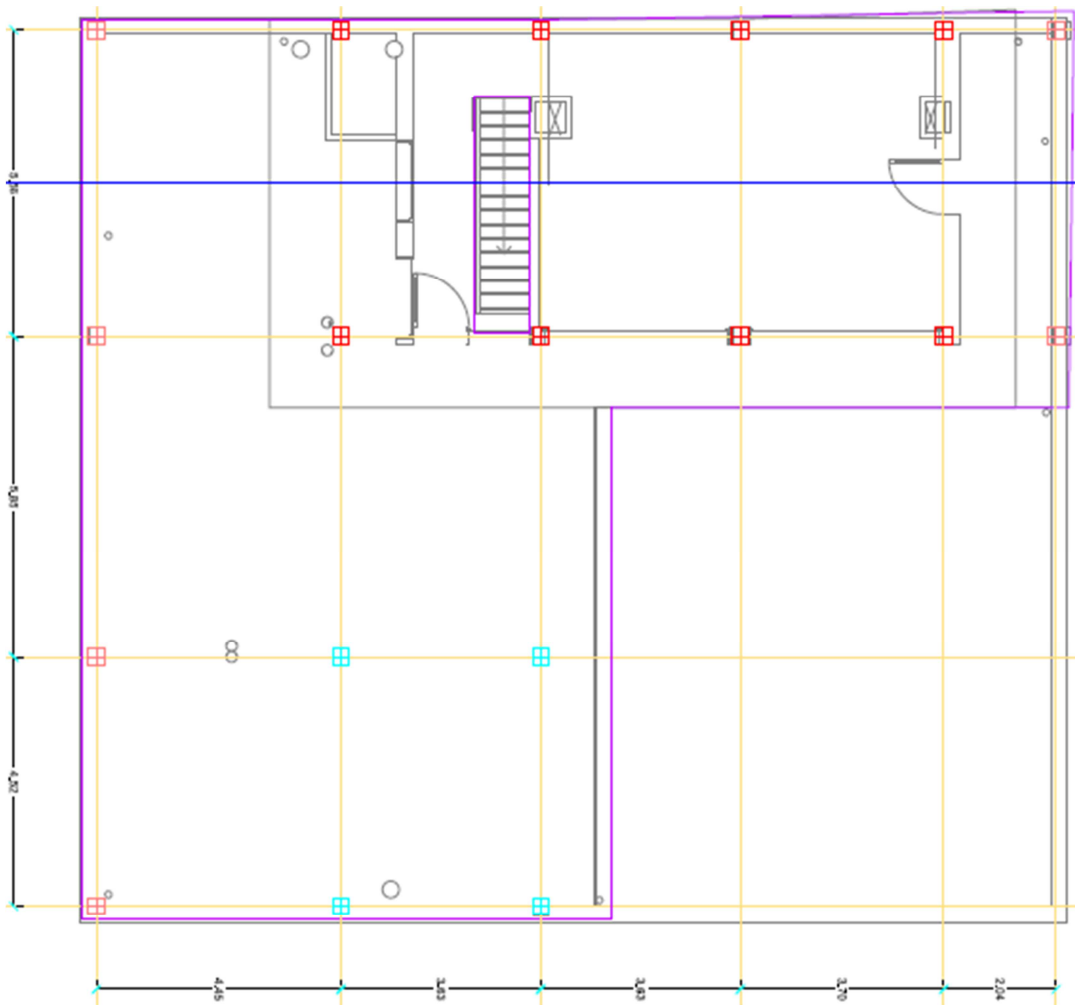
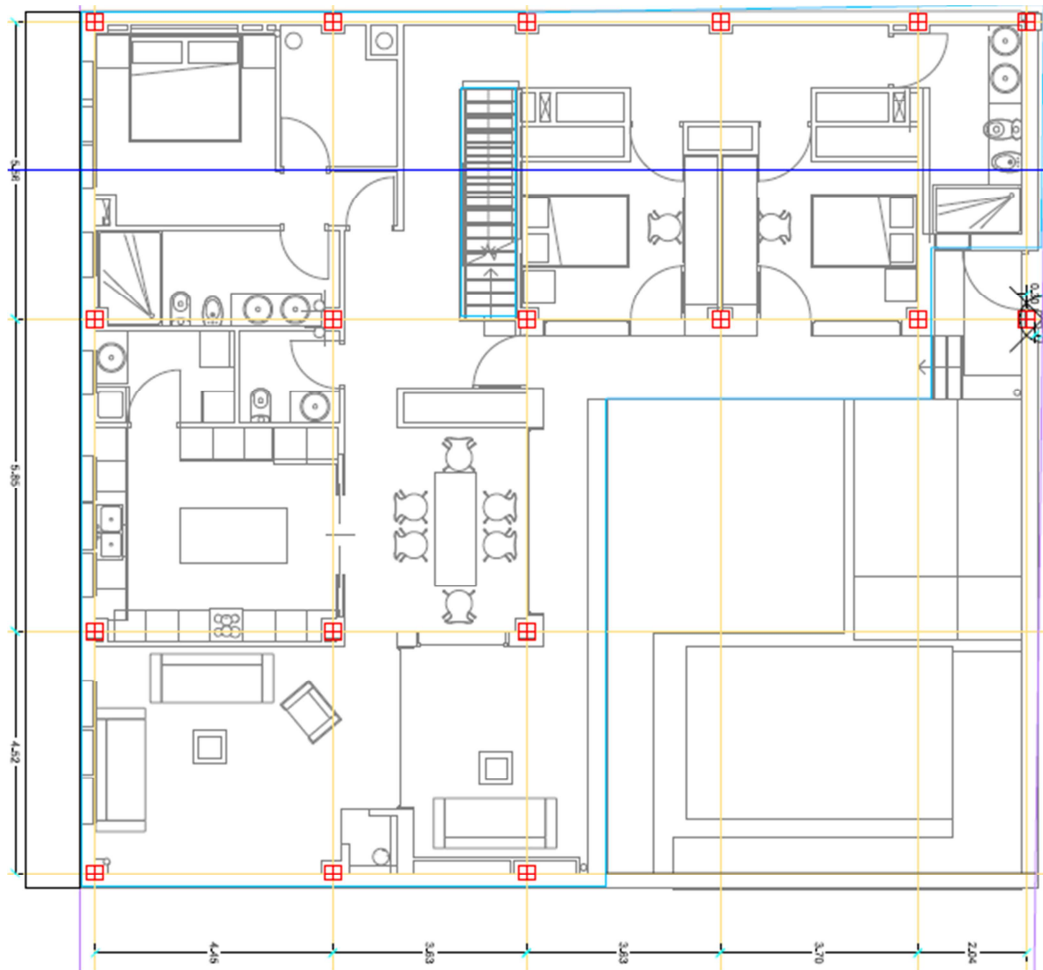


Figura 4.1.2 – Sección transversal de la vivienda

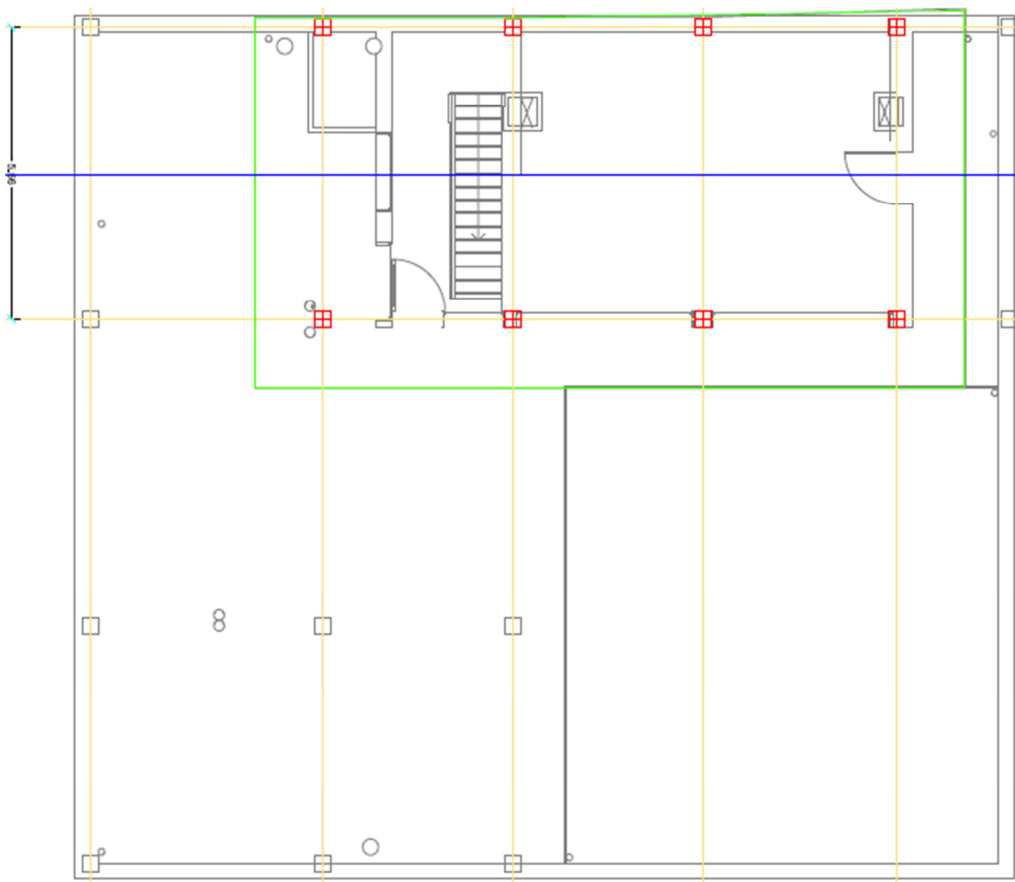
- Planta del garaje:



- Planta principal:



- Planta superior:





## 4.2. HABITABILIDAD DEL EDIFICIO

Para estimar el número de personas que residen en esta vivienda, recurriremos al Código Técnico de la Edificación (CTE). En su sección HE 4 – Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, se nos indica para viviendas residenciales el número de personas que habitan en una casa dependiendo del número de dormitorios. En nuestro caso y siguiendo la tabla 4.2 de dicha sección:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	Más de 6
Número de personas	1.5	3	4	5	6	6	7

Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado.

Por lo tanto, en nuestro caso, al tratarse de 3 dormitorios, la tabla indica que la ocupación es de 4 personas.

## 5. LA RADIACIÓN SOLAR:

Es el flujo de energía que recibimos del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Aproximadamente la mitad de las que recibimos pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta.

### 5.1. RADIACIÓN SOLAR EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

Como consecuencia de la radiación solar, se ha determinado que cada  $m^2$  de la atmósfera terrestre, perpendicular a la radiación,

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir tres tipos de radiación, recibe una energía equivalente a  $1353 \text{ W/m}^2$ . Esta energía, al introducirse en la atmósfera terrestre y como consecuencia de distintos fenómenos como son absorciones, reflexiones... llega a la superficie disminuida con respecto al valor indicado, por tanto, el valor medio estimado de radiación que llega a la superficie terrestre, es de unos  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Se define como constante solar la energía recibida por unidad de tiempo (hora) sobre unidad de superficie ( $m^2$ ) a nivel de la atmósfera extraterrestre, considerando la radiación solar perpendicular a la superficie y una distancia Sol-Tierra variable según posición anual.

La radiación solar, al introducirse en nuestra atmósfera terrestre, y después de atravesar las distintas capas atmosféricas de la Tierra, queda disminuida en su componente energético, por reflexión y absorción por parte del oxígeno, nitrógeno, ozono, vapor de agua, polvo... Esto hace que la constante solar disminuya y se produzcan los siguientes fenómenos:

- Reflexión: se produce cuando los rayos solares son reflejados como si se tratase de un espejo.
- Transmisión: en este caso los rayos solares atraviesan la atmósfera, pero soportan cambios de dirección y velocidad.
- Absorción: una parte de la radiación es absorbida, utilizándose para calentar los cuerpos por el choque de los átomos.

A partir de estos fenómenos, se puede deducir que sólo se aprovecha una parte de la energía recibida, y el valor de ésta dependerá de las condiciones climatológicas y de la posición del Sol con respecto a la Tierra.

## 5.2. CARACTERÍSTICAS DE UN CUERPO RESPECTO A LA RADIACIÓN

La radiación solar, al incidir y atravesar la atmósfera de la Tierra, experimenta unos procesos que son importantes para el estudio de los materiales y de las formas de aprovechar la energía solar:

- **Cuerpo negro:** es aquel que cuando recibe energía radiante, absorbe una parte de ésta y aumenta de temperatura.
- **Coefficiente de ermitancia:** es la relación de energía de radiación que emite un cuerpo a determinada temperatura y la que emitiría el cuerpo negro a la misma temperatura.
- **Coefficiente de absortancia:** es la relación entre la cantidad de energía de radiación que absorbe un cuerpo negro y la que absorbería el cuerpo negro sometido a la misma radiación.
- **Índice de efectividad:** es la característica que valora la calidad de una superficie con relación a sus propiedades respecto a la radiación solar. Se obtiene de la relación entre los coeficientes de absortancia y ermitancia.
- **Transmitancia:** es la capacidad de un cuerpo para ser atravesado por la radiación. La mayoría de los cuerpos transparentes lo son de forma selectiva, es decir, que su transmitancia está en función de la longitud de onda de la radiación incidente.

## 5.3. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

Después de atravesar la atmósfera, una parte de la energía solar llegará de forma directa, y no supondrá cambios importantes en la dispersión y en la dirección. Esta radiación la podemos dividir en:

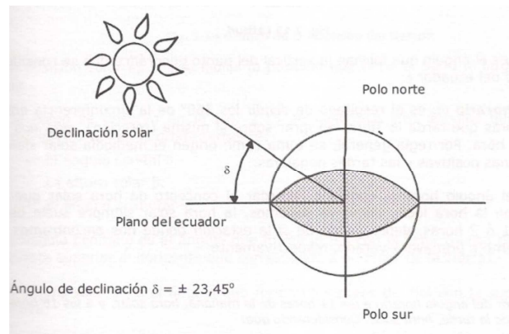
- **Radiación directa:** a nivel del suelo, es la radiación recibida por el Sol sin que sus rayos hayan variado de dirección.
- **Radiación difusa:** es la radiación recibida después de que los rayos del Sol hayan variado de dirección a consecuencia de fenómenos de reflexión y de dispersión en la atmósfera.
- **Radiación reflejada o de albedo:** es aquella recibida por una superficie después de que la radiación solar se encuentre reflejada sobre un cuerpo cercano.

La suma de estas tres radiaciones da como resultado la radiación global.

## 5.4. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE LA RADIACIÓN SOLAR

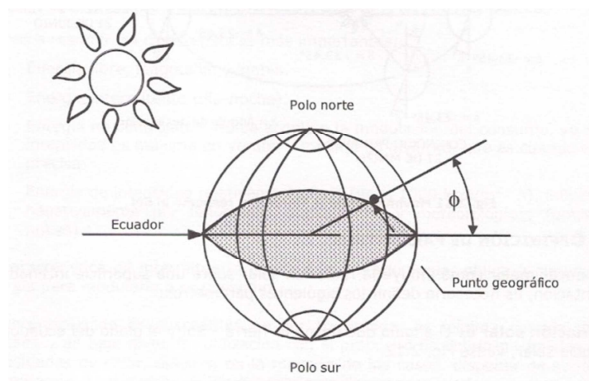
Para conocer mejor como influye la radiación solar sobre una superficie inclinada y su orientación, es necesario definir los siguientes parámetros:

- Declinación solar: es el ángulo que forma la Tierra-Sol y el plano del ecuador al mediodía solar.



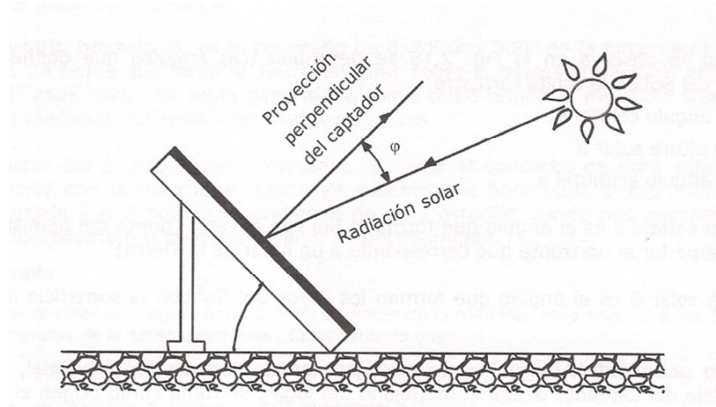
Declinación solar (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

- Latitud: es el ángulo que forman la vertical del punto geográfico que se considere y el plano del ecuador  $\Phi$ .



Latitud (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

- Angulo horario  $\omega$ : es el resultado de dividir los  $360^\circ$  de la circunferencia entre las 24 horas que tarda la Tierra en girar sobre si misma (rotación), esto nos da  $15^\circ$  cada hora. Por regla general, se toma como origen el mediodía solar siendo las mañanas positivas y las tardes negativas.
- Angulo acimutal (azimut,  $\alpha$ ): es el ángulo entre el plano de la normal, a la superficie del captador desde el meridiano del lugar, se toma como origen el sur, siendo el signo negativo hacia el oeste y positivo hacia el este. El azimut varía con la hora solar ya que el sol también cambia de posición.
- Angulo de incidencia: es el que forman la radiación directa sobre la superficie captadora, es decir la línea Sol-captador, y la perpendicular al captador.



Ángulo de incidencia (Fuente: (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

## 6. CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA:

El objetivo de una instalación solar térmica es capturar el mayor calor posible que el Sol transmite a la Tierra por medio de la radiación, a esto se le llama captación térmica.

### 6.1. TIPOS DE CAPTACIÓN TÉRMICA

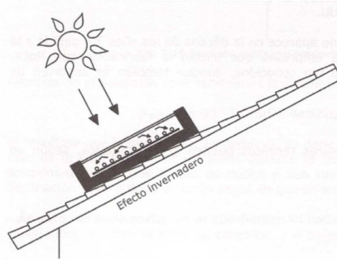
Los captadores o colectores solares térmicos pueden ser clasificados, según su utilización, como:

- Baja temperatura: está basado en captadores con temperaturas iguales o inferiores a 100°C. Se utiliza para agua caliente sanitaria, calefacción por suelo radiante, calentamiento de piscinas descubiertas...Trabajan con dos tipos de captadores, captadores planos y de tubos de vacío.
- Media temperatura: este sistema de captación está basado en captadores que utilizan un reflector que concentra la radiación, produciendo temperaturas de hasta 400°C. Se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante el accionamiento de una turbina por medio de vapor.
- Alta temperatura: se basa en el uso de captadores concéntricos donde se recogen temperaturas superiores a 400°C. Se utiliza para la producción de energía eléctrica por medio de vapor, la destilación del agua salada de mar, hornos solares de alta temperatura...

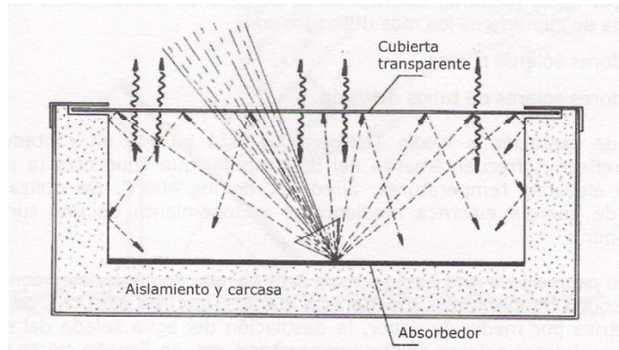
### 6.2. FUNCIONAMIENTO DE UN CAPTADOR SOLAR

Al colocar un vidrio entre la placa que absorbe el calor y el Sol, ocurre un fenómeno llamado "efecto invernadero". Éste consiste en atrapar los rayos del Sol o la radiación solar, impidiendo que la energía que atraviesa el vidrio vuelva a salir, efectuando una trampa energética de radiación; éste es el mismo efecto que ofrece la atmósfera al Sol con respecto a la Tierra.

Si se analiza el proceso más detenidamente, se observa que cuando la radiación solar incide en un captador solar, ésta puede ser total o parcialmente absorbida, otra parte también podrá ser reflejada y otra atravesará el cuerpo. La energía que se absorbe es la que hace que se caliente el cuerpo y emita a su vez radiación con una longitud de onda que dependerá de su temperatura.



Efecto invernadero (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)



Efecto invernadero dentro del captador solar (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

### 6.3. TIPOS DE CAPTADORES SOLARES

Los captadores solares térmicos son dispositivos capaces de captar la radiación solar y transmitirla a un fluido para su posterior aprovechamiento energético. Los captadores solares se dividen en:

- Captadores solares de concentración.
- Captador solar de la temperatura.

#### 6.1.1. Captadores solares de concentración:

Son los utilizados para sistemas solares térmicos de media y alta temperatura:

- Captadores de temperatura media, (60 a 130°C) son los utilizados para refrigeración solar por el método de absorción, destilación de agua de mar y producción de energía mecánica.
- Captadores de alta temperatura, (200 a 600°C) su utilización es la producción de energía eléctrica y mecánica (por medio de vapor) y la producción de calor industrial.

### 6.1.2. Captador solar de baja temperatura:

El captador solar de baja temperatura es un receptor que recoge la energía del Sol, transformándola en calorífica a una temperatura útil para ser utilizada en instalaciones de baja temperatura, como puede ser agua caliente sanitaria, climatización de piscinas y calefacción por suelo radiante. En el mercado existen gran variedad de captadores de baja temperatura, los más utilizados son:

- Captador solar de placa plana.
- Captador solar de tubos de vacío.

En nuestro caso, el captador que utilizaremos será el de placa plana.

### 6.4. CAPTADOR SOLAR PLANO

Es el captador solar más utilizado en la actualidad, a través de los tubos que conforman el captador, hacemos circular el fluido caloportador. El Sol, al incidir en la placa, calienta el fluido caloportador, éste a su vez transporta esta energía a un acumulador a través de un intercambiador calentando el agua allí almacenada.

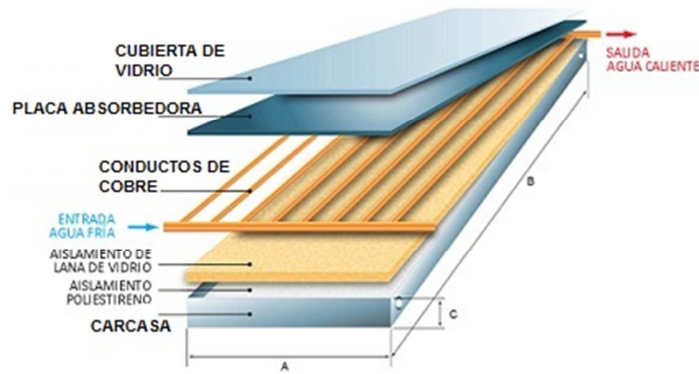


Captador solar plano (Fuente: Solaris)

El captador solar plano se encuentra compuesto normalmente por los siguientes elementos:

- Placa absorbente.
- Superficie transparente.
- Caja contenedora.
- Aislamiento térmico.
- Fluido caloportador.
- Red de tuberías.





Descomposición de un captador solar plano (Fuente: CleanEnergySolar)

#### 6.4.1. Placa absorbente:

Está formada por componentes que transforman la radiación solar en calor y transmiten esta energía al fluido caloportador. Suele construirse de cobre, acero negro inoxidable, aluminio... Con el objetivo de conseguir aumentar la capacidad de absorción para la radiación solar se recubre con pintura oscura, ésta ha de tener un espesor mínimo, ya que en general las pinturas son materiales aislantes y dificultan la conducción del calor, también la capa de pintura ha de ser del tipo mate ya que evita el fenómeno de la reflexión.

#### 6.4.2. Superficie transparente:

Colocada sobre la placa absorbente produce el efecto invernadero, al tiempo que la protege de agentes atmosféricos. Las dos caras del cristal irradian, por ello el absorbedor recibirá, además de la radiación solar, la mitad de la emitida por el cristal (cara interior). De esta forma se producirá el efecto invernadero y, por tanto, la placa para la radiación ultravioleta se comportará como un cuerpo negro, aumentando la temperatura en el interior, debido a la radiación incidente y a la radiación ultravioleta.

#### 6.4.3. Caja contenedora:

Constituye el soporte para los elementos que forman el captador, debe ser estanca a las entradas de aire y resistente a la corrosión. Puede ser construida con materiales como acero galvanizado o inoxidable, aluminio, fibra de vidrio...

#### 6.4.4. Aislamiento térmico:

Está situado entre la caja y la placa absorbente, reduciendo las pérdidas de calor por transmisión en la parte posterior y lateral del captador. Suelen utilizarse espumas de poliestireno, poliuretano, fibra de vidrio... En cualquier caso, el aislante deberá mantener sus propiedades estabilizadas a las temperaturas de régimen del captador.

#### 6.4.5. Fluido caloportador:

Es el encargado de transportar el calor de la placa absorbente, está compuesto por un líquido que, generalmente, es agua mezclada con anticongelantes.

#### 6.4.6. Red de tuberías:

La red de tuberías constituye el circuito hidráulico que une los subsistemas de captación con el de producción de agua caliente para consumo.

Por regla general, el tubo de cobre es el material más ventajoso en cuanto a peso, menor rugosidad, facilidad de manipulación y resistencia a la corrosión.

### 6.5. CAPTADOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO

Como su nombre indica son captadores que se les ha efectuado el vacío en el interior de un tubo, este vacío es aprovechado para eliminar las pérdidas por convección y de esta forma aumentar la temperatura, con menos necesidad de captación efectiva. También permiten más integración en el espacio arquitectónico, debido a que su espacio es más reducido.

En bajas radiaciones,  $300 \text{ W/m}^2$ , tiene un rendimiento muy aceptable. Esto último es muy importante para países centro europeos como Alemania o Suiza, ya que su rendimiento es rentable en días de invierno y nubosos.

Existen varios tipos de captadores de tubo de vacío, el más utilizado es el modelo Heat Pipe (Tubo de calor o condensación), este se fundamenta en dos tubos concéntricos dentro de un tubo de vidrio donde se ha efectuado el vacío. Por el interior del tubo circula un fluido que por medio del calor producido por la radiación solar se evapora y, por tanto, asciende al tubo superior que a su vez cede calor al distribuidor que está situado en la parte superior, calentando el fluido que va al intercambiador.



Captador solar de tubos de vacío (Fuente: CleanEnergySolar)

## 6.6. CONEXIONADO DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS

El conexionado de paneles está formado por conjuntos de paneles que deben interconectarse entre sí con el resto del sistema. Hay que tener en cuenta una serie de condiciones a la hora del montaje, las cuales facilitaran el buen funcionamiento de la instalación:

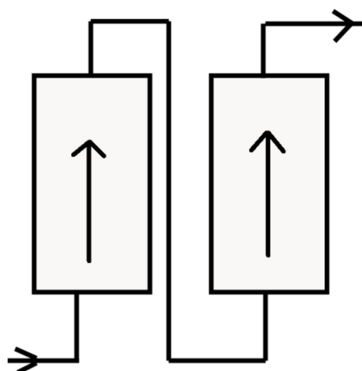
- Todos los captadores de un mismo sistema han ser iguales.
- La entrada del fluido siempre será por la toma inferior.
- La salida del fluido se efectuará por la toma superior opuesta a la de la entrada.
- El caudal de los captadores solares térmicos para el dimensionado orientativo está comprendido entre 50 y 70 l/h por m<sup>2</sup>.
- La longitud de las conducciones será lo más corta posible, para así reducir lo máximo posible las pérdidas de carga.
- Aislar correctamente para evitar pérdidas de calor.

El sistema de captación de las instalaciones solares se puede conectar básicamente en serie o paralelo, o la combinación de los dos (mixto).

### 6.6.1. Conexión de captadores en serie:

El acoplamiento en serie de los captadores solares tiene como consecuencia el aumento de la temperatura del agua a costa de disminuir el rendimiento de la instalación, debido a que al ir el fluido pasando de un colector a otro la temperatura de entrada en cada uno va aumentando y, por lo tanto, disminuyendo la eficacia global del sistema.

Sólo se recomienda este sistema para la utilización de tres colectores, ya que entendemos que esta solución es solo para algunas aplicaciones donde es necesaria una temperatura superior a 50 °C.

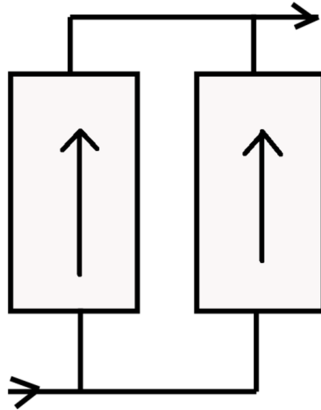


Captadores conectados en serie (Fuente: elaboración propia)

### 6.6.2. Conexión de captadores en paralelo con retorno invertido:

Lo más habitual es disponer los colectores en paralelo con retorno invertido, en el caso de hacer la disposición en varias filas, colocar éstas también en paralelo, de cualquier

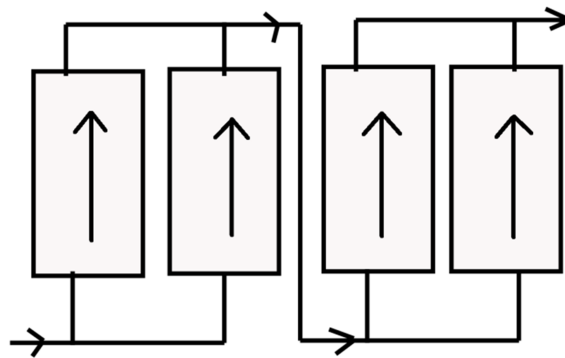
modo deberán tener el mismo número de unidades y estar colocadas paralelas, horizontales y bien alineadas entre sí.



Captadores conectados en paralelo (Fuente: Proyecto Latín)

### 6.6.3. Conexión de captadores en mixto:

En este conexionado utilizamos los dos sistemas, serie y paralelo; todos los conjuntos en serie deben tener el mismo número de colectores que en paralelo, de este modo, el caudal será el mismo para cada conjunto. Aunque no se suele emplear mucho, tiene sentido en instalaciones con grandes superficies de captación, en las que sean necesarios unos requerimientos de temperatura muy alta en la salida.



Captadores conectados en mixto (Fuente: elaboración propia)

## 7. COMPOSICION DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO:

### 7.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLARES

Los sistemas de captación más usuales son los siguientes:

**Equipos compactos:** se caracterizan por emplear como elemento receptor de energía el panel solar plano, llevan incorporado el depósito acumulador y para la circulación del fluido caloportador desde el colector al depósito se utiliza uno de los siguientes métodos:

- Equipos con circuitos por termosifón, que se basan en el aprovechamiento de las corrientes por convección. Es decir, el agua al calentarse tiene una densidad menor, por lo que se produce una estratificación según los niveles de temperatura. Por tanto, en esos casos, el depósito de acumulación debe situarse en una cota más alta que los colectores.

Carece de bomba de circulación y regulación, y se comercializa como equipo compacto que incluye el sistema de captación, almacenamiento, seguridad, expansión... en un solo módulo, su instalación resulta más simple y económica que una instalación forzada.



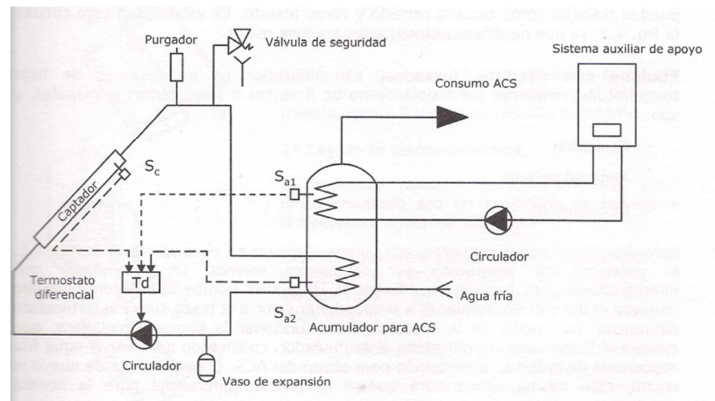
Equipo de captación solar compacto (Fuente: SolarMontroi)

- Equipos con circuitos forzados, son usados en instalaciones de baja temperatura, requieren del acoplamiento de 3 partes o subsistemas principales, y son: captación, almacenamiento y distribución.

El sistema está compuesto por captadores solares, un acumulador con intercambiador, un termostato diferencial TD y una bomba circuladora. Cuando empieza el día y el Sol comienza a proporcionar calor a la placa solar, el termostato diferencial, por medio de la sonda Sc hace funcionar la bomba circuladora, que enviará el fluido caloportador hasta el acumulador, calentando a su vez el agua fría depositada de la red de distribución para el uso del ACS. Cuando venga de nuevo la noche, esta misma sonda hará que el termostato diferencial pare la bomba circuladora.

Si la temperatura en el acumulador llegase, por ejemplo a 60°C, las sondas incorporadas al acumulador harían que el termostato diferencial parase la bomba circuladora, evitando un sobrecalentamiento de la instalación.

En función de la estación del año o bien por causas meteorológicas, es posible que el sistema solar no pueda satisfacer las necesidades caloríficas o de producción de ACS, siendo recomendable la instalación de un sistema auxiliar de apoyo.



Esquema básico de una instalación solar térmica (Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

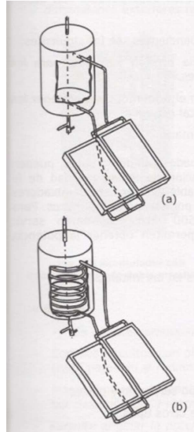
## 7.2. SISTEMA DE INTERCAMBIO

Según el sistema de termotransferencia, las instalaciones se clasifican en dos grupos:

- Sistema solar de transferencia directa.
- Sistema solar de transferencia indirecta (intercambiador).

En nuestro caso, que es el más general, se trata de un sistema indirecto, es decir, existe un intercambiador tal que el fluido del primario no está en contacto con el agua caliente sanitaria.

El sistema de intercambio es el elemento de la instalación que se encarga de transferir el calor generado por los captadores solares al acumulador, por medio del movimiento forzado del fluido caloportador, sin que exista la posibilidad de que estos líquidos puedan mezclarse.



Sistema de transferencia directa de calor y con intercambiador, respectivamente  
(Fuente: Energía solar térmica para instaladores)

### 7.2.1. Intercambiador de calor:

Se basa en el intercambio de calor que transfiere la energía almacenada en el líquido del circuito primario al líquido del secundario, mediante dos circuitos, primario y secundario, en forma de espiral o de placas superpuestas con dichos circuitos embutidos en las mismas.

Las ventajas de un intercambiador con circuitos independientes son las siguientes:

- Permite que el circuito primario trabaje a una presión adecuada para los captadores solares, sin fluctuaciones importantes.
- Utiliza un líquido térmico con anticongelante en el primario, para proteger los captadores solares de posibles heladas y de la cal del agua.

Estos tipos de acumuladores son también los llamados líquido a líquido, pueden estar dentro o fuera del acumulador y van en función de la complejidad de la instalación. En instalaciones pequeñas, es aconsejable utilizar intercambiadores dentro del acumulador (de serpentín o de doble pared), por ser más económicos.

**Intercambiador de doble pared:** incorporado en el acumulador hasta 700 litros. Tiene un rendimiento de intercambio más bajo que el tipo serpentín y placas, pero también resulta más económico que otros tipos. Baja pérdida de carga.

**Serpentín:** incorporado al acumulador hasta 1500 litros, posee menor superficie de intercambio que el de doble pared pero tiene un mayor rendimiento.

**Doble envolvente:** elemento externo al acumulador. Posee una superficie de intercambio muy elevada con dimensiones exteriores reducidas. Tiene un alto rendimiento pero necesita de dos bombas de circulación, una para el circuito primario y otra para el circuito secundario.

**Placas:** es un intercambiador externo. Consta de dos circuitos con placas metálicas (parecido a un radiador). Posee un alto rendimiento y permite aumentar la potencia en

base a aumentar el número de placas. Los intercambiadores de placas se recomiendan para grandes instalaciones superior a 1500 litros).

Está formado por un paquete de placas metálicas, generalmente de acero inoxidable, con un grosor de 0.4 a 3 mm. Las placas se encuentran soldadas entre ellas formando una sola pieza.

### 7.3. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El acumulador es el elemento de la instalación donde se almacena la energía térmica que producen los captadores solares en forma de fluido caliente.

Se trata de un depósito fabricado en acero al carbono o acero inoxidable, equipado con una serie de tomas laterales para conectar el suministro de agua caliente. También lleva incorporado un termómetro, termostato, ánodos de sacrificio para la protección del acumulador por electrolisis y material aislante para evitar las pérdidas de calor.

Existen aplicaciones como e calentamiento de piscinas o apoyo de calefacción, que en vez de acumulador, utilizan el vaso de la piscina o el propio circuito de la calefacción.

Tal como se explicará en el Pliego de Condiciones, la temperatura del agua de acumulación deberá ser de 60 °C, esta temperatura tiene la finalidad de evitar la aparición de la bacteria de la legionela en el agua.

#### 7.3.1. Tipos de acumulación:

**Acumuladores sin sistema de intercambio:** su utilización consiste en acumular agua caliente para consumo inmediato o en un corto espacio de tiempo. Se utiliza para equipos compactos estandarizados, con poco volumen de acumulación.

**Acumuladores de intercambio simple:** son idóneos para la producción de agua caliente, se emplean en instalaciones superiores a 1000 litros. Suelen estar compuestos con serpentín o de doble envolvente.

**Acumuladores de doble intercambio:** están formados por dos serpentines alimentados por dos fuentes de calor independientes, se usan en casos de sistemas que cuentan con apoyo de una fuente auxiliar.

**Acumuladores de acero al carbono:** están fabricados con acero al carbono, su uso es sanitario, están protegidos interiormente con diferentes tipos de revestimiento para evitar la corrosión y ofrecer una calidad biológica del agua suministrada.

**Acumuladores de acero inoxidable:** los acumuladores de acero inoxidable para producir ACS están limitados principalmente por su coste económico, que es elevado debido a los materiales necesarios para una aleación de acero inoxidable.

**Acumuladores horizontales:** son acumuladores que se utilizan para equipos compactos por termosifón, ya que el acumulador forma parte integrada del equipo compacto.



**Acumuladores verticales:** es la posición más habitual en las instalaciones solares térmicas, y la más recomendable, ya que favorece la estratificación del agua, estando lo más caliente en la parte superior, y la más fría en la parte inferior del depósito. Esto permite dar un suministro instantáneo de agua sin que todo el depósito se encuentre a la misma temperatura.

Los volúmenes más estandarizados para el uso sanitario oscilan entre los 150 y los 300 litros, en viviendas unifamiliares pueden fluctuar entre los 750 y 1000 litros si la instalación solar también da servicio de calefacción, para instalaciones deportivas, hoteles, hospitales... pueden tener entre 1000 y 7000 litros, debido a que la demanda energética es elevada.

## 7.4. CIRCUITO HIDRÁULICO

Es el encargado de dar un buen funcionamiento al sistema solar térmico, de su buen diseño e instalación depende el rendimiento del sistema.

### 7.4.1. Tuberías:

Son las conducciones por donde pasa el fluido caloportador y el agua caliente sanitaria (ACS).

**Material empleado:** el material utilizado en las tuberías suele ser:

- Cobre: el material más aconsejable ya que posee unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser el más económico.
- Acero galvanizado: aunque muy utilizado en fontanería, no puede usarse en circuitos primarios ya que su protección se deteriora a temperaturas superiores a los 65°C.
- Acero negro: solo recomendable en instalaciones que requieran grandes caudales, además de que su uso está prohibido en la conducción de ACS por producirse oxidaciones en su estructura que perjudica la potabilidad del agua.
- Plásticos: poseen unas propiedades muy parecidas a las del cobre. Por el contrario pueden deteriorarse con la exposición directa al sol.

**Caudal:** los valores idóneos del caudal se consideran de un modo aproximado, siendo un valor estándar entre 40 y 70 litros por hora y por m<sup>2</sup>, este valor varía en función de la aplicación a la que estemos sirviendo.

**Longitud:** a la hora de trazar el circuito hidráulico, los tramos que lo formen deberán ser lo más cortos posibles, para de esta forma tener menos pérdidas de carga debido al rozamiento del fluido con la tubería. La pérdida de carga lineal será menor de 40 mmca (milímetros columna de agua), en caso contrario habrá que elegir el diámetro inmediatamente superior. Las máximas pérdidas admitidas para un correcto funcionamiento en el circuito primario y en el circuito secundario de la instalación solar térmica no serán superiores a 7 mca (7 bar).

**Seguridad:** las variaciones de temperaturas en estos sistemas pueden ser un factor muy importante al aumentar la temperatura, el fluido caloportador incide directamente en aumentar la presión del sistema, para tal fin, es importante instalar unos elementos que permitan la correcta expansión del fluido y evite las sobrepresiones peligrosas.

#### 7.4.2. Aislantes:

Su finalidad es disminuir las posibles pérdidas caloríficas en los colectores, acumulador y conducciones.

Los valores más importantes para la elección apropiada del aislamiento son: coeficiente de conductividad, gama de temperaturas, resistencia, fácil colocación y coste. El espesor del aislamiento debe al menos cumplir las normas indicadas en el RITE.

#### 7.4.3. Bomba de circulación:

Es la responsable de vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por el circuito. Existen diferentes tipos de circuladores: alternativos, rotativos y centrífugos.

#### 7.4.4. Fluido caloportador:

Es el encargado de pasar a través de los conductores y absorber la energía térmica de éstos, para luego transferirla del intercambiador al circuito secundario, son cuatro los tipos de fluidos que se pueden utilizar:

**Agua:** el agua se puede utilizar en circuito abierto, de forma que el ACS pasará directamente por los colectores solares, esto tiene inconvenientes, como los materiales empleados para el transporte del agua que deben ser aptos para el consumo. Esta forma de producir ACS es poco rentable y las normativas lo prohíben, por lo tanto es desaconsejable.

**Agua con adición de anticongelantes:** es la solución más usada, pero hay que tener en cuenta ciertas características de la mezcla 70% de agua y 30% de líquido anticongelante (glicol...), como es su toxicidad, aumento de viscosidad, aumento de dilatación, disminución del calor específico o aumento de la temperatura de ebullición.

**Fluidos orgánicos:** hay que mantener las mismas precauciones que en el caso de agua con anticongelante, en cuanto a toxicidad, viscosidad o dilatación.

Además, estos fluidos orgánicos presentan riesgo de incendio al ser combustibles, aunque son estables a altas temperaturas.

**Aceites de silicona:** si bien son una buena posibilidad por sus óptimas características técnicas, su elevado coste no los hace una opción atractiva en muchos casos.

#### **7.4.5. Vaso de expansión:**

Su finalidad es la de absorber las dilataciones del fluido caloportador, por lo que todas las instalaciones de ACS deben equiparse con depósitos de expansión cerrados.

Se clasifican en vasos de expansión abiertos o cerrados, en cualquier caso la capacidad del mismo debe ser suficiente para admitir la expansión del líquido caloportador

#### **7.4.6. Purga de aire:**

En los puntos altos de la salida de las baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

#### **7.4.7. Purgador:**

El purgador tiene como función evacuar los gases contenidos en el fluido caloportador, que pueden dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación del fluido, además de provocar corrosiones. Para su correcto funcionamiento hay que colocar el purgador en el punto más alto de la instalación.

#### **7.4.8. Manómetros:**

Son los encargados de darnos el valor de la presión en el circuito, en kg/m<sup>2</sup> o en mca (en este caso serán hidrómetros).

La escala de los mismos suele estar comprendida entre 0 y 6 kg/cm<sup>2</sup>, si bien los colectores o el depósito de expansión no suelen soportar presiones mayores de 4 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **7.4.9. Termómetros y termostatos:**

Los termómetros son los encargados de medir la temperatura del fluido. Los termostatos, a su vez, son los encargados de transformar una lectura de temperatura en una señal eléctrica que ponga en funcionamiento un determinado mecanismo.

Ambos se pueden clasificar en dos tipos: de contacto o de inmersión. Entre los primeros encontramos los de abrazadera que se colocan en contacto con la tubería a través de la citada pieza. Los de inmersión, en cambio, van introducidos en una vaina que se coloca en el interior de la tubería, con lo que su fiabilidad es mucho mayor al ser mucho más directo el contacto con el fluido.

#### 7.4.10. Válvulas de paso:

Son las encargadas de interrumpir total o parcialmente el paso del fluido a través de las conducciones. Los diferentes tipos son :

**Válvulas de asiento:** poseen como elemento obturador un disco que se cierra sobre su asiento. Producen pérdidas de carga importantes, se utilizan para regular el caudal.

**Válvulas de compuerta:** tienen un elemento obturador formado por una cuña. Este tipo de válvula se utiliza como órgano de cierre, nunca como elemento de regulación.

**Válvulas de mariposa:** constan de un disco que hace de obturador y provoca una pequeña pérdida de carga.

**Válvulas de bola o esfera:** se basan en un elemento obturador formado por una bola de acero inoxidable que tiene un orificio del mismo diámetro que la tubería en la que se coloca, por lo que esta pérdida de carga es mínima cuando están abiertas.

#### 7.4.11. Válvulas de seguridad:

Su función es limitar la presión en el circuito y así proteger los componentes del mismo. Los puntos más delicados son el campo de colectores y el vaso de expansión, por lo que se debe marcar a una presión inferior a la máxima soportada por los citados elementos.

#### 7.4.12. Válvulas antirretorno o retención:

Son las encargadas de permitir el paso del fluido en un sentido e impedirlo en el otro: Hay dos tipos, de clapeta y de obús, siendo estas últimas poco aconsejables para el circuito primario debido a su elevada pérdida de carga.

#### 7.4.13. Válvulas de tres vías:

Se usan para regular la circulación por distintas conducciones según el momento, suelen estar controladas por una señal eléctrica procedente del regulador diferencial o de un termostato.

#### 7.4.14. Grifo de vaciado:

Su utilización se hace necesaria cuando es preciso vaciar el circuito, ya sea el primario o el secundario, por labores de mantenimiento o reposición de algún elemento del circuito. Para conseguirlo con rapidez se debe colocar en la parte inferior de los circuitos.

### 7.5. TERMOSTATO DIFERENCIAL

El elemento que se encarga de hacer circular la energía térmica que generan los captadores solares hacia el acumulador es la bomba de circulación, pero necesita un

equipo de control que de órdenes de funcionamiento o de parada, según sean las necesidades del acumulador, como puede ser la falta de radiación solar...

Este elemento es el termostato diferencial y se designa por TD, también puede denominarse sistema de regulación y control.

El principio de funcionamiento del TD se basa en la comparación de dos medidas de temperatura con dos sondas, situadas una en la salida de los captadores solares y otra en la parte baja del depósito de acumulación de ACS.

El TD va comparando las temperaturas, cuando la diferencia es igual o superior a un valor prefijado, el TD da órdenes para que la bomba se ponga en funcionamiento. La parada de la bomba se producirá cuando la diferencia de medidas se sitúe en un valor igual o menor que el que tiene prefijado el TD para provocar la parada.

## **7.6. ESTRUCTURA, APOYO Y MONTAJE DE LOS CAPTADORES SOLARES**

Su función, simple a la vez que vital, es sujetar los colectores con la inclinación y orientación calculada en el proyecto. Las características de una buena estructura soporte son: rapidez de montaje, coste bajo, seguridad en el anclaje y sujeción.

El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de los colectores, según estén en cubierta o terraza, y también de las fuerzas que actúen sobre él como consecuencia de la presión del viento a la que se ve sometido.

Especialmente, debemos tener cuidado a los esfuerzos de tracción que se producen sobre los anclajes, originados por los vientos del norte, ya que nuestra instalación estará orientada hacia el Sur.

Junto con la estructura soporte en sí, se realizará previamente la construcción de los muretes sobre los que se va a apoyar la estructura metálica. Estos deben ser de hormigón armado con varillas metálicas y con una sección mínima de 200 x 200 mm.

También es importante dotar a la estructura de una protección contra la corrosión, en el caso que sea de hierro. Igualmente, los materiales de sujeción de los colectores a la estructura, deben de ser protegidos de la corrosión o ser de acero inoxidable.

## 8. INSTALACIÓN DE ACS, UBICACIÓN DEL PROYECTO

### 8.1. DEMANDA DE ACS

El primer paso para calcular la instalación solar térmica es calcular la demanda diaria de ACS en litros, para ello, el CTE HE 4 se nos da la tabla con el consumo diario por persona, dependiendo del tipo de edificación que se trate:

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Consumo ACS (FUENTE: DB HE Ahorro de energía HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)

En una vivienda unifamiliar, el consumo por persona es de 30 litros al día. Como se ha indicado en el capítulo 4, la vivienda estará ocupada por 4 personas, así que el consumo diario de ACS será:

$$D_{ACS} = 4 \text{ personas} \times 30 \text{ litros/día por persona} = 120 \text{ litros/día por persona}$$

### 8.2. ZONA CLIMÁTICA

Para empezar el cálculo de la instalación de ACS, más concretamente para dimensionar la superficie captadora, debemos saber en qué zona climática de España se ubica la ciudad. Para esto recurriremos al CTE HE 4, en él encontramos un mapa de la península con las distintas zonas climáticas de España:



Zonas climáticas España (FUENTE: DB HE Ahorro de energía HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)

En la misma sección del CTE, se da la lista de las principales poblaciones clasificadas según su provincia, y en donde se indica la zona climática a la que pertenecen:

ALICANTE	Alcoi	IV
	Alicante	V
	Benidorm	IV
	Crevillent	V
	Denia	IV
	Elche	V
	Elda	IV
	Ibi	IV
	Javea	IV
	Novelda	IV
	Orihuela	IV
	Petrer	IV
	San Vicent del Raspeig	V
	Torrevieja	V
	Vilajoyosa	IV
	Villena	IV

Sabemos que Alcoi se encuentra en la zona climática IV, con este dato obtendremos la contribución solar mínima anual, disponible en tabla en la misma sección del CTE.

La contribución solar mínima es la que tendrá que cubrir el sistema de captación una vez dimensionado.

### 8.3. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. El CTE da dos tablas donde en base a la zona climática y a la demanda diaria de ACS se establece la contribución solar mínima, ahora dependiendo de la fuente energética de apoyo que utilicemos para nuestra instalación, habrá dos casos:

- Caso general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural u otras.
- Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

En nuestro, al ser la fuente de apoyo gas natural, nos guiaremos por la siguiente tabla:

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Contribución solar mínima (FUENTE: DB HE Ahorro de energía HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)

Para saber la contribución solar mínima,

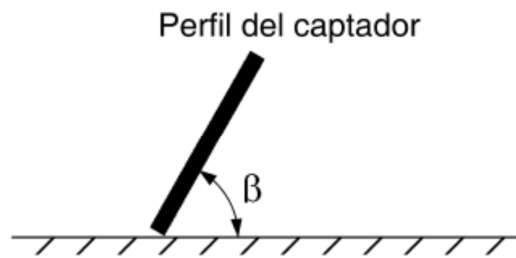
Recopilando, Alcoi se encuentra en la zona climática IV y el consumo diario de ACS es de 120 litros, así que en nuestro caso la contribución solar mínima será del 60%.



## 8.4. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES

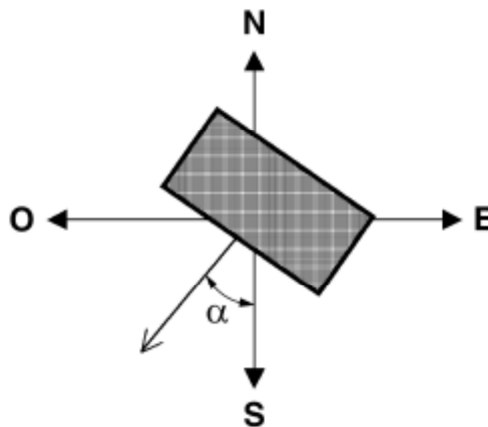
La orientación e inclinación de los captadores es un factor que posteriormente afectará a la intensidad de la radiación solar, para ello es preciso definir cada una de ellas, y así corregir con el factor correspondiente la intensidad:

- Ángulo de inclinación,  $\beta$ , definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  para captadores horizontales y  $90^\circ$  para verticales.



Detalle del ángulo de inclinación (FUENTE: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura)

- Ángulo de azimut,  $\alpha$ , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Valores típicos son  $0^\circ$  para captadores orientados al sur,  $-90^\circ$  para captadores orientados al este y  $+90^\circ$  para captadores orientados al oeste.



(FUENTE: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura)

Se considera la dirección sur como orientación óptima y la mejor inclinación ( $\beta$ ), dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo contante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica +  $10^\circ$

- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica – 10°

Como en nuestro caso el uso está previsto para todo el año, la inclinación de los colectores será igual a la latitud, 38,43°.

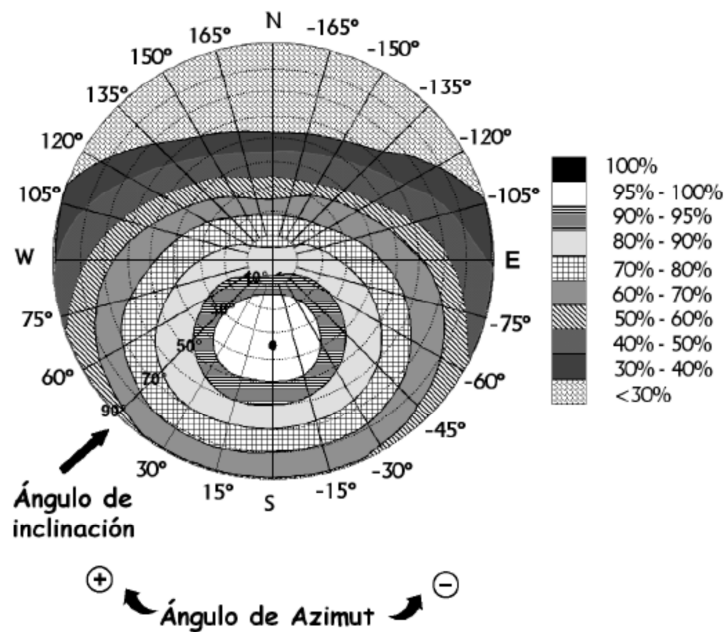
La ubicación de los colectores se dispondrá en el tejado de la vivienda, con tal de éstos queden alineados con el borde del tejado, los colectores tendrán una orientación de 10° respecto al sur ( $\alpha=10^\circ$ ).

Habiendo determinado el ángulo de azimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida para una latitud ( $\Phi$ ) de 41°, dependiendo del caso en el que se encuentren.

Caso	Pérdidas máximas por orientación e inclinación
General	10 %
Superposición arquitectónica	20 %
Integración arquitectónica	40 %

- General.
- Superposición arquitectónica: se considerará cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio.
- Integración arquitectónica: se considera que existe cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica.

Ahora se trata de evaluar si las pérdidas por orientación e inclinación se encuentran dentro de los límites permitidos para una instalación en el tejado orientada 10° hacia el sur y en una latitud de 38.43°, utilizando la siguiente figura.



Pérdidas máximas por orientación e inclinación (FUENTE: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura)

Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima. En caso de que no se intersectarán, las pérdidas serían superiores a las permitidas y la instalación estaría fuera de los límites.

Como ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud  $\Phi=41^\circ$  y se corrigen de acuerdo con las siguientes formulas:

Inclinación máxima = inclinación ( $\Phi=41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud);

Inclinación mínima = inclinación ( $\Phi=41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud); siendo  $0^\circ$  su valor mínimo.

De forma que corregido para la latitud de Alcoi:

Inclinación máxima =  $60^\circ - (41^\circ - 38.43^\circ) = 57.43^\circ$

Inclinación mínima =  $7^\circ - (41^\circ - 38.43^\circ) = 4.43^\circ$

Por lo tanto la instalación cumple con los requisitos por pérdidas de orientación e inclinación.

Una vez comprobado que cumple las exigencias por pérdidas de orientación e inclinación, se obtendrá el factor de corrección k para superficies inclinadas. Este factor k representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Dicho factor se obtendrá del Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Baja Temperatura, buscando la tabla correspondiente (en nuestro caso) a una latitud de  $38^\circ$  y una inclinación del colector de  $40^\circ$ :

38°	k
Enero	1.36
Febrero	1.26
Marzo	1.14
Abril	1.02
Mayo	0.93
Junio	0.9
Julio	0.93
Agosto	1.03
Septiembre	1.18
Octubre	1.35
Noviembre	1.46
Diciembre	1.45

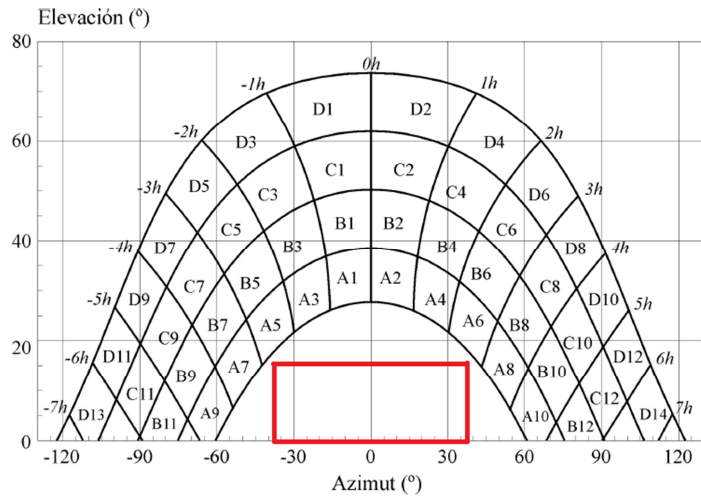
En el siguiente capítulo calcularemos la radiación solar incidente, la cual se multiplicará por este factor para obtener la radiación total.

### **8.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS**

Estas pérdidas se producen por obstáculos en el campo de captación del captador solar. En este caso, los obstáculos que pueden influir son el edificio que se encuentra en la parte frontal de los captadores.

Como se explica en el Pliego de Condiciones, usaremos el diagrama de trayectorias del Sol para dibujar el perfil de obstáculos. El perfil se dibujará según la orientación en grados que este tenga desde el centro de campo de captadores, tanto vertical como horizontalmente.

En nuestro caso tendremos otra vivienda enfrente de los captadores, que sobresale tres metros por encima del tejado donde se ubican los captadores solares. Así que tendremos que dibujar la forma rectangular que tendrá el obstáculo en el diagrama de pérdidas.



Como se muestra en la figura los obstáculos no tendrán ninguna repercusión en la captación de la radiación solar, así que no tendremos que incluir ningún factor corrector.

## 9. INSTALACIÓN DE ACS, PRECÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA:

En los siguientes dos capítulos vamos a proceder a dimensionar la superficie colectora necesaria para cubrir las necesidades de ACS. Para ello se procederá a calcular todos los parámetros relacionados con:

- Datos geográficos
- Cantidad de ACS necesaria al mes
- Cantidad de energía a producir para cubrir las cantidades necesarias
- Datos sobre temperatura y radiación solar

Con todos estos datos se realizará un cálculo teórico de la superficie colectora. Una vez realizado este precálculo, recurriremos al método F-Chart para dimensionar la superficie captadora en base a las características del colector solar cumpliendo con la contribución solar mínima.

### 9.1. CONSUMO TEÓRICO DEL EDIFICIO

Ya calculado anteriormente, el CTE establece para viviendas unifamiliares un consumo de 30 litros por persona, nuestra vivienda estará ocupada por 4 personas, entonces el consumo teórico de ACS será de 120 l/día, o 0.12 m<sup>3</sup>/día.

Este será el consumo diario, pero a nosotros nos interesa el consumo mensual. Para ello basta con multiplicar el número de días por el consumo diario.

	Nº días	C. mensual (m <sup>3</sup> /día)
Enero	31	3.72
Febrero	28	3.36
Marzo	31	3.72
Abril	30	3.6
Mayo	31	3.72
Junio	31	3.6
Julio	31	3.72
Agosto	30	3.72
Septiembre	30	3.6
Octubre	31	3.72

Noviembre	30	3.6
Diciembre	31	3.72

## 9.2. CONSUMO REAL DEL EDIFICIO

El consumo real puede variar dependiendo de la ocupación a lo largo del año en la vivienda. La ocupación suele bajar en los meses de verano, coincidiendo con el período de vacaciones.

En este caso, para el cálculo vamos a considerar que la ocupación será del 100% todos los meses del año, por lo que el consumo real será igual al consumo teórico.

## 9.3. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

La demanda energética será la energía necesaria para calentar el agua hasta la temperatura que determinemos.

La demanda energética se calculará mediante la ecuación:

$$Q = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_{ac} - T_{red})$$

Dónde:

$Q$  → demanda energética del edificio o energía necesaria para cubrir el 100 % del consumo (MJ/mes)

$\dot{m}$  → consumo específico (m<sup>3</sup>/mes)

$C_e$  → calor específico del agua (4.184 J/Kg °C)

$T_{ac}$  → Temperatura de acumulación (60 °C)

$T_{red}$  → Temperatura agua de red o agua fría

El agua fría es el agua potable de consumo público utilizada en las instalaciones de los edificios, que no ha sido sometida a ningún proceso de calentamiento, y que es suministrada a través de la red de distribución del sistema de abastecimiento.

La temperatura del agua fría viene determinada para las capitales de provincia en la norma UNE 94002. Para cualquier localidad Y que no sea capital de provincia la temperatura de agua fría diaria media mensual ( $T_{AFY}$ ) se obtiene a partir de la temperatura de agua fría diaria media mensual de su capital de provincia ( $T_{AFCP}$ ) aplicando la expresión:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - \beta \cdot \Delta z$$

Dónde:

$\Delta z$  → La diferencia de altura, expresada en metros, entre la altura de la localidad Y y la altura de referencia de la capital de provincia de dicha localidad. El criterio de signos es tal que si Y está a mayor altura que su capital de provincia,  $\Delta z$  es positiva.

$\beta$  → Constante que toma los siguientes valores:

$\beta = 0.0066$  para los meses de octubre a marzo

$\beta = 0.0033$  para los meses de abril a septiembre

La altura de la capital de provincia (Alicante) es de 7 m, mientras que Alcoi está situado a 562 m de altura.

Los resultados obtenidos para el agua fría a partir de la capital de provincia son:

	$T_{AFCP}$	$T_{AFY}$
Enero	11	5.45
Febrero	12	6.45
Marzo	13	7.45
Abril	14	11.225
Mayo	16	13.225
Junio	18	15.225
Julio	20	17.225
Agosto	20	17.225
Septiembre	19	16.225
Octubre	16	10.45
Noviembre	13	7.45
Diciembre	12	6.45

La temperatura de acumulación será de 60 °C, para evitar problemas relacionados con la legionela.

Una vez reunidos todos los datos, calcularemos la demanda energética mensual, obteniendo los siguientes datos:

	Q (MJ/mes)	Q (MJ/día)
Enero	849.65	27.41
Febrero	753.36	26.91
Marzo	818.5	26.4
Abril	735.19	24.51



Mayo	728.55	23.5
Junio	674.9	22.5
Julio	666.248	21.5
Agosto	666.248	21.5
Septiembre	659.829	21.9
Octubre	771.77	24.9
Noviembre	792.1	26.4
Diciembre	834.1	26.9

## 9.4. INTENSIDAD ÚTIL

La intensidad útil es aquella radiación proveniente del sol que llegará al captador solar. Su valor dependerá tanto de la orientación del colector (azimut) como de la inclinación que este tenga.

### 9.4.1. Radiación horizontal incidente:

Ahora se calculará la intensidad útil ( $W/m^2$ ), que se puede definir como la cantidad total de energía que es aprovechable según la localización en la que nos encontremos y el azimut e inclinación de los captadores de la instalación.

En la siguiente tabla tenemos la energía incidente sobre un metro cuadrado de superficie horizontal. Estos datos se han obtenido del IVACE (Instituto Valenciano de la Energía):

	I ( $MJ/m^2$ )
Enero	9.4
Febrero	12.6
Marzo	16.9
Abril	22.1
Mayo	24.9
Junio	27.5
Julio	27.8
Agosto	24.6
Septiembre	19.6
Octubre	14.4
Noviembre	10.1

Diciembre	8.2
-----------	-----

La radiación solar incidente se multiplica por un factor corrector. Este factor toma el valor de 0.95, cuando nos encontramos en una atmósfera con polución (grandes ciudades) y 1.05 cuando se tiene una atmósfera limpia (pequeñas ciudades y pueblos). Para Alcoi consideraremos un factor de 1.05.

Este factor representa una variación de la radiación incidente. Se considera que si la atmósfera está polucionada, los rayos de sol tendrán que atravesar más cantidad de obstáculos, lo que provocará mayor nivel de reflexiones, absorciones o dispersiones, llegando menos cantidad de radiación a los colectores. De la misma manera si la atmósfera está limpia será mucho más sencillo que la radiación llegue a la instalación.

Este factor es orientativo y se puede variar con la experiencia.

	$I_c$ (MJ/m <sup>2</sup> )
Enero	9.8
Febrero	13.2
Marzo	17.74
Abril	23.2
Mayo	26.14
Junio	28.88
Julio	29.19
Agosto	25.83
Septiembre	20.58
Octubre	15.12
Noviembre	10.605
Diciembre	8.61

#### 9.4.2. Energía neta incidente:

Como ya habíamos calculado en el apartado 8.4, en base a la orientación e inclinación de los captadores se obtenía un factor corrector.

Asimismo se multiplicará la radiación por un factor de 0.94, este factor viene determinado por considerar un 6 % de pérdidas durante el amanecer y el anochecer, cuando la energía incidente sobre el captador no es suficiente como para tenerlas en cuenta.

	k	I <sub>c1</sub>	E <sub>neto</sub> (MJ/m <sup>2</sup> día)
Enero	1.36	9.8	12.62
Febrero	1.26	13.2	15.67
Marzo	1.14	17.74	19.02
Abril	1.02	23.2	22.25
Mayo	0.93	26.14	22.86
Junio	0.9	28.88	24.43
Julio	0.93	29.19	25.52
Agosto	1.03	25.83	25.01
Septiembre	1.18	20.58	22.83
Octubre	1.35	15.12	19.19
Noviembre	1.46	10.605	14.56
Diciembre	1.45	8.61	11.74

#### 9.4.3. Energía neta incidente corregida:

Al igual que se ha corregido la energía según la inclinación del captador, la energía neta incidente debe aún corregirse si el azimut de los colectores está entre 20° y 70°. Al tener nosotros un azimut de 10°, el factor de corrección será 1, siendo la energía neta resultante la calculada en el apartado anterior.

#### 9.4.4. Número de horas de Sol útiles:

Para el hemisferio norte, se establece el siguiente número de horas:

Horas	
Enero	8
Febrero	9
Marzo	9
Abril	9.5
Mayo	9.5
Junio	9.5
Julio	9.5
Agosto	9.5
Septiembre	9
Octubre	9

Noviembre	8
Diciembre	7.5

#### 9.4.5. Intensidad útil:

Finalmente, para obtener la intensidad útil se ha de dividir la energía neta incidente en julios por el periodo de sol útil en segundos. Para ello multiplicaremos la energía neta por un millón de julios y las horas útiles por tres mil seiscientos segundos:

$$I = \frac{E_{neta} \cdot 1000000}{H_{utiles} \cdot 3600}$$

	I (W/m <sup>2</sup> )
Enero	438.12
Febrero	483.63
Marzo	586.9
Abril	650.55
Mayo	668.3
Junio	714.28
Julio	746.14
Agosto	731.25
Septiembre	704.55
Octubre	592.2
Noviembre	505.36
Diciembre	434.65

### 9.5. ENERGÍA NETA DEL COLECTOR

El objetivo del siguiente apartado es calcular la radiación que nuestro colector será capaz de absorber, es por ello que a partir de aquí ya deberemos tener seleccionado un tipo de colector. El colector escogido será un Solex BLUx, de la empresa SPF, su hoja de características puede verse en el anexo de este documento, pero los datos que nos interesan en concreto para este apartado son: rendimiento óptico ( $\eta_0$ ) y el coeficiente de pérdidas térmicas ( $a_1$  y  $a_2$ ).

En este caso serán:

- $\eta_0 = 0.649$

- $a_1 = 3.51 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$
- $a_2 = 0.0062 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$

Otro dato necesario para este apartado será la temperatura ambiente media durante las horas de sol.

Al igual que la temperatura de red, el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura da la temperatura ambiente mensual de las capitales de provincia, pero esta temperatura no es aplicable a las demás localidades de la provincia, en la norma UNE 94003 se indica el método a seguir para calcular la temperatura ambiente del resto de localidades.

Para cualquier localidad Y que no sea capital de provincia la temperatura ambiente diaria mensual ( $T_{ambY}$ ) se debe obtener a partir de la temperatura ambiente media mensual de su capital de provincia ( $T_{ambCP}$ ) aplicando la expresión:

$$T_{ambY} = T_{ambCP} - B \cdot \Delta z$$

Dónde:

$\Delta z \rightarrow$  La diferencia de altura, expresada en metros, entre la altura de la localidad Y y la altura de referencia de la capital de provincia de dicha localidad.

$B \rightarrow$  Constante que toma los siguientes valores:

$B = 0.010$  para los meses de octubre a marzo

$B = 0.005$  para los meses de abril a septiembre

Las temperaturas resultantes son:

	$T_{ambCP} (\text{°C})$	$T_{ambY} (\text{°C})$
Enero	11.6	6.05
Febrero	12.4	6.85
Marzo	13.8	8.25
Abril	15.7	12.925
Mayo	18.6	15.825
Junio	22.2	19.425
Julio	25	22.225
Agosto	25.5	22.725
Septiembre	23.2	20.425
Octubre	19.1	13.55
Noviembre	15	9.45
Diciembre	12.1	6.55

### 9.5.1. Parámetro T\*:

Este parámetro es independiente del colector elegido, y será el mismo siempre para una ubicación concreta. Es un parámetro característico de la curva de rendimiento de un captador, se mide en °C·m<sup>2</sup>/W y su ecuación es:

$$T^* = \frac{T_m - T_a}{I}$$

Dónde:

T<sub>m</sub> → temperatura del absorbedor, que será igual a la de acumulación (60 °C)

T<sub>a</sub> → temperatura ambiente (°C)

I → intensidad útil (W/m<sup>2</sup>)

El resultado será:

	T* (°C·m <sup>2</sup> /W)
Enero	0.123
Febrero	0.11
Marzo	0.088
Abril	0.072
Mayo	0.066
Junio	0.057
Julio	0.051
Agosto	0.051
Septiembre	0.056
Octubre	0.079
Noviembre	0.1
Diciembre	0.123

### 9.5.2. Parámetro η<sub>ec</sub>:

Indica el porcentaje de pérdidas del captador debido al incremento de la temperatura. Se calculará según la siguiente expresión:

$$\eta_{ec} = a_1 \cdot T^* + a_2 \cdot T^* \cdot (T_m - T_a)$$

En nuestro caso el resultado será:

	η <sub>ec</sub>
Enero	0.526
Febrero	0.469

Marzo	0.376
Abril	0.306
Mayo	0.279
Junio	0.238
Julio	0.211
Agosto	0.213
Septiembre	0.235
Octubre	0.332
Noviembre	0.426
Diciembre	0.525

### 9.5.3. Rendimiento del colector:

Es el porcentaje de energía incidente que el absorbedor aprovecha.

El rendimiento del colector se calculará según la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_0 - \eta_{ec}$$

Dando como resultado el rendimiento mensual del colector:

	$\eta$
Enero	0.123
Febrero	0.18
Marzo	0.273
Abril	0.343
Mayo	0.371
Junio	0.411
Julio	0.438
Agosto	0.436
Septiembre	0.414
Octubre	0.317
Noviembre	0.224
Diciembre	0.124

### 9.5.4. Aportación solar teórica del colector por m<sup>2</sup>:

Como ya la hemos calculado antes, ya sabemos la energía neta incidente por metro cuadrado. Ahora, conociendo el rendimiento de los captadores calcularemos cuanta de

esta energía es absorbida por metro cuadrado. Para ello bastará con multiplicar la energía neta incidente por el rendimiento del colector, resultando:

	Ap/m <sup>2</sup> (MJ/m <sup>2</sup> día)	Ap/m <sup>2</sup> <sub>c</sub> (MJ/m <sup>2</sup> día)	Ap/m <sup>2</sup> <sub>c</sub> (MJ/m <sup>2</sup> mes)
Enero	1.547	1.39	43.17
Febrero	2.817	2.54	70.99
Marzo	5.197	4.68	144.99
Abril	7.626	6.87	205.91
Mayo	8.467	7.62	236.24
Junio	10.037	9.04	271.01
Julio	11.168	10.05	311.6
Agosto	10.913	9.82	304.48
Septiembre	9.448	8.5	255.11
Octubre	6.09	5.5	169.9
Noviembre	3.253	2.93	87.84
Diciembre	1.452	1.31	40.51

Una vez obtenida se multiplicará por un factor de 0.85 (15 % de pérdidas), debido a las pérdidas de calor que pueden producirse a lo largo del circuito hidráulico. Esta será la aportación solar teórica diaria, para obtener la mensual basta con multiplicarla por el número de días del mes.

## 9.6. SUPERFICIE COLECTORA TEÓRICA

Para sacar la superficie colectora teórica máxima, habrá que dividir la demanda energética anual en MJ por la energía neta del colector por m<sup>2</sup> anual:

$$A_{colectora} = \frac{\sum_{i=1}^{n=12} DE_i}{\sum_{i=1}^{n=12} En_{Bi}} = \frac{8950.43}{2141.76} = 4.2m^2$$

Una vez sacada el área colectora máxima, se calculará el n<sup>o</sup> máximo de colectores, para ello basta con dividir el resultado anterior por la superficie absorbadora del captador:

$$N^{\circ} \text{ colectores} = \frac{4.2}{2.305} = 1.8 \approx 1$$



En el siguiente capítulo se calculará si la instalación cumple con la contribución solar mínima (60 %), es por ello que iniciaremos el cálculo con un solo colector, en lugar de dos como indica el anterior resultado, de esta forma podemos evitar un sobredimensionamiento. En caso de que no se cumpla se añadirá el segundo colector y se recalculará.

Un dato que será necesario es el volumen de acumulación en el interacumulador. Tal como indica el CTE, el acumulador debe cumplir la siguiente igualdad:

$$50 \leq \frac{V_{acumulación}}{A_{captación}} \leq 180$$

El volumen de acumulación vamos a suponerlo den 150 litros, mientras que el área de captación será la de un panel solar (2.305 m<sup>2</sup>). El resultado será:

$$50 \leq 65.1 \leq 180$$

Por lo que cumple con lo establecido.

## 10. INSTALACIÓN SOLAR DE ACS COBERTURA SOLAR ANUAL (F-CHART):

Para el dimensionado de una instalación solar térmica se sugiere el método de las curvas f (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método es:

$$f = 1.029 \cdot D_1 - 0.065 \cdot D_2 - 0.245 \cdot D_1^2 + 0.0018 \cdot D_2^2 + 0.0215 \cdot D_1^3$$

Así que vamos a calcular los parámetros  $D_1$  y  $D_2$ .

### 10.1. PARÁMETRO $D_1$

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c \cdot F'_r(T\alpha) \cdot R_1 \cdot N$$

Dónde:

$S_c$  → Superficie del captador ( $m^2$ )

$R_1$  → Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área ( $KJ/m^2$ )

$N$  → Número de días del mes

$F'_r(T\alpha)$  → Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F'_r(T\alpha) = F_r(T\alpha)_n \cdot [(T\alpha) / (T\alpha)_n] \cdot (F'_r / F_r)$$

Dónde:

$F_r (\tau\alpha)_n \rightarrow$  Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n \rightarrow$  Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0.96 (superficie transparente sencilla) o 0.94 (superficie transparente doble).

$(F'_r / F_r) \rightarrow$  Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0.95.

Usando los parámetros vistos la ecuación para calcular  $D_1$  se puede describir como:

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_a} = \frac{S_c \cdot F'_r(\tau\alpha) \cdot R_1 \cdot N}{Q_a}$$

Ahora calculamos  $D_1$ :

	$R_1$ (KJ/m <sup>2</sup> mes)	$Q_a$ (KJ/mes)	$D_1$
Enero	12617.81	849651.16	0.6281
Febrero	15669.61	753358.54	0.7946
Marzo	19015.54	818499.88	0.9826
Abril	22248.95	735195.33	1.2386
Mayo	22855.96	728550.56	1.3268
Junio	24428.25	674902.53	1.4815
Julio	25517.89	666248	1.6199
Agosto	25008.61	666248	1.5876
Septiembre	22827.34	659829.33	1.416
Octubre	19187.28	771772.96	1.0515
Noviembre	14554.3	792096.66	0.7521
Diciembre	11735.43	834075.522	0.5951
$Q_a$ (KJ/año)		8950428.48	

## 10.2. PARÁMETRO $D_2$

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c \cdot F'_r U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Dónde:

$S_c \rightarrow$  Superficie del captador ( $m^2$ )

$$F'_r U_L = F_r U_L \cdot (F'_r / F_r)$$

Dónde:

$F_r U_L \rightarrow$  Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador).

$t_a \rightarrow$  Temperatura media mensual del ambiente durante las horas de sol.

$\Delta t \rightarrow$  Período de tiempo considerado, en segundos.

$K_1 \rightarrow$  Factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación.

$$K_1 = [\text{kg acumulación} / (75 \cdot S_c)]^{-0.25}$$

$$37.5 < (\text{kg acumulación}) / (m^2 \text{ captación}) < 300$$

$K_2 \rightarrow$  Factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11.6 + 1.18 \cdot t_{ac} + 3.86 \cdot t_r - 2.32 \cdot t_a) / (100 - t_a)$$

Dónde:

$t_{ac} \rightarrow$  Temperatura mínima requerida del ACS.

$t_r \rightarrow$  Temperatura del agua de red.

$t_a \rightarrow$  Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas.

En nuestro caso tendremos:

$$F'_r U_L = 3.94 \cdot 0.95 = 3.743$$

$$K_1 = \left( \frac{150}{75 \cdot 2.305} \right)^{-0.25} = 1.0405$$

Cumpliendo el volumen de acumulación la igualdad:

$$37.5 < \frac{\text{Kgacumulación}}{m^2 \text{ captador}} < 300$$

$$K_2 = (11.6 + 1.18 \cdot t_{ac} + 3.86 \cdot t_t - 2.32 \cdot t_a) / (100 - t_a)$$

	$K_2$
Enero	0.9516
Febrero	0.9813
Marzo	1.0029
Abril	1.0995
Mayo	1.1492
Junio	1.1927
Julio	1.2514
Agosto	1.2445
Septiembre	1.2275
Octubre	1.0561
Noviembre	0.9855
Diciembre	0.9856

Finalmente sacamos  $D_2$ :

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_a} = \frac{S_c \cdot F_r' U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2}{Q_a}$$

	$t_a$ (°C)	$\Delta t$ (s)	$Q_a$ (J)	$D_2$
Enero	6.05	2678400	849651.162	2.5299
Febrero	6.85	2419200	753358.836	2.6349
Marzo	8.25	2678400	818499.882	2.7031
Abril	12.925	2592000	735195.33	3.0303
Mayo	15.825	2678400	728550.561	3.1926
Junio	19.425	2592000	674902.53	3.3134
Julio	22.225	2678400	666248.001	3.5125
Agosto	22.725	2678400	666248.001	3.4706
Septiembre	20.425	2592000	659829.33	3.4434
Octubre	13.55	2678400	771772.962	2.8445
Noviembre	9.45	2592000	792096.66	2.6213
Diciembre	6.55	2678400	834075.522	2.6551

### 10.3. COBERTURA SOLAR ANUAL:

#### 10.3.1. Factor $f$ :

Una vez obtenidos ya  $D_1$  y  $D_2$  y aplicando la ecuación mencionada anteriormente, se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar ( $f$ ), obteniendo:

	$f$
Enero	0.4021
Febrero	0.5149
Marzo	0.6324
Abril	0.7591
Mayo	0.795
Junio	0.861
Julio	0.9093
Agosto	0.8982
Septiembre	0.8244
Octubre	0.6658
Noviembre	0.4864
Diciembre	0.3702

Atendiendo a lo que se dice en CTE HE 4, el dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%.

#### 10.3.2. Energía útil captada:

La energía útil mensual tendrá el valor de:

$$Q_u = f \cdot Q_a$$

	$Q_u$ (KJ/mes)
Enero	341598.565
Febrero	387929.308

Marzo	517597.905
Abril	558075.658
Mayo	579224.907
Junio	581092.409
Julio	605790.136
Agosto	598441.175
Septiembre	543949.292
Octubre	513514.584
Noviembre	385289.208
Diciembre	308781.695
$Q_u$ (KJ/año)	5921584.84

### 10.3.3. Cobertura solar anual:

$$C..S.A = \frac{\sum_{u=1}^{u=12} Q_u}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a}$$

$$C.S.A = \frac{5921584.84}{8950428} = 0.6616$$

La cobertura solar anual resultante es del 66.16 %, sobrepasa un poco el 60 % indicado por el CTE pero se considera válido.

## 11. INSTALACIÓN DE ACS, DIMENSIONADO DEL CIRCUITO PRIMARIO:

### 11.1. FLUIDO CALOPORTADOR

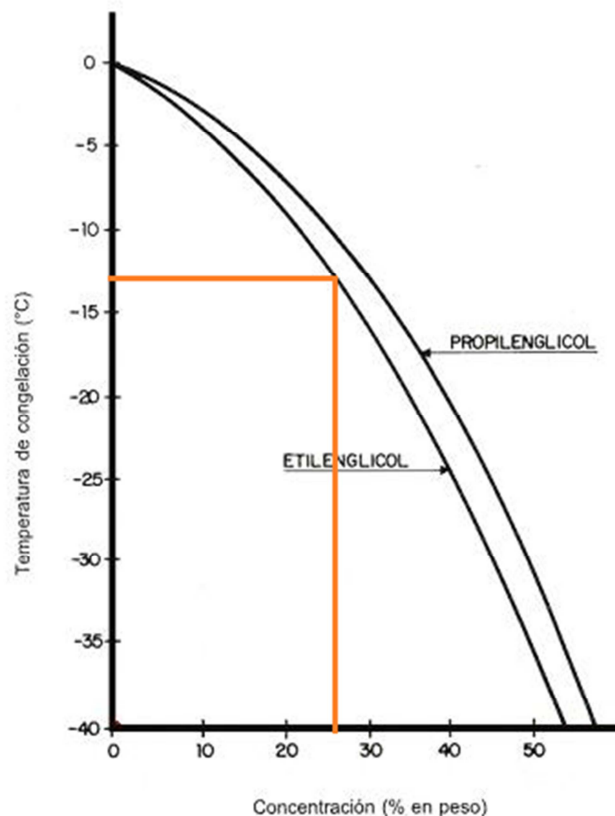
Para la protección del fluido caloportador contra heladas, se añadirá al agua un anticongelante, el porcentaje de este anticongelante se calculará tal como indica el CTE HE 4. Primero, el porcentaje de anticongelante se calculará para 5 °C por debajo de la temperatura mínima histórica, en Alcoi, la temperatura más baja registrada es de -8 °C.

$$T_{\text{calculo}} = T_{\text{min}} - 5 = -8 - 5 = -13^{\circ}C$$

El anticongelante elegido es el etilenglicol. En base a la temperatura de cálculo, en los ábacos de etilenglicol, proporcionados por fabricantes, sacaremos los datos de la concentración en peso, densidad, viscosidad y conductividad térmica.

#### 11.1.1. Concentración en peso (C<sub>p</sub>):

El % en peso lo sacaremos del siguiente ábaco:



(Fuente: Censolar)

El porcentaje de peso será del 28 %.



### 11.1.2. Concentración en volumen ( $C_v$ ):

El % en volumen se calculará usando la siguiente ecuación:

$$C_v = \frac{100}{1 + \frac{Pe \cdot (100 - C_p)}{C_p}}$$

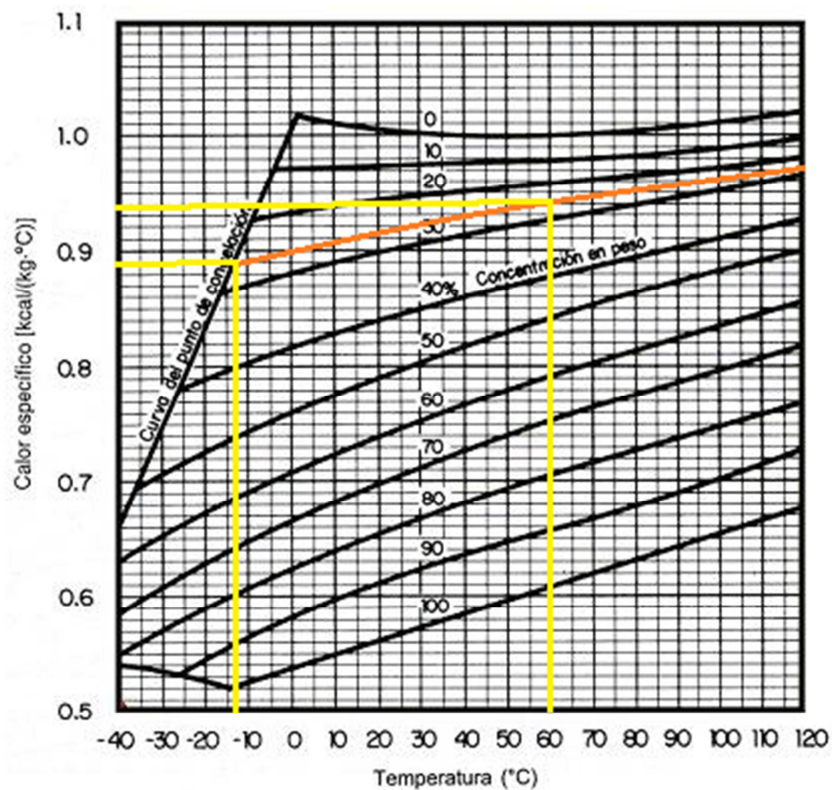
Dónde:

$Pe \rightarrow$  Peso específico del etilenglicol ( $1.116 \text{ g/cm}^3$ ).

$$C_v = \frac{100}{1 + \frac{1.116 \cdot (100 - 28)}{28}} = 25.84\%$$

### 11.1.3. Calor específico:

Usando el mismo procedimiento sacaremos de los ábacos los demás datos, para  $-13$  y para  $60$  °C.



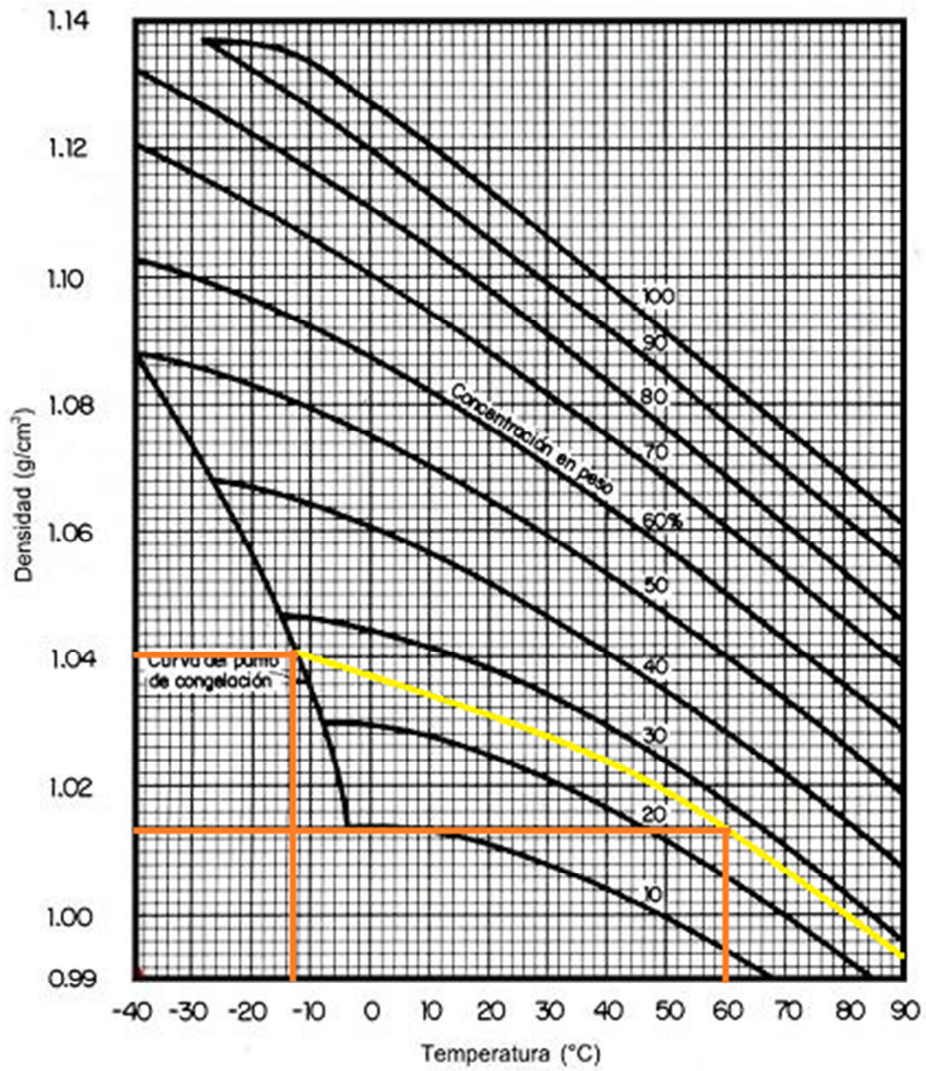
(Fuente: Censolar)

Para  $60$  °C,  $c_e = 0.94 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 3932.96 \text{ J/Kg K} = 3.933 \text{ KJ/Kg K}$

Para  $-13$  °C =  $0.8 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 3347.2 \text{ J/Kg K} = 3.347 \text{ KJ/Kg K}$

Cumple con el CTE, calor específico superior a 3 KJ/Kg K

#### 11.1.4. Densidad:

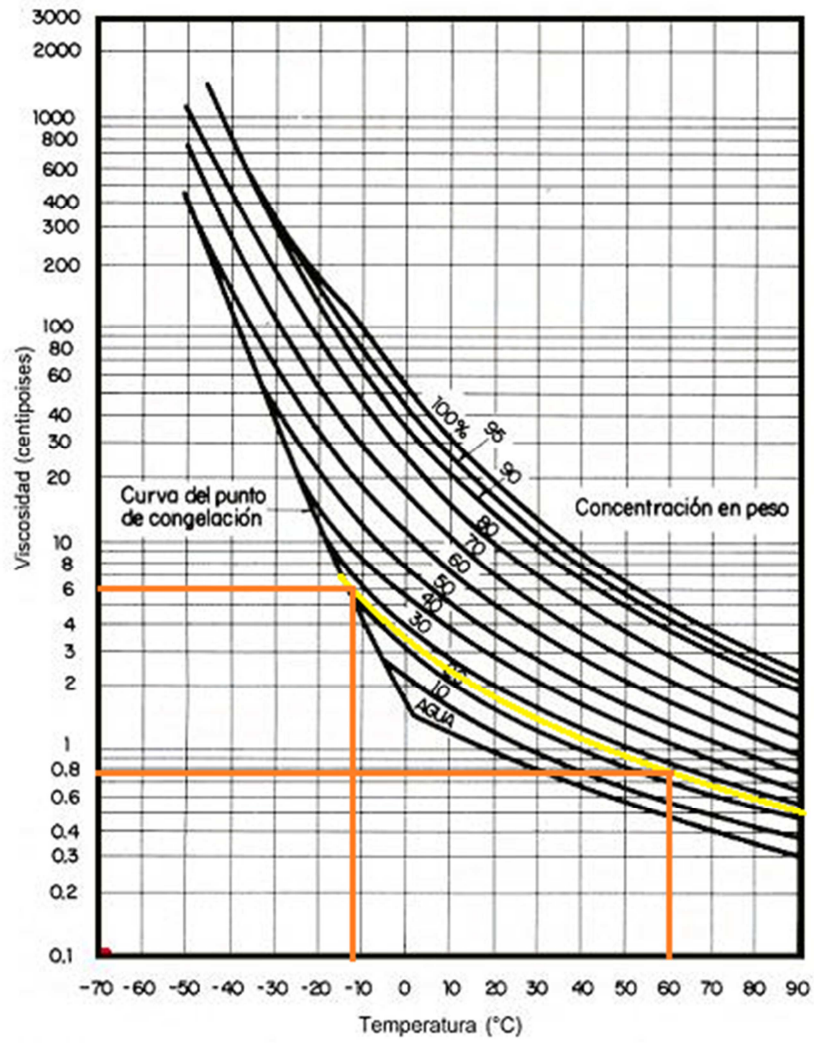


(Fuente: Censolar)

Para 60 °C,  $\rho = 1.04 \text{ g/cm}^3$ .

Para -13 °C,  $\rho = 1.014 \text{ g/cm}^3$ .

### 11.1.5. Viscosidad:

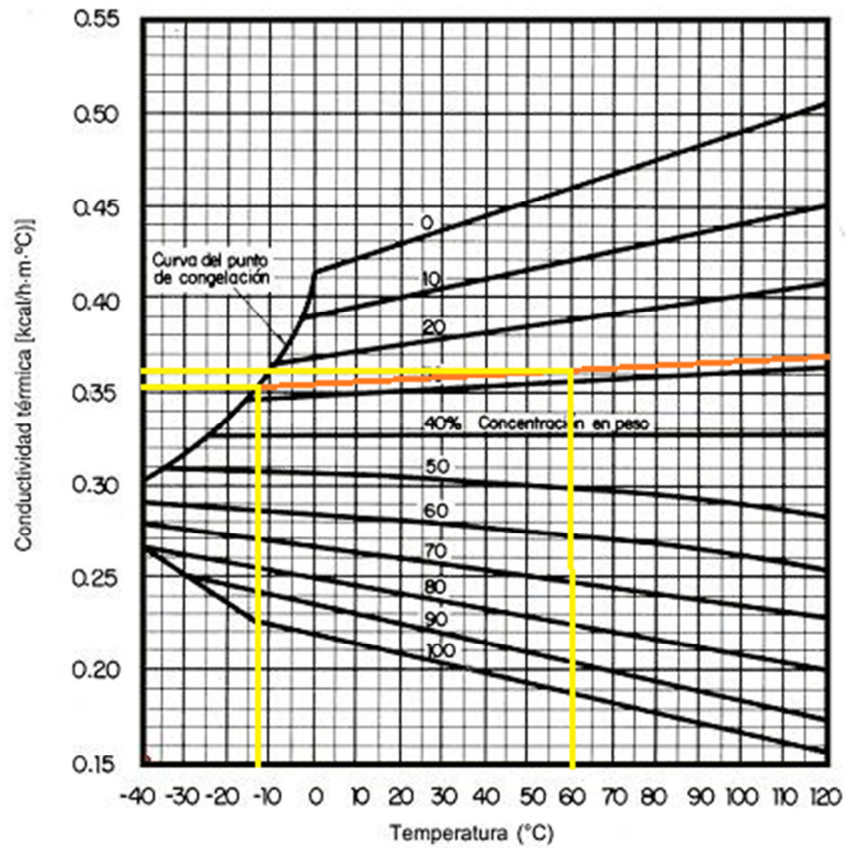


(Fuente: Censolar)

Para 60 °C,  $V = 0.7$  centipoises =  $0.7 \cdot 10^{-3}$  Pa·s

Para -13 °C,  $V = 6$  centipoises =  $6 \cdot 10^{-3}$  Pa·s

### 11.1.6. Conductividad térmica:



(Fuente: Censolar)

Para 60 °C,  $\lambda = 0.36$  Kcal/h·m·°C

Para -13 °C,  $\lambda = 0.351$  Kcal/h·m·°C

## 11.2. CIRCUITO HIDRAÚLICO:

El fin de este apartado es dimensionar el diámetro de las tuberías que conformaran el circuito primario, transportando el fluido caloportador desde el acumulador hasta los colectores y viceversa. Se calcularán las pérdidas de carga del circuito, necesarias para determinar el diámetro de las tuberías.

### 11.2.1. Caudal de tuberías de retorno y salida:

El CTE establece un caudal de entre 50 y 70 l/h para el circuito primario, en este caso el fabricante especifica un caudal de 50 l/h por metro cuadrado de captador. Así, teniendo un captador con un área absorbente de 2.305 m<sup>2</sup>, el caudal en m<sup>3</sup>/h será:

$$Q = \frac{50 \frac{l}{h} \cdot 2.305 m^2}{1000l} = 0.11525 m^3/h$$

### 11.2.2. Diámetro de la tubería:

Para calcular el diámetro interior de la tubería usaremos la siguiente expresión:

$$D = j \cdot Q^{0.35}$$

Dónde:

$j \rightarrow 2.2$  (constante materiales metálicos).

$$D = 2.2 \cdot 0.11525^{0.35} = 1.03 \text{ cm} = 10.3 \text{ mm}$$

En un primer cálculo, el diámetro será de 10.3. Este es un valor no normalizado, por lo que debemos recurrir a la norma UNE EN 1057. En la tabla 3 de dicha norma se dan los diámetros normalizados para tuberías, buscando el diámetro inmediatamente superior a 10.3 mm encontramos 10.4 mm. Las medidas de la tubería serán:

$$D_i = 10.4 \text{ mm}$$

$$D_e = 12 \text{ mm}$$

Posteriormente calcularemos la pérdida de carga lineal de esta tubería, si sobrepasa los 40 mmca de pérdidas que establece el CTE, deberemos recalculer con el diámetro inmediatamente superior.

### 11.2.3. Velocidad del fluido dentro de la tubería:

Se usará la expresión:

$$v = \frac{Q}{A_{\text{int}}} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D_{\text{int}}^2}{4}} = \frac{0.11525}{\frac{\pi \cdot 0.0104^2}{4}} = 1355 \frac{m}{h} = 0.376 \frac{m}{s}$$

Dónde:

$Q \rightarrow$  Caudal (m<sup>3</sup>/h)



$D_{int}$  → Diámetro interior de la tubería (m)

#### 11.2.4. Pérdida de carga lineal:

En primer lugar calcularemos el número de Reynolds (Re), para saber si el fluido trabaja en régimen laminar o turbulento. Recordar que si:

- $Re < 2000$ , régimen laminar.
- $2000 < Re < 4000$ , régimen de transición.
- $Re > 4000$ , régimen turbulento.

La fórmula para calcular Re es:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Dónde:

$D$  → Diámetro de la tubería (m).

$v$  → Velocidad del fluido (m/s).

$\rho$  → Densidad del fluido a 60 °C (Kg/m<sup>3</sup>).

$$\rho = 1.014 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{1kg}{1000g} = 1014 \frac{kg}{m^3}$$

$\mu$  → Viscosidad del fluido a 60 °C (N·s/m<sup>2</sup>).

$$\mu = 0.7 \text{centipoises} \cdot \frac{1 \text{poise}}{100 \text{centipoises}} \cdot \frac{0.1N \cdot s}{m^2} \cdot \frac{1 \text{poise}}{1 \text{poise}} = 0.0007 \frac{N \cdot s}{m^2}$$

Calculando Re:

$$Re = \frac{0.0104 \cdot 0.376 \cdot 1014}{0.0007} = 5564 \rightarrow \text{Régimen turbulento}$$

Es importante calcular el número de Reynolds, ya que si nos encontráramos en régimen laminar, usaríamos el diagrama de Moody para extraer el coeficiente de fricción (f). Como nos encontramos en régimen turbulento, este coeficiente dependerá de la rugosidad relativa:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{D}$$

Siendo:

$\varepsilon$  → Rugosidad del cobre (0.0015 mm).

$$\varepsilon_r = \frac{0.0015}{0.0104} = 0.144$$

Una vez obtenida la rugosidad relativa podemos calcular el coeficiente de fricción usando la ecuación de Von Karman:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3.7}\right)$$

Aislando  $f$  y calculando el resultado es 0.126.

Finalmente, calculamos la pérdida de carga lineal mediante la ecuación Darcy-Weisbach:

$$h_{pl} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

Siendo:

$g$  → Aceleración de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>).

$$h_{pl} = 0.126 \cdot \frac{1 \cdot 0.376^2}{0.0104 \cdot 2 \cdot 9.8} = 0.08 \frac{mca}{mlineal} = 80 \frac{mmca}{mlineal}$$

El resultado da una pérdida de 80 mmca / m lineal, el CTE, limita las pérdidas de carga lineales a 40 mmca / m lineal. Al no cumplir con este diámetro, deberemos probar con el diámetro inmediatamente superior hasta que cumpla la pérdida de carga. Finalmente, el diámetro que cumple con las pérdidas de carga es:

$$D_i = 12.4 \text{ mm}$$

$$D_e = 14 \text{ mm}$$

#### 11.2.5. Selección de diámetros y pérdidas de carga en tuberías:

Hay que tener en cuenta que el fabricante especifica que las conexiones al captador son de un diámetro de 22 mm, por lo que la tubería que entre y salga del captador deberá tener este tamaño. Consultando en la norma UNE EN 1057, la tabla de diámetros normalizados, escogemos la siguiente tubería:

$$D_i = 20 \text{ mm}$$

$$D_e = 22 \text{ mm}$$

Como se puede ver en el plano del circuito primario en el anexo, el circuito se divide en cuatro tramos. En cada tramo se calculará:

- La velocidad del fluido.

- La pérdida de carga lineal en base a la velocidad del fluido usando la siguiente ecuación:

$$h_{pl} = 1000 \cdot P \cdot \frac{v^{1.75}}{D^{1.25}}$$

Siendo:

$P \rightarrow$  Coeficiente adimensional ( $570 \times 10^{-6}$  para el cobre).

- La pérdida de carga lineal total del tramo, basta con multiplicar  $h_{pl}$  por la longitud del tramo.
- Finalmente sacaremos la pérdida de carga acumulada, a cada tramo se le sumará la pérdida de carga de los tramos anteriores.

Los resultados obtenidos serán:

Tramo	Longitud (m)	L.M* (m)	D <sub>i</sub> (mm)	D <sub>e</sub> (mm)	V (m/s)	h <sub>pl</sub> (mmca/m)	h <sub>pl</sub> tramo (mmca/m)	h <sub>pl</sub> acumulado (mmca/m)
1 – 2	9.46	11.352	20	22	0.102	1.39	15.83	15.83
2 – 3	0.62	0.744	12	14	0.283	15.78	11.74	27.57
3 – 4	1.52	1.824	12	14	0.283	15.78	28.78	56.35
4 – 5	4.47	5.364	20	22	0.102	1.39	7.48	63.83

(\*) Longitud mayorada: la longitud de los tramos se aumenta en un 20 % para el cálculo, debido a que en el proceso de montaje de la instalación pueden haber pequeñas desviaciones del trazado.

#### 11.2.5. Pérdida de carga por accesorios ( $\Delta p_{\text{accesorios}}$ ):

En este apartado se calcularán las pérdidas de carga relacionadas con los diversos accesorios que pueden encontrarse en un circuito: válvulas, codos...

El método de cálculo que se ha utilizado es el de las longitudes equivalentes. En él, a cada accesorio se le da una longitud en mmca, dependiendo del diámetro, si éste aumenta la pérdida también y viceversa. Para calcular la pérdida total bastará con multiplicar la cantidad de accesorios por su longitud equivalente y luego sumarlos.

En la siguiente tabla se muestran los valores de pérdida de carga:

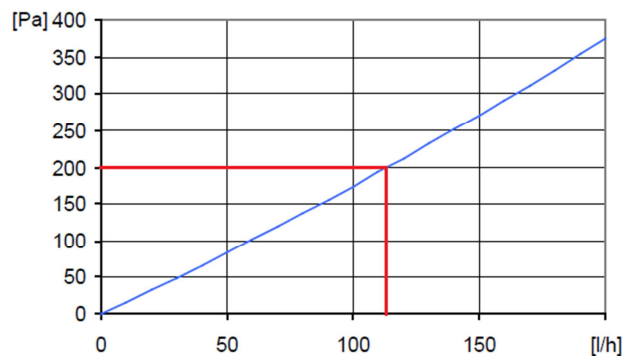


TABLA DE PERDIDA EN ACCESORIOS longitud equivalente en metros				
Diametro	Válv. Retención	Codos	T 90°	Válv. Esfera
12	1,200	0,370	0,530	0,150
15	1,500	0,420	0,600	0,180
18	1,800	0,480	0,670	0,210
22	2,400	0,610	0,900	0,270
28	3,600	0,790	1,100	0,300
35	4,200	1,000	1,520	0,460
42	4,800	1,200	1,750	0,540
54	6,100	1,500	2,200	0,700
63	7,600	1,800	2,650	0,850
80	9,100	2,300	3,350	0,980
100	10,700	2,700	3,900	1,200

(Fuente: Projecta't)

#### 11.2.6. Pérdida de carga en el captador ( $\Delta p_{\text{captador}}$ ):

En la ficha técnica del fabricante se proporciona la gráfica de pérdidas en base al caudal.



En nuestro caso, para un caudal de 115.25 l/h, tendremos unas pérdidas de 200 Pa, que transformándolos a mmca, nos da el valor de 20.41 mmca.

#### 11.2.7. Pérdida de carga en el intercambiador ( $\Delta p_{\text{intercambiadores}}$ ):

Este valor se suele dar cuando el intercambiador es exterior, pero en nuestro caso, al ir dentro del acumulador, no tenemos el valor de la pérdida de carga. Sin embargo, en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE se recomienda un valor de 3 mca para los intercambiadores. Por lo tanto, éste será el valor de la pérdida de carga en el intercambiador.

#### 11.2.8. Altura geométrica ( $H_{\text{geométrica}}$ ):

Será la diferencia entre el punto más alto y el más bajo de la instalación. Como podemos ver en los planos, el captador se encuentra en el tejado del estudio, a 3.1 m

de altura del acumulador (una planta por debajo). A esta altura se le suma la altura de la parte trasera del captador respecto al suelo.

Por simple trigonometría, calculamos la altura del triángulo formado por la placa respecto al suelo, siendo el resultado 1.29 metros.

### 11.2.9. Pérdida de carga total en el circuito primario:

La pérdida de carga en la instalación será la suma de las pérdidas de carga de los distintos elementos:

$$\Delta P_{instalación} = \Delta P_{t+a} + \Delta P_{colectores} + \Delta P_{intercambiadores}$$

$\Delta P_t$	$\Delta P_a$	$\Delta P_{colectores}$	$\Delta P_{intercambiadores}$	$\Delta P_{instalación}$
0.16	0.06	0.02041	3	3.24

La pérdida de carga total (en mca) será la suma de la pérdida de carga de la instalación y la altura geométrica:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{instalación} + H_{geométrica}$$

$\Delta P_{instalación}$	$H_{geométrica}$	$\Delta P_{total}$
3.24	4.39	7.63

### 11.3. VOLUMEN CIRCUITO PRIMARIO:

Para poder diseñar el vaso de expansión es necesario conocer el volumen que circula por el circuito primario. Este volumen será la suma del líquido que puede almacenar el captador solar, el volumen que cabe en la red de tuberías y el volumen que almacena el intercambiador.

Para el intercambiador y el acumulador, la capacidad viene especificada en la ficha técnica del producto, almacenando el colector y el intercambiador 2 y 2.9 litros respectivamente.

La capacidad de las tuberías se determina simplemente calculando la sección interior del tubo en m<sup>2</sup> y pasando las unidades a l/m.

D <sub>i</sub>	Espesor	Vol. Unitario	Longitud	Volumen
(mm)	(mm)	(l/m)	(m)	(l)

20	1	0.133	16.716	2.223
14	1	0.314	2.568	0.806

Sumando el volumen del captador, el intercambiador y las tuberías, el volumen total es de 7.93 litros.

#### 11.4. VASO DE EXPANSIÓN:

El vaso de expansión es necesario para absorber las dilataciones del fluido que circula por el circuito hidráulico. Según la normativa, las instalaciones solares térmicas deben poseer obligatoriamente un vaso de expansión cerrado.

Este vaso de expansión debe almacenar el llamado volumen nominal ( $V_N$ ), volumen que tendrá en cuenta la dilatación del fluido caloportador que se calcula con la siguiente expresión:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_K) \cdot (P_e + 1)}{P_e - P_{st}}$$

Dónde:

$V_N$  → Volumen nominal del depósito de expansión de membrana (l).

$V_V$  → Reserva de seguridad (l):

$$V_V = 0.005 \cdot V_A$$

Siendo:

$V_A$  → Volumen de fluido de la instalación (7.93 l).

$$V_V = 0.005 \cdot 7.93 = 0.03965 \text{ l}$$

$V_2$  → Aumento del volumen con el calentamiento de la instalación:

$$V_2 = V_A \cdot \beta$$

Siendo:

$\beta$  → Coeficiente de expansión que depende del glicol. Si no se tienen datos se supone un valor de 15 %, que es el más habitual.

$$V_2 = 7.93 \cdot 0.15 = 1.19 \text{ l}$$

$z$  → N° colectores.

$V_K$  → Capacidad del colector (l).

$P_e \rightarrow$  Sobrepresión final admisible (bar):

$$P_e = P_{si} - 0.1 \cdot P_{si}$$

Siendo:

$P_{si} \rightarrow$  Presión de escape de la válvula de seguridad (10 bar).

$$P_e = 10 - 0.1 \cdot 10 = 9 \text{ bar}$$

$P_{st} \rightarrow$  Presión inicial del nitrógeno del depósito de expansión (bar).

$$P_{st} = 0.7 + 0.1 \cdot h$$

Siendo:

$h \rightarrow$  Altura estática de la instalación (m), es la diferencia de altura entre el punto más alto del campo de colectores y el depósito de expansión.

$$P_{st} = 0.7 + 0.1 \cdot (3.1 + 1.29) = 1.139 \text{ bar}$$

Finalmente:

$$V_n = \frac{(0.03965 + 1.19 + 1 \cdot 2) \cdot (9 + 1)}{9 - 1.140} = 4.1 \text{ l}$$

### 11.5. BOMBA HIDRÁULICA:

Para escoger la bomba, debemos saber cuál es la pérdida total de carga, que es la que debe compensar, estas pérdidas. Esta bomba debe poseer una determinada potencia para impulsar el fluido, esta potencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = Q \cdot \Delta P$$

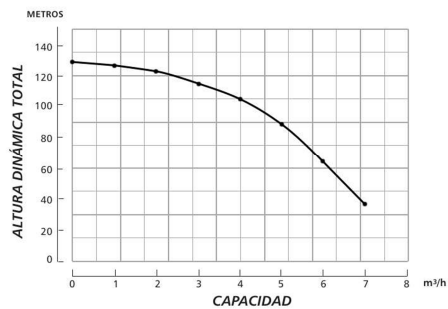
Dónde:

$P \rightarrow$  Es la potencia en W.

$Q \rightarrow$  El caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

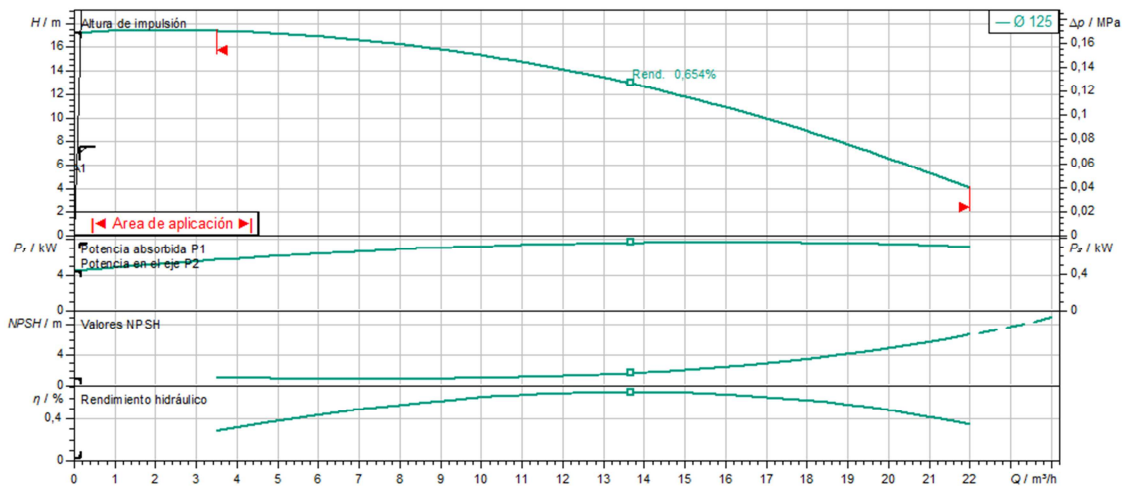
$\Delta P \rightarrow$  La pérdida de carga, en  $\text{N}/\text{m}^2$ .

Las bombas hidráulicas tienen unas curvas características, que relacionan la pérdida de carga con el caudal. Ejemplo:



El punto de funcionamiento de nuestra bomba debe cortar en la curva del electrocirculador, así sabremos que una determinada bomba cumple con la exigencia para nuestra instalación.

Algunas empresas disponen de programas informáticos para seleccionar la bomba, por ello y para ahorrar tiempo hemos empleado uno de la empresa Wilo. El resultado nos da a elegir una serie de bombas, elegimos una de ellas, la BAC 40/125-0.75/2 IE 2. La curva característica es la siguiente:



### 11.6. AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS:

Para el aislamiento de las tuberías del circuito primario, recurriremos al RITE, en su apartado IT 1.2.4.2.1, se dan las especificaciones para el aislamiento de tuberías.

Se proponen dos procedimientos, el simplificado y el alternativo, nosotros usaremos el método simplificado.

En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamientos térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0.04 W / (m·K), y para tuberías que transportan fluidos calientes en exteriores, deben ser los indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

(Fuente: RITE)

Para superficies circulares usaremos la siguiente ecuación:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ e^{\left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln\left( \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right) \right)} - 1 \right]$$

Dónde:

$\lambda_{ref}$  → Conductividad térmica de referencia: 0.04 W / (m·K).

$\lambda$  → Conductividad térmica del material empleado.

$d_{ref}$  → Espesor mínimo de referencia a 60 °C (mm).

$d$  → Espesor mínimo del material empleado (mm).

$D$  → Diámetro interior del aislante (mm).

Para la tubería de 22 mm, el valor del aislante será:

$$d_1 = \frac{22}{2} \left[ e^{\left( \frac{0.035}{0.04} \cdot \ln\left( \frac{22+2 \cdot 35}{22} \right) \right)} - 1 \right] = 27.5 \text{ mm}$$

Mientras que para la tubería de 14 mm:

$$d_2 = \frac{14}{2} \left[ e^{\left( \frac{0.035}{0.04} \cdot \ln\left( \frac{22+2 \cdot 35}{14} \right) \right)} - 1 \right] = 29.35 \text{ mm}$$

El RITE especifica que los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento todo el año , como redes de ACS, deben ser los indicados en las tablas aumentados en 5 mm.

De esta forma:

$$d_1 = 27.5 + 5 = 32.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 29.35 + 5 = 34.35 \text{ mm}$$

Habiendo calculado ya el tamaño del espesor, cogemos de la tabla anterior la medida inmediatamente superior, que en este caso será de 35 mm.

Así, el espesor del aislante para las tuberías de la instalación será de 35 mm.

## 12. INTRODUCCIÓN A LA CLIMATIZACIÓN:

Por climatización se entiende el control mecánico de las condiciones de un espacio para mantener específicamente su temperatura, humedad, calidad de aire... En sentido estricto se excluyen los sistemas pasivos de climatización, en los que no hay consumo de energía asociado porque los propios elementos de la envolvente contribuyen a conseguir las condiciones adecuadas de confort.

En definitiva, la climatización de un espacio persigue la consecución de las condiciones de confort de los ocupantes de un espacio, o proporcionar los requerimientos termohigrométricos y de calidad de aire para procesos productivos. En muchos casos el confort es una cuestión imprescindible sin traducción económica, mientras que en otros muchos casos existe una relación directa entre la mejora de las condiciones del espacio y la productividad.

Es necesario hacer algunas precisiones respecto a las denominaciones comúnmente utilizadas:

- Calefacción: se aplica a situaciones donde los locales tienen pérdidas netas de energía y es necesario introducir aire caliente u otro fluido caloportador a la unidad terminal o al local.
- Refrigeración: es la situación contraria a la calefacción. La zona tiene ganancias netas y es necesario extraer energía para mantener las condiciones deseadas en el espacio.
- Climatización: como ha sido definido inicialmente, puede incluir procesos de calentamiento, enfriamiento, filtrado, humectación o deshumectación.
- Aire acondicionado: comúnmente se utiliza este término como sinónimo de refrigeración. En sentido amplio, acondicionar un espacio es tratarlo para conseguir las condiciones requeridas. En su interpretación correcta debe ser sinónimo de climatización y no de refrigeración.
- Ventilación: sólo incluye la renovación y en su caso la filtración de este aire de renovación. El sistema no incluye ningún proceso de enfriamiento, calentamiento o modificación del contenido de humedad del aire tratado.

### 12.1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El diseño óptimo de un sistema de climatización es el que hace mínimo el coste a lo largo de su ciclo de vida. Debe incluirse en este cálculo la inversión inicial, el coste de operación (de la energía consumida) y el de mantenimiento.

En el futuro, la evaluación de costes de un sistema de climatización deberá incluir los costes ambientales. En esa evaluación se incluye el impacto que tiene todo el proceso desde que los materiales se encuentran en su estado natural, son procesados, transformados y transportados al edificio. Posteriormente deben evaluarse los costes de desmontaje y reciclado si es el caso. Desde este punto de vista se requiere no



utilizar equipos innecesarios, utilizar fuentes de energía renovables o residuales, favorecer los equipos reutilizables o reciclables, utilizar materiales que requieran poco procesamiento previo...

Como todo diseño, el de un sistema de climatización requiere conocimientos y experiencia. Concretando, cuando se elige el sistema de climatización deben considerarse los requerimientos del clima donde esté situado el edificio y los propios del edificio.

#### **12.1.1. Condiciones exteriores:**

Es evidente que las condiciones climáticas determinan los requerimientos de los sistemas de climatización. Los consumos en refrigeración y calefacción son muy variables en función de la zona climática. Los sistemas de calefacción en climas fríos resultan imprescindibles, y por eso han recibido una mayor atención en cuanto a métodos de cálculo y equipos disponibles. Sin embargo, aún siendo en muchos casos prescindibles en sentido estricto, los sistemas de refrigeración están extendiéndose aceleradamente.

Las variables exteriores que se consideran en diseño son:

- Temperatura y humedad exterior: determina los flujos de calor por conducción y la energía necesaria para acondicionar el aire de ventilación o infiltrado a la zona.
- Radiación solar incidente: para el cálculo de refrigeración. Este aporte supone el mayor flujo de calor de zonas perimetrales o últimas plantas de edificios.
- Velocidad y dirección de viento: determina las infiltraciones.
- Pureza del aire: condiciona el grado de filtración requerido para el aire de ventilación.

#### **12.1.2. Arquitectura:**

El consumo de energía de un edificio depende de la demanda y del rendimiento del sistema de climatización. La demanda en general es independiente del sistema. Está condicionada por la envolvente y el uso que va a darse al edificio. Concebir el edificio para minimizar la demanda es tarea que recae en el arquitecto, aunque debería contar con la ayuda de otros técnicos para cuantificar el efecto que las decisiones de diseño tienen en la demanda.

En particular, los aspectos de la arquitectura que influyen en el diseño son:

- Forma, tamaño, compacidad, orientación, particiones interiores. Condicionan las ganancias y la distribución de éstas dentro del edificio.
- Composición de cerramientos: grado de aislamiento e inercia filtran las excitaciones exteriores (temperatura y radiación solar).
- Color: es importante porque modifica las ganancias solares a través de superficies opacas. En edificios vidriados de color oscuro, la temperatura

superficial de vidrios condiciona de manera muy importante el confort en verano.

- Huecos: ventanas, puertas, escaleras. Las ventanas, necesarias para la comunicación visual con el exterior y la aportación de luz natural, incrementan la ganancia solar y la transmisión. Evaluar de manera precisa la aportación solar es primordial, incluyendo el efecto de sombras arrojadas por el entorno y las protecciones solares del edificio. Los huecos interiores influyen en el movimiento del aire dentro del edificio.
- Espacios disponibles para instalaciones: la existencia de espacio para sala de máquinas, montantes verticales, falsos techos... guiará la elección de un sistema u otro.
- Estética: no son despreciables los casos en los que los requerimientos estéticos determinan el proyecto.

### **12.1.3. Condiciones interiores:**

Las condiciones interiores a tener en cuenta en el diseño de un sistema de climatización son:

- Requerimientos de confort de ocupantes o del proceso: determinan la temperatura y humedad del aire, la temperatura de las superficies, la velocidad del aire, la pureza, estratificación permitida...
- Ganancias internas: ocupantes, iluminación y equipos. En general son fuentes de calor que deben ser combatidas (verano) o que disminuyen los requerimientos de calefacción.

## **12.2. PASADO Y FUTURO DE LA CLIMATIZACION:**

El fuego puede reivindicarse como el inicio de los sistemas de calefacción. Los hipocaustos utilizados por griegos y romanos, en los que un horno situado bajo el pavimento proporcionaba calor, son los precursores de los suelos radiantes actuales. También en los inicios de la refrigeración se encuentran los focos naturales de frío. El hielo, por ejemplo, fue utilizado desde antiguo para refrigerar.

La climatización que podemos llamar moderna, en la que se utilizan medios exclusivamente mecánicos, se inicia en 1851 en paralelo con los sistemas de compresión mecánica y absorción.

El desarrollo de la electrónica ha contribuido también de manera importante al objetivo de la reducción del consumo de energía. Los sistemas de control buscan adaptar el funcionamiento del sistema de climatización a la demanda con el menor consumo de energía. Ejemplos del desarrollo de la electrónica a la climatización son los sistemas de automatización que ventilan de acuerdo a la ocupación o la calidad de aire, posicionan los dispositivos de sombra para minimizar las ganancias solares, aún respetando los niveles de iluminación requeridos... La popularización de los variadores

de frecuencia (inverter), que regulan la velocidad de giro de bombas, ventiladores y compresores, para adaptarse a la demanda, es consecuencia del abaratamiento de estos sistemas.

Con el objetivo de limitar las pérdidas en transporte y mejorar los rendimientos termodinámicos, se han ido bajando las temperaturas en calefacción y subiendo en refrigeración. Si hace años se utilizaba el vapor o el hielo, ahora se produce agua a 50 °C en calderas de condensación y bombas de calor, o se produce agua fría a 18 °C en una planta enfriadora. Si además es posible, se utilizan unidades terminales como suelos radiantes o techos fríos que requieren temperaturas más próximas al ambiente a climatizar. Así se limitan las pérdidas térmicas en el transporte y se incrementan los rendimientos de generación, aunque hay que tener en cuenta que esto aumenta los caudales y puede producir un mayor consumo energético en bombeo.

En la línea de mejorar los rendimientos en energía primaria, en los próximos años se producirá un desarrollo notable de los sistemas combinados de generación (electricidad y calor). Así se reducen las pérdidas en transporte y se aprovecha el excedente térmico, que es inútil en la producción eléctrica de grandes centrales. Los sistemas de calefacción y refrigeración por distrito, asociados o no la poligeneración servirán a este desarrollo.

Las fuentes de energía renovables, que hasta ahora sólo han tenido una contribución limitada, se incorporarán con fuerza al panorama de la climatización. En este sentido será un paso importante la mejora de los rendimientos, tamaño y costes de operación y mantenimiento de las máquinas de absorción o adsorción activadas por fuentes de calor a baja temperatura (60-80 °C). Además lógicamente de otros posibles desarrollos como motores Stirling, pilas de combustible... La bomba de calor acoplada al terreno, siendo un desarrollo comercial actualmente, también verá incrementada su participación.

Respecto a la captación térmica, fotovoltaica o eólica, se tenderá a integrarla en el propio edificio para generar su propia energía.

Finalmente, es necesario destacar en este panorama de la climatización futura, la importancia de la incorporación de los métodos de cálculo actuales a la práctica corriente de la ingeniería. El potencial actual para el diseño de los sistemas de climatización no está siendo utilizado en la medida de lo posible, probablemente porque es necesario facilitar su uso.

## 13. TRANSFERENCIA DE CALOR EN CLIMATIZACIÓN:

Transferencia de calor es la transmisión de energía térmica entre cuerpos y por tanto está vinculada a la diferencia de temperatura entre los mismos.

La energía térmica se transfiere mediante tres modos o mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

La transferencia de calor aparece de manera intensa en las diversas disciplinas relacionadas con la climatización. A continuación se enumeran algunos de los temas relacionados con la climatización que requieren del conocimiento de la transferencia de calor para su adecuado entendimiento y cuantificación:

- Confort térmico en climatización: el propio balance térmico en el cuerpo humano, que nos permite determinar sus condiciones de bienestar térmico, se plantea considerando los fenómenos de transferencia de calor a los que están expuestas las personas.
- Cálculo de cargas térmicas: el comportamiento térmico de un edificio sometido a las diversas excitaciones térmicas es el resultado de los diferentes mecanismos de transferencia de calor y masa que aparecen en el mismo.
- Diseño y cálculo de sistemas de climatización: en toda la cadena energética de los sistemas de climatización aparece la transferencia de calor. En primer lugar en los sistemas de generación térmica a partir de los recursos primarios (calderas, plantas enfriadoras, colectores solares...) se transfiere calor a un fluido caloportador. Seguidamente ese fluido se debe transportar a través de redes de distribución (tuberías y conductos) y las pérdidas de calor deben ser evitadas (dimensionado de aislamientos, recubrimientos exteriores...). Finalmente la energía térmica se utiliza transfiriéndose en unas unidades terminales (radiadores, convectores, fan-coils, suelos radiantes, techos refrescantes...) que es preciso dimensionar adecuadamente (intercambiadores, aletas...).

### 13.1. CONDUCCIÓN:

Precisa de la materia para transferir la energía térmica. La conducción se basa en la transmisión a nivel atómico de la energía cinética entre las partículas que componen la materia.

Esta transmisión se realiza desde las partículas más energéticas (mayor agitación → mayor temperatura) hacia las menos energéticas (menor agitación → menor temperatura). En gases dicha transmisión se da simplemente por colisiones elásticas entre las moléculas. En líquidos y sólidos no conductores a este mecanismo se unen las atracciones intermoleculares por la menor distancia entre partículas así como el efecto de las vibraciones reticulares de la estructura cristalina cuando existe. Finalmente los sólidos conductores (metales) disponen de un tercer mecanismo de transmisión de energía por la movilidad de los electrones libres.

La transferencia de calor por conducción obedece a la ley de Fourier, que postula que la densidad de flujo de calor transferido a través de un medio isótropo ( $q$ ), en una cierta dirección espacial ( $x$ ), es proporcional al gradiente de la temperatura del medio ( $T$ ) respecto a dicha dirección:

$$q \propto \frac{\partial T}{\partial x}$$

La constante de proporcionalidad que convierte la ecuación anterior en una igualdad es una propiedad de la materia denominada conductividad térmica ( $k$ ):

$$q = -k \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

Si en esta ecuación la densidad de flujo de calor se expresa en  $W/m^2$ , y el gradiente en  $K/m$ , la conductividad térmica se expresará por tanto en  $W/(m \cdot K)$ . El signo menos indica el sentido del flujo de calor que, al ser el de las temperaturas decrecientes, es contrario al signo del gradiente.

El valor de la conductividad térmica de un determinado medio indica la mayor o menor facilidad que tiene dicho medio para transferir calor para un gradiente de temperatura dado.

### 13.1.1. Conducción estacionaria en sistemas simples: placa, cilindro, esfera:

La combinación de la Ley de Fourier y de balances termodinámicos en volúmenes de control infinitesimales da lugar al planteamiento de la ecuación diferencial de conducción (suponiendo que la materia no cambia de fase) que, en el caso de coordenadas cartesianas ( $x, y, z$ ) se escribiría así:

$$\frac{\partial}{\partial x} \cdot \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left( k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + G = \rho \cdot C_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Esta ecuación expresa el balance de energía en el correspondiente volumen diferencial. Este balance se enunciaría diciendo que el flujo neto de calor por conducción que entra en dicho volumen de control (derivadas espaciales de segundo orden) más la generación de calor por unidad de tiempo y volumen ( $G$ ) que pudiera “nacer” en el interior de dicho volumen de control, es igual a la variación con el tiempo del contenido de energía térmica del mismo (segundo miembro de la ecuación diferencial).

La integración de la ecuación diferencial de conducción sometida a condiciones de unicidad (condiciones iniciales y de contorno) daría lugar a obtener como solución el campo de temperaturas en función de las coordenadas espaciales y del tiempo. Una vez que se tiene el campo térmico, la aplicación de la ley de Fourier permitiría calcular el flujo de calor en cualquier parte del dominio de estudio y en cualquier instante en el tiempo.

Esta metodología resulta muy fácil aplicarla a sistemas que, a pesar de su simplicidad, son muy frecuentes en la ingeniería en general y en la climatización en particular. Esos sistemas simples responden a las siguientes simplificaciones de la ecuación diferencial anterior:

- Régimen estacionario: si las condiciones de contorno son constantes (invariantes en el tiempo) y el cuerpo ha funcionado con dichas condiciones suficiente tiempo, el campo térmico se estabiliza a unos valores que ya no cambian y por tanto las derivadas temporales desaparecen (segundo miembro de las ecuaciones diferenciales igual a cero).
- Sin generación interna: el término  $G$  de la ecuación diferencial representa una generación de calor interna de los cuerpos debido a alguna transformación de otro tipo de energía. Si el material considerado no presenta ningún fenómeno de este tipo entonces la generación  $G$  sería nula, lo cual es bastante habitual en la mayoría de las situaciones conductivas encontradas en climatización.
- Conductividad térmica constante: aunque la conductividad térmica de las sustancias es función de su propia temperatura, la baja dependencia en la mayoría de los casos unido al rango acotado de temperaturas en el que funcionan los materiales en muchas situaciones, aconseja simplificar la formulación y suponer un valor constante de la conductividad térmica evaluado a una temperatura representativa media dentro del rango térmico en el que vaya a funcionar el material.
- Régimen de conducción unidimensional: aunque los cuerpos son siempre tridimensionales y en principio los gradientes térmicos se establecerían en las tres direcciones espaciales, se asumen simplificaciones geométricas derivadas de las formas habitualmente encontradas y ello conlleva reducir el problema de conducción a una sola coordenada espacial. Las geometrías unidimensionales más frecuentes son la placa plana, el cilindro hueco o la esfera hueca.

### 13.1.2. Concepto de resistencia térmica. Aplicación a sistemas simples:

El fenómeno de transferencia de calor por conducción en los sistemas simples estudiados se asemeja al flujo de cargas eléctricas en un conductor. Si analizamos la ley de Ohm que gobierna el flujo eléctrico se observa que, existe una fuerza impulsora que es la diferencia de potencial ( $\Delta V$ ), una corriente resultante que es la intensidad ( $I$ ), y un parámetro que los relaciona que es la resistencia eléctrica del conductor ( $R_e = \Delta V / I$ ).

La transferencia de calor por conducción está gobernada por otra fuerza impulsora que es la diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ), generándose un flujo de calor ( $Q$ ). Consecuentemente se puede definir un parámetro característico que relaciona ambas magnitudes y que podría denominarse por analogía “Resistencia Térmica” del sistema considerado ( $R_t = \Delta T / Q$ ).

Otro fenómeno que se puede modelar también con el concepto de resistencia térmica es la llamada resistencia de contacto ( $R_c$ ). Este nombre se refiere al complejo fenómeno de transferencia que ocurre cuando dos superficies sólidas se ponen en

contacto. La rugosidad inherente al acabado superficial hace que dichos sólidos no estén en contacto a través de la totalidad del área aparente de unión, existiendo huecos sin contacto. El resultado es que, cuando hay transferencia de calor entre los sólidos, se aprecia (a escala macroscópica) una discontinuidad en temperatura en la interfase de unión.

El resultado en promedio es una diferencia de temperatura que ocurre en una distancia infinitesimal a través de la interfase aparente de unión. Este fenómeno se modela relacionando el flujo de calor entre los sólidos a través de la interfase ( $Q_c$ ) con la discontinuidad en temperatura en la misma ( $\Delta T_c$ ) mediante una resistencia de contacto específica ( $r_c$ : resistencia de contacto por  $m^2$  de área aparente de contacto  $A_c$ ):

$$Q_c = A_c \cdot \frac{\Delta T_c}{r_c} \Rightarrow R_c = \frac{\Delta T_c}{Q_c} = \frac{r_c}{A_c}$$

La resistencia unitaria  $r_c$  cuyas unidades son  $K \cdot m^2/W$  en el S.I. no es una propiedad física del material y depende de forma compleja de muchos factores como la microestructura de la interfase, las propiedades de ambos materiales, la presión en el contacto, la presencia de algún material intersticial en la unión... El valor de  $r_c$  aumenta con la rugosidad y disminuye con la presión y con la presencia de materiales intersticiales más conductivos.

## 13.2. CONVECCIÓN:

### 13.2.1. Descripción del fenómeno. Ley de enfriamiento de Newton. Coeficiente de película:

La transferencia de calor por convección en realidad se compone de dos mecanismos que operan al mismo tiempo. El primero de ellos es la conducción, que como sabemos opera a nivel molecular y es gobernado por gradientes térmicos en la materia. Sobre este mecanismo se superpone un segundo efecto provocado por el transporte de energía térmica por el movimiento macroscópico de un fluido. Este movimiento fluido puede estar provocado por fuerzas naturales debidas a gradientes de densidad en el propio fluido (convección natural) o por diferencias de presión generadas por elementos mecánicos como bombas o ventiladores (convección forzada). Aparte de la presencia de un fluido, la transferencia de calor por convección requiere la presencia de una interfase en la que se plantea y resuelve dicha transferencia de calor combinada. Esa interfase puede ser entre una superficie sólida y un fluido o entre dos fluidos no miscibles.

En virtud de la descripción fenomenológica de la transferencia de calor por convección, se puede afirmar que ésta depende de los siguientes factores:

- Propiedades del fluido: la más importante es la conductividad térmica ya que la convección es en primer lugar conducción pura en la interfase. Otras propiedades del fluido pueden ser la densidad, el calor específico y la viscosidad. En convección natural aparece también el coeficiente de dilatación térmica ( $\beta$ ) que determina las variaciones de densidad con la temperatura.
- Geometría de la interfase: el movimiento fluido en la capa adyacente a la interfase depende de la geometría de la misma. Adicionalmente en convección natural tiene también importancia la orientación relativa de la superficie respecto a la dirección de la fuerza.
- Velocidad impuesta al fluido: en convección forzada la intensidad de la velocidad impuesta externamente a la corriente fluida condiciona los perfiles de velocidades en la capa límite viscosa y por tanto la transferencia de calor por convección.

Desde los inicios del estudio de la transferencia de calor, la evidente complejidad de la transferencia de calor convectiva ha sido objeto de simplificación en su tratamiento, y ya en el año 1701 el científico Isaac Newton propuso una relación de proporcionalidad muy simple para obtener el flujo de calor por convección ( $Q_{cv}$ ). Dicha relación se suele conocer como Ley de Enfriamiento de Newton y se escribe así:

$$Q_{cv} = h_{cv} \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde  $\Delta T$  es una diferencia de temperatura representativa entre la superficie y el fluido,  $A$  es el área de transferencia de calor, y  $h_{cv}$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección promediado en toda el área de transferencia. A este coeficiente se le denomina a menudo coeficiente de película.

### 13.2.2. Tipos de convección:

El primer criterio de clasificación del tipo de convección es según el agente causante del movimiento del fluido que daría lugar a distinguir entre la convección natural y la convección forzada.

- Convección natural: las situaciones de convección natural serían todas aquellas en las que el campo fluido estuviera aparentemente en reposo en contacto con superficies a distinta temperatura. Por ejemplo: (1) superficies interiores de edificios con el aire de los recintos, (2) agua caliente en un depósito con las paredes interiores del mismo, (3) suelo radiante, (4) superficie exterior de un conducto de distribución de aire frío con el aire en reposo de recintos por donde pasa.
- Convección forzada: el movimiento del fluido es inducido o provocado por un agente ajeno a la situación térmica de la interfase. Ejemplos: (1) viento soplando sobre las superficies exteriores de un edificio, (2) ventilador que mueve una corriente de gas dentro de un conducto, (3) bomba que impulsa un caudal de líquido dentro una tubería.

En general y a igualdad de otros parámetros las situaciones de convección forzada dan lugar a coeficientes de película mayores que los obtenidos en convección natural.



El segundo criterio es según el régimen de flujo del fluido que permitiría distinguir entre convección laminar y convección turbulenta.

- Laminar: se denomina así al régimen de flujo caracterizado por el dominio de la viscosidad del fluido, que amortigua eventuales perturbaciones al flujo. Los flujos laminares se caracterizan por movimientos ordenados de las partículas fluidas con líneas de corriente sensiblemente paralelas entre sí. Se dan flujos laminares cuando se combinan bajos valores de velocidad, con pequeños tamaños característicos en la geometría de las interfases y altos valores de viscosidad.
- Turbulenta: cuando se da alguna combinación de velocidades no suficientemente bajas, o tamaños característicos demasiado grandes o viscosidades de fluidos no muy altas, las perturbaciones provocadas por la fricción fluida en la interfase pueden no ser amortiguadas por la viscosidad y el flujo se inestabiliza. Aparecen flujos fluctuantes y movimientos transversales que se superponen a las corrientes fluidas principales. Esto provoca movimientos de agitación y mezcla entre aglomerados fluidos y por tanto la transferencia de calor se intensifica por el transporte macroscópico de dichos aglomerados.

A la vista de esta descripción de los regímenes de flujo, parece razonable afirmar que en general los flujos turbulentos transferirán más calor por convección que los flujos laminares a igualdad de otros factores.

El tercer criterio de clasificación es puramente geométrico y es según el grado de confinamiento del campo fluido por la superficie de transferencia donde se plantea la convección. Según este criterio la convección se adjetiva como flujo externo o flujo interno:

- Flujo externo: la superficie de transferencia no limita el campo fluido pudiéndose considerar éste como infinito. El concepto de infinito es relativo a las dimensiones características de la superficie y sobre todo al tamaño de las capas límites viscosas y térmicas. Ejemplos: (1) viento en superficies exteriores de edificios, (2) aire que se calienta cuando pasa alrededor de los hilos calientes de una resistencia eléctrica de calentamiento.
- Flujo interno: la propia superficie de transferencia constituye los límites del campo fluido y por tanto las capas de influencia viscosa y térmica son del mismo orden de magnitud que las dimensiones características del problema. Ejemplos de convección forzada en flujo interno son la circulación de fluidos en el interior de conductos o tuberías. Para convección natural en flujo interno tenemos: (1) transferencia de calor que se da en cámaras de aire cerradas del interior de cerramientos de edificios, (2) convección entre el agua contenida en un depósito y sus paredes.

Finalmente, como cuarto criterio de clasificación se considera si el fluido cambia o no de fase en la superficie. Según la respuesta se distinguirá entre convección en una sola fase (sin cambio de fase) o convección en dos fases (con cambio de fase):

- Una fase: el fluido intercambia calor por convección modificando su temperatura pero manteniendo su estado o fase invariante.
- Dos fases: el fluido se encuentra en condiciones de saturación y al transferir calor con la superficie cambia de fase en la misma. Las dos posibilidades son: (1) Condensación (vapor saturado que cede calor a una superficie más fría y pasa a líquido saturado); y (2) Ebullición (líquido saturado que en contacto con una superficie más caliente absorbe calor y pasa a vapor saturado). Ejemplos de condensación y ebullición se tienen en el interior de los condensadores y evaporadores de las máquinas frigoríficas, que son frecuentemente utilizados en climatización.

### 13.3. RADIACIÓN

#### 13.3.1. Descripción del fenómeno. Magnitudes radiantes:

La radiación térmica, uno de los mecanismos básicos de transferencia de energía térmica entre cuerpos a diferentes temperaturas, se distingue de los mecanismos de conducción y convección en que no depende de la presencia de materia para su propagación. De hecho, la presencia de materia entorpece la transferencia radiante. Aún hoy se sigue discutiendo sobre el mecanismo físico de la radiación, y mientras unos defienden que la energía radiante se transporta por ondas electromagnéticas, otros mantienen la teoría de la propagación por fotones o cuantos de energía. Independientemente de la explicación física del fenómeno, se sabe que la radiación viaja a la velocidad de la luz en el vacío y que ésta es el producto de una frecuencia ( $\nu$ ) por una longitud de onda ( $\lambda$ ).

Las magnitudes radiantes que nos van a permitir cuantificar la radiación térmica tienen una dependencia espectral (dependencia con la longitud de onda) y direccional (dependencia con la dirección en el espacio). La distribución espectral, como veremos más tarde, depende sobre todo de la temperatura.

Se definen las siguientes magnitudes radiantes:

- Emitancia o Potencia Emisiva ( $E$ ): es la energía radiante por unidad de tiempo y por unidad de área que emite una superficie en todo el semiespacio de direcciones de emisión. Si se refiere sólo a la radiación en una determinada longitud de onda se le añade el adjetivo monocromática a la denominación y el subíndice  $\lambda$  al símbolo ( $E_\lambda$ : emitancia monocromática). La ausencia de subíndice y el adjetivo total se refieren a la magnitud integrada en todo el espectro de longitudes de onda ( $E$ : emitancia total).
- Irradiación ( $G$ ): esta denominación denota a la energía radiante por unidad de tiempo y por unidad de área que recibe una superficie procedente de todas las posibles direcciones espaciales vistas desde la misma. Igualmente se distingue entre irradiación monocromática ( $G_\lambda$ ) e irradiación total ( $G$ ).

- Radiosidad (J): esta magnitud es muy útil en el planteamiento de intercambios radiantes entre superficies y se define como la energía radiante por unidad de tiempo y por unidad de área que abandona una superficie en todo el semiespacio de direcciones espaciales vistas desde ésta. La radiosidad es la suma de todas las posibles contribuciones radiantes que se ven salir de una superficie que son: (1) la radiación emitida por la superficie, (2) la parte de radiación reflejada de la recibida por la superficie desde el mismo semiespacio y (3) sólo en el caso de las superficies no opacas, la parte de radiación transmitida por la superficie hacia el mismo semiespacio de la recibida por la misma desde el semiespacio contrario o posterior. Para una determinada longitud de onda se tendría la radiosidad monocromática ( $J_\lambda$ ) y para todo el espectro la radiosidad total (J).

Estas tres magnitudes en el Sistema Internacional se expresan en  $W/(m^2 \cdot \mu m)$  para las propiedades monocromáticas y en  $W/m^2$  para las propiedades totales.

### 13.3.2. Cuerpo negro. Leyes de la Radiación Térmica:

Se denomina cuerpo negro, también llamado radiador ideal, a un cuerpo que emite la máxima cantidad de radiación que puede emitir la materia para cualquier longitud de onda y a cualquier temperatura. Además, el cuerpo negro absorbe toda la radiación que incide sobre él (no refleja ni transmite nada), Adicionalmente, el cuerpo negro emite uniformemente en todas las direcciones espaciales (superficie difusa).

Las leyes de la radiación térmica enuncian el comportamiento en emisión del cuerpo negro:

- Ley de Planck: cuantifica la potencia emisiva monocromática del cuerpo en función de la temperatura absoluta (T en K) y de la longitud de onda ( $\lambda$  en  $\mu m$ ):

$$E_\lambda^0 = \frac{C_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

Donde  $C_1 = 3.742 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \mu m^4/m^2$  y  $C_2 = 14388 \mu m \cdot K$ .

- Ley del desplazamiento de Wien: fija exactamente el valor de la longitud de onda donde la curva de Planck alcanza el máximo (se puede obtener de la función de Planck calculando el máximo):

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2898 \mu m \cdot K$$

- Ley de Stefan-Boltzmann: integra la ley de Planck en todo el espectro de longitudes de onda resultando la potencia emisiva total del cuerpo negro ( $E^0$ ):

$$E_0 = \int_0^\infty E_\lambda^0 \cdot d\lambda = \left( \frac{\pi}{C_2} \right)^4 \cdot \frac{C_1}{15} \cdot T^4 = \sigma \cdot T^4$$

Donde  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$  es la constante de Stefan-Boltzmann que como vemos en función de las constantes  $C_1$  y  $C_2$  de la ley de Planck.

### 13.3.3. Radiación en cuerpos reales, propiedades radiantes:

Los cuerpos reales difieren en su comportamiento radiante del cuerpo negro emitiendo y absorbiendo menos radiación que éste. En vista de ello todos los cuerpos se caracterizan por una propiedad radiante denominada emisividad ( $\epsilon$ ) que se define como el cociente entre la radiación emitida por dicho cuerpo real  $E$  y la que emitiría un cuerpo negro ( $E^0$ ) que estuviera a su misma temperatura. Esta propiedad puede ser monocromática ( $\epsilon_\lambda$ ) o total ( $\epsilon$ ) en función del tipo de emitancia relacionada en dicho cociente.

Si la emisividad de un cuerpo no depende de la longitud de onda entonces  $\epsilon_\lambda = \epsilon$  y el cuerpo se denomina gris.

Cuando un cuerpo real recibe radiación, su comportamiento también difiere del comportamiento del cuerpo negro y por tanto no absorbe la totalidad de la radiación incidente. El cumplimiento de la primera ley de la Termodinámica nos dice que la radiación incidente sufre tres posibles caminos:

- Absorción: convirtiéndose parte de la radiación incidente en energía interna del cuerpo.
- Reflexión: parte de la radiación incidente es devuelta en forma de radiación hacia el mismo semiespacio desde el que llegó.
- Transmisión: una fracción de la radiación incidente atraviesa el cuerpo y manteniéndose como flujo radiante prosigue hacia el semiespacio contrario al de incidencia.

Las fracciones de energía que siguen cada uno de estos caminos respecto a la radiación incidente representan las propiedades radiantes denominadas respectivamente absorptividad ( $\alpha$ ), reflectividad ( $\rho$ ) y transmisividad ( $T$ ) las cuales también podrán ser monocromáticas o totales y obviamente suman la unidad:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$
$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

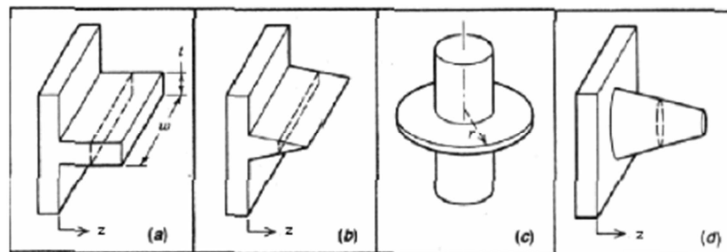
Las superficies opacas se caracterizarán por una transmisividad nula ( $T=0$ ;  $\alpha+\rho=1$ ) mientras que las superficies negras por definición tienen absorptividad igual a uno ( $\alpha=1$ ;  $T=\rho=0$ ).

## 13.4. APLICACIONES DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA CLIMATIZACIÓN:

### 13.4.1. Superficies extendidas (aletas):

Una de las estrategias más frecuentemente utilizadas para aumentar la transferencia de calor por convección entre una superficie y un fluido es la incorporación en la misma de aletas. Se denomina así a un sólido conductor de pequeña sección que, pegado a la superficie original, se extiende perpendicularmente a la misma. El resultado es el aumento del área de transferencia ya que se está sustituyendo la sección donde se pega la aleta por el área de ésta en contacto con el fluido que es muchísimo mayor. Consecuentemente la transferencia de calor por convección también aumenta. Las aletas son frecuentemente utilizadas en intercambiadores de calor en el lado del fluido que presenta menores coeficientes de película como ocurre en los gases.

La efectividad depende la geometría de la aleta, la conductividad térmica del material que la compone y del coeficiente de transferencia de calor del fluido. Las diferentes geometrías que pueden tener son: (a)(b) longitudinales o rectas, (c) radiales o anulares, (d) o agujas y espinas.



### 13.4.2. Intercambiadores de calor:

Con este nombre se conocen a los dispositivos específicamente diseñados y construidos para transferir energía térmica desde un fluido caliente a otro frío. Como consecuencia de dicha transferencia el fluido caliente se enfría y el fluido frío se calienta.

En instalaciones de climatización los intercambiadores de calor son muy habituales pues la climatización se basa en transferir unas determinadas cantidades de energía térmica (calor o frío) a los recintos a climatizar y ello se realiza transportando fluidos caloportadores diversos desde las zonas de generación térmica a las zonas de uso. Ejemplos de intercambiadores de calor tendremos en toda la cadena energética de climatización:

- Generación de energía térmica: calderas de agua caliente y generadores de vapor se pueden considerar intercambiadores de calor entre gases de combustión y agua en la zona de humos. Los equipos frigoríficos incorporan en su interior al menos dos intercambiadores de calor (evaporador y condensador) que, a costa de los procesos cíclicos de cambio de fase que experimenta el fluido frigorífico, consiguen enfriar agua o aire en el evaporador y calentar agua o aire en el condensador.
- Transferencia y distribución de la energía térmica: en general, siempre que haya que independizar por cualquier motivo un circuito primario de otro

secundario es preciso la presencia de un intercambiador de calor que separe ambos circuitos y transfiera la energía térmica del primero al segundo.

- Utilización de la energía térmica: cuando la distribución del calor o del frío se realiza en agua, es preciso ubicar en los locales climatizados las llamadas unidades terminales cuyas tipologías son muy variadas (radiadores, convectores, fan-coils, suelos radiantes, techos refrescantes...) pero todos se pueden considerar como intercambiadores de calor agua-aire.

## **14. BIENESTAR TÉRMICO EN EL CUERPO HUMANO:**

La ergonomía es el estudio de la capacidad de trabajo de una persona en relación con el entorno en que se lleva a cabo (el lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores).

El bienestar térmico es aquella sensación en la que existe satisfacción respecto al ambiente térmico. Debido a las diferencias individuales es imposible definir un ambiente térmico que pueda satisfacer a todo el mundo, siempre habrá un porcentaje de personas insatisfechas, pero si será posible ambientes considerados aceptables para un cierto porcentaje de los ocupantes, en función del ambiente (temperatura seca, presión parcial del vapor, temperatura de la superficie de las paredes circundantes, velocidad del aire) y de las personas consideradas (metabolismo, ropa utilizada, constitución física y sexo).

Es por ello necesario conocer con cierta profundidad las reacciones de las personas en diferentes ambientes térmicos, y las formas bajo las cuales se intercambia calor, para así finalmente poder definir unas condiciones térmicas óptimas interiores que deben conseguir los sistemas de climatización.

### **14.1. INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LAS PERSONAS Y SU ENTORNO:**

Para un individuo que se encuentre en un recinto cerrado, los intercambios de calor se producirán fundamentalmente por convección del aire envolvente y por radiación hacia las paredes, suelo, techo y los objetos del entorno. La conducción no interviene prácticamente, dado que el aire es un mal conductor del calor.

Las variables que influyen en la sensación de bienestar, desde un punto de vista ambiental, son muchas y de diversa índoles, siendo algunas de ellas las siguientes:

- La temperatura seca del aire envolvente.
- La humedad relativa.
- La velocidad del aire.
- La temperatura radiante media de las paredes del entorno, incluyendo suelos y techos (media ponderada de la temperatura superficial de las paredes, suelo y techo, en función proporcional al porcentaje de energía que cada una de ellas intercambia entre sí por radiación según el factor geométrico).
- La actividad metabólica que el individuo realiza.
- El grado de vestimenta.
- La calidad del aire envolvente.
- La posición en la que se encuentra (tumbado, sentado o levantado).
- El estar cerca o lejos de focos calientes: lámparas halógenas, radiación solar a través de las ventanas... o de focos frío: paredes o acristalamientos fijos.

- La temperatura del aire alrededor de la cabeza.
- El nivel sonoro.
- La transmisión de calor desde los pies al pavimento.
- El tipo de alimentos y el tiempo que hace que se han ingerido.
- El estado de ánimo.

#### 14.1.1. Reacciones del cuerpo humano ante desequilibrios energéticos:

En todo proceso donde se realiza un trabajo se genera calor, éste puede ser útil o residual, es decir: deseado o no deseado. Del mismo modo, en su actividad metabólica el cuerpo humano utiliza energía química (contenida en los enlaces químicos de los átomos de ciertas moléculas orgánicas) para alimentar los procesos en los que se genera trabajo y calor.

Por otro lado, puesto que es necesario mantener la temperatura corporal prácticamente constante entre 36.5 y 37 °C, es necesario disipar el calor excedente para que ésta no aumente provocando riesgos para la salud.

Cuando el ambiente externo es excesivamente frío el cuerpo humano debe producir calor, no ya como producto colateral de otro proceso, sino como fin en si mismo para impedir una bajada de la temperatura corporal que produzca daños irreversibles.

Para el mantenimiento de la temperatura corporal es necesario que el balance energético siguiente resulte cero:

$$\Sigma q = q_{met} - q_{ev} \pm q_{ci} \pm q_{cvi} \pm q_{rdi} = 0$$

Dónde:

$q_{met}$  → Es el calor debido a la actividad metabólica.

$q_{ev}$  → El calor perdido por la evaporación (con la respiración y la sudoración).

$q_{ci}$  → El calor debido a los intercambios por conducción.

$q_{cvi}$  → El calor debido a los intercambios por convección.

$q_{rdi}$  → El calor debido a los intercambios por radiación.

#### 14.2. CONDICIONES DE BIENESTAR:

Experimentalmente se han definido unos rangos de temperatura y de humedad del ambiente en los que las personas se encuentran satisfactoriamente. Estos rangos dependen de la actividad física que se desarrolle y del grado de vestimenta que se lleve, pero siempre al intentar aplicarlos a personas concretas aparece un aspecto



subjetivo difícil de generalizar, por lo que los parámetros de la temperatura y humedad que se consideran óptimos son siempre admitidos en términos estadísticos.

Según el RITE, la exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos.

#### 14.2.1. Temperatura operativa y humedad relativa:

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD).

Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1.2 met, con grado de vestimenta de 0.5 clo en verano y 1 clo en invierno y un ppd entre el 10 y el 15 %, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la siguiente tabla:

<b>Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño</b>		
<b>Estación</b>	<b>Temperatura operativa °C</b>	<b>Humedad relativa %</b>
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

(Fuente: RITE)

Para valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD es válido el cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa realizado por el procedimiento indicado en la norma UNE EN ISO 7730.

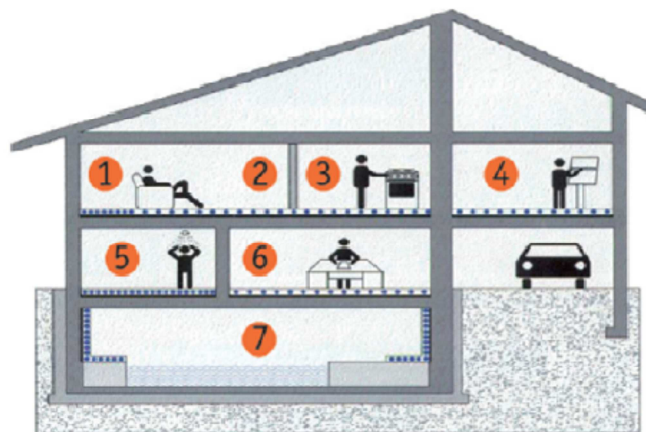
## 15. PRINCIPIOS DE LA CLIMATIZACIÓN RADIANTE

En el sistema de calefacción de suelo radiante por agua a baja temperatura, todo el pavimento es emisor de calor. A diferencia del sistema de radiadores en el que sólo existen focos puntuales, la transmisión de calor se realiza desde abajo hacia arriba de manera que son los pies los primeros en calentarse y a continuación el resto del cuerpo.

El efecto sobre las personas es una sensación de confort superior a la de otros sistemas de calefacción. Además, esta sensación se mantiene aunque la temperatura del aire esté a tan solo 18 °C. En consecuencia, el elemento generador de calor no necesitará funcionar a temperaturas tan altas como en un sistema tradicional de radiadores, consiguiendo mayor durabilidad en los equipos productores de energía y un ahorro de energía que puede llegar hasta un 15 % respecto al de un sistema tradicional.

Desde el punto de vista arquitectónico, al estar embebido el sistema bajo el pavimento, proporciona mayor flexibilidad en el diseño y colocación de los elementos de mobiliario y decoración, al tiempo que mejora la estética de los espacios interiores. El control de la temperatura en cada una de las habitaciones se realiza de forma independiente a través de la regulación del flujo de agua caliente y de circuitos separados que se monitorizan con termostatos y válvulas.

Dentro de este concepto, se incluye también la posibilidad de usar el sistema para el enfriamiento de los espacios, bajo determinadas condiciones. Un efecto adicional de la ubicación del sistema por debajo del pavimento es evitar totalmente el ruido que produce otro tipo de sistemas.



1. Zona alejada	35°C	2. Zona de estar	29°C
3. Cocina	29°C	4. Sala de juegos	27°C
5. Baño	33°C	6. Sala de estudio	29°C
7. Piscina	30°C		

Distribución de temperaturas en suelo radiante (Fuente: Biofloor)

Las fases de funcionamiento de una instalación de suelo radiante son las siguientes:

- La caldera produce una potencia calorífica que se transmite por medio de agua caliente hacia los tubos que componen la instalación de suelo radiante. La temperatura del agua en los tubos está comprendida entre 40 y 45 °C.
- El tubo plástico emisor, cede el calor del agua a la solera emisora.
- Debido a la temperatura que alcanza la solera, esta cede calor por conducción al pavimento, situado encima.

El pavimento emisor alcanzará una temperatura determinada, al estar en contacto térmico con la solera. La temperatura en la parte superior del pavimento no debe superar los valores marcados en la norma UNE EN 1264.

- El pavimento entrega este calor a la estancia por radiación.

## 15.1. APLICACIONES

Algunas aplicaciones del suelo radiante son:

- Residencial.
- Hoteles.
- Edificios de oficinas.
- Hospitales y residencias de tercera edad.
- Pabellones y campos deportivos.
- Colegios, universidades y museos.
- Almacenes y naves industriales.
- Piscinas.
- Locales comerciales.

Las aplicaciones del sistema de suelo radiante son más frecuentes en suelos con base de cerámica, parquet, mármol, moqueta, linóleo y plásticos. En cualquier caso, en el momento del diseño, se ha de tener en cuenta los coeficientes de conductividad térmica de los materiales antes indicados, para redactar el proyecto técnico.

## 15.2. VENTAJAS

Las ventajas del suelo radiante respecto a otros sistemas de climatización son:

- Ahorro de energía: funciona con agua caliente a baja temperatura (35 a 45 °C), manteniendo el suelo a una temperatura uniforme entre 20 y 29 °C, lo cual permite un ahorro energético de hasta un 15 %. Posibilidad de la programación de cada estancia de forma individual.

- Bienestar y confort: se reduce la diferencia térmica entre el suelo y el techo gracias a la disminución de la convección del aire, consiguiendo el tipo de calor ideal. La temperatura será uniforme en toda la superficie de cada habitación.
- Reversibilidad verano / invierno: en invierno el sistema garantiza un calor suave y confortable, en verano puede usarse para refrescar el ambiente gracias a la instalación de un generador de agua fría.
- Estética: se mejora la estética al ser un sistema integrado en el suelo, es invisible. No hay aparatos visibles de calefacción en la casa, tales como radiadores y fan-coils.
- Saludable: el bajo grado de humedad conseguido evita la aparición de ácaros y el desarrollo de alergias. Gracias a la ausencia de circulación de aire en la habitación, se reduce significativamente la cantidad de polvo. El sistema de suelo radiante está recomendado para guarderías, hospitales y residencias de ancianos.
- Mejor conservación y durabilidad: en los equipos de generación y distribución de calor. El sistema trabaja a temperaturas de hasta 45 °C frente a otros sistemas que llegan hasta 90 °C.
- Seguro: Los circuitos empiezan y acaban en los colectores. No hay empalmes ni uniones bajo el suelo.
- Ecológico: Dada la baja temperatura requerida, la instalación de suelo radiante se puede combinar con fuentes de energía renovables a baja temperatura, como la energía solar y geotérmica, disminuyendo el consumo de los combustibles fósiles.

### **15.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA**

La estructura del suelo radiante presenta variantes constructivas en función de la aplicación deseada, las condiciones de cálculo, diseño e instalación vienen dados por la norma UNE-EN 1264 "Calefacción por suelo radiante".

En el caso de los radiadores, la superficie de los mismos puede alcanzar una temperatura de hasta 70 °C, ya que no están en contacto directo con las personas. En el caso de suelo radiante, éstos si están en contacto directo, por lo que la temperatura del suelo no puede sobrepasar ciertos valores, que son:

- Oficinas 27 °C.
- Zonas de estar 29 °C
- Cuartos de baño 33 °C

En las zonas perimetrales de las habitaciones, en las cuales el pie no entra en contacto habitualmente con el pavimento, se puede admitir una temperatura mayor, de hasta 35 °C.

En comparación con otros sistemas de calefacción, el suelo radiante está más ligado a los elementos estructurales de la obra, ya que los tubos están sobre la solera y a su vez están recubiertos de mortero. Esto significa que el proyectista tiene que tener en cuenta las alturas disponibles. Por esta razón, las exigencias de calidad en este tipo de sistemas son muy elevadas.

El paso o distancia entre tubos puede variar en función de la carga térmica. Desde valores de 84 mm hasta un máximo de 336 mm. Los cálculos para utilización de solo calefacción, no son válidos para la aplicación de calefacción y refrigeración. En todos aquellos casos en que el suelo radiante vaya a ser usado también en refrigeración, el cálculo del paso debe basarse en esta última aplicación, tratándose de condiciones en las que la emisión específica del suelo resulta limitada. Para obtener una emisión estival de 35-40 W / m<sup>2</sup>, la invernal correspondiente debe ser entre 90-100 W / m<sup>2</sup>.

## 15.4. DISTRIBUCIONES DEL SUELO RADIANTE

### 15.4.1. Suelo radiante en espiral:

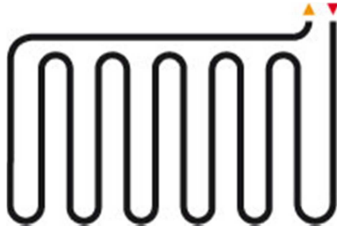
Se realiza en forma de espiral de forma cuadrada o rectangular empezando por un extremo y avanzando de fuera a dentro dejando huecos para volver al punto de partida al llegar al centro del local. Este sistema iguala perfectamente la temperatura del suelo ya que se alterna un tubo de ida con un tubo de retorno.



Suelo radiante en espiral (Fuente: Eurocable).

### 15.4.2. Suelo radiante serpentín:

La distribución del tubo empieza por un extremo del local y termina en el extremo opuesto avanzando en líneas paralelas equidistantes unas de otras. Esta distribución es la más sencilla pero presenta un gran inconveniente. A pesar de tener una cantidad de tubo por metro cuadrado idéntica en cualquier punto del local, el reparto del calor no es igual ya que el agua se va enfriando a lo largo del circuito.



Suelo radiante con serpentín (Fuente: Funcosa)

#### 15.4.3. Suelo radiante con doble serpentín:

Al igual que la distribución en serpentín, se va de un extremo a otro avanzando en líneas paralelas equidistantes una de otras pero dejando huecos donde van colocadas las líneas de retorno hasta llegar otra vez al punto de partida. Esta distribución elimina el inconveniente mencionado anteriormente y se adapta perfectamente a locales irregulares o alargados.



Suelo radiante con doble serpentín (Fuente: Funcosa)

### 15.5. CRITERIOS DE DISEÑO

Para conseguir un rendimiento térmico óptimo, es necesario prestar atención a diversos aspectos en la fase de construcción. La estructura de un suelo radiante funciona con la premisa de inercia térmica, el calor se entrega desde el suelo. El calentamiento de un sistema de suelo radiante, implica elevar la temperatura de una losa con elevado calor específico capaz de almacenar gran cantidad de energía. Esta energía no se entrega de forma instantánea, por lo que el espesor y la calidad del mortero, es importante.

La norma UNE EN 1264-4, especifica los requisitos para el diseño y la construcción de sistemas de estructuras de suelo calentado con agua caliente para asegurar que el sistema de calefacción bajo el suelo sea adecuado.

Los datos de partida son aquellos a partir de los cuales se definirán los criterios de diseño y se efectuará el cálculo para realizar la elección de los componentes de la instalación:

- Tipo de suelo: de sus características térmicas dependerá la temperatura necesaria en la distribución.
- Temperatura ambiente: seguir los valores recomendados en la norma UNE EN 1264. La temperatura ambiente afecta a la temperatura superficial del pavimento y a la temperatura del agua de los tubos.

- Temperatura exterior de proyecto: seguir los valores marcados en el RITE.
- Coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos.
- Salto térmico en el circuito hidráulico: el salto térmico entre la ida y el retorno de los tubos, según la norma UNE EN 1264 debe estar comprendido entre 0 °C y 10 °C. En la práctica, se utilizan valores mayores, que pueden estar entre 5 y 10 °C. El valor recomendado es entre 7 y 8 °C.
- Diámetro del tubo emisor. Los diámetros más utilizados son 16 y 20 mm. Los materiales habituales son PE-X, multicapa o polibutileno (PB).

Para el diseño de un sistema por suelo radiante es necesario, en primer lugar, evaluar la potencia demandada en cada uno de los locales a climatizar, para ello es necesario disponer de los coeficientes de transmisión de calor de cada uno de los cerramientos, orientaciones y superficie. Una vez resuelto el cálculo de la demanda térmica, seleccionamos la distancia entre tubos más apropiada en función del tipo de suelo y la temperatura a impulsión de los circuitos.

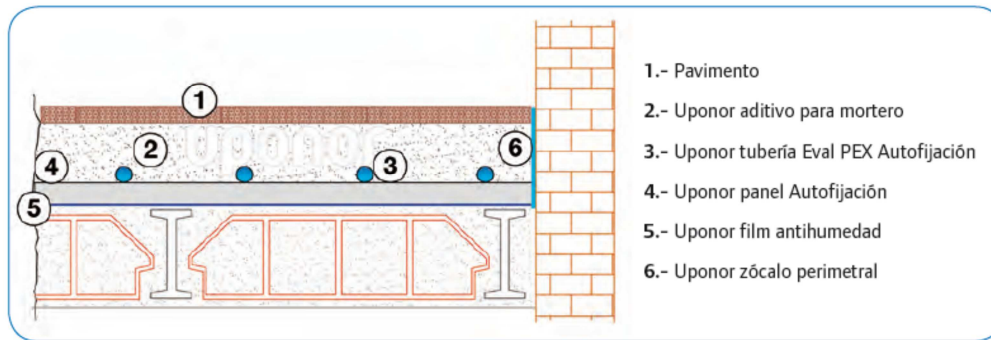
Para lograr una uniformidad en la transmisión de calor, la tubería debe cubrir toda la superficie de los locales, exceptuando suelos de armarios empotrados y el bajo de bañeras en los cuartos de baño. Es aconsejable la disminución de la distancia entre tubos en las zonas de mayores pérdidas de calor en calefacción como puede ser superficies acristaladas importantes.

Para la distribución de temperaturas homogéneas en los locales a climatizar existen diferentes formas de diseñar los circuitos de circulación, de forma que se optimice el aporte de calor al sistema en función de las dimensiones de la habitación. La mejor distribución de calor se consigue con la instalación de una espiral. También es aceptable la forma tipo doble serpentín.

#### **15.5.1. Diseño del suelo radiante:**

Una espiral se puede diseñar de muchas formas, pero siempre con el objetivo de conseguir la mayor uniformidad en el reparto del calor por el suelo. Después de entrar en el tubo, el agua se enfría constantemente y por lo tanto, el proyectista debe alternar partes “frías” con “calientes”. Hasta la mitad del serpentín podemos considerar el agua como “caliente” y a partir de ahí como “fría” o menos caliente.

El recrecimiento global del sistema del suelo radiante depende de los elementos que se superponen a partir del soporte del forjado. Es fundamental que el proyectista realice el cálculo del recrecimiento total sobre todo, tanto en proyectos de obra nueva como de rehabilitación, dadas las limitaciones existentes en ocasiones, debido a la altura entre forjados.



Detalle de sección de montaje (Fuente: Uponor)

Para reducir los problemas de corrosión en instalaciones donde se combinan materiales plásticos y metálicos, es recomendable el uso de tubos que incorporan una capa que sirve de barrera contra el oxígeno (EVOH).

Para el cálculo completo de la instalación es necesario considerar el tipo de pavimento e incorporar sus valores típicos de resistencia térmica. La selección del pavimento final, afecta directamente a las condiciones de confort del sistema de suelo radiante.

Aislamiento del suelo. El aislamiento del piso es el aislamiento de debajo del pavimento. Este debe ser continuo y cumplir con los requisitos establecidos. Si debajo hay una habitación con calefacción, es suficiente con resistencia térmica de  $0.75 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ . Si debajo hay una habitación sin calefacción o está en contacto directo con el suelo, se necesita una resistencia térmica de al menos  $1.25 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ . En el caso de que debajo del suelo haya una temperatura del aire exterior, la resistencia térmica debe de ser entre  $1.5$  y  $2 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ .

Las juntas de dilatación son necesarias debido a la existencia de cambios térmicos que producen movimientos en el mortero que recubre los tubos. Para la realización de juntas, tienen importancia los siguientes criterios:

- Las juntas de dilatación tienen que respetar y continuar las de la propia construcción.
- Tiene que existir junta de dilatación en todo el perímetro de la propia construcción.
- Será necesario disponer de juntas de dilatación siempre que las superficies superen los  $40 \text{ m}^2$ , o cuando uno de los lados de la superficie supere los  $8 \text{ m}$ .
- También dispondrá de junta de dilatación cuando la relación entre los lados de la superficie supere el ratio de 1 a 2.
- Siempre existirá junta de dilatación en los pasos de puerta entre huecos.

Si es necesario incorporar junta de dilatación, no es conveniente que dicha junta pase por todos los tubos. Por ello, el proyectista debe plantear circuitos individuales de manera que haya un serpentín de calefacción por placa homogénea. Asimismo, será necesario el uso de protección en los lugares donde el tubo pasa de una placa a otra.



Los paneles se deben instalar comenzando en una esquina y siguiendo filas completas. En los finales, se cortará el machihembrado y se colocará en el hueco correspondiente para que toda la superficie quede cubierta por el aislante.

La longitud de unión que transcurre por pasillos, suele ser suficiente para calefactarlos.

La base o forjado soporte deberá estar limpio, nivelado y se tendrá en cuenta que, con posterioridad a la colocación de los paneles, no se realizará ningún taladro que traspase la capa de aislamiento.

La altura aconsejable de la capa de mortero por encima de la generatriz superior de los tubos es de 40 mm. El vertido de mortero se realizará en el sentido longitudinal de los tubos.

Los tubos que crucen juntas de dilatación se enfundarán 0.5 m antes y 0.5 m después de la junta. Nunca se usará para el calentamiento de tubos una llama, sino una pistola de aire caliente.

Un colector no debe alimentar circuitos de plantas diferentes. En el caso de plantas diferentes se instalará en la entrada de cada colector de ida una válvula de equilibrado.

## **15.6. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE**

En las instalaciones de suelo radiante, el circuito de distribución discurre desde la salida del generador de calor hasta los colectores de alimentación y de aquí, a los diversos circuitos de tubos emisores.

### **15.6.1. Tubería de distribución:**

El tubo que se emplea para la distribución del agua para calefacción requiere especial atención por parte del proyectista a sus propiedades y características mecánicas, técnicas y de comportamiento a largo plazo, ya que este elemento va a formar parte integrante de la estructura del edificio. Es la tubería que conecta la salida del generador con los colectores y los distintos circuitos emisores. Esta tubería puede estar compuesta por:

- Polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno. La tubería tiene una capa de alcohol de vinilo etileno (EVAL) que previene el paso de oxígeno a través de la pared de la tubería, minimizando la oxidación del agua y la consiguiente oxidación de las partes metálicas de la instalación.
- Tubería multicapa: tubo con base interior de polietileno reticulado, una capa interior de aluminio que lo hace impermeable al oxígeno y un recubrimiento exterior de polietileno.
- Tubería de polibutileno (PB) con barrera de oxígeno. La tubería tiene una capa de alcohol de vinilo etileno (EVAL) que previene el paso de oxígeno a través de la pared de la tubería, minimizando la oxidación del agua y la consiguiente oxidación de las partes metálicas de la instalación.

Algunas ventajas de estos materiales para tuberías de suelo radiante son:

- Insensibles a la corrosión.
- Se pueden curvar sin necesidad de usar herramientas. El multicapa guarda la forma pero el PE-X y el PB no.
- No transmiten ruido.

En su contra juega que poseen poca resistencia mecánica.

Las tuberías no se ven afectadas por los aditivos derivados del hormigón o del mortero y absorben la expansión térmica evitando así la formación de grietas en las tuberías o el hormigón.



(Fuente: Uponor)

#### **15.6.2. Panel aislante:**

El suelo, además de los tubos, está constituido desde el punto de vista constructivo por los paneles de aislamiento que se apoyan lateralmente sobre una banda perimetral para permitir los movimientos de dilatación y horizontalmente sobre un film de polietileno que evita la transmisión de humedad. Sobre los paneles se vierte la capa de mortero que tiene como función la difusión del calor sobre la que se coloca el material a usar como pavimento.

La unión machihembrada de los paneles evita que se cuele hormigón por entre las placas, con la posibilidad de la formación de puentes térmicos con el forjado, provocando pérdidas de rendimiento del sistema. Los paneles también vienen con unos “tetones” moldeados que permiten la instalación y fijación del tubo a un paso regular.

Resumiendo, actúan como aislante térmico y acústico pero también como guía para los tubos.



(Fuente: Biofloor)

### 15.6.3. Banda periférica:

La banda perimetral se fija antes de la colocación de la placa aislante y realiza funciones mecánicas y térmicas. Aísla la base del sistema y los muros exteriores e interiores, permite la dilatación que sufrirá la losa de mortero por efecto del calentamiento y evitando puentes térmicos.

La banda perimetral con faldón permite que una vez instalado el panel aislante, se pueda poner dicho plástico encima del mismo, para evitar la filtración del mortero entre el aislamiento y el forjado. Está fabricado en espuma de polietileno extruido y se fija a la pared de forma autoadhesiva o clavada.



(Fuente: Uponor)

### 15.6.4. Barrera anti-vapor:

Siempre que los suelos puedan transmitir humedad será necesario colocar entre el forjado y los paneles una película de polietileno cuya misión es precisamente la de crear una barrera para evitar el paso de vapor al conjunto superior. Si el suelo no es húmedo, los paneles de aislamiento ya efectúan la función de barrera anti-vapor.



(Fuente: Biofloor)

#### 15.6.5. Colectores de distribución:

La función de los colectores en una instalación de suelo radiante, es la de obtener varios circuitos derivados partiendo de un único circuito principal. Siempre deberá de existir un colector de impulsión y un colector de retorno por cada zona a calentar. Dentro de una instalación podrán existir varias zonas, incorporando cada una de ellas un conjunto colector de impulsión y colector de retorno.

Un grupo de colectores no debe alimentar a circuitos de plantas diferentes. En el caso de diferentes plantas, a la entrada de cada colector de ida, deberá instalarse una válvula de equilibrado.

Deben colocarse más alto que los circuitos que alimentan (facilita el purgado, el curvado de los tubos en la salida del suelo...).

Un conjunto de colectores, incluye colector de impulsión y de retorno, además de los siguientes componentes, válvulas de paso a la entrada de cada colector, termómetros, purgadores automáticos y válvulas de llenado y purga.



(Fuente: Uponor)

#### 15.6.6. Solera emisora:

- Aditivo: la capa de mortero se encarga de la distribución uniforme del calor en el suelo del edificio. Dicha capa debe ser resistente y, además, estar totalmente nivelada. Para evitar retracciones y fisuras, conviene utilizar aditivos que aseguren que los tubos estén cubiertos de forma óptima para mejorar la conducción del calor (plastificante y fluidificador en la adecuada proporción).

Añadido al mortero, aumenta la fluidez, se requiere menos agua para el amasado y se reduce la porosidad una vez fraguado. El mortero envuelve al tubo completamente sin formar burbujas de aire que actuarían como aislante térmico, mejorando la transmisión de calor.

- Pavimento: el pavimento es la última barrera que debe traspasar la energía térmica antes de llegar al local a calentar. La instalación de suelo radiante no presenta limitación alguna en cuanto a las características del pavimento

emisor. La única condición que debe cumplir es que el pavimento esté situado sobre la solera emisora, que no exista separación entre ambos.

Los materiales más habituales para el pavimento suelen ser:

- Material cerámico: terrazo, gres, loseta de piedra.
- Material plástico: linóleo, PVC.
- Madera y derivados: el parqué, la tarima.

#### **15.6.7. Sistema de regulación:**

Una vez terminada la instalación del suelo radiante, se procederá a instalar todos los elementos de regulación. El suelo radiante es un sistema de calefacción basado en el concepto de inercia térmica, lo que le hace muy propenso a sufrir perturbaciones por variaciones de la climatología. Tampoco es conveniente dejar enfriar la losa de mortero, puesto que ello repercute negativamente en el consumo energético de la instalación.

Debido a estas características, al realizar la regulación hay que tener en cuenta:

- El sistema de regulación debe estar adaptado a estos cambios, para prevenir el sobrecalentamiento de las habitaciones.
- Los periodos de calentamiento o con baja temperatura en las habitaciones, deben estar bien ajustados y automatizados, a ser posible. De esta forma conseguimos un mayor confort, con un mínimo consumo energético.

El principio de funcionamiento del sistema de control de cualquier instalación de calefacción es conseguir que las aportaciones de calor en los diferentes locales que componen la instalación se correspondan con las pérdidas de calor que se producen en dichos locales. El sistema de control de una instalación de suelo radiante incluye tres subsistemas:

- Control del generador.
- Control general de la instalación de suelo radiante.
- Control individual de temperatura en los locales que componen la instalación.

#### **15.6.8. Grupo hidráulico de impulsión:**

El grupo hidráulico de circulación recibe el agua que proviene de la caldera a alta temperatura. Mediante la mezcla de esta agua con el retorno del suelo, el grupo regula la temperatura de salida con la ayuda de la cabeza termostática, sobre la que se hace directamente la regulación. El grupo de circulación a temperatura fija está diseñado para circuitos de calefacción con un mezclador regulado termostáticamente para sistemas de suelo radiante.



(Fuente: Uponor)

#### **15.6.9. Kit de regulación:**

En el caso de querer asociar un sistema de calefacción por radiadores (alta temperatura) con otro de suelo radiante (baja temperatura) puede optarse por el kit de regulación. Éste, montado directamente sobre los colectores, permite regular de una forma sencilla un sistema mixto de calefacción por suelo radiante y radiadores. El grupo recibe directamente el agua que proviene de la caldera a alta temperatura para el sistema de radiadores (hasta 70 °C). Mediante la mezcla de esta agua con el retorno desde el suelo, el kit regula la temperatura para el suelo radiante a 45 °C con la ayuda de la cabeza termostática, sobre la que hace la regulación.

El kit se compone de:

- Regulador termostático: regula la temperatura de entrada al sistema de suelo radiante.
- Aquastat regulable de seguridad para la bomba de circulación, en caso de incremento accidental de la temperatura de entrada al colector.
- Grupo de circulación.
- Racor de regulación para equilibrar el circuito de calefacción de suelo radiante respecto al circuito de radiadores.

#### **15.6.10. Control individual de la temperatura:**

A pesar de que existen diversas formas para regular el confort ambiental, es recomendable la regulación individual por estancia. Esto crea un control mucho más preciso del confort deseado, pues se controla la temperatura de confort.

En las instalaciones de calefacción por suelo radiante, hay una estrecha relación entre la temperatura del agua, el ambiente exterior y el interior. Por ser muy baja la diferencia de la temperatura entre el agua y el ambiente, cualquier cambio en la temperatura del agua genera una modificación en la emisión de calor de la placa radiante del suelo.

Los elementos de control más habituales son:

- Colocación de termostatos de ambiente en cada estancia. Con sistema de cables o con sistema inalámbrico.
- Utilización de cabezales electrotérmicos en cada circuito del suelo radiante.
- Caja de conexiones: alimentación eléctrica para los cabezales, conexión de la bomba y conexión de los termostatos.

#### **15.6.11. Termostato ambiente:**

El termostato ambiente regula eléctricamente, con actuación todo-nada, en combinación con los actuadores electrotérmicos, la temperatura existente en el local donde está instalado. El termostato incorpora una rueda selectora para regular la temperatura, permitiendo elegir al usuario en una escala entre 10 y 28 °C.

La regulación se produce de la siguiente forma. Cuando la temperatura del local se sitúa por encima del valor ajustado en el termostato, los contactos del mismo estarán en posición de reposo, interrumpiendo la alimentación eléctrica del cabezal electrotérmico, montado en la válvula que controla el paso de agua por el circuito de ese local, en el colector.

Si la temperatura se sitúa por debajo de la temperatura fijada en el termostato, se activan los contactos del termostato, alimentando al cabezal electrotérmico, con lo que se permite la circulación de agua por el circuito de tubos de ese local.

El termostato ambiente se sitúa dentro del local cuya temperatura controla. Debe colocarse a una altura entre 1.5 y 1.7 metros respecto al suelo, en una posición favorable para recibir las corrientes de aire, separado de aparatos que puedan falsear su medición.

#### **15.6.12. Cabezal electrotérmico:**

Es un dispositivo eléctrico de accionamiento de las válvulas que controlan la circulación hidráulica individual de los circuitos de tubos del sistema de suelo radiante. El conjunto cabezal-válvula tiene la función de controlar el paso de agua a través del circuito de tubos emisores del sistema, permitiendo regular la aportación térmica al local.

#### **15.6.13. Caja de conexiones:**

Consiste en una caja electrónica de conexiones con alimentación a 230 V y salidas a 230 V o 24 V. Se utiliza como elemento de alimentación eléctrica y generador de la tensión de maniobra adecuada para la alimentación de los cabezales. Dispone de un número determinado de entradas para conexiones de los termostatos y un número de salidas para alimentación de los cabezales electrotérmicos.

#### **15.6.14. Sonda de temperatura exterior:**

La función de la sonda exterior es informar de la temperatura existente en el ambiente exterior (temperatura del aire exterior) a la centralita de regulación de la temperatura de distribución. El programador solo admite señales eléctricas, no siendo capaz de admitir señales de temperatura.

La sonda de temperatura exterior debe instalarse sobre la cara exterior más fría del edificio (orientación norte), a una altura entre 2.5 y 4 metros sobre el suelo exterior. El elemento sensible debe estar protegido de los elementos exteriores, por medio de una envolvente exterior.

#### **15.6.15. Centralita de regulación:**

Es el elemento encargado de recibir las señales de las sondas de temperatura y, en base a los valores recibidos, actuar sobre la válvula de control de temperatura de impulsión a los emisores. Es el dispositivo que gobierna el funcionamiento del sistema de control.

La centralita de control es un dispositivo electrónico dotado de un programa de control que le permite recibir señales de los elementos captadores (sondas), interpretar estas señales y emitir señales eléctricas sobre elementos actuadores, para corregir las desviaciones producidas y obtener el adecuado control.

#### **15.6.16. Sonda de temperatura de impulsión:**

La función de la sonda de impulsión es informar de la temperatura existente en el circuito de distribución a los emisores, a la centralita de control de dicha temperatura. La sonda es el elemento que traduce o transforma la señal de temperatura en señal eléctrica.

La sonda de temperatura de impulsión se instala después del punto de mezcla, siendo posible su instalación antes o después de la posición de la bomba del circuito de distribución.

#### **15.6.17. Válvula de regulación:**

Se trata de una válvula de tres vías de accionamiento eléctrico de tipo modulante, con caudal de salida fijo y temperatura variable, gobernada mediante señal eléctrica procedente de la centralita de control.

Su función es actuar sobre la temperatura de impulsión de agua de forma que ésta coincida con la temperatura de consigna para impulsión a los circuitos emisores, obtenida a partir de la temperatura exterior.

Es una válvula de tres vías funcionando como válvula mezcladora. Para conseguir un funcionamiento óptimo de la válvula se debe garantizar que la temperatura de impulsión del generador de calor sea igual o superior a la temperatura necesaria de impulsión a los tubos emisores del sistema de suelo radiante.



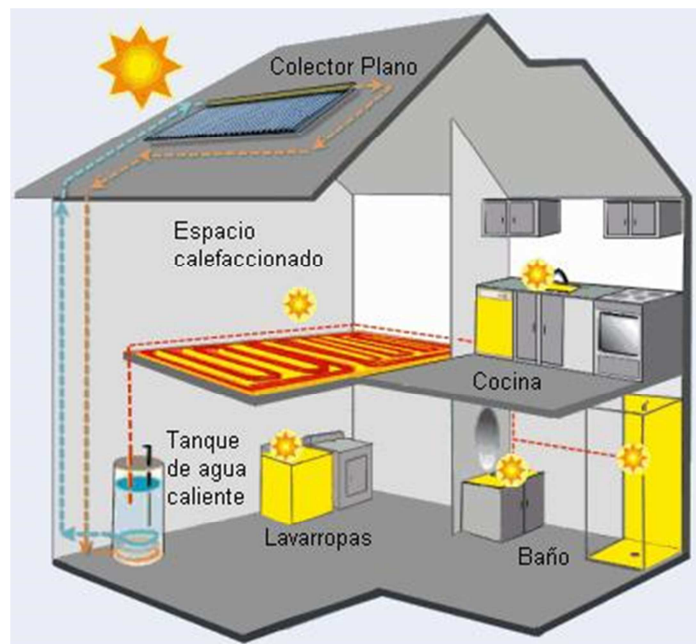
### 15.6.18. Sonda de ambiente:

Con la sonda de temperatura ambiente, se realiza un control de temperatura similar a la utilización de la sonda en la impulsión. La sonda exterior y la sonda ambiente enviarán información a la centralita de regulación, que comparará los dos valores, y dependiendo del resultado enviará una señal al actuador de la válvula de tres vías.

Autoajuste de la temperatura ambiente del local en función de su ocupación.

## 15.7. ESQUEMA BÁSICO DEL SUELO RADIANTE

Como forma sencilla de ver cómo será nuestra instalación, podemos observar la siguiente imagen. De forma abreviada: tendremos el/los captador/es solar/es en el tejado, desde allí las tuberías que transporten el fluido caloportador pasaran por un depósito de inercia ubicado en el garaje y desde allí el agua del suelo radiante transportará la energía térmica por el circuito de suelo radiante.



## 16. CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS:

La carga térmica es la potencia de refrigeración o calefacción que requiere una instalación para mantener unas condiciones interiores dadas. El conocimiento de las cargas térmicas de cada uno de los locales a calefactar es un paso previo para el dimensionamiento de la instalación. Los procesos de cálculo siguen lo especificado en la NBE-CT-79.

La carga térmica de un local indica las pérdidas energéticas (expresadas en W) que deben ser compensadas por el sistema de calefacción para lograr las condiciones interiores de confort deseadas.

La expresión de cálculo de la carga térmica de un local sigue la siguiente expresión:

$$Q = Q_t + Q_v + Q_i$$

Siendo:

$Q$  → Carga térmica de calefacción (W)

$Q_t$  → Carga térmica de transmisión de calor (W)

$Q_v$  → Carga térmica de ventilación (W)

$Q_i$  → Ganancia interna de calor (W)

### 16.1. CARGAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN

Expresa el concepto de pérdidas de calor a través de los cerramientos del local debido a la desigualdad térmica entre el interior y el exterior.

$$Q_t = Q_{to} \cdot (1 + Z_{ls} + Z_o)$$

Siendo:

$Q_{to}$  → Pérdidas por transmisión sin suplementos (W)

$Z_{ls}$  → Suplemento por interrupción de servicio (W)

$Z_o$  → Suplemento por orientación (%)

#### 16.1.1. Pérdidas por transmisión sin suplementos $Q_{to}$ :

Depende de las temperaturas interior y exterior, de la conductividad térmica de los cerramientos del local y de la magnitud de las superficies de transmisión de calor según la expresión:

$$Q_{to} = \sum [K \cdot A \cdot (T_i - T_e)]$$

Siendo:

$K \rightarrow$  Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$A \rightarrow$  Superficie de transmisión de calor del cerramiento ( $m^2$ )

$T_i \rightarrow$  Temperatura interior de diseño del local ( $^\circ C$ ) (Anexo tablas)

$T_e \rightarrow$  Temperatura de cálculo exterior ( $^\circ C$ ) (Anexo tablas)

En el caso de cerramientos compuestos de varias capas con materiales diferentes, el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento se calcula con la siguiente expresión:

$$K = \frac{1}{\left[ \sum \left( \frac{e}{\lambda} \right) + \left( \frac{1}{h_i} \right) + \left( \frac{1}{h_e} \right) \right]}$$

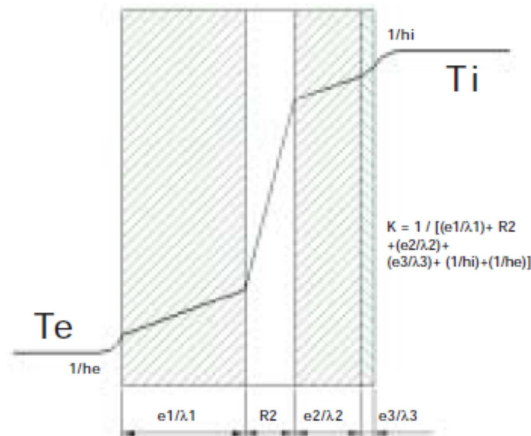
Siendo:

$e \rightarrow$  Espesor de la capa (m)

$\lambda \rightarrow$  Conductividad térmica del material de la capa ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ ) (Anexo tablas)

$h_i \rightarrow$  Coeficiente superficial de transmisión de calor interior ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ ) (Anexo tablas)

$h_e \rightarrow$  Coeficiente superficial de transmisión de calor exterior ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ ) (Anexo tablas)



(Fuente: Uponor)

### 16.1.2. Suplemento de interrupción de servicio:

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local para conseguir las condiciones de confort de diseño tras una interrupción del servicio de calefacción.

Su magnitud  $Z_{ls}$  depende de la clase de servicio (horas al día de interrupción del servicio de calefacción) (Anexo tablas).

### 16.1.3. Suplemento por orientación:

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local debido a la orientación de sus paredes exteriores (Anexo tablas).

### 16.1.4. Cálculo de las cargas por transmisión:

El primer paso a seguir será calcular el coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos (K) que componen la vivienda.

- Tabiques interiores de 0.1 metros de espesor:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W/m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3		0.22	2.038
Fábrica de ladrillo hueco	0.1	0.49			
Enlucido de yeso	0.01	0.3			

- Tabiques interiores de 0.15 metros de espesor:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3		0.22	1.687
Fábrica de ladrillo hueco	0.15	0.49			
Enlucido de yeso	0.01	0.3			

- Tabiques interiores de 0.3 metros de espesor:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3		0.22	1.112
Fábrica de ladrillo hueco	0.3	0.49			
Enlucido de yeso	0.01	0.3			

- Muros exteriores:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3	0.14	0.17	1.241
Fábrica de ladrillo hueco	0.1	0.49			
Cámara de aire	0.1				
Fábrica de ladrillo hueco	0.1	0.49			
Enlucido de yeso	0.01	0.3			

- Suelo:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3	1.9	0.34	0.679
Mortero de cemento	0.02	1.4			
Casetón hormigón	0.35				
Hormigón	0.05	0.33			
Panel con tetones	0.024	0.033			
Mortero de cemento	0.02	1.4			
Gres	0.01	1.3			

- Techo:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Enlucido de yeso	0.01	0.3	0.08	0.14	1.34
Mortero de cemento	0.02	1.4			
Bovedilla cerámica	0.2				
Hormigón	0.05	0.33			
Mortero de cemento	0.05	1.4			
Baldosa	0.01	1.04			

- Puertas y ventanas:

	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m °C)	R (W /m <sup>2</sup> °C)	$\left(\frac{1}{hi}\right) + \left(\frac{1}{he}\right)$	K (W/m <sup>2</sup> °C)
Ventanas					4
Puertas interiores					
Puertas exteriores					4.8

No hemos tenido en cuenta las puertas interiores ya que al dar todas a un local calefactado, posteriormente, en el cálculo de las pérdidas por transmisión sin suplementos,  $T_i - T_e$  resultaría cero, al igual que los tabiques interiores, aunque estos los hemos calculado para demostrar el cálculo del coeficiente de transmisión térmica del cerramiento.

Una vez calculado el K de los cerramientos, ya podemos calcular  $Q_{to}$ , pero para agilizar el proceso sacaremos los suplementos por interrupción de servicio ventilación ( $Z_{is}$ ) y el suplemento por orientación ( $Z_o$ ).

En nuestro caso todos los muros son tabiques o contienen cámaras de aire, calefacción normal y clase de servicio II (Interrupción del servicio de 9 a 11 horas al día). Así el valor de  $Z_{is}$  será 0.08.

$Z_o$  basará su valor en la orientación de las paredes exteriores de cada habitación. Si la habitación es interior este valor será nulo, igual que si, por ejemplo, una habitación tiene dos paredes orientadas una al sur y otra al norte, ya que  $Z_o$  tiene el valor de -0.05 y 0.05 respectivamente.

Circuitos	Orientación	$Z_o$
Sala de estar	SO y NE	0
Cocina	SO	-0.025
Dormitorio principal	SO	-0.025
Baño dormitorio	SO	-0.025
Ropero	Interior	0
Aseo 1	Interior	0
Aseo 2	NE	0.025
Dormitorio 1	SE	-0.025
Dormitorio 2	SE	-0.025
Comedor	NE	
Pasillo	Interior	0

Así, una vez definidos y calculados todos los parámetros necesarios, calcularemos las pérdidas por transmisión sin suplementos ( $Q_{to}$ ) y la carga térmica por transmisión:

Circuitos	$Q_{to}$ (W)	$Q_t$ (W)
Sala de estar	2281.57	2464.09
Cocina	1345.34	1419.33
Dormitorio principal	968.86	1022.15
Baño dormitorio	377.02	397.76
Ropero	218.34	235.8
Aseo 1	8.26	8.92
Aseo 2	587.04	648.68
Dormitorio 1	1004.22	1059.45
Dormitorio 2	1075	1134.87
Comedor	990.15	1069.36
Pasillo	419.56	453.12

## 16.2. CARGAS TÉRMICAS POR VENTILACIÓN

La ventilación es la renovación del aire interior del local con objeto de mantener unas condiciones sanitarias adecuadas dentro del local con objeto de mantener unas condiciones sanitarias adecuadas dentro del local. Puede ser espontánea (infiltraciones a través de rendijas de puertas y ventanas) o forzada. La carga térmica de ventilación es, pues, la pérdida energética derivada de acondicionar térmicamente el aire entrante de acuerdo a la temperatura interior de diseño del local.

El cálculo de la carga por ventilación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_v = n \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1.163 [W]$$

Siendo:

$n \rightarrow$  N° de renovaciones de aire por hora (Anexo tablas)

$V_a \rightarrow$  Volumen del local ( $m^3$ )

$\rho \cdot c_p \rightarrow 0.299$  Kcal /  $m^3$  °C (Densidad por calor específico a presión constante; es una constante)

$T_i \rightarrow$  Temperatura interior de diseño del local (°C) (Anexo tablas)

$T_e \rightarrow$  Temperatura de cálculo exterior (°C) (Anexo tablas)

### 16.2.1 Volumen de los espacios de la casa:

Como dato previo sacaremos el volumen, en m<sup>3</sup>, de todas las habitaciones de la casa, para ello, multiplicaremos la superficie por la altura, que es 2.8 m en toda la planta.

Circuitos	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Dormitorio principal	14	39.2
Dormitorio 1	12.06	33.768
Dormitorio 2	12	33.6
Sala de estar	23	64.4
Comedor	13.1	36.68
Cocina	22.2	62.16
Aseo dormitorio	7.1	19.88
Aseo 1	2.6	7.28
Aseo 2	8.2	22.96
Pasillo	26.4	73.92
Vestidor	5.45	15.26

### 16.2.2. Renovaciones de aire por hora:

En el anexo de tablas se puede ver la tabla con los intervalos de renovaciones de aire. Dependiendo de la habitación que estemos calculando, el número de renovaciones se hará en base al número de personas o a los metros cuadrados de superficie.

La cocina y los baños se calculan en base a su superficie, mientras que las habitaciones, sala de estar y demás se basan en una estimación de ocupantes. Estimaremos una media para cada caso:

	Por persona	Por m <sup>2</sup> de superficie
Dormitorio / Salón	10	-
Aseos, baños	-	8
Cocinas	-	4

Circuitos	Personas	Renovaciones (m <sup>3</sup> / h)	Renovaciones (ren / h)*
Dormitorio principal	2	20	0.51
Dormitorio 1	1	10	0.296



Dormitorio 2	1	10	0.298
Sala de estar	4	40	0.621
Comedor	4	40	1.09
Cocina	-	88.8	1.429
Aseo dormitorio	-	56.8	2.857
Aseo 1	-	20.8	2.857
Aseo 2	-	65.6	2.857
Pasillo	2	20	0.271
Vestidor	1	10	0.655

(\*) Las renovaciones por hora se calculan dividiendo las renovaciones en m<sup>3</sup>/h entre el volumen de la habitación.

### 16.2.3. Temperaturas interiores y exteriores de diseño:

Dependiendo de la estancia de la vivienda, se le asignará una temperatura interior para el cálculo de cargas. Como se puede ver en la tabla del anexo, cada estancia tiene una temperatura asignada, a los baños, el pasillo y el vestidor les corresponde la temperatura de 18 °C mientras que al resto de habitaciones la temperatura será de 30°C.

Las temperaturas exteriores se dan en base a la provincia en que nos ubiquemos. En nuestro caso y para la provincia de Alicante, la temperatura exterior será de 2 °C y la temperatura del terreno de 8 °C.

### 16.2.4. Cálculo de las cargas por ventilación:

Una vez hemos calculado los parámetros necesarios, recurriremos a la ecuación expuesta al principio de este apartado para calcular las cargas. Los resultados serán:

Circuitos	Q <sub>v</sub> (W)
Dormitorio principal	118.23
Dormitorio 1	59.12
Dormitorio 2	59.12
Sala de estar	236.46
Comedor	236.46
Cocina	524.94
Aseo dormitorio	335.77

Aseo 1	57.86
Aseo 2	387.9
Pasillo	11.48
Vestidor	27.82

### 16.3. CARGAS TÉRMICAS POR GANANCIA INTERNA DE CALOR

Los locales a calefactar suelen contar con ganancias internas gratuitas de calor. Será un sumando negativo debido a su carácter de ganancia energética. Han de incluirse cualesquiera aportaciones de una magnitud representativa para el cálculo de la carga térmica del local (Anexo tablas). La ganancia calorífica derivada de la radiación solar incidente no se considera pues este factor será inexistente en la consideración de las condiciones exteriores para cálculo en calefacción.

Estas cargas pueden deberse, por ejemplo, para el número de personas que haya en una estancia, debido al calor corporal. En nuestro caso, y para imaginar el caso más desfavorable, consideraremos estas cargas nulas.

### 16.4. CARGA TÉRMICA TOTAL

La carga térmica total será el resultado de la suma de la carga por transmisión y por ventilación.

Las cargas totales serán:

Circuitos	$Q_t$ (W)	$Q_t$ (W/m <sup>2</sup> )
Dormitorio principal	1140.38	81.46
Dormitorio 1	1118.57	92.75
Dormitorio 2	1193.98	99.5
Sala de estar	2700.55	117.41
Comedor	1305.82	99.68
Cocina	1944.28	87.58
Aseo dormitorio	733.53	103.31
Aseo 1	66.79	25.69
Aseo 2	1036.48	123.39
Pasillo	464.61	17.6
Vestidor	263.62	48.37

## 17. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE:

### 17.1. LOCALIZACIÓN DE LOS COLECTORES

Los colectores se sitúan en un lugar centrado respecto a la zona calefactable a la que dan servicio. Se ha de buscar, dentro de este área centrada, una ubicación que no distorsione el aspecto estético del espacio habitable; es usual localizar los colectores en tabiques de aseos, baños o en fondos de armarios empotrados.

En función del número de circuitos se determina el número de colectores a ubicar en cada planta. Como mínimo se precisa un colector por planta calefactada. Cada colector tiene un máximo de 12 circuitos. En el caso de existir más circuitos emisores se necesita otro colector.

### 17.2. DISEÑO DE CIRCUITOS

Se recomienda que cada local (dormitorio, cocina...) sea calefactado por circuitos independientes. De este modo se posibilita la regulación de temperaturas de cada estancia de forma independiente.

Previo al diseño de circuitos han de medirse las áreas que van a calefactar cada uno de los circuitos. Posteriormente debe medirse la distancia existente entre el área a calefactar y el colector. El cálculo de la longitud  $L$  de cada circuito se determina con la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

Siendo:

$A \rightarrow$  Área a calefactar cubierta por el circuito ( $m^2$ )

$e \rightarrow$  Distancia entre tubos (m)

$l \rightarrow$  Distancia entre el colector y el área a calefactar (m)

La distancia entre tubos ha de ser la misma en todos los circuitos de la instalación. Se recomienda una distancia entre tubos de 20 cm, aunque este valor también puede variar dependiendo del panel escogido para fijar el tubo.

Circuitos	A (m <sup>2</sup> )	l (m)	L (m)
Dormitorio principal	14	6.9	83.8
Dormitorio 1	12.06	12	84.3
Dormitorio 2	12	14.9	89.8
Sala de estar	23	6.6	128.2
Comedor	13.1	2.17	69.84
Cocina	22.2	5.8	122.6
Aseo dormitorio	7.1	6.3	48.1
Aseo 1	2.6	2.6	18.2
Aseo 2	8.2	16.3	73.6
Vestidor	5.45	6.5	40.25

A partir de ahora vamos a omitir el suelo radiante en el pasillo, debido a que los diversos conductos que llevan a las habitaciones desprenden calor, por ello servirán para calefactar las zonas de tránsito.

### 17.3. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

La temperatura media superficial del pavimento ( $T_{ms}$ ) es función únicamente de la demanda térmica, que a efectos de simplificación de cálculos y en lo que sigue consideraremos igual a la carga térmica del local ( $Q$ ) y de la temperatura interior de diseño del local ( $T_i$ ) (Anexo tablas). Se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q [W / m^2] = \alpha \cdot (T_{ms} - T_i)$$

Siendo:

$\alpha \rightarrow$  Coeficiente de transmisión de calor del suelo [ $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ ] (en el rango de temperaturas que nos movemos su valor varía entre 10 y 12  $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ . Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección).

Es conveniente, por motivos de confort del usuario de la instalación, que la temperatura media superficial del pavimento no supere los 30  $^\circ C$ .

Tenemos calculada la carga, sabemos el coeficiente de transmisión de calor del suelo (10  $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ ) y la temperatura interior de diseño. Así, usando la ecuación anterior, aislamos la temperatura media superficial y calculamos, obteniendo:

Circuitos	T <sub>ms</sub> (°C)
Dormitorio principal	27.41
Dormitorio 1	28.43
Dormitorio 2	29.06
Sala de estar	30.67
Comedor	29.06
Cocina	27.96
Aseo dormitorio	29.39
Aseo 1	20.34
Aseo 2	31.22
Vestidor	24.84

#### 17.4. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

El salto térmico entre el agua de impulsión y el de retorno se fija en 10 °C. La magnitud de la temperatura media del agua en las tuberías emisoras (T<sub>ma</sub>) depende de la demanda térmica del local (Q), la temperatura interior de diseño (T<sub>i</sub>) y del coeficiente de transmisión térmica (K<sub>a</sub>) según la fórmula:

$$Q[W / m^2] = K_a \cdot [T_{ma} - T_a]$$

El coeficiente de transmisión térmica de la capa sobre tubos (K<sub>a</sub>), se calcula aplicando la fórmula:

$$K_a [W / m^2 \cdot ^\circ C] = \frac{1}{\left[ \sum \left( \frac{e}{\lambda} \right) + \left( \frac{1}{\alpha} \right) \right]}$$

Siendo:

$e \rightarrow$  Espesor de la capa (m)

$\lambda \rightarrow$  Conductividad térmica del material de la capa (W / m °C) (Anexo tablas)

$\alpha \rightarrow$  Coeficiente de transmisión de calor del suelo [W / m<sup>2</sup> °C] (en el rango de temperaturas que nos movemos su valor varía entre 10 y 12 W / m<sup>2</sup> °C. Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección)

Sabemos que el espesor de la capa de gres es 0.01 metros, calculamos el coeficiente de transmisión térmica de la capa y el resultado es 9.29 W / m<sup>2</sup> °C. Habiendo calculado

anteriormente la carga por metro cuadrado, el resultado de la temperatura del agua será:

Circuitos	T <sub>ma</sub> (°C)
Dormitorio principal	28.03
Dormitorio 1	29.15
Dormitorio 2	29.81
Sala de estar	31.58
Comedor	29.83
Cocina	28.64
Aseo dormitorio	30.19
Aseo 1	22.53
Aseo 2	32.17
Vestidor	25.21

Una vez calculadas las temperaturas, se seleccionará la mayor de ellas, que será la temperatura de impulsión. En nuestro caso, T<sub>imp</sub> = 32.17 °C. La temperatura de retorno es T<sub>imp</sub> - 10, así que tendremos T<sub>ret</sub> = 22.17 °C.

### 17.5. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA

El caudal de agua a través de un circuito de calefacción por suelo radiante es función de la potencia térmica emitida, que suponemos de un valor idéntico a la carga térmica (Q), y del salto térmico entre la impulsión al circuito y el retorno desde éste.

El salto térmico es una constante de valor 10°C, por lo que el caudal es únicamente función de la carga térmica según la expresión:

$$[Q] = m \cdot C_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) [Kcal / h]$$

Siendo:

$m \rightarrow$  Caudal de agua (Kg/h)

$C_v \rightarrow$  Calor específico del agua (1 Kcal / Kg °C)

$T_{imp} - T_{ret} \rightarrow$  Salto térmico impulsión - retorno = 10 °C

Recordar que 1 Kw = 859.84523 Kcal / h

Sabiendo el valor del calor específico del agua, el valor del salto térmico impulsión-retorno y la carga térmica de cada habitación, aislamos el caudal de agua de la ecuación anterior y obtenemos los siguientes resultados:

Circuitos	m (Kg/h)	m (l/h)
Dormitorio principal	135.88	0.0377
Dormitorio 1	197.46	0.0548
Dormitorio 2	245.54	0.0682
Sala de estar	253.41	0.0704
Comedor	130.28	0.0362
Cocina	182.99	0.0508
Aseo dormitorio	111.04	0.0308
Aseo 1	8.39	0.0062
Aseo 2	298.13	0.0828
Vestidor	45.13	0.0125

## 17.6. CÁLCULO DE MONTANTES Y TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN

Para el cálculo de la red de tuberías de conexión entre sala de calderas y colectores debe conocerse el caudal circulante por cada tramo. Una vez conocido este dato se entra en el gráfico de pérdidas de carga y se selecciona la dimensión de la tubería de acuerdo a un límite de pérdida de carga lineal que dependerá de la potencia de bomba disponible. Usualmente este valor de pérdida de carga se fija en 0.2 KPa / m.

Para el cálculo de la tubería de distribución necesitaremos saber el caudal necesario para abastecer la instalación, que será el resultado de la suma de los caudales de cada habitación (circuito). Con este caudal buscamos en el gráfico de pérdidas de carga del fabricante (UPONOR) y determinamos la dimensión de la tubería, en nuestro caso seleccionaremos una tubería de tamaño 32 x 2.9 mm. En este caso las pérdidas de carga serán de 0.0035 KPa/m, pero habrá que multiplicarlas por un factor de corrección. Este factor de corrección es debido a que las gráficas son para una temperatura de 40 °C y, si la temperatura es diferente, se debe multiplicar por el correspondiente factor.

Debido a que cada circuito tiene una temperatura media del agua diferente, usaremos la temperatura de impulsión, que es común a todos, para el cálculo ( $T_{imp} = 32.17$  °C). Para extraer el valor del factor interpolaremos entre 30 y 40 °C según la siguiente expresión:

$$F = F_1 + (F_2 - F_1) / (T_2 - T_1) \cdot (T - T_1)$$

Dando como resultado  $F = 1.218$ .

Recopilando datos, tenemos:

Caudal de impulsión (l/s)	0.4467
Pérdida de carga (KPa/m)	0.1
Factor de corrección	1.218
Pérdida de carga (con factor de corrección) (KPa/m)	1.218
Dimensión de la tubería (mm)	40 x 3.7

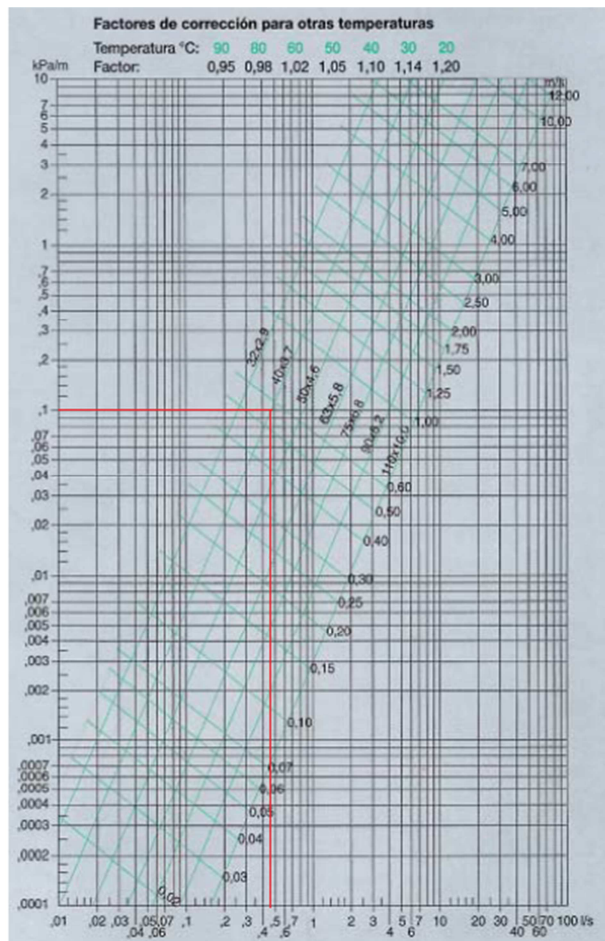


Diagrama de pérdida de carga en tuberías, desde 32x2.9 hasta 110x10 (Fuente: Uponor)



## 17.7. CÁLCULO DE PERDIDAS DE CARGA

Trazando un esquema de la instalación, la pérdida de carga en ésta será la mayor de entre las pérdidas de carga de todos los trazados posibles que puede seguir el agua desde la impulsión del circulador hasta el retorno a éste.

Las pérdidas de carga en circuitos emisores y en montantes y tuberías de distribución se extraen de las gráficas de pérdidas de carga (Anexo tablas). A las pérdidas de carga en las tuberías del trayecto más desfavorable se debe sumar las pérdidas singulares: colectores, codos, derivaciones en T, válvulas,... (Tabla anexos).

### 17.7.1. Pérdida de carga en el circuito de suelo radiante:

El circuito con mayor pérdida de carga será el de la sala de estar (18.74 KPa). El procedimiento para el cálculo de las pérdidas de carga es el mismo que en el cálculo de la tubería de distribución. La diferencia será que en este caso al tener menos caudal, usaremos una gráfica con menores tamaños de tubería. El gráfico es el siguiente:

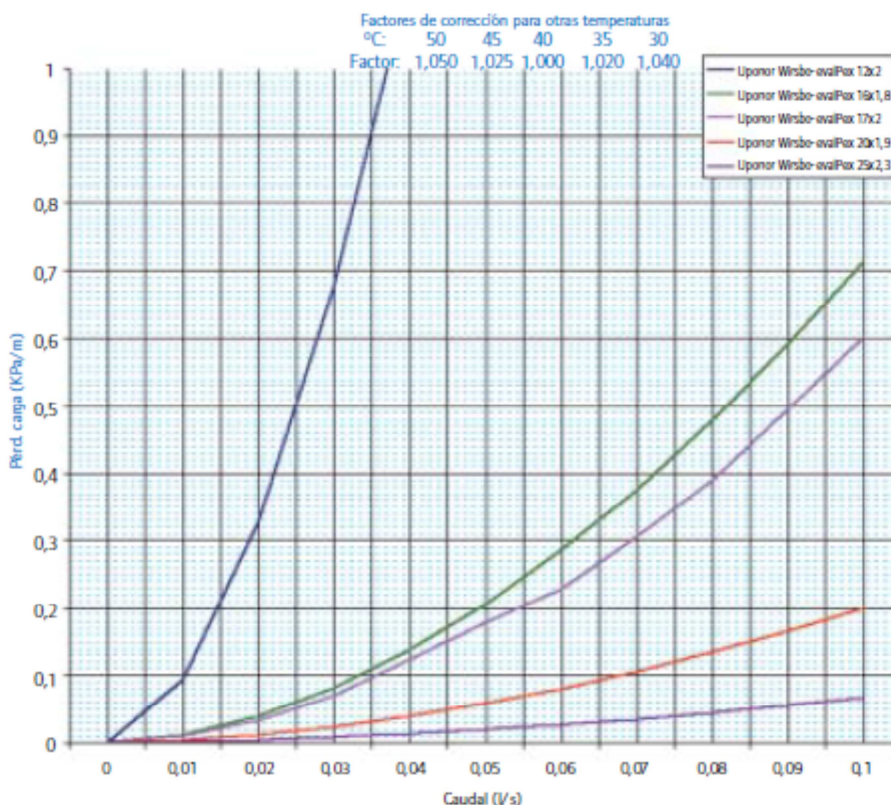


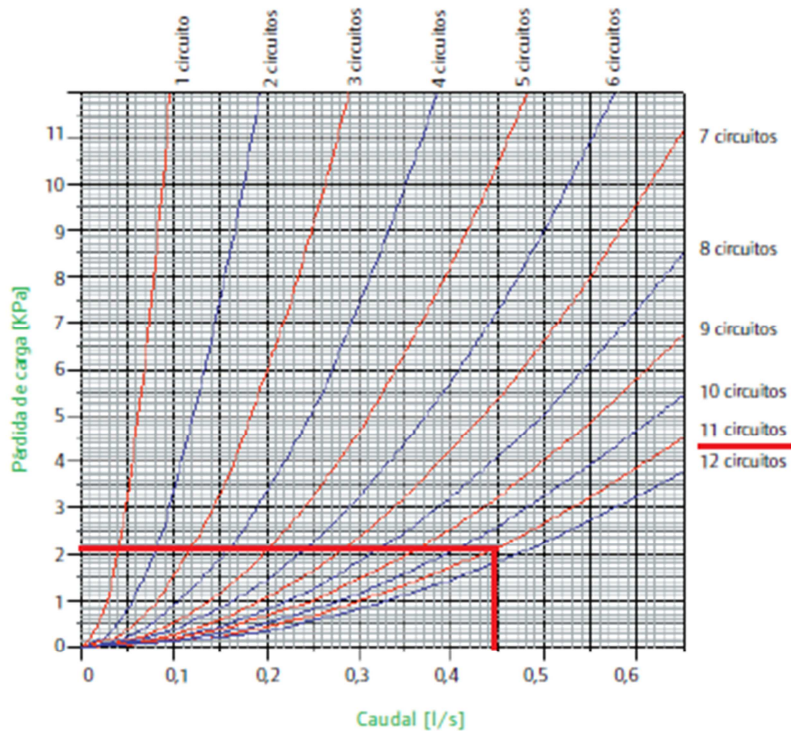
Diagrama de pérdida de carga en tuberías desde 12x2 hasta 25x2.3 (Fuente: Uponor)

Obteniendo los siguientes resultados:

Circuitos	Long. (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga (KPa)	F	Pérdida de carga (x F)	Pérdida de carga total	Dimensión Tubería
Dormitorio principal	83.8	0.0377	0.11	1.218	0.134	11.23	17 x 2
Dormitorio 1	84.3	0.0549	0.075		0.091	7.7	20x1.9
Dormitorio 2	89.8	0.0682	0.1		0.134	10.94	20x1.9
Sala de estar	128.2	0.0704	0.11		0.134	17.18	20x1.9
Comedor	69.84	0.0362	0.1		0.122	8.51	17 x 2
Cocina	122.6	0.0508	0.05		0.0609	7.47	20x1.9
Aseo dormitorio	38.1	0.0308	0.06		0.0731	2.78	17 x 2
Aseo 1	18.2	0.0023	0.02		0.0244	0.44	12x2
Aseo 2	73.6	0.082	0.13		0.1583	11.65	20 x 1.9
Vestidor	40.25	0.0125	0.02		0.0244	0.98	16 x 1.8

### 17.7.2. Pérdida de carga en el colector:

La pérdida de carga debida al colector la extraeremos de la siguiente gráfica:



El colector abastece a 11 habitaciones (circuitos), teniendo un caudal total de 0.4467 l/s, la pérdida de carga en el colector será 2.2 KPa.

### 17.7.3. Pérdida de carga en la tubería de distribución:

Para la tubería de distribución hay que medir en el plano la distancia que hay entre el generador y el colector, multiplicando por 2 esta distancia, ya que, aunque solo haya trazada una línea en el plano, hay que recordar que está la tubería de impulsión y de retorno. Sólo dibuja una línea por simplificar el esquema.

Midiendo obtenemos una distancia de 10 metros, que multiplicando obtenemos 20 metros. El producto de esta distancia por la pérdida de carga, ya calculada anteriormente para este conducto, es de 2.44 KPa, que será la pérdida total en la tubería de distribución.

### 17.7.4. Pérdida de carga por accesorios:

Para el cálculo de pérdidas de carga por accesorios usaremos el método de las longitudes equivalentes. Los elementos a tener en cuenta serán: manguitos de conexión, codos y llaves de corte. La longitud equivalente de estos accesorios tendremos que buscarla para un diámetro de 40 mm.

Para nuestra instalación, el número de accesorios y sus longitudes equivalentes serán (en el anexo de tablas se puede consultar la tabla con todos los diámetros y longitudes equivalentes para los diversos accesorios):

	Nº	Longitud equivalente (m)	Longitud eq. total (m)	Pérdidas de carga (KPa) (*)
Manguito de unión	4	0.09	0.36	0.0395
Codo	10	2.31	23.1	2.5322
Llave de corte	6	6.06	36.36	3.9858
Pérdida de carga por accesorios (KPa)				6.557

(\*) La pérdida de carga en KPa se obtiene multiplicando la longitud equivalente total por la pérdida de carga lineal obtenida anteriormente (0.1096 KPa).

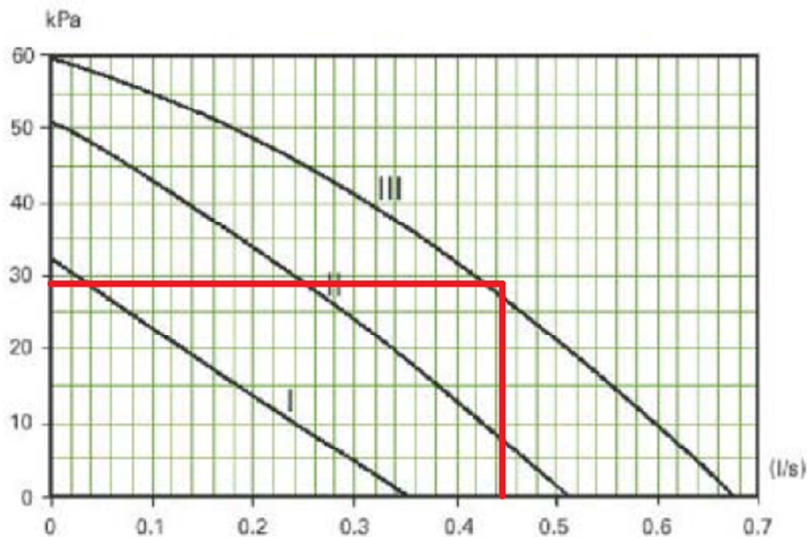
### 17.7.5. Pérdida de carga total:

La pérdida de carga total se obtendrá sumando las pérdidas de carga de los accesorios, el colector, la tubería de distribución y el circuito de suelo radiante.

Suelo radiante	17.2
Tubería de distribución	2.44
Colector	2.2
Accesorios	7.28
TOTAL (KPa)	29.1

### 17.8. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La bomba se selecciona entrando en el gráfico de curvas características y seleccionando la velocidad que quede por encima del punto característico de funcionamiento de la instalación que viene determinado por el caudal y la pérdida de carga.



Grupo de impulsión UPONOR 22N

Según la expresión:

$$P(W) = C \cdot \Delta P$$

Dónde:

$C \rightarrow$  Caudal total del agua ( $m^3/s$ )

$\Delta P \rightarrow$  Pérdida de carga total ( $N/m^2$ )

Nota:  $1 m^3/s = 1000 l/s$  y  $1 KPa = 1000 N/m^2$

El resultado será:

$$P = 29.1 \cdot 0.4476 = 13 \text{ W}$$

En el gráfico se puede ver que el grupo de impulsión puede funcionar a diversas velocidades. Una vez sacado el punto de funcionamiento de nuestro grupo debemos escoger la velocidad, en nuestro caso será III.

### 17.9. SELECCIÓN DEL GRUPO DE IMPULSIÓN

El grupo de impulsión, al mezclar agua del retorno del suelo radiante y de la impulsión del generador térmico, consigue una temperatura de impulsión correcta a los colectores de suelo radiante.

En la imagen se puede observar el esquema de los elementos que componen el grupo de impulsión con centralita de regulación y su conexionado. El número 13 no forma parte del grupo de impulsión con centralita de regulación, es la bomba del primario que bombea el agua desde la máquina integrada hasta el grupo de impulsión.

Debe seleccionarse el tipo de bomba que incorpora y determinar qué tipo de grupo de impulsión se desea. La válvula mezcladora divide la instalación en un circuito primario (desde el generador de calor) y un secundario (desde la válvula mezcladora hasta los circuitos). Debe calcularse el Kv de equilibrado del grupo de impulsión entre primario y secundario. Kv se calculará según la siguiente expresión:

$$K_v = \frac{C_i}{\sqrt{P}} = \frac{0.2774}{\sqrt{0.2}} = 0.62$$

Siendo:

$P$  → Presión disponible en el primario

$C_i$  → Caudal en el primario (m<sup>3</sup>/h)

$$C_i = \frac{Q_i}{\Delta T_i} = \frac{16092}{80 - 22} = 277.4 \text{ l/h} = 0.2774 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dónde:

$Q_i$  → Potencia térmica instalada (Kcal/h)

$\Delta T_i$  → Salto de temperatura en el primario (°C)

$$Q_i = m_t \cdot c_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) = 1609.2 \cdot 1 \cdot 10 = 16092 \text{ Kcal/h}$$

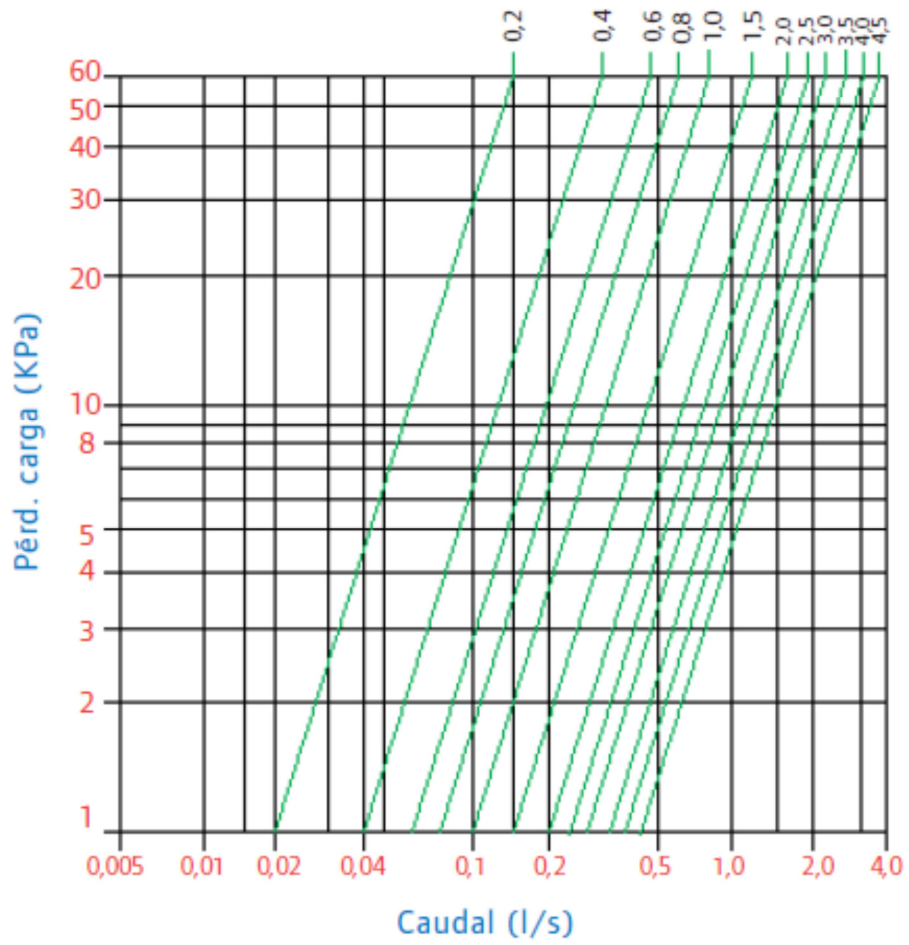
Siendo:

$m_t$  → Caudal total de agua impulsado por el secundario (Kg/h)

$C_p$  → Calor específico del agua (1 Kcal/Kg °C)

$T_{imp} - T_{ret}$  → Salto térmico impulsión-retorno (°C)

La presión disponible en el primario la extraemos de la siguiente tabla, en función del caudal:



Equilibrado de la válvula reguladora (Fuente: Uponor)



## 18. INSTALACIÓN PLACAS SOLARES TÉRMICAS PARA APOYO A LA CALEFACCIÓN:

La instalación de suelo radiante puede funcionar con energías convencionales (gasoil, gas natural...), con el coste que conlleva el adquirir productos de este tipo. La principal idea de la instalación solar térmica es proporcionar una parte de la energía necesaria para cubrir las necesidades de calefacción, ya que es imposible sustentar la instalación de calefacción en energía solar térmica.

Para nuestra instalación consideraremos que los meses en los que se va a utilizar el suelo radiante son desde noviembre hasta abril. El dimensionamiento de la superficie de captación se realizará en base a la climatología de este periodo. Para ello seguiremos los mismos pasos utilizados para el cálculo de la instalación de ACS, cabe decir que las dos instalaciones serán independientes, de modo que en caso de avería una pueda seguir funcionando independientemente de la otra.

Los datos de radiación solar ya han sido calculados en el apartado de ACS, por lo que no hará falta volver a calcularlos.

### 18.1. DEMANDA ENERGÉTICA NECESARIA

Para empezar el cálculo, partimos de la base de cuanta energía será necesaria para calentar la totalidad del agua circulante por el sistema de suelo radiante, para ello calcularemos la cantidad en litros.

#### 18.1.1. Volumen de agua en el suelo radiante:

Para saber el volumen que contendrán las tuberías bastará con saber la sección interior de cada circuito en  $m^2$  y multiplicar por la longitud de este circuito, así, los resultados serán:

Circuitos	D. ext. (m)	Espesor (m)	D. int (m)	Sección ( $m^2$ )	Longitud (m)	Volumen ( $m^3$ )
Dormitorio principal	17	2	13	0.00053	90.7	0.0481
Dormitorio 1	20	1.9	16.2	0.00082	96.3	0.0794
Dormitorio 2	20	1.9	16.2	0.00082	104.7	0.0863
Sala de estar	20	1.9	16.2	0.00082	134.8	0.1111
Comedor	17	2	13	0.00053	72.01	0.0382
Cocina	20	1.9	16.2	0.00082	128.4	0.1058
Aseo dormitorio	17	2	13	0.00053	44.4	0.0236
Aseo 1	12	2	8	0.0002	20.8	0.0042

Aseo 2	20	1.9	16.2	0.0008	89.9	0.0741
Vestidor	16	1.8	12.4	0.00048	46.75	0.0226

Sumando los volúmenes, el total será de 0.593 metros cúbicos, lo que son 593 litros.

Para posteriormente usar el método F-CHART, se requiere que los datos sean mensuales, por ello multiplicaremos esta cantidad por los días de cada mes donde vayamos a usar calefacción.

	Días	Vol. Total (m <sup>3</sup> )
Enero	31	18.39
Febrero	28	16.61
Marzo	31	18.39
Abril	30	17.8
Noviembre	30	17.8
Diciembre	31	18.39

### 18.1.2. Demanda energética:

Recordar que la demanda energética se calculaba según la siguiente expresión

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

Donde se multiplica el volumen a calentar por el calor específico (4.187 J/Kg °C) y por la diferencia de temperatura entre el agua de red y la temperatura que queremos conseguir (35 °C), que será la diferencia entre la temperatura que deseamos obtener y la temperatura del agua de red. Los resultados serán:

	m (m <sup>3</sup> /mes)	ΔT (°C)	Q (MJ/mes)	Qd (MJ/día)
Enero	18.39	29.55	2275.48	73.4
Febrero	16.61	28.55	1985.72	70.9
Marzo	18.39	27.55	2121.47	68.4
Abril	17.8	23.775	1771.72	59.1
Noviembre	17.8	27.55	2053.04	68.4
Diciembre	18.39	28.55	2198.48	70.9



## 18.2. INTENSIDAD ÚTIL

Recordar que la intensidad útil será aquella que llegue al captador solar, de la que éste será capaz de absorber una parte. La expresión para su cálculo será la siguiente:

$$I = \frac{E_{neta} \cdot 1000000}{H_{utiles} \cdot 3600}$$

Donde  $E_{neta}$  será la energía neta que incide sobre el captador solar, resultado de multiplicar la radiación horizontal incidente (en MJ/m<sup>2</sup>) por los correspondientes factores de corrección ya comentados en el apartado 9.4, y  $H_{utiles}$  son el número de horas de sol al día (en segundos).

	$E_{neta}$ (MJ/m <sup>2</sup> día)	$H_{utiles}$	$I$ (W/m <sup>2</sup> )
Enero	12.62	8	438.12
Febrero	15.67	9	483.63
Marzo	19.01	9	586.9
Abril	22.25	9.5	690.55
Noviembre	14.55	8	505.36
Diciembre	11.74	7.5	434.65

## 18.3. ENERGÍA NETA DEL COLECTOR

Si para el agua caliente sanitaria habíamos utilizado un colector solar plano, para el suelo radiante utilizaremos un colector de tubos de vacío. Éstos, pese a ser más caros, tienen un rendimiento más elevado, que es lo que buscamos para la instalación de suelo radiante: mayor captación de energía solar a misma superficie de captación.

Del captador los datos que necesitaremos son:

- Rendimiento óptico del captador:  $\eta_0 = 0.721$
- Coeficiente global de pérdidas del captador:  $a_1 = 0.89 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Coeficiente global de pérdidas del captador:  $a_2 = 0.0199 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Área absorbadora:  $S_c = 2.481 \text{ m}^2$

### 18.3.1. Parámetro $T^*$ :

Este parámetro es independiente del colector elegido, y será el mismo siempre para una ubicación concreta. Es un parámetro característico de la curva de rendimiento de un captador, se mide en  $^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$  y su ecuación es:

$$T^* = \frac{T_m - T_a}{I}$$

El resultado para nuestro caso será:

	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>a</sub> (°C)	I (W/m <sup>2</sup> )	T* (°C m <sup>2</sup> /W)
Enero	35	6.05	438.12	0.066
Febrero	35	6.85	483.63	0.058
Marzo	35	8.25	586.9	0.046
Abril	35	12.925	650.55	0.034
Noviembre	35	9.45	505.36	0.051
Octubre	35	6.55	434.65	0.065

### 18.3.2. Parámetro $\eta_{ec}$ :

Indica el porcentaje de pérdidas del captador debido al incremento de la temperatura. Se calculará según la siguiente expresión:

$$\eta_{ec} = a_1 \cdot T^* + a_2 \cdot T^* \cdot (T_m - T_a)$$

En nuestro caso el resultado será:

	$\eta_{ec}$
Enero	0.0969
Febrero	0.0844
Marzo	0.0648
Abril	0.0451
Noviembre	0.0707
Diciembre	0.0953

### 18.3.3. Rendimiento del colector:

Es el porcentaje de energía incidente que el absorbedor aprovecha.

El rendimiento del colector se calculará según la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_0 - \eta_{ec}$$

Dando como resultado el rendimiento mensual del colector:

	$\eta$
Enero	0.6241
Febrero	0.6366
Marzo	0.6562
Abril	0.6759
Noviembre	0.6503

Diciembre	0.6257
-----------	--------

#### 18.3.4. Aportación solar teórica del colector por m<sup>2</sup>:

Como ya la hemos calculado antes, ya sabemos la energía neta incidente por metro cuadrado. Ahora, conociendo el rendimiento de los captadores calcularemos cuanta de esta energía es absorbida por metro cuadrado. Para ello bastará con multiplicar la energía neta incidente por el rendimiento del colector, resultando:

	Ap/m <sup>2</sup> (MJ/m <sup>2</sup> día)	Ap/m <sup>2</sup> <sub>c</sub> (MJ/m <sup>2</sup> día)	Ap/m <sup>2</sup> <sub>c</sub> (MJ/m <sup>2</sup> mes)
Enero	7.875	7.088	219.714
Febrero	9.975	8.978	251.373
Marzo	12.477	11.229	348.122
Abril	15.038	13.534	406.024
Noviembre	9.465	8.518	255.545
Diciembre	7.343	6.608	204.861

#### 18.4. SUPERFICIE COLECTORA TEÓRICA

Para sacar la superficie colectora teórica máxima, habrá que dividir la demanda energética anual en MJ por la energía neta del colector por m<sup>2</sup> anual:

$$A_{colectora} = \frac{\sum_{i=1}^{n=12} DE_i}{\sum_{i=1}^{n=12} En_{Bi}} = \frac{12405.92}{1685.64} = 7.36m^2$$

Una vez sacada el área colectora máxima, se calculará el n<sup>o</sup> máximo de colectores, para ello basta con dividir el resultado anterior por la superficie absorbadora del captador:

$$N^{\circ} \text{ colectores} = \frac{7.36}{2.481} = .2.97 \approx 2$$

## 19. INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES TÉRMICAS PARA APOYO DE SUELO RADIANTE, COBERTURA SOLAR ANUAL (F-CHART):

Como ya se había dicho en apartado de ACS, para el dimensionado de una instalación solar térmica se sugiere el método de las curvas  $f$  (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método es:

$$f = 1.029 \cdot D_1 - 0.065 \cdot D_2 - 0.245 \cdot D_1^2 + 0.0018 \cdot D_2^2 + 0.0215 \cdot D_1^3$$

### 19.1. PARÁMETRO D1:

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c \cdot F'_r(T\alpha) \cdot R_1 \cdot N$$

Dónde:

$S_c$  → Superficie del captador ( $m^2$ )

$R_1$  → Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área ( $KJ/m^2$ )

$N$  → Número de días del mes

$F'_r(T\alpha)$  → Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F'_r(T\alpha) = F_r(T\alpha)_n \cdot [(T\alpha) / (T\alpha)_n] \cdot (F'_r / F_r)$$

Dónde:

$F_r(T\alpha)_n$  → Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n \rightarrow$  Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0.96 (superficie transparente sencilla) o 0.94 (superficie transparente doble).

$(F'_r / F_r) \rightarrow$  Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0.95.

Usando los parámetros vistos la ecuación para calcular  $D_1$  se puede describir como:

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_a} = \frac{S_c \cdot F'_r(\tau\alpha) \cdot R_1 \cdot N}{Q_a}$$

Calculando obtendremos los siguientes resultados:

	$R_1$ (KJ/m <sup>2</sup> mes)	N	$Q_a$ (KJ/mes)	$D_1$
Enero	12617.81	31	2275482.87	0.584
Febrero	15669.61	28	1985722.4	0.751
Marzo	19015.54	31	2121473.88	0.944
Abril	22248.95	30	1771724.42	1.281
Noviembre	14554.30	30	2053039.24	0.723
Diciembre	11735.43	31	2198478.37	0.562
$Q_a$ (KJ/año)			12405921.2	

## 19.2. PARÁMETRO D2:

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c \cdot F'_r U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Dónde:

$S_c \rightarrow$  Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

$$F'_r U_L = F_r U_L \cdot (F'_r / F_r)$$

Dónde:

$F_r U_L \rightarrow$  Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador).

$t_a$  → Temperatura media mensual del ambiente durante las horas de sol.

$\Delta t$  → Período de tiempo considerado, en segundos.

$K_1$  → Factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación.

$$K_1 = [\text{kg acumulación} / (75 \cdot S_c)]^{-0.25}$$

$$37.5 < (\text{kg acumulación}) / (\text{m}^2 \text{ captación}) < 300$$

$K_2$  → Factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11.6 + 1.18 \cdot t_{ac} + 3.86 \cdot t_r - 2.32 \cdot t_a) / (100 - t_a)$$

Dónde:

$t_{ac}$  → Temperatura mínima requerida del ACS.

$t_r$  → Temperatura del agua de red.

$t_a$  → Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas.

En nuestro caso tendremos:

$$F_r' U_L = 0.89 \cdot 0.95 = 0.8455$$

$$K_1 = \left( \frac{600}{75 \cdot 4.962} \right)^{-0.25} = 0.4$$

Cumpliendo el volumen de acumulación la igualdad:

$$37.5 < \frac{\text{Kg acumulación}}{\text{m}^2 \text{ captador}} < 300$$

$$37.5 < \frac{600}{4.962} < 300$$

$$37.5 < 120.9 < 300$$

$$K_2 = (11.6 + 1.18 \cdot t_{ac} + 3.86 \cdot t_r - 2.32 \cdot t_a) / (100 - t_a)$$

	$K_2$
Enero	0.6376
Febrero	0.6646
Marzo	0.6814
Abril	0.7608
Noviembre	0.6597
Diciembre	0.6699

Finalmente sacamos  $D_2$ :

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_a} = \frac{S_c \cdot F_r U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2}{Q_a}$$

	$t_a$ (°C)	$\Delta t$ (s)	$Q_a$ (J)	$D_2$
Enero	6.05	2678400	2275482870	0.1183
Febrero	6.85	2419200	1985722400	0.1266
Marzo	8.25	2678400	2121473880	0.1325
Abril	12.925	2592000	1771724420	0.1627
Noviembre	9.45	2592000	2053039240	0.1266
Diciembre	6.55	2678400	2198478370	0.128

### 19.3. COBERTURA SOLAR ANUAL

#### 19.3.1. Factor $f$ :

Una vez obtenidos ya  $D_1$  y  $D_2$  y aplicando la ecuación mencionada anteriormente, se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar ( $f$ ), obteniendo:

	$f$
Enero	0.5142
Febrero	0.6355
Marzo	0.7628
Abril	0.9505
Noviembre	0.6157
Diciembre	0.468

### 19.3.2. Energía útil captada:

La energía útil mensual tendrá el valor de:

$$Q_u = f \cdot Q_a$$

	$Q_u$ (KJ/mes)
Enero	1169989.64
Febrero	1261874.56
Marzo	1618246.65
Abril	1683997.44
Noviembre	1264052.95
Diciembre	1092115.12
$Q_u$ (KJ/año)	8090276.36

### 19.3.3. Cobertura solar anual:

$$C..S.A = \frac{\sum_{u=1}^{u=12} Q_u}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a}$$

$$C.S.A = \frac{8090276.36}{12405921.2} = 0.6521$$

La cobertura solar anual resultante es del 65.21 %, sobrepasa un poco el 60 % indicado por el CTE pero se considera válido.



## 20. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE, DIMENSIONADO DEL CIRCUITO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN:

### 20.1. FLUIDO CALOPORTADOR

Como ya hemos visto en el apartado de ACS, el fluido caloportador del circuito primario se compone de agua y anticongelante. El porcentaje de anticongelante se calcula a 5 °C por debajo de la temperatura mínima, en este caso -13 °C. Al igual que en la instalación de ACS, usaremos etilenglicol como líquido anticongelante.

Siguiendo los pasos del apartado 11.1, de los ábacos del etilenglicol extraeremos la concentración en peso, la concentración en volumen, el calor específico, la densidad, la viscosidad y la conductividad térmica.

#### 20.1.1. Concentración en peso:

Consultando el ábaco del etilenglicol, extraemos que a -13 °C la concentración en peso es del 28%.

#### 20.1.2. Concentración en volumen:

Usando la siguiente expresión, calcularemos el porcentaje en volumen de la mezcla:

$$C_v = \frac{100}{1 + \frac{Pe \cdot (100 - C_p)}{C_p}} = \frac{100}{1 + \frac{[1.116 \cdot (100 - 28)]}{28}} = 25.84\%$$

#### 20.1.3. Calor específico:

Del mismo ábaco que el apartado 11.1.3, extraeremos el calor específico del líquido, aunque en este caso en lugar de a 60 será a 35 °C (la temperatura que deseamos obtener):

Para 35 °C,  $c_e = 0.92 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 3849.24 \text{ J/Kg K} = 3.849 \text{ KJ/Kg K}$

Para -13 °C  $c_e = 0.8 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 3347.2 \text{ J/Kg K} = 3.347 \text{ KJ/Kg K}$

Cumple con el CTE, calor específico superior a 3 KJ/Kg K

#### 20.1.4. Densidad:

Para 35 °C,  $\rho = 1.026 \text{ g/cm}^3$ .

Para -13 °C,  $\rho = 1.014 \text{ g/cm}^3$ .

#### 20.1.5. Viscosidad:

Para 35 °C,  $V = 1.3 \text{ centipoises} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Para -13 °C,  $\nu = 6 \text{ centipoises} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

#### 20.1.6. Conductividad térmica:

Para 35 °C,  $\lambda = 0.355 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

Para -13 °C,  $\lambda = 0.351 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

## 20.2. CIRCUITO HIDRÁULICO

El fin de este apartado es dimensionar el diámetro de las tuberías que conformaran el circuito primario, transportando el fluido caloportador desde el acumulador hasta los colectores y viceversa. Se calcularán las pérdidas de carga del circuito, necesarias para determinar el diámetro de las tuberías.

### 20.2.1. Caudal de tuberías de retorno y salida:

El CTE establece un caudal de entre 50 y 70 l/h para el circuito primario, en este caso el fabricante especifica un caudal de 50 l/h por metro cuadrado de captador. Así, teniendo dos captadores con un área absorbente de  $2.481 \text{ m}^2$ , el caudal en  $\text{m}^3/\text{h}$  será:

$$Q = \frac{50 \text{ l/h} \cdot 4.962 \text{ m}^2}{1000 \text{ l}} = 0.248 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 20.2.2. Diámetro de la tubería:

Para calcular el diámetro interior de la tubería usaremos la siguiente expresión:

$$D = j \cdot Q^{0.35}$$

Dónde  $j$  es una constante de los materiales metálicos que vale 2.2.

Con el caudal antes calculado, el resultado del diámetro será:

$$D = 2.2 \cdot 0.248^{0.35} = 1.35 \text{ cm} = 13.5 \text{ mm}$$

En un primer cálculo, el diámetro será de 13.5 mm. Este es un valor no normalizado, por lo que debemos recurrir a la norma UNE EN 1057. En la tabla 3 de dicha norma se dan los diámetros normalizados para tuberías, buscando el diámetro inmediatamente superior a 13.5 mm encontramos 13.6 mm. Las medidas de la tubería serán:

$$D_i = 13.6 \text{ mm}$$

$$D_e = 15 \text{ mm}$$

Posteriormente calcularemos la pérdida de carga lineal de esta tubería, si sobrepasa los 40 mmca de pérdidas que establece el CTE, deberemos recalculamos con el diámetro inmediatamente superior.

### 20.2.3. Velocidad del fluido dentro de la tubería:

Se usará la expresión:

$$v = \frac{Q}{A_{\text{int}}} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D_{\text{int}}^2}{4}} = \frac{0.248}{\frac{\pi \cdot 0.0136^2}{4}} = 1707 \frac{m}{h} = 0.474 \frac{m}{s}$$

Dónde:

$Q \rightarrow$  Caudal ( $m^3/h$ )

$D_{\text{int}} \rightarrow$  Diámetro interior de la tubería (m)

### 20.2.4. Pérdida de carga lineal:

En primer lugar calcularemos el número de Reynolds (Re), para saber si el fluido trabaja en régimen laminar o turbulento. Recordar que si:

- $Re < 2000$ , régimen laminar.
- $2000 < Re < 4000$ , régimen de transición.
- $Re > 4000$ , régimen turbulento.

La fórmula para calcular Re es:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Dónde:

$D \rightarrow$  Diámetro de la tubería (m).

$v \rightarrow$  Velocidad del fluido (m/s).

$\rho \rightarrow$  Densidad del fluido a 35 °C ( $Kg/m^3$ ).

$$\rho = 1.026 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{100cm}{1m} \cdot \frac{1kg}{1000g} = 1026 \frac{kg}{m^3}$$

$\mu \rightarrow$  Viscosidad del fluido a 35 °C ( $N \cdot s/m^2$ ).

$$\mu = 1.3 \text{centipoises} \cdot \frac{1 \text{poise}}{100 \text{centipoises}} \cdot \frac{0.1N \cdot s}{1 \text{poise} \cdot m^2} = 0.0013 \frac{N \cdot s}{m^2}$$

Calculando Re:

$$Re = \frac{0.0136 \cdot 0.474 \cdot 1026}{0.0013} = 5088 \rightarrow \text{Régimen turbulento}$$

Es importante calcular el número de Reynolds, ya que si nos encontráramos en régimen laminar, usaríamos el diagrama de Moody para extraer el coeficiente de fricción (f). Como nos encontramos en régimen turbulento, este coeficiente dependerá de la rugosidad relativa:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Siendo:

$\varepsilon \rightarrow$  Rugosidad del cobre (0.0015 mm).

$$\varepsilon_r = \frac{0.0015}{0.0136} = 0.11$$

Una vez obtenida la rugosidad relativa podemos calcular el coeficiente de fricción usando la ecuación de Von Karman:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3.7}\right)$$

Aislando f y calculando el resultado es 0.11.

Finalmente, calculamos la pérdida de carga lineal mediante la ecuación Darcy-Weisbach:

$$h_{pl} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

Siendo:

$g \rightarrow$  Aceleración de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>).

$$h_{pl} = 0.11 \cdot \frac{1 \cdot 0.474^2}{0.0136 \cdot 2 \cdot 9.8} = 0.0927 \frac{mca}{mlineal} = 92.7 \frac{mmca}{mlineal}$$

El resultado da una pérdida de 92.7 mmca / m lineal, el CTE, limita las pérdidas de carga lineales a 40 mmca / m lineal. Al no cumplir con este diámetro, deberemos probar con el diámetro inmediatamente superior hasta que cumpla la pérdida de carga. Finalmente, el diámetro que cumple con las pérdidas de carga es:

$$D_i = 16 \text{ mm}$$

$$D_e = 18 \text{ mm}$$

### 20.2.5. Selección de diámetros y pérdidas de carga en tuberías:

Hay que tener en cuenta que el fabricante especifica que las conexiones al captador son de un diámetro de 22 mm, por lo que la tubería que entre y salga del captador

deberá tener este tamaño. Consultando en la norma UNE EN 1057, la tabla de diámetros normalizados, escogemos la siguiente tubería:

$$D_i = 16 \text{ mm}$$

$$D_e = 18 \text{ mm}$$

Como se puede ver en el plano del circuito primario en el anexo, el circuito se divide en varios tramos. En cada tramo se calculará:

- La velocidad del fluido.
- La pérdida de carga lineal en base a la velocidad del fluido usando la siguiente ecuación:

$$h_{pl} = 1000 \cdot P \cdot \frac{v^{1.75}}{D^{1.25}}$$

Siendo:

$P \rightarrow$  Coeficiente adimensional ( $570 \times 10^{-6}$  para el cobre).

- La pérdida de carga lineal total del tramo, basta con multiplicar  $h_{pl}$  por la longitud del tramo.
- Finalmente sacaremos la pérdida de carga acumulada, a cada tramo se le sumará la pérdida de carga de los tramos anteriores.

Los resultados obtenidos serán:

Tramo	Longitud (m)	L.M* (m)	$D_i$ (mm)	$D_e$ (mm)	V (m/s)	$h_{pl}$ (mmca/m)	$h_{pl}$ tramo (mmca/m)	$h_{pl}$ acumulado (mmca/m)
1 – 2	18.91	22.69	20	22	0.219	5.33	121.03	121.03
2 – 3	0.48	0.58	16	18	0.343	15.39	8.87	129.9
3 – 4	1.43	1.72	16	18	0.343	15.39	26.42	156.32
4 – 5	10.62	12.74	20	22	0.219	5.33	67.97	224.29

(\*) Longitud mayorada: la longitud de los tramos se aumenta en un 20 % para el cálculo, debido a que en el proceso de montaje de la instalación pueden haber pequeñas desviaciones del trazado.

#### 20.2.6. Pérdida de carga por accesorios ( $\Delta p_{\text{accesorios}}$ ):

En este apartado se calcularán las pérdidas de carga relacionadas con los diversos accesorios que pueden encontrarse en un circuito: válvulas, codos...

El método de cálculo que se ha utilizado es el de las longitudes equivalentes. En él, a cada accesorio se le da una longitud en mmca, dependiendo del diámetro, si éste

aumenta la pérdida también y viceversa. Para calcular la pérdida total bastará con multiplicar la cantidad de accesorios por su longitud equivalente y luego sumarlos.

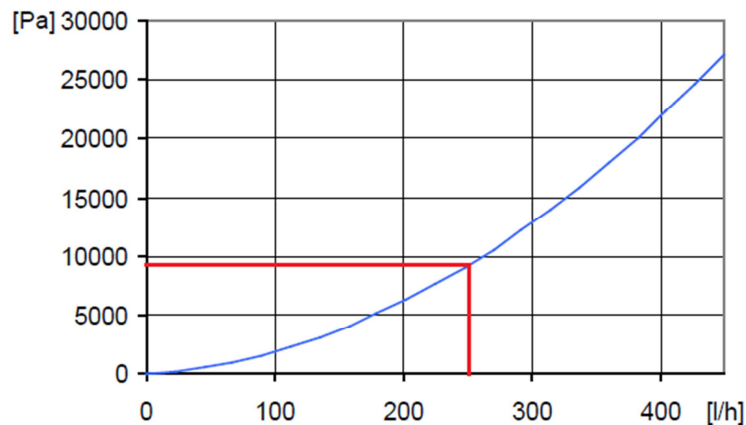
En la siguiente tabla se muestran los valores de pérdida de carga:

TABLA DE PERDIDA EN ACCESORIOS longitud equivalente en metros				
Diametro	fálv. Retenciói	Codos	T 90*	Válv. Esfera
12	1,200	0,370	0,530	0,150
15	1,500	0,420	0,600	0,180
18	1,800	0,480	0,670	0,210
22	2,400	0,610	0,900	0,270
28	3,600	0,790	1,100	0,300
35	4,200	1,000	1,520	0,460
42	4,800	1,200	1,750	0,540
54	6,100	1,500	2,200	0,700
63	7,600	1,800	2,650	0,850
80	9,100	2,300	3,350	0,980
100	10,700	2,700	3,900	1,200

(Fuente: Projecta't)

### 20.2.7. Pérdida de carga en el captador:

En la ficha técnica del fabricante se proporciona la gráfica de pérdidas en base al caudal.



En nuestro caso, para un caudal de 248 l/h, tendremos unas pérdidas de 9000 Pa, que transformándolos a mmca, nos da el valor de 917 mmca.

### 20.2.8. Pérdida de carga en el intercambiador ( $\Delta p_{\text{intercambiadores}}$ ):

Este valor se suele dar cuando el intercambiador es exterior, pero en nuestro caso, al ir dentro del acumulador, no tenemos el valor de la pérdida de carga. Sin embargo, en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE se recomienda un valor de 3 mca para los intercambiadores. Por lo tanto, éste será el valor de la pérdida de carga en el intercambiador.

### 20.2.9. Altura geométrica ( $H_{geométrica}$ ):

Será la diferencia entre el punto más alto y el más bajo de la instalación. Como podemos ver en los planos,

Por simple trigonometría, calculamos la altura del triángulo formado por la placa respecto al suelo, siendo el resultado metros.

### 20.2.10. Pérdida de carga total en el circuito primario:

La pérdida de carga en la instalación será la suma de las pérdidas de carga de los distintos elementos:

$$\Delta P_{instalación} = \Delta P_{t+a} + \Delta P_{colectores} + \Delta P_{intercambiadores}$$

$\Delta P_t$	$\Delta P_a$	$\Delta P_{colectores}$	$\Delta P_{intercambiadores}$	$\Delta P_{instalación}$
0.632	0.064	0.917	3	4.613

La pérdida de carga total (en mca) será la suma de la pérdida de carga de la instalación y la altura geométrica:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{instalación} + H_{geométrica}$$

$\Delta P_{instalación}$	$H_{geométrica}$	$\Delta P_{total}$
4.613	11.17	15.78

## 20.3. VOLUMEN CIRCUITO PRIMARIO:

Para poder diseñar el vaso de expansión es necesario conocer el volumen que circula por el circuito primario. Este volumen será la suma del líquido que puede almacenar el captador solar, el volumen que cabe en la red de tuberías y el volumen que almacena el intercambiador.

Para el intercambiador y el acumulador, la capacidad viene especificada en la ficha técnica del producto, almacenando el colector y el intercambiador 2 y 2.9 litros respectivamente.

La capacidad de las tuberías se determina simplemente calculando la sección interior del tubo en  $m^2$  y pasando las unidades a l/m.

D <sub>i</sub> (mm)	Espesor (mm)	Vol. Unitario (l/m)	Longitud (m)	Volumen (l)
16	1	0.201	35.44	7.12
20	1	0.314	2.29	0.72

Sumando el volumen del captador, el intercambiador y las tuberías, el volumen total es de 9.14 litros.

#### 20.4. VASO DE EXPANSIÓN:

El vaso de expansión es necesario para absorber las dilataciones del fluido que circula por el circuito hidráulico. Según la normativa, las instalaciones solares térmicas deben poseer obligatoriamente un vaso de expansión cerrado.

Este vaso de expansión debe almacenar el llamado volumen nominal ( $V_N$ ), volumen que tendrá en cuenta la dilatación del fluido caloportador que se calcula con la siguiente expresión:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_K) \cdot (P_e + 1)}{P_e - P_{st}}$$

Dónde:

$V_N$  → Volumen nominal del depósito de expansión de membrana (l).

$V_V$  → Reserva de seguridad (l):

$$V_V = 0.005 \cdot V_A$$

Siendo:

$V_A$  → Volumen de fluido de la instalación (9.14 l).

$$V_V = 0.005 \cdot 9.14 = 0.0457 \text{ l}$$

$V_2$  → Aumento del volumen con el calentamiento de la instalación:

$$V_2 = V_A \cdot \beta$$

Siendo:

$\beta$  → Coeficiente de expansión que depende del glicol. Si no se tienen datos se supone un valor de 15 %, que es el más habitual.

$$V_2 = 9.14 \cdot 0.15 = 1.37 \text{ l}$$



$z \rightarrow$  N° colectores.

$V_K \rightarrow$  Capacidad del colector (l).

$P_e \rightarrow$  Sobrepresión final admisible (bar):

$$P_e = P_{si} - 0.1 \cdot P_{si}$$

Siendo:

$P_{si} \rightarrow$  Presión de escape de la válvula de seguridad (10 bar).

$$P_e = 10 - 0.1 \cdot 10 = 9 \text{ bar}$$

$P_{st} \rightarrow$  Presión inicial del nitrógeno del depósito de expansión (bar).

$$P_{st} = 0.7 + 0.1 \cdot h$$

Siendo:

$h \rightarrow$  Altura estática de la instalación (m), es la diferencia de altura entre el punto más alto del campo de colectores y el depósito de expansión.

$$P_{st} = 0.7 + 0.1 \cdot (11.17) = 1.8 \text{ bar}$$

Finalmente:

$$V_n = \frac{(0.0457 + 1.37 + 2 \cdot 1.3) \cdot (9 + 1)}{9 - 1.8} = 5.58 \text{ l}$$

## 20.5. BOMBA HIDRÁULICA:

Para escoger la bomba, debemos saber cuál es la pérdida total de carga, que es la que debe compensar, estas pérdidas. Esta bomba debe poseer una determinada potencia para impulsar el fluido, esta potencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = Q \cdot \Delta P$$

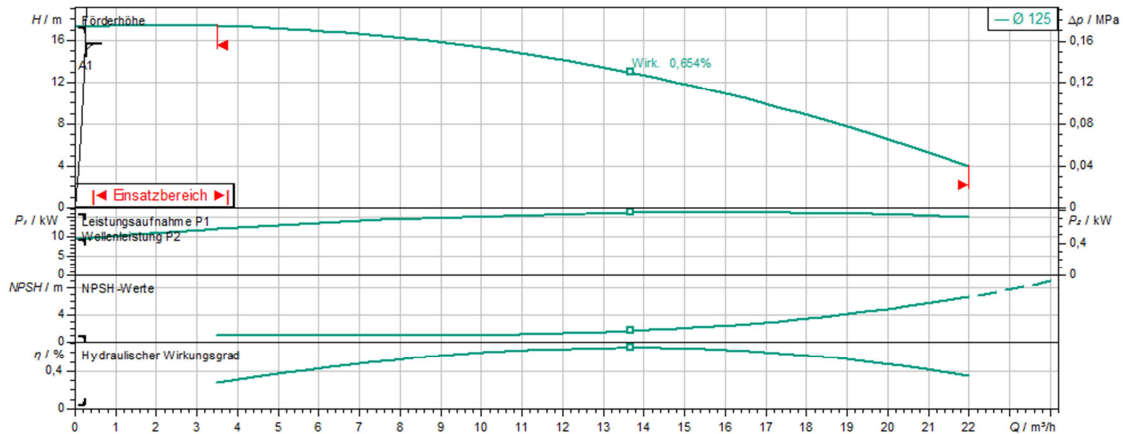
Dónde:

$P \rightarrow$  Es la potencia en W.

$Q \rightarrow$  El caudal en m<sup>3</sup>/s.

$\Delta P \rightarrow$  La pérdida de carga, en N/m<sup>2</sup>.

Algunas empresas disponen de programas informáticos para seleccionar la bomba, por ello y para ahorrar tiempo hemos empleado uno de la empresa Wilo. El resultado nos da a elegir una serie de bombas, elegimos una de ellas, la BAC40/125-0.75/2 IE2, cuyas curvas características se pueden observar a continuación:



## 20.6. AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS:

Para el aislamiento de las tuberías del circuito primario, recurriremos al RITE, en su apartado IT 1.2.4.2.1, se dan las especificaciones para el aislamiento de tuberías.

Se proponen dos procedimientos, el simplificado y el alternativo, nosotros usaremos el método simplificado.

En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamientos térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0.04 W / (m·K), y para tuberías que transportan fluidos calientes en exteriores, deben ser los indicados en la siguiente tabla:

<b>Tabla 1.2.4.2.4 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios.</b>			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	50	45	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

Mientras que para los tramos que circulen por el interior del edificio:

<b>Tabla 1.2.4.2.3 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios.</b>			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	30	25	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Para superficies circulares usaremos la siguiente ecuación:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ e^{\left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln\left( \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right) \right)} - 1 \right]$$

Dónde:

$\lambda_{ref}$  → Conductividad térmica de referencia: 0.04 W / (m·K).

$\lambda$  → Conductividad térmica del material empleado.

$d_{ref}$  → Espesor mínimo de referencia a 60 °C (mm).

$d$  → Espesor mínimo del material empleado (mm).

$D$  → Diámetro interior del aislante (mm).

Para la tubería de 22 mm (tramo exterior), el valor del aislante será:

$$d_{1ext} = \frac{22}{2} \left[ e^{\left( \frac{0.035}{0.04} \cdot \ln\left( \frac{22+2 \cdot 40}{22} \right) \right)} - 1 \right] = 31.1mm$$

Mientras que para el tramo que circula por el interior de la vivienda:

$$d_{1int} = \frac{22}{2} \left[ e^{\left( \frac{0.035}{0.04} \cdot \ln\left( \frac{22+2 \cdot 20}{22} \right) \right)} - 1 \right] = 16.23mm$$

Para la tubería de 18 mm (exterior):

$$d_2 = \frac{18}{2} \left[ e^{\left( \frac{0.035}{0.04} \cdot \ln\left( \frac{22+2 \cdot 40}{14} \right) \right)} - 1 \right] = 42.1mm$$

El RITE especifica que los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento todo el año, como redes de ACS, deben ser los indicados en las tablas aumentados en 5 mm.

De esta forma:

$$d_{1\text{ ext}} = 31.1 + 5 = 36.5\text{mm}$$

$$d_{1\text{ int}} = 29.35 + 5 = 34.35\text{mm}$$

$$d_2 = 42.1 + 5 = 47.1\text{mm}$$

# DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

---

## **1. REQUISITOS GENERALES:**

### **1.1. FLUIDO DE TRABAJO**

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

### **1.2. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS**

#### **1.2.1. Generalidades:**

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.
2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

#### **1.2.2. Mezclas anticongelantes:**

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (\*). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ / (kgK), equivalentes a 0,7 kcal/(kg °C), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

#### **1.2.3. Recirculación del agua del circuito:**

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo está en movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario, cuando la temperatura detectada preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

#### **1.2.4. Drenaje automático con recuperación del fluido:**

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado a un depósito, para su posterior uso, cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

El sistema de control actuará sobre la electroválvula de drenaje cuando la temperatura detectada en captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido.

El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

#### **1.2.5. Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados):**

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado al exterior cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

### **1.3. SOBRECALENTAMIENTOS**

#### **1.3.1. Protección contra sobrecalentamientos:**

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (contenido en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l) se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionela. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.



### **1.3.2. Protección contra quemaduras:**

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

### **1.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas:**

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

## **1.4. RESISTENCIA A PRESIÓN**

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

## **1.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO**

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

## **1.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS**

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

## 2. CONFIGURACIONES BÁSICAS:

### 2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:

- El principio de circulación.
- El sistema de transferencia de calor.
- El sistema de expansión.
- El sistema de energía auxiliar.
- La aplicación.

Por el principio de circulación se clasificarán en:

- Instalaciones por termosifón o circulación natural.
- Instalaciones por circulación forzada.

Por el sistema de transferencia de calor:

- Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor.
- Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar.
- Sumergido.
- De doble envoltente.
- Instalaciones con intercambiador de calor independiente.

Por el sistema de expansión:

- Sistema abierto.
- Sistema cerrado.

Por el sistema de aporte de energía auxiliar:

- Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.
- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual.
- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado.
- Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos.

Sistema de energía auxiliar en línea centralizado

- Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.
- Sistema de energía auxiliar en paralelo.

Por su aplicación:

- Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria.
- Instalaciones para usos industriales.
- Instalaciones para calefacción.

- Instalaciones para refrigeración.
- Instalaciones para climatización de piscinas.
- Instalaciones de uso combinado.
- Instalaciones de precalentamiento.

### **3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO:**

#### **3.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO**

##### **3.1.1. Datos de partida:**

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

Condiciones de uso:

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente.
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.
- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar.

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60 %.

### 3.1.2. Dimensionado básico:

El dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes "x" = (Energía solar aportada el mes "x" / Demanda energética durante el mes "x") × 100.

Fracción solar año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Demanda energética durante el año "y") × 100.

Rendimiento medio año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Irradiación incidente año "y") × 100.

Irradiación incidente año "y" = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año "y".

Irradiaciones incidentes en el mes "x" = Irradiación en el mes "x" × Superficie captadora.

El concepto de energía solar aportada el año "y" se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas,

fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares medias mensuales y anual.
- El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en el RITE.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el caso de A.C.S. se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V / A < 180$$

Donde A será el área total de los captadores, expresada en m<sup>2</sup>, y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M:  $V = M$ .

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

Para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma se recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m<sup>2</sup> y 50 l/m<sup>2</sup>.

## **3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN**

### **3.2.1. Generalidades:**

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

A efectos de este PCT, será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

### 3.2.2. Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica:

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación,  $\beta_{opt}$ , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación, siguiendo el procedimiento especificado en el Anexo V.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor, con el fin de favorecer la autolimpieza de los captadores. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

### 3.2.3. Conexionado:

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La superficie de una fila de captadores conexionados en serie no será superior a 10 m<sup>2</sup>. En caso de algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante. En el caso de A.C.S., el número de captadores conexionados en serie no será superior a lo fijado en la sección H4 ("Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria") del Código Técnico de la Edificación.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

### 3.2.4. Estructura soporte:

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de  $s_k$  (carga de nieve) y  $v_m$  (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de  $s_k$  y  $v_m$  determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

### 3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

#### 3.3.1. Generalidades:

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionela. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionela.

Aun cuando los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado, se cumplirán los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio en el apartado 3.4.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup> deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

#### 3.3.2. Situación de las conexiones:

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.

b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos



para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

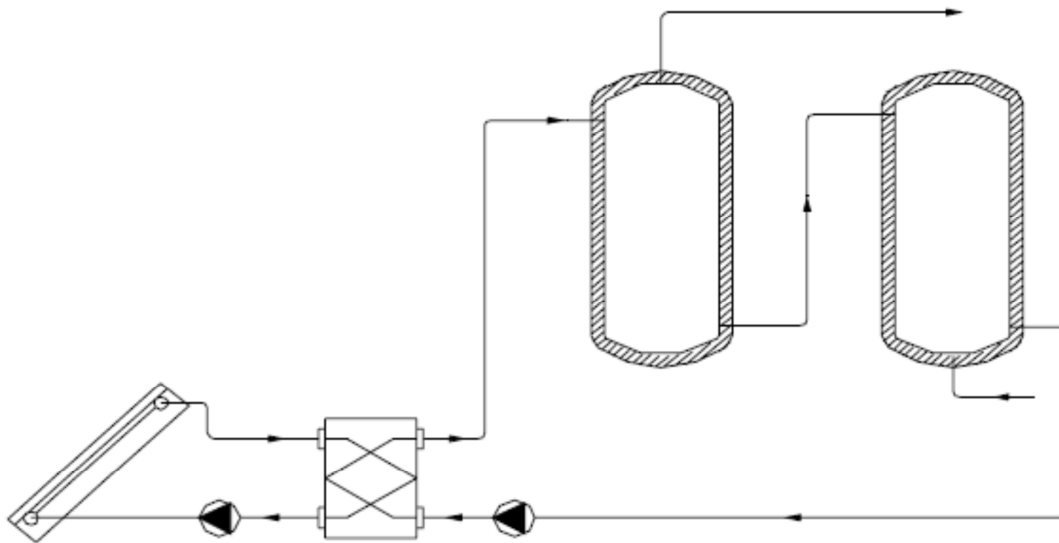
Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

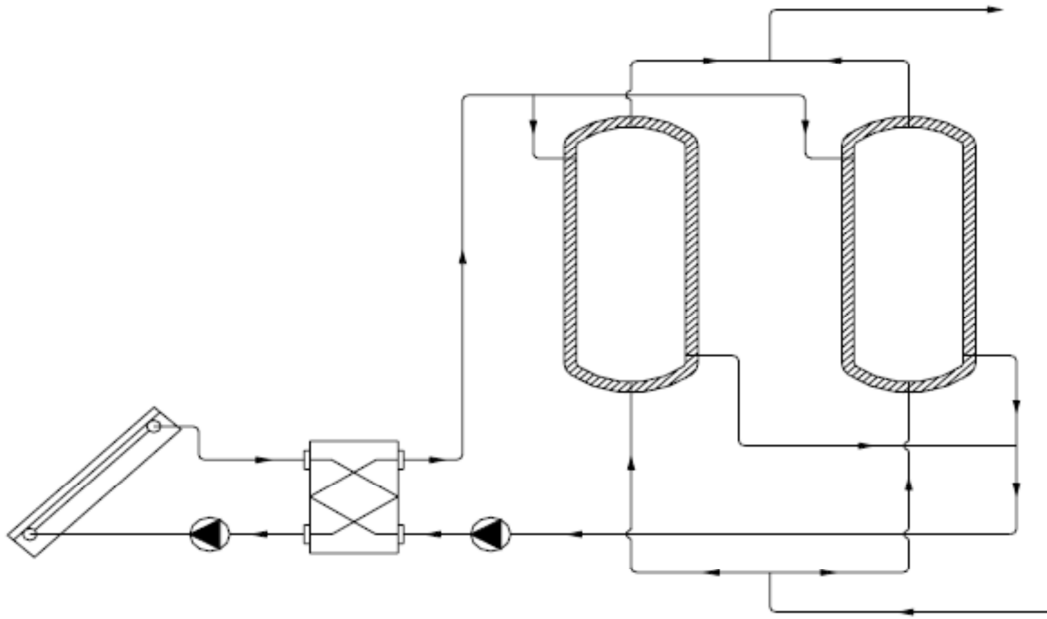
### 3.3.3. Varios acumuladores:

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la figura.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.



Conexión en serie invertida con el circuito de consumo.



Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado.

#### 3.3.4. Sistema auxiliar del acumulador solar:

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden (excepto en los casos de producción de A.C.S. y climatización de piscinas), se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

1. Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.
2. Volumen total máximo de 2000 litros.
3. Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.
4. Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
5. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el

75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.

6. Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

7. No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de A.C.S.

Para los equipos prefabricados que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

### **3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO**

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente,  $P$ , en vatios, en función del área de captadores  $A$ , en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S. se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea

o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

### **3.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO**

#### **3.5.1. Generalidades:**

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

### **3.5.2. Tuberías:**

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

### **3.5.3. Bombas:**

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

### **3.5.4. Vasos de expansión:**

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

### **3.5.5. Purga de aire:**

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga

constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

#### **3.5.6. Drenaje:**

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

### **3.6. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL**

Es muy importante, en instalaciones que funcionen por circulación natural, el correcto diseño de los distintos componentes y circuitos que integran el sistema, de forma que no se introduzcan grandes pérdidas de carga y se desfavorezca la circulación del fluido por termosifón. Para esto se recomienda prestar atención a:

- El diseño del captador y su conexionado. Preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos.
- El trazado de tuberías. Deberá ser de la menor longitud posible, situando el acumulador cercano a los captadores. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a DN15. En general, dicho diámetro se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.
- El sistema de acumulación. Depósitos situados por encima de la batería de captadores favorecen la circulación natural. En caso de que la acumulación esté situada por debajo de la batería de captadores, es muy importante utilizar algún tipo de dispositivo que, sin introducir pérdidas de carga adicionales de consideración, evite el flujo inverso no intencionado.

### **3.7. REQUISITOS ESPECÍFICOS ADICIONALES PARA SISTEMAS DIRECTOS**

No están permitidos los sistemas directos para las aplicaciones de A.C.S.

Para otras aplicaciones tampoco podrán instalarse sistemas directos en zonas con riesgo de heladas.

Siempre que se opte por un sistema directo se aportará documentación, obtenida en el Instituto Nacional de Meteorología u otra entidad similar, en la que se demuestre que la zona donde se va a realizar la instalación no tiene riesgo de heladas.

### **3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR**

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
2. En caso de aceptarse, de acuerdo con el punto 3.3.4, la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, sólo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional (ver 3.3.4) cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario. La documentación a entregar al usuario deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar y deberá ser previamente aprobada por el IDAE.
3. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.
4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:
  - Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
  - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

En caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual.

Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup> la potencia podrá ser de 1500 W. En el caso de resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 W por metro cuadrado y hasta 750 W para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup>.

### **3.9. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL**

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro

que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación... o por combinación de varios mecanismos.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

### **3.10. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de red

Opción 2:

- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura de captadores
- Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

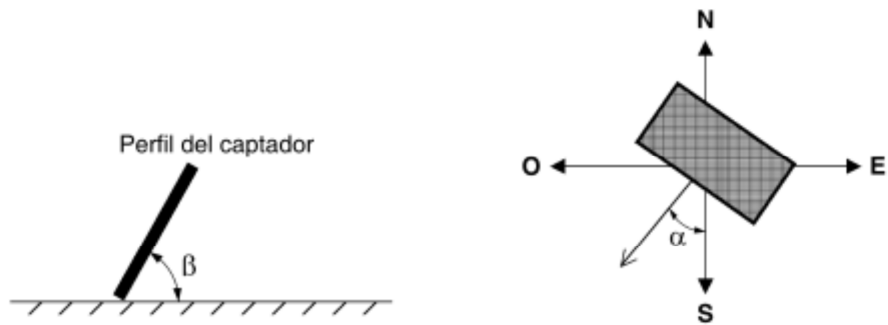
## **4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN:**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación,  $\beta$ , definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es 0° para captadores horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de azimut,  $\alpha$ , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para captadores orientados al Sur, -90° para captadores orientados al Este y +90° para captadores orientados al Oeste.

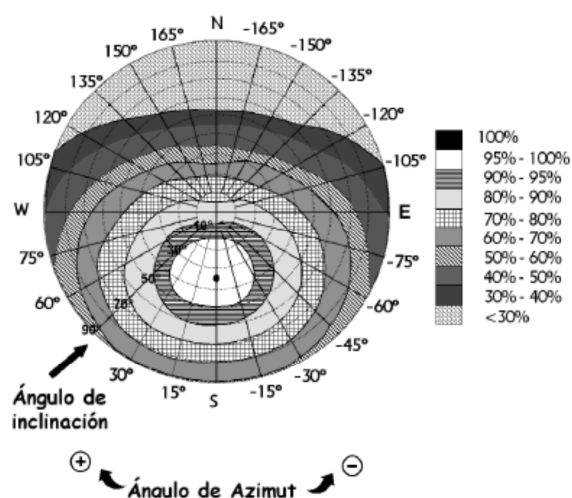




## 4.2. PROCEDIMIENTO

Habiendo determinado el ángulo de azimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida. Para ello se utilizará la figura expuesta a continuación, válida para una la latitud ( $\phi$ ) de  $41^\circ$ , de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura 6 los límites para la inclinación en el caso  $\phi = 41^\circ$ . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %, para superposición, del 20 % y para integración arquitectónica, del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud  $\phi = 41^\circ$  y se corrigen de acuerdo con lo que se cita a continuación.



Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de  $41^\circ$ , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Inclinación máxima = inclinación ( $\phi = 41^\circ$ ) - ( $41^\circ$  - latitud);

Inclinación mínima = inclinación ( $\phi = 41^\circ$ ) - ( $41^\circ$  - latitud); siendo  $0^\circ$  su valor mínimo.

En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

## **5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS:**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Se describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

### **5.2. PROCEDIMIENTO**

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias aparentes del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

#### **5.2.1. Obtención del perfil de obstáculos:**

Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección Sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

#### **5.2.2. Representación del perfil de obstáculos:**

Representación del perfil de obstáculos en el diagrama, en el que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse  $12^\circ$  en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2,... D14).

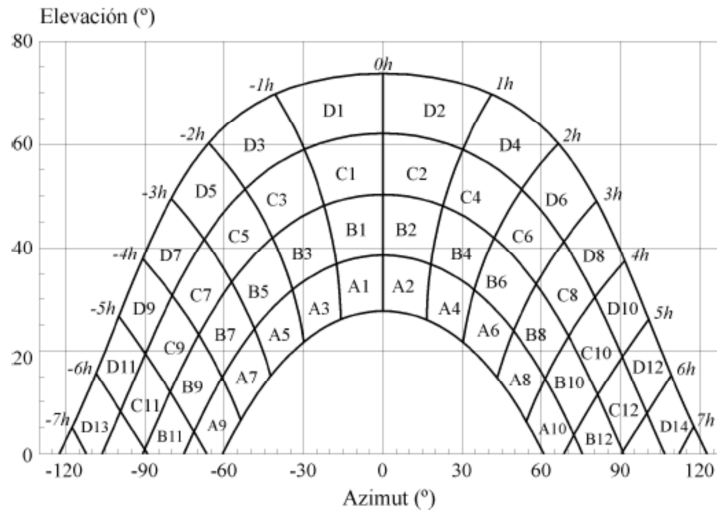


Diagrama de trayectorias del Sol. (Nota: Los grados de ambas escalas son sexagesimales).

### 5.2.3. Selección de la tabla de referencia para los cálculos:

Cada una de las porciones de la figura anterior representa el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo.

### 5.2.4. Cálculo final:

La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25; 0,50; 0,75 o 1.

## **6. COMPONENTES:**

### **6.1. GENERALIDADES**

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Para procesos industriales, el diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberán cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

### **6.2. CAPTADORES SOLARES**

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m<sup>2</sup> será inferior a 1 mca.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

### **6.3. ACUMULADORES**

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>.
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo).

#### 6.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en los Criterios de Dimensionado y Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de  $40 \text{ W}/(\text{KAm}^2)$ .

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación, con las condiciones expresadas en la tabla siguiente.

<i>Aplicación</i>	<i>Temperatura entrada primario</i>	<i>Temperatura salida secundario</i>	<i>Temperatura entrada secundario</i>
Piscinas	50 °C	28 °C	24 °C
Agua caliente sanitaria	60 °C	50 °C	45 °C
Calefacción a baja temperatura	60 °C	50 °C	45 °C
Refrigeración/Calefacción	105 °C	90 °C	75 °C

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 mca, tanto en el circuito primario como en el secundario.

El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior al especificado en la tabla siguiente para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

<i>Circuitos de consumo</i>	<i>m<sup>2</sup>·K/W</i>
Agua blanda y limpia	0,0006
Agua dura	0,0012
Agua muy dura y/o sucia	0,0018
Circuitos cerrados	0,0008

## 6.5. BOMBAS DE CIRCULACION

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo.



La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en tabla que se ve a continuación.

<i>Sistema</i>	<i>Potencia eléctrica de la bomba</i>
Sistemas pequeños	50 W o 2 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

## 6.6. TUBERÍAS

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153).

No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Para calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro, a fin de conseguir un buen caudal con la menor pérdida de carga posible, no necesitando éstas, en la mayoría de los casos, ningún tipo especial de aislamiento térmico.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

## 6.7. VÁLVULAS

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

A los efectos de este PCT, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en bar o  $\text{kp/cm}^2$ , y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual

o superior a 25 mm.

La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kp/cm<sup>2</sup>.

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

## **6.8. VASOS DE EXPANSIÓN**

### **6.8.1. Vasos de expansión abiertos:**

Los vasos de expansión abiertos cumplirán los siguientes requisitos:

Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.

El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo.

El volumen útil del vaso de expansión abierto se determinará de forma que sea capaz de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento.

El nivel mínimo libre de agua de los vasos de expansión abiertos se situará a una altura mínima de 2,5 metros sobre el punto más alto de la instalación.

Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebosamiento.

Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar.

La salida de rebosamiento se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo

tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el sistema a la temperatura máxima de trabajo, no se produzca derrame de la misma.

En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 cm.

El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro del rebosadero asegurará que, con válvulas de flotador totalmente abiertas y una presión de red de 4 kp/cm<sup>2</sup>, no se produzca derramamiento de agua.

La capacidad de aforo de la válvula de flotación, cuando se utilice como sistema de llenado, no será inferior a 5 l/min. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a ½ pulgada o 15 mm.

El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la temperatura máxima de trabajo durante 48 horas.

#### **6.8.2. Vasos de expansión cerrados:**

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4°C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kp/cm<sup>2</sup> y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10 %.

## 6.9. AISLAMIENTOS

El espesor mínimo del aislamiento de acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la tabla siguiente:

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar

(\*\*) Se escoge la temperatura máxima de red

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la tabla anterior se incrementarán en 10 mm como mínimo.

Para materiales con conductividad térmica  $\lambda$ , en W/(m·K), distinta de 0,04, el espesor mínimo  $e$  (en mm) que debe usarse se determinará, en función del espesor de referencia  $e_{ref}$  (en mm) de la tabla anterior, aplicando las siguientes fórmulas:

- Aislamiento de superficies planas:

$$e = e_{ref} \cdot \lambda / \lambda_{ref}$$

- Aislamiento de superficies cilíndricas:

$$e = \frac{D_i}{2} \left[ \exp \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D_i + 2 \cdot e_{ref}}{D_i} \right) - 1 \right]$$

Donde e es el espesor del aislamiento buscado,  $e_{ref}$  es el espesor de referencia,  $D_i$  es el diámetro interior de la sección circular, “exp” es la función exponencial  $e^x$ , y  $\lambda$  y  $\lambda_{ref}$  son las conductividades térmicas respectivas,  $\lambda_{ref}$  tiene como valor 0.04.

El valor de la conductividad térmica a introducir en las fórmulas anteriores debe considerarse a la temperatura media de servicio de la masa del aislamiento.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

Si se utiliza manta térmica para evitar pérdidas nocturnas en piscinas, se tendrá en cuenta la posibilidad de que proliferen microorganismos en ella, por lo que se deberá limpiar periódicamente.

## 6.10. PURGA DE AIRE

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de

descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador, y en cualquier caso hasta 130 °C.

En el trazado del circuito deberá evitarse, en lo posible, los sifones invertidos, pero cuando se utilicen, se situarán sistemas similares a los descritos en párrafos anteriores en el punto más desfavorable del sifón.

### **6.11. SISTEMA DE LLENADO**

Los sistemas con vaso de expansión abierto podrán utilizarlo como sistema de llenado.

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual

o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan este Pliego de Condiciones Técnicas. Será obligatorio cuando exista riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en el apartado "Requisitos generales" del presente PCT.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

### **6.12. SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL**

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ .

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de  $1^{\circ}\text{C}$ , las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y “fan-coil”:  $100^{\circ}\text{C}$   
Refrigeración/calefacción:  $140^{\circ}\text{C}$
- Usos industriales: en función de la temperatura de uso

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

### **6.13. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos con la siguiente frecuencia:

- Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto
- Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados: mínimo 1 año

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, y entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes:

- Temperatura de entrada de agua fría
- Temperatura de suministro de agua caliente solar
- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo



- Caudal de agua de consumo

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables:

- Temperatura de entrada a captadores
- Temperatura de salida de captadores
- Temperatura de entrada secundario
- Temperatura de salida secundario
- Radiación global sobre plano de captadores
- Temperatura ambiente exterior
- Presión de agua en circuito primario
- Temperatura fría del acumulador
- Temperatura caliente del acumulador
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores
- Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados:

- Temperatura media de suministro de agua caliente a consumo
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar
- Demanda de energía térmica diaria
- Energía solar térmica aportada
- Energía auxiliar consumida
- Fracción solar media
- Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.)

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación. Estos datos quedarán archivados en un registro histórico de prestaciones.

#### **6.14. EQUIPOS DE MEDIDA**

#### **6.14.1. Medida de temperatura:**

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser de inmersión y estar situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Como mínimo, han de instalarse termómetros en las conducciones de impulsión y retorno, así como a la entrada y a la salida de los intercambiadores de calor.

#### **6.14.2. Medida de caudal:**

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo, o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a  $\pm 3\%$  en todos los casos.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos dentro de la Memoria de Diseño o Proyecto, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador
- Temperatura máxima del fluido
- Caudales:
  - o en servicio continuo
  - o máximo (durante algunos minutos)
  - o mínimo (con precisión mínima del 5 %)
  - o de arranque
- Indicación mínima de la esfera
- Capacidad máxima de totalización
- Presión máxima de trabajo
- Dimensiones
- Diámetro y tipo de las conexiones
- Pérdida de carga en función del caudal

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

#### **6.14.3. Medida de energía:**

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas, con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

#### **6.14.4. Medida de presión:**

Las medidas de presión en circuitos de líquidos se harán con manómetros equipados con dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

El equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

- Vasos de expansión: un manómetro.
- Bombas: un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga de cada bomba.
- Intercambiadores de calor: manómetros a la entrada y a la salida.

## **7. CONDICIONES DE MONTAJE:**

### **7.1. GENERALIDADES**

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características de estos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

## **7.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES**

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

## **7.3. MONTAJE DE ACUMULADOR**

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 l situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso

tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 l el diseño de un profesional competente.

#### **7.4. MONTAJE DE INTERCAMBIADOR**

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

#### **7.5. MONTAJE DE BOMBA**

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

#### **7.6. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2"; para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

## **7.7. MONTAJE DE AISLAMIENTO**

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

## **7.8. MONTAJE DE CONTADORES**

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (baipás o carrete de tubería) que permita el



funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, a diez veces el diámetro de la tubería antes del contador, y a cinco veces después del mismo.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

### **7.9. MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL**

Los cambios de dirección en el circuito primario se realizarán con curvas con un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno, para facilitar el efecto termosifón.

### **7.10. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO**

El procedimiento para efectuar las pruebas de estanqueidad comprenderá las siguientes fases:

1. Preparación y limpieza de redes de tuberías. Antes de efectuar la prueba de estanqueidad las tuberías deben ser limpiadas internamente, con el fin de eliminar los residuos procedentes del montaje, llenándolas y vaciándolas con agua el número de veces que sea necesario. Deberá comprobarse que los elementos y accesorios del circuito pueden soportar la presión

a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos y accesorios deberán ser excluidos.

2. Prueba preliminar de estanqueidad.

Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos en la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.

3. Prueba de resistencia mecánica

La presión de prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para poder verificar de forma visual la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

4. Reparación de fugas

La reparación de las fugas detectadas se realizará sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario.

## **8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO:**

### **8.1. GENERALIDADES**

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m<sup>2</sup>, y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m<sup>2</sup>.

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 % son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial / tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

## 8.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Objeto. El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Criterios generales. Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- a) Vigilancia
- b) Mantenimiento preventivo
- c) Mantenimiento correctivo

a) Plan de vigilancia:

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla siguiente.

<i>Elemento de la instalación</i>	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV- Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

IV: Inspección visual.

## b) Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las tablas siguientes se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

### - Sistema de captación:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

IV: Inspección visual

(\*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.

- Sistema de acumulación:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

- Sistema de intercambio:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

CF: Control de funcionamiento

- Circuito hidráulico:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

CF: Control de funcionamiento

#### IV: Inspección visual

- Sistema eléctrico y de control:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF - Actuación.
Termostato	12	CF - Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación.

#### CF: Control de funcionamiento

- Sistema de energía auxiliar:

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Sistema auxiliar	12	CF - Actuación.
Sondas de temperatura	12	CF - Actuación.

#### CF: Control de funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m<sup>2</sup> se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses. No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

#### c) Mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

### **8.3. GARANTÍAS**

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que dicha demora sea inferior a 15 días naturales.



# BIBLIOGRAFÍA

AEMET (2006). *Atlas de radiación solar en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

AENOR (2001). *Energía solar: vocabulario*. UNE-EN ISO 9488. Madrid: AENOR.

AENOR (2002). *Ergonomía del ambiente térmico: vocabulario y símbolos*. UNE-EN ISO 13731. Madrid: AENOR.

AENOR (2004). *Climatización: diseño y cálculo de sistemas de expansión*. UNE 100155. Madrid: AENOR.

AENOR (2005). *Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionela en instalaciones*. Madrid: AENOR.

AENOR (2005). *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria*. UNE 94002. Madrid: AENOR.

AENOR (2006). *Ergonomía del ambiente térmico: determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local*. UNE-EN ISO 7730. Madrid: AENOR.

AENOR (2007). *Cobre y aleaciones de cobre: tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción*. UNE-EN 1057. Madrid: ATECYR.

AENOR (2007). *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*. UNE 94003. Madrid: AENOR.

AENOR (2008). *Abastecimiento de agua: dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios*. UNE 149201. Madrid: AENOR.

AENOR (2009). *Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies: suelos, techos y paredes radiantes, determinación de la emisión térmica*. UNE-EN 1264-5. Madrid: AENOR.

AENOR (2010). *Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales: método de cálculo*. UNE-EN ISO 12241. Madrid: AENOR.

AENOR (2010). *Prestaciones térmicas de los edificios, coeficientes de transferencia de calor por transmisión y ventilación: método de cálculo*. UNE-EN ISO 13370. Madrid: ATECYR.

AENOR (2010). *Prestaciones térmicas de edificios, transmisión de calor por el terreno: métodos de cálculo*. Madrid: AENOR.

AENOR (2010). *Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficie: dimensionamiento*. UNE-EN 1264-3. Madrid: AENOR.

AENOR (2010). *Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies: instalación*. UNE- EN 1264-4. Madrid: AENOR.

AENOR (2012). *Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficie: definiciones y símbolos*. UNE-EN 1264-1. Madrid: AENOR.

- AENOR (2013). *Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficie: suelo radiante, métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo*. UNE-EN 1264-2. Madrid: AENOR.
- Agencia Valenciana de la Energía (2008). *Guías Prácticas de Energías Renovables: Energía solar térmica*. Valencia: Conselleria d'infraestructures i transport.
- ATECYR (2007). *DTIE 8.03: Instalaciones solares térmicas para producción de ACS*. Madrid: ATECYR.
- ATECYR (2009). *DTIE 9.05: Sistemas de climatización*. Madrid: ATECYR.
- ATECYR (2010). *DTIE 8.04: Casos prácticos*. Madrid: ATECYR.
- ATECYR (2010). *Fundamentos de climatización para ingenieros recién titulados*. Madrid: ATECYR.
- ATECYR (2011). *DTIE 7.05: Cálculo de cargas térmicas*. Madrid: ATECYR.
- Carlos Tobajas, M. (2012). *Energía solar térmica para instaladores*. Barcelona: Cano Pina-Ceysa.
- Cotón Gutiérrez A. (2013). *Manual de Diseño y Cálculo de Instalaciones Solares Térmicas según DB HE 4 del CTE*. Trabajo final de máster. Extremadura: Escuela de Ingenierías Industriales.
- España. Código Técnico de la Edificación: Documento Básico, Ahorro de Energía, de 12 de noviembre, B.O.E, diciembre de 2013.
- España: Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios, de 6 de julio, B.O.E, octubre de 1979.
- España. Reglamento Instalaciones Térmicas en los edificios, de 5 de abril, B.O.E, septiembre de 2013.
- Fernández Salgado, José M. (2008). *Guía completa de la energía solar térmica y termoeléctrica (adaptada al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE)*. Madrid: A Madrid Vicente.
- IDAE (2008). *Soluciones de aislamiento con espumas flexibles*. Madrid. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- IDAE (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Salvador Escoda (2011). *Manual Técnico Energía Solar Térmica*. Barcelona: Salvador Escoda.
- Standard Hidraulica (2011). *Manual Técnico de Suelo Radiante*. Barcelona: Standard Hidraulica.
- Úbeda Cano X. (2009). *Diseño de una instalación de calefacción por suelo radiante y una instalación solar térmica de apoyo a ACS y calefacción en un edificio de viviendas*. Vilanova i la Geltrú: Universitat Politècnica de Catalunya.
- UPONOR (2012). *Manual Técnico de Aplicaciones de Calefacción y Climatización*. Móstoles: UPONOR.

# ANEXO 1: TABLAS

## 1. CTE HE 4:

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Tabla 2.1: Contribución solar mínima anual para ACS en %

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Tabla 2.3: Pérdidas límite

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 4.1: Demanda de referencia a 60 °C

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
<i>Número de Personas</i>	1,5	3	4	5	6	6	7

Tabla 4.2: Valores mínimos de ocupación en uso residencial privado

Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
A Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alicant	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castello	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ceuta	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7
Córdoba	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Cuenca	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Girona	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jáen	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Las Palmas de Gran Canaria	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
León	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6
Lleida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Málaga	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Mérida	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Ourense	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Palma de Mallorca	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona/Iruña	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
San Sebastián	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santa Cruz de Tenerife	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Teruel	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria-Gasteiz	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

Tabla B1: Temperatura media del agua fría

## 2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
2	ALBACHTE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
3	ALCANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
4	ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
5	ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
6	ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
7	BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
8	BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
9	BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
10	BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
11	CÁCHES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
12	CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
13	CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
14	CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
15	CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
16	CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
17	CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
18	LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9
19	CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13,6
20	GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
21	GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17,3
22	GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15,8
23	GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15,3
24	HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19,9
25	HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15,6
26	JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27	LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13,3
28	LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17,1
29	LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
30	MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
31	MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20,7
32	MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20,6
33	MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19,3
34	NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14,3
35	ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15,8
36	PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13,8
37	LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	25	26	25	23	21	22,9
38	PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
39	LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15,3
40	SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	14
41	STA. C. DE TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22,8
42	SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13,5
43	SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19,3
44	SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12,6
45	TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17,9
46	TRUJEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13,6
47	TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16,9
48	VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
49	VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13,3
50	VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15,4
51	ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14,3
52	ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16,8

Temperatura ambiente media durante las horas de sol



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2	ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3	ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4	ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5	ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6	ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7	BADAJÓZ	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8	BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9	BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10	BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11	CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12	CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13	CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14	CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15	CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16	CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17	CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18	LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19	CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	11,2	7,2	5,5	14,6
20	GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21	GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22	GUADALAJARA	6,5	9,2	14	17,9	19,4	22,7	25	23,2	17,8	11,7	7,8	5,6	15,1
23	GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24	HUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25	HUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26	JAÉN	6,7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27	LBÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28	LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29	LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30	MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31	MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32	MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33	MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34	NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35	ORENSE	4,7	7,3	11,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36	PALENCIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37	LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38	PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39	LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40	SALAMANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41	STA. C. DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42	SEGOVIA	5,7	8,8	13,4	18,4	20,4	22,6	25,7	24,9	18,8	11,4	6,8	5,1	15,2
43	SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44	SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45	TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46	TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47	TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48	VALINCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49	VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50	VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51	ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52	ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes

LATITUD = 38°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16
15	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22
20	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29
25	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34
30	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38
35	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42
40	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45
45	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47
50	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48
55	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48
60	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47
65	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45
70	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42
75	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39
80	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34
85	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29
90	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23

Factor de corrección k para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal



### 3. RITE:

**Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$140 < D$	45	50	60

**Tabla 1.2.4.2.3 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	30	25	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

**Tabla 1.2.4.2.4 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	50	45	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

**Tabla 1.2.4.2.5 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de circuitos frigoríficos para climatización (\*) en función del recorrido de las tuberías.**

Diámetro exterior (mm)	Interior edificios (mm)	Exterior edificios (mm)
$D \leq 13$	10	15
$13 < D < 26$	15	20
$26 < D < 35$	20	25
$35 < D < 90$	30	40
$D > 90$	40	50

#### 4. MANUAL TÉCNICO SUELO RADIANTE UPONOR:

Uponor Wirsbo-evalPEX - Rango de dimensiones					
Dimensión	Diámetro int. (mm)	Diámetro ext. (mm)	Tamaño rollo (m)	Tamaño barra (m)	Peso Kg/100m
12x2	8	12	100	-	6,0
16x1,8	12	16	200	-	8,8
17x2	13	17	200	-	10,2
20x2	16	20	240	-	11,7
25x2,3	20,4	25	25	-	18,2
32x2,9	26,2	32	100	6	27,4
40x3,7	32,6	40	100	6	42,9
50x4,6	40,8	50	100	6	65,8
63x5,8	51,4	63	100	6	103,8
75x6,8	61,4	75	50	6	146,8
90x8,2	73,6	90	50	6	210,0
110x10,0	90	110	50	6	311,3

Fig. 1: Propiedades de Uponor Wirsbo-evalPex

PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS [m de tubería equivalente] DIÁMETRO EXTERIOR DE LA TUBERÍA UPONOR WIRSBO-EVALPEX											
TIPO DE ACCESORIO	16	17	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Manguito de unión	0,00	0,00	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,16	0,21	0,26	0,35
Manguito reducido	0,53	-	0,88	1,14	1,49	1,75	2,28	3,50	4,03	5,25	7,00
Codo	0,88	-	1,10	1,33	1,77	2,31	2,99	3,40	3,52	3,87	5,15
Te	0,26	-	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
Llave de corte	2,35	-	3,05	3,99	5,06	6,06	7,93	9,64	11,71	15,40	18,90

Pérdidas de carga en accesorios

Local	T	Local	T	Local	T	Local	T
Espacios generales de edificios		- Guardarropa	16	- Retrete	20	- Comedor	18
- Aseo	20	- Habitación común	18	- Sala Rayos X	22	- Dormitorio	15
- Hall de entrada	17	- Habitación profesores	18	- Sala de estar	21	- Entrada, escalera, pasillo	17
- Hueco escalera	17	- Pasillo	17	- Sala de estar para ancianos o impedidos	22	- Gimnasio	15
- Pasillo	17	- Retrete	17	- Sala de estar (personal de plantilla del hospital)	21	- Habitación común	19
- Retrete	17	- Salón actos	17			- Sala de reunión	17
Bancos		- Sala de juegos niños	18	Iglesias y capillas	18	- Sala de estudio - biblioteca	19
- Almacén no ocupado	10	- Vestuario - ducha	19			Restaurantes	20
- Caja fuerte	10	Fábricas		Juzgados (salas de Juicios)	20	Salas de baile	18
- Hall general	20	- Comedor	18	Lavanderías	17	Salas de banquetes	20
- Oficina	20	- Oficina	20	Hoteles		Salas de exposición	17
Bares / Cafeterías	18	- Retrete	17	- Baño	20	Salas de reuniones	17
Bibliotecas		Sala de trabajo:		- Cocina y lavadero	16	Teatros	18
- Almacén de libros	16	- Trabajo sentado	19	- Comedor	20	Tiendas de pinturas	22
- Sala de lectura	20	- Trabajo ligero	17	- Dormitorio	18	Tiendas y salas de exposición	
Cartinas	17	- Trabajo pesado	16	- Dormitorio - estar	20	- Almacén	15
Colegios		- Fundiciones	15	- Habitación general	21	- Local	18
- Aula	18	- Vestuario	17	- Retrete	18	- Local de prueba de vestidos	21
- Comedor	18	Galerías de arte	17	- Sala de baile	20	Viviendas	
- Entrada, escalera, pasillo	17	Gimnasios	15	- Sala de estar	20	- Baño	20
- Gimnasio	15	Hostales y posadas		Museos	17	- Comedor	20
- Laboratorio	18	- Comedor	19	Oficinas		- Despensa	10
- Sala de estudio	19	- Dormitorio	15	- Archivo	15	- Dormitorio	15
- Sala de reunión	17	- Dormitorio - estar	19	- Oficina general	20	- Dormitorio - estar	20
- Vestuario	17	- Habitación común	20	- Oficina privada	20	- Habitación de servicio	18
Cuarteles		Hospitales		Pabellones de deporte		- Retrete y aseo	18
- Comedor	18	- Baño	20	- Comedor	18	- Vestíbulo y pasillo	18
- Dormitorio general	15	- Cocina y lavadero	16	- Gimnasio	13		
- Sala de estar	19	- Comedor	21	- Piscina	24		
Escuelas		- Dormitorio (estancia día)	22	- Sala de baile	18		
- Aula	18	- Dormitorio (estancia noche)	15	- Vestuario	22		
- Botiquín	20	- Dormitorio (personal del hospital)	15	Residencias			
- Comedor	17	- Quirófano	29-32	- Baño	19		
- Gimnasio	15						

Tabla 1: Temperaturas interiores de cálculo para calefacción

Localidad	Te	Tt	Localidad	Te	Tt	Localidad	Te	Tt
Albacete	-4	5	Guadalajara	-3	6	Pamplona	-3	6
Algeciras	0	8	Huelva	3	8	Pontevedra	2	8
Alicante	2	8	Huesca	-5	6	Salamanca	-5	5
Almería	6	8	Ibiza	4	8	San Sebastián	-1	8
Ávila	-5	5	Jaén	1	8	Santa Cruz de Tenerife	9	12
Badajoz	-2	7	La Coruña	3	8	Santander	3	8
Barcelona	2	8	Las Palmas	8	12	Santiago	0	8
Bilbao	0	8	León	-5	5	Segovia	-4	5
Burgos	-6	5	Lérida	-2	6	Sevilla	2	8
Cáceres	1	7	Logroño	-1	7	Soria	-6	5
Cádiz	6	8	Lugo	-4	7	Tarragona	2	8
Castellón	3	8	Madrid	-3	6	Teruel	-6	5
Ceuta	0	8	Málaga	3	8	Toledo	-2	7
Ciudad Real	-4	6	Melilla	2	8	Valencia	3	8
Córdoba	-1	7	Murcia	2	8	Valladolid	-5	6
Cuenca	-5	5	Orense	-3	7	Vigo	3	8
Gerona	-3	7	Oviedo	-1	7	Vitoria	-3	6
Gijón	3	8	Palencia	-2	6	Zamora	-5	6
Granada	-1	6	Palma Mallorca	0	8	Zaragoza	-3	7

Temperaturas exteriores de cálculo ( $T_e$ ) y temperatura del terreno ( $T_t$ ) para instalaciones de calefacción

CANTIDAD DE AIRE EXTERIOR PARA MANTENER UN AMBIENTE SALUBRE - ( $m^3/h$ )				
Local	Ventilación		Ventilación	
	Por persona		$m^2$ de superficie	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Locales de viviendas				
- Dormitorio / salón	9	14,4	-	-
- Aseos, baños	-	-	7,2	12,6
- Cocinas	-	-	2,9	5,4
Oficinas				
- Espacios generales	25,2	36,0	1,8	-
- Salas de reunión	43,2	64,8	9	-
- Salas de espera	18	28,8	-	-
- Salas de computadoras	9	14,4	-	-

Tabla 3: Ventilación y renovación del aire

Materiales	Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m °C)
<b>ROCAS Y SUELOS NATURALES</b>		
Rocas y terrenos		
- Rocas compactas	2500 - 3000	3,50
- Rocas porosas	1700 - 2500	2,33
- Arena con humedad natural	1700	1,40
- Suelo coherente humedad natural	1800	2,10
Arcilla	2100	0,93
<b>Materiales suelos de relleno desecados al aire, en forjados, ...</b>		
- Arena	1500	0,58
- Grava rodada o de machaqueo	1700	0,81
- Escoria de carbón	1200	0,19
- Cascota de ladrillo	1300	0,41
<b>PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES</b>		
<b>Revestimientos continuos</b>		
- Morteros de cal y bastardos	1600	0,87
- Mortero de cemento	2000	1,40
- Enlucido de yeso	800	0,30
- Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
<b>Hormigones normales y ligeros</b>		
- Hormigón armado (normal)	2400	1,63
- Hormigón con áridos ligeros	600	0,17
- Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33
- Hormigón con áridos ligeros	1400	0,55
- Hormigón celular con áridos síliceos	600	0,34
- Hormigón celular con áridos síliceos	1000	0,67
- Hormigón celular con áridos síliceos	1400	1,09
- Hormigón celular sin áridos	305	0,09
- Hormigón en masa con grava normal con áridos ligeros	1600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrado	2400	1,63
- Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
- Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,55
<b>Fábricas de bloques de hormigón incluidas juntas (1)</b>		
- Con ladrillos silicocalcáreos macizos	1600	0,79
- Con ladrillos silicocalcáreos perforados	2500	0,56
- Con bloques huecos de hormigón	1000	0,44
- Con bloques huecos de hormigón	1200	0,49
- Con bloques huecos de hormigón	1400	0,56
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	600	0,35
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	800	0,41
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	1000	0,47
- Con bloques de hormigón celular curado aire	800	0,44
- Con bloques de hormigón celular curado aire	1000	0,56
- Con bloques de hormigón celular curado aire	1200	0,70
<b>Placas o paneles</b>		
- Cartón-yeso	900	0,18
- Hormigón con fibra de madera	450	0,08
- Placas de escayola	800	0,30
<b>LADRILLOS Y PLAQUETAS</b>		
- Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,87
- Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,76
- Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,49
- Plaquetas	2000	1,05



Materiales	Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m °C)
<b>VIDRIO (2)</b>		
- Vidrio plano para acristalar	2500	0,95
<b>METALES</b>		
- Fundición y acero	7850	58
- Cobre	8900	384
- Bronce	8500	64
- Aluminio	2700	204
<b>MADERA</b>		
- Maderas frondosas	800	0,21
- Maderas de coníferas	600	0,14
- Contrachapado	600	0,14
- Tablero aglomerado de partículas	650	0,08
<b>PLÁSTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS</b>		
- Linóleo	1200	0,19
- Moquetas, alfombras	1000	0,05
<b>MATERIALES BITUMINOSOS</b>		
- Asfalto	2100	0,19
- Betón	1050	0,17
- Láminas bituminosas	1100	0,19
<b>MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS</b>		
- Arcilla expandida	300	0,085
- Arcilla expandida	450	0,114
- Aglomerado de corcho UNE 5.690	110	0,039
- Espuma elastomérica	60	0,034
- Fibra vidrio		
Tipo I	10 - 18	0,044
Tipo II	19 - 30	0,037
Tipo III	31 - 45	0,034
Tipo IV	46 - 65	0,033
Tipo V	66 - 90	0,033
Tipo VI	91	0,036
- Lana mineral		
Tipo I	30 - 50	0,042
Tipo II	51 - 70	0,040
Tipo III	71 - 90	0,038
Tipo IV	91 - 120	0,038
Tipo V	121 - 150	0,038
- Perla expandida	130	0,047
- Poliestireno expandido UNE 53.310		
Tipo I	10	0,057
Tipo II	12	0,044
Tipo III	15	0,037
Tipo IV	20	0,034
Tipo V	25	0,033
- Polietileno extrusionado	33	0,033
- Polietileno reticulado	30	0,038
- Polisocianurato, espuma de	35	0,026
- Poliuretano conformado, espuma de		
Tipo I	32	0,023
Tipo II	35	0,023
Tipo III	40	0,023
Tipo IV	80	0,040
- Poliuretano aplicado in situ, espuma de		
Tipo I	35	0,023
Tipo II	40	0,023
- Urea formol, espuma de	10 - 12	0,034
- Urea formol, espuma de	12 - 14	0,035
- Vermiculita expandida	120	0,035
- Vidrio celular	160	0,044

Tabla 4: Conductividad térmica de los materiales

Posición del cerramiento Sentido de transmisión de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, deván o cámara de aire		
	1/hi	1/he	1/hi+1/he	1/hi	1/he	1/hi+1/he
Cerramiento vertical o con pendiente sobre la horizontal >60° Transmisión de calor horizontal	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Cerramiento horizontal o con pendiente sobre la horizontal ≤60° Transmisión de calor ascendente	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Cerramiento horizontal Transmisión de calor descendente	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tabla 5: Resistencias térmicas superficiales ( $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ )

Tipo de cerramiento	Lujo			Normal			Reducida		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Muros de hormigón o piedra	0,20	0,40	0,60	0,15	0,30	0,40	0,10	0,20	0,30
Muros de ladrillo macizo	0,15	0,30	0,45	0,06	0,20	0,30	0,08	0,15	0,25
Muros de ladrillo hueco	0,10	0,20	0,30	0	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15
Hormigón poroso / tabiques	0,05	0,10	0,15	0,04	0,08	0,10	0,03	0,05	0,08
Muros con cámara de aire	0,04	0,08	0,12	0,04	0,08	0,10	0,02	0,04	0,06
Muros con aislamiento	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04
Ventanas, puertas, paredes delgadas, cubiertas y techos	0	0	0	0	0	0	0	0	0

I: Servicio sin interrupción; marcha reducida por la noche  
 II: Interrupción del funcionamiento de 9 a 11 horas al día  
 III: Interrupción de 12 a 15 horas al día o más

Tabla 6: Suplemento de interrupción por servicio ( $Z_{Is}$ )

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
$Z_o$	- 0,050	- 0,025	0	0,025	0,050	0,025	0	- 0,025

Tabla 7: Suplemento por orientación ( $Z_o$ )

Ocupante	Actividad			
	Reposo	Moderada	Fuerte	Trabajo pesado
Varón adulto	114	174	290	580
Mujer adulta	97	148	247	493
Niño	86	131	218	435

Tabla 8: Ganancias internas de calor Q por ocupación (W)

Julio	Kilocaloría	Kilowatio hora	British Thermal Unit	Tonelada equivalente de carbón	Tonelada equivalente de petróleo	Termia
J	Kcal	KW/h	BTU	tec	tep	th
1	0,239x10 <sup>3</sup>	0,277x10 <sup>6</sup>	0,948x10 <sup>3</sup>	34,14x10 <sup>-2</sup>	34,14x10 <sup>-12</sup>	2,39x10 <sup>7</sup>
4,184x10 <sup>3</sup>	1	1,162x10 <sup>3</sup>	3,968	0,143x10 <sup>-8</sup>	1x10 <sup>-7</sup>	1x10 <sup>-3</sup>
3,6x10 <sup>6</sup>	860	1	3,414x10 <sup>3</sup>	1,229x10 <sup>-4</sup>	8,604x10 <sup>-5</sup>	0,860
1,054x10 <sup>3</sup>	0,252	0,293x10 <sup>3</sup>	1	3,6x10 <sup>-8</sup>	2,52x10 <sup>-8</sup>	2,52x10 <sup>-4</sup>
2,93x10 <sup>10</sup>	7x10 <sup>6</sup>	8,135x10 <sup>3</sup>	2,77x10 <sup>7</sup>	1	0,7	7x10 <sup>3</sup>
4,184x10 <sup>10</sup>	1x10 <sup>7</sup>	1,162x10 <sup>4</sup>	3,97x10 <sup>7</sup>	1,429	1	1x10 <sup>4</sup>
4,184x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>3</sup>	1,162	3,97x10 <sup>3</sup>	1,429x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-4</sup>	1

Tabla 12: Conversión de unidades de energía

Kilowatio	Kilocaloría/hora	Btu/hora	Horse Power	Caballo vapor	Tonelada de refrigeración
KW	Kcal/h	Btu/h	hp	CV	ton
1	859,84523	3412,1416	1,3410221	1,3596216	0,2943494
1,163x10 <sup>-3</sup>	1	3,9683207	1,5596x10 <sup>-3</sup>	1,5812x10 <sup>-3</sup>	3,3070x10 <sup>-3</sup>
2,9307x10 <sup>-4</sup>	0,2519958	1	3,930x10 <sup>-4</sup>	3,9847x10 <sup>-4</sup>	8,3335x10 <sup>-4</sup>
0,7456999	641,18648	2544,4336	1	1,0138697	0,2120393
0,7354988	632,41509	2509,6259	0,9863201	1	0,2091386
3,5168	3023,9037	11999,820	4,7161065	4,7815173	1

Tabla 13: Conversión de unidades de potencia

Kilopascal	Atmósfera técnica	Milímetro de columna de Hg	Metros de columna de agua	Libras por pulgada <sup>2</sup>	bar
KN/m <sup>2</sup> KPa	Kgf/cm <sup>2</sup> at	mmHg	mH <sub>2</sub> O	Lbf/in <sup>2</sup> psi	bar
1	0,0101972	7,5006278	0,1019745	0,1450377	0,01
98,0665	1	735,560217	10,00028	14,2233433	0,980665
0,1333222	1,3595x10 <sup>-3</sup>	1	0,0135955	0,0193367	1,3332x10 <sup>-3</sup>
9,8063754	0,0999972	73,5539622	1	1,4222945	0,0980638
6,8947573	0,0703070	51,7150013	0,7030893	1	0,0689476
100	1,0197162	750,062679	10,1674477	14,5037738	1

Tabla 14: Conversión de unidades de presión



## 5. EXCEL:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Azmut		CA	D	CB	%O	Cc	Tred	Tac	AT	Q	Qd	HG	HGcl	K	EN	ENC	
2		/dia	ms/dia		ms/mes		ms/mes	ec	ec	ec	Mi/mes	Mi/dia	Mi/m2 dia	Mi/m2 dia		Mi/m2 dia	Mi/m2 dia	
3	Ene	10	120	0,12	3,72	1	3,72	5,45	60	54,55	849,65116	27,408102	9,4	9,87	1,36	12,617808	12,617808	
4	Feb	10	120	0,12	3,36	1	3,36	6,45	60	53,55	753,35854	26,905662	12,6	13,23	1,26	15,669612	15,669612	
5	Mar	10	120	0,12	3,72	1	3,72	7,45	60	52,55	818,49988	26,403222	16,9	17,745	1,14	19,015542	19,015542	
6	Abr	10	120	0,12	3,6	1	3,6	11,225	60	48,775	735,19533	24,506511	22,1	23,205	1,02	22,248954	22,248954	
7	May	10	120	0,12	3,72	1	3,72	13,225	60	46,775	728,55056	23,501691	24,9	26,145	0,93	22,855959	22,855959	
8	Jun	10	120	0,12	3,6	1	3,6	15,225	60	44,775	674,90253	22,496791	27,5	28,875	0,9	24,42825	24,42825	
9	Jul	10	120	0,12	3,72	1	3,72	17,225	60	42,775	666,248	21,491871	27,8	29,19	0,93	25,517898	25,517898	
10	Ago	10	120	0,12	3,72	1	3,72	17,225	60	42,775	666,248	21,491871	24,6	25,83	1,03	25,008606	25,008606	
11	Sep	10	120	0,12	3,6	1	3,6	16,225	60	43,775	659,82933	21,994311	19,6	20,58	1,18	22,827336	22,827336	
12	Oct	10	120	0,12	3,72	1	3,72	10,45	60	49,55	771,77296	24,895902	14,4	15,12	1,35	19,18728	19,18728	
13	Nov	10	120	0,12	3,6	1	3,6	7,45	60	52,55	792,09666	26,403222	10,1	10,605	1,46	14,554302	14,554302	
14	Dic	10	120	0,12	3,72	1	3,72	6,45	60	53,55	834,07552	26,905662	8,2	8,61	1,45	11,73543	11,73543	
15											8950,4285							
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		

H	S	I	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
horas	W/m <sup>2</sup>	Tamb	pc	n0	T*	nec	n	Ap/m <sup>2</sup>	EA	EA	EA	Qa	R1	Sc	(cal/coolh)	Fv/Fr	D1	F·UL	
1	8	438,11833	6,05	0,649	0,1231402	0,5263618	0,1226382	1,5474258	1,3926832	43,17318	849651,16	12617,808	2,305	0,96	0,95	0,6280807	3,743		
2	9	483,63	6,85	0,649	0,1098981	0,4692131	0,1197869	2,8171914	2,5354722	70,993222	753358,54	15669,612	2,305	0,96	0,95	0,7945569	3,743		
3	9	586,89944	8,25	0,649	0,0881752	0,3757015	0,2732985	5,1969196	4,6772276	144,99406	818499,88	19015,542	2,305	0,96	0,95	0,9825672	3,743		
4	9,5	650,55421	12,925	0,649	0,073614	0,3062236	0,3427764	7,6264166	6,863775	205,91325	735195,33	22248,954	2,305	0,96	0,95	1,2386214	3,743		
5	9,5	668,30289	15,825	0,649	0,0661003	0,2785389	0,3704611	8,4672431	7,6205188	236,23608	728550,56	22855,959	2,305	0,96	0,95	1,3268197	3,743		
6	9,5	714,27632	19,425	0,649	0,0568057	0,238105	0,410895	10,037446	9,0337016	271,01105	674902,53	24428,25	2,305	0,96	0,95	1,4814364	3,743		
7	9,5	746,13737	22,225	0,649	0,0506274	0,2113292	0,4376708	11,168439	10,051596	311,59946	666248	25517,898	2,305	0,96	0,95	1,6198736	3,743		
8	9,5	731,24579	22,725	0,649	0,0509747	0,2126206	0,4363794	10,91324	9,8219158	304,47939	666248	25008,606	2,305	0,96	0,95	1,5875438	3,743		
9	9	704,54741	20,425	0,649	0,0561708	0,2350954	0,4139046	9,4483405	8,5035065	255,10519	659829,33	22827,336	2,305	0,96	0,95	1,4159742	3,743		
10	9	592,2	13,55	0,649	0,0784363	0,3316281	0,3173719	6,0895043	5,4805539	169,89717	771772,96	19187,28	2,305	0,96	0,95	1,0514679	3,743		
11	8	505,35771	9,45	0,649	0,1000282	0,4254608	0,2235392	3,2534576	2,9281118	87,843355	792096,66	14554,302	2,305	0,96	0,95	0,7520469	3,743		
12	7,5	434,64556	6,55	0,649	0,1229738	0,5252689	0,1137311	1,4520376	1,3068338	214,17573	834075,52	11735,43	2,305	0,96	0,95	0,5950669	3,743		
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			

$$\eta_{ac} = 100 \cdot (\alpha_1 \cdot T^* + \alpha_2 \cdot T_m - T_a)$$

0,5263618

4,1790116

2,305 m<sup>2</sup> de superficie absorción

1 colector

condicion acumulador

1,8130202

150 l volumen acumulación

50 < V < 180

50 < V < 180

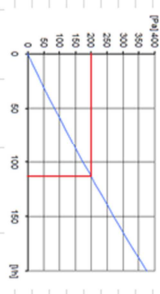
180

ACS agua perdida carga Volum circuit UBICACIÓ dades Carrega de transmissio Carregues ventilacio Carril

	AK	AL	AM	AN	AO	AP
1	At	k1	k2	D2	f	Qu
2	segundos					Kl/mes
3	2678400	1,0405184	0,9515806	2,5299834	0,4020457	341598,57
4	2419200	1,0405184	0,9812668	2,6349995	0,5149332	387929,31
5	2678400	1,0405184	1,0029101	2,7031205	0,6323738	517597,91
6	2592000	1,0405184	1,0995406	3,0302436	0,7590849	558075,66
7	2678400	1,0405184	1,149207	3,1925496	0,7950373	579224,91
8	2592000	1,0405184	1,1927087	3,313364	0,861002	581092,41
9	2678400	1,0405184	1,2513854	3,512458	0,9092562	605790,14
10	2678400	1,0405184	1,244471	3,4705943	0,8982258	598441,18
11	2592000	1,0405184	1,22705	3,4433629	0,8243788	543949,29
12	2678400	1,0405184	1,0561134	2,8444738	0,6657587	513814,58
13	2592000	1,0405184	0,9854555	2,6213368	0,4864169	385289,21
14	2678400	1,0405184	0,9855645	2,6550636	0,3702083	308781,7
15						5921584,8
16						
17						
18						
19						
20					Fración solar anual	0,6615979
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ACS aigua perduda carrega Volum circuit UBICACIÓ

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Tamos	Nº colectores	Longitud (m)	LM (m)	Caudal (m³/h)	Dia Interior (mm)	Dia Comercial (mm)	Dia Exterior (mm)	Velocidad (m/s)	hpl (mca/m)	hpl tramo (mca/m)	hpl acumulado (mca/m)	nº valvulas	nº codos	nº T 30°	Valvulas de L. esfera	equivalente	Total tramo accesorios			
2	1	1	3,46	11,352	0,1525	10,32754	12	14	0,2832085	15,7797511	179,1252	179,1251959	0	0	4	1	2,31	36,44989			
3	2	1	0,62	0,744	0,1525	10,32754	20	22	0,1019551	1,394128274	1,037231	180,1624273	0	0	1	0	1,15	1,603248			
4	3	1	1,52	1,824	0,1525	10,32754	20	22	0,1019551	1,394128274	2,54289	182,7053173	0	0	3	0	2,37	3,304084			
5	4	1	4,47	5,384	0,1525	10,32754	12	14	0,2832085	15,7797511	84,6395	267,3448126	0	0	2	0	0,89	14,04347			
6	5	1																			
7																					
8	Aspiracion	2,305 m²																			
9	Q	50 l/h																			
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					



**TABLA DE PERDIDA EN ACCESORIOS longitud equivalente en metros**

Diametro	Ida. Potencia	Codo	1 90°	Valv. Esfera
2	1200	0,370	0,530	0,950
3	1500	0,420	0,600	0,980
4	1800	0,480	0,670	0,980
5	2100	0,540	0,730	0,980
6	2400	0,600	0,790	0,980
8	3000	0,750	0,980	0,980
10	3600	0,900	1,170	0,980
12	4200	1,050	1,360	0,980
15	5400	1,350	1,750	0,980
20	7200	1,800	2,350	0,980
25	9000	2,250	2,950	0,980
30	10800	2,700	3,550	0,980
40	14400	3,600	4,750	0,980
50	18000	4,500	5,950	0,980
60	21600	5,400	7,150	0,980
75	27000	6,750	8,950	0,980
90	32400	8,100	10,750	0,980
100	36000	9,000	12,000	0,980

ALTIURA GEOMETRICA  
4,39 m

PERDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR  
3 mca

PERDIDA DE CARGA TOTAL  
8,275488 mca

$\Delta P_{fricción} = \Delta P_{fca} + \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{intercambiador}$

$\Delta P_{total} = \Delta P_{fricción} + H_{geometrica}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	<b>Carga de transmisión de calor</b>																												
2	<b>Qt = Qto (1+ Zi1 + Zo)</b>																												
3	<b>Calculo del coeficiente de transmisión termica del (W/m2 °C)</b>																												
4	<b>Conductividad térmica materiales (W/m°C)</b>																												
5	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
6	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
7	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
8	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
9	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
10	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
11	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
12	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
13	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
14	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
15	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
16	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
17	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
18	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
19	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
20	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
21	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
22	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
23	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
24	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
25	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
26	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
27	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
28	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
29	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
30	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
31	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
32	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
33	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
34	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
35	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
36	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
37	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
38	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
39	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
40	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
41	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
42	<b>Coeficiente de transmisión térmica de los materiales (W/m°C)</b>																												
<b>UBICACIÓN</b>																													
<b>dades</b>																													
<b>Carregas de Transmisión</b>																													
<b>Carregues ventilació</b>																													
<b>Carregues totals</b>																													
<b>Dimensionament</b>																													
<b>F-CHART 2</b>																													
<b>UBICACIÓN</b>																													
<b>dades</b>																													
<b>Carregas de Transmisión</b>																													
<b>Carregues ventilació</b>																													
<b>Carregues totals</b>																													
<b>Dimensionament</b>																													
<b>F-CHART 2</b>																													
<b>UBICACIÓN</b>																													
<b>dades</b>																													
<b>Carregas de Transmisión</b>																													
<b>Carregues ventilació</b>																													
<b>Carregues totals</b>																													
<b>Dimensionament</b>																													
<b>F-CHART 2</b>																													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
40	41	42	CAUDAL DEL AGUA															
UBICACIÓN																		
datos																		
Carrega de transmiso																		
Carregues ventabaco																		
Carregues totals																		
Dimensionament																		
F-CHART 2																		
DISTANCIA ENTRE TUBOS																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Circuitos	Superficie (m <sup>2</sup> )	H	D	Distancia entre tubos (r	Distancia colector y local (	Longitud circuito (m)												
D Principal	12,06	12	0,2	0,2	6,9	83,8												
Dormitorio 1	12	12	0,2	0,2	12	84,3												
Dormitorio 2	23	23	0,2	0,2	14,9	89,8												
Sala de estar	13,1	23	0,2	0,2	6,6	128,2												
Comedor	22,2	23	0,2	0,2	2,7	69,84												
Cocina	5,1	22,2	0,2	0,2	5,8	122,6												
Asso Dorm.	2,6	22,2	0,2	0,2	6,3	38,1												
Asso 1	8,2	2,6	0,2	0,2	2,6	18,2												
Asso 2	5,45	8,2	0,2	0,2	16,3	73,6												
Vestidor		5,45	0,2	0,2	6,5	40,25												
TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO																		
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Circuitos	Qtotalsuperficie (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Tms (°C)	α (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Tms (°C)	Q [W/m <sup>2</sup> ] = α · (Tms - T1)													
D Principal	81,45657083	27,40560698	11	27,40560698	28,43182428													
Dormitorio 1	92,75006712	28,43182428	11	28,43182428	29,04533347													
Dormitorio 2	93,43868819	29,04533347	11	29,04533347	30,67412711													
Sala de estar	117,415382	30,67412711	11	30,67412711	29,0618262													
Comedor	99,8218825	29,0618262	11	29,0618262	27,36181932													
Cocina	87,58001916	27,36181932	11	27,36181932	23,33224499													
Asso Dorm.	103,3146349	23,33224499	11	23,33224499	20,33626326													
Asso 1	25,68778695	20,33626326	11	20,33626326	31,21726253													
Asso 2	123,3898878	31,21726253	11	31,21726253	24,837124													
Vestidor	48,3724003	24,837124	10	24,837124														
TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA Suelo gres																		
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
Circuitos	Qtotalsuperficie (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Tms (°C)	α (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Tms (°C)	Q [W/m <sup>2</sup> ] = α · (Tms - T1)													
D Principal	81,45657083	10,1184397	0,01	10,1184397	28,03184307													
Dormitorio 1	92,75006712	10,1184397	0,01	10,1184397	29,14628634													
Dormitorio 2	93,43868819	10,1184397	0,01	10,1184397	29,81070784													
Sala de estar	117,415382	10,1184397	0,01	10,1184397	31,67732448													
Comedor	99,8218825	10,1184397	0,01	10,1184397	29,82570468													
Cocina	87,58001916	10,1184397	0,01	10,1184397	28,63951238													
Asso Dorm.	103,3146349	10,1184397	0,01	10,1184397	30,18637342													
Asso 1	25,68778695	10,1184397	0,01	10,1184397	22,5328161													
Asso 2	123,3898878	10,1184397	0,01	10,1184397	32,16641551													
Vestidor	48,3724003	10,1184397	0,01	10,1184397	25,20921046													
CAPACIDAD SUELO RADIANTE																		
Circuitos	D exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	L (m)	Vol (m <sup>3</sup> )												
D Principal	1742	19	13	630,86	0,000531	90,7	0,048131											
Dormitorio 1	20419	19	13	824,056	0,000824	96,3	0,073357											
Dormitorio 2	20419	19	13	824,056	0,000824	104,7	0,086279											
Sala de estar	20419	19	13	824,056	0,000824	134,8	0,11094											
Comedor	1742	2	8	630,86	0,000531	72,01	0,038213											
Cocina	20419	19	13	824,056	0,000824	128,4	0,10581											
Asso Dorm.	1742	2	8	630,86	0,000531	44,4	0,023561											
Asso 1	1242	2	8	200,96	0,000201	20,8	0,00418											
Asso 2	20419	19	13	824,056	0,000824	89,9	0,074083											
Vestidor	18418	18	12,4	492,9064	0,000483	48,75	0,022571											
							593,2687											
							m <sup>3</sup>											



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
42																				
43	CAUDAL DEL AGUA																			
44																				
45	Circuitos	Dietalesuperficie (V/m, Superficie (m <sup>2</sup> ))	Superficie pasillo (m <sup>2</sup> )	Superficie real (m <sup>2</sup> )	Q (W)	Q (kcal/h)	m (Kp/h)	m (Kp/s)												
46	D Principal	81,4567083	14	5,4	18,4	1880,24004	138,78838	138,8762	0,03774338											
47	Dormitorio 1	32,75006712	12,06	12,7	24,76	2236,49162	197,62701	197,4627	0,05485076											
48	Dormitorio 2	39,49868819	12	16,7	28,7	2895,611777	245,39465	245,5384	0,06820612											
49	Sala de estar	117,4153982	23	21	25,1	2347,125434	253,407268	253,4073	0,07039091											
50	Comedor	39,69118825	13,1	21	15,2	155,154061	130,279792	130,2798	0,03588883											
51	Cocina	87,59001916	22,2	21	24,3	2123,194465	182,91786	182,9918	0,05063105											
52	Asso Dorm.	103,3146349	7,1	5,4	12,5	1291,433687	110,43395	110,0433	0,03084456											
53	Asso 1	25,68779595	2,6	1,2	3,8	37,61958623	83,9325765	83,392288	0,00233146											
54	Asso 2	123,3989878	8,4	19,7	28,1	3467,259847	298,1303402	298,1303	0,08283188											
55	Vestidor	48,37124003	5,45	5,4	10,85	524,8279543	451,2708131	451,2708	0,0125353											
56			118,91		1				0,44672616											
57																				
58																				
59																				
60	MONTANTES Y TUBERIAS DE DISTRIBUCION																			
61																				
62	Caudal total de impulsión (l/s)	Pérdida de carga (Kpa/r	Factor de corrección	Pérdida de carga (Kpa/m	Dimension de la tubería															
63	0,44672616	0,1		1,218	0,1218	400,37														
64																				
65																				
66	PERDIDA DE CARGA DE LOS CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE																			
67																				
68	Circuitos	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga (Kpa/m)	Factor de corrección	Pérdida de carga (Kpa)	Pérdida de carga (Kpa)													
69	D Principal	83,8	0,037743384	0,11	1,218	0,13398	11,227924	17,42	191,74											
70	Dormitorio 1	84,3	0,054850761	0,075	1,218	0,09195	7,700605	20,419	438,5											
71	Dormitorio 2	89,8	0,06820616	0,1	1,218	0,1218	10,33764	20,419	40,25											
72	Sala de estar	128,2	0,070390907	0,1	1,218	0,13398	17,76236	20,419	18,2											
73	Comedor	63,94	0,035888833	0,1	1,218	0,1218	8,506512	17,42												
74	Cocina	122,6	0,050631052	0,06	1,218	0,06019	7,46534	20,419												
75	Asso Dorm.	38,1	0,0308445384	0,06	1,218	0,07308	2,784448	17,42												
76	Asso 1	18,2	0,00233146	0,02	1,218	0,02436	0,443352	12,42												
77	Asso 2	73,6	0,082831883	0,13	1,218	0,15834	11,653924	20,419												
78	Vestidor	40,25	0,0125353	0,02	1,218	0,02436	0,98049	18,418												
79																				
80																				
81	PERDIDA DE CARGA TOTAL							2,2	Kpa											
82	Tiempo	Sala de estar	Pérdida de carga (Kpa)																	
83	Circuitos	UBICACIÓN	Carregas de transmisión	Carregas ventibco	Carregas totales	Dimensionamiento	F-CHART 2													

$$[Q] = m \cdot Cp \cdot (T_{imp} - T_{ret}) \text{ [Kcal/h]}$$

$m$  = Caudal de agua [Kg/h]  
 $Cp$  = Calor específico del agua [1 Kcal/Kg °C]  
 $T_{imp} - T_{ret}$  = Salto térmico impulsión - retorno = 10°C

IKIP = 859 84523Kcal/h



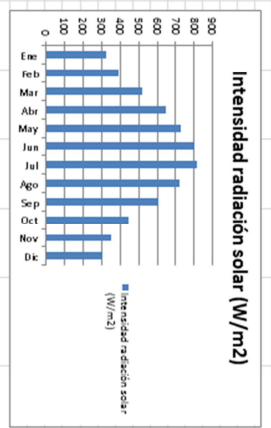
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
42																				
43	CAUDAL DEL AGUA																			
44																				
45	Circuitos	Q=al superficie (W/m <sup>2</sup> Superficie (m <sup>2</sup> )	H	Superficie psillo (m <sup>2</sup> )	Superficie real (m <sup>2</sup> )	Q (W)	Q (kcal/h)	m (kg/h)	m (kg/s)											
46	D Principal	81,45987033	12,08	54	19,4	1890,240014	1036,793939	103,9762	0,03774338											
47	D Dominio 1	36,75008712	12,7	16,7	24,9	2236,491862	1974,627401	197,4627	0,05465016											
48	D Dominio 2	39,74988919	16,7	26,1	28,1	2393,010777	2450,334969	245,0334	0,06826012											
49	Sala de estar	99,89199326	2,1	2,1	16,2	165,164651	150,297992	150,2979	0,00698982											
50	Comedor	87,58909916	2,2	2,1	24,3	219,194465	189,919786	189,9198	0,00696395											
51	Comedor	103,3163949	7,1	5,4	12,5	109,4336827	110,433996	110,4339	0,00368459											
52	Aseo Dom.	25,69278995	2,6	1,2	3,8	97,41936623	83,9229765	83,922976	0,00223146											
53	Aseo 1	123,39898978	8,4	8,4	28,1	3467,2956847	2981,503402	298,1303	0,08281938											
54	Aseo 2	48,37124003	5,45	19,7	10,85	524,92279543	481,270813	481,2708	0,04673816											
55	Vestidor		119,91	5,4	1															
56																				
57																				
58																				
59																				
60	MONITANTES Y TUBERIAS DE DISTRIBUCION																			
61																				
62	Caudal total de impulsión (l/s)	Perdida de carga [Kpa/r	Factor de corrección	Perdida de carga [Kpa/m	Dimension de la tubería															
63	0,44673816	0,1	1,218	0,1218	40x3,7															
64																				
65	PERDIDA DE CARGA DE LOS CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE																			
66																				
67																				
68	Circuitos	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Perdida de carga [Kpa/m]	Factor de corrección	Perdida de carga [Kpa]	Perdida de carga [Kpa]	m (kg/h)	m (kg/s)											
69	D Principal	83,8	0,037743384	0,11	1,218	0,133398	11,227624 17x2	191,74												
70	D Dominio 1	84,3	0,04860761	0,075	1,218	0,09135	7,700805 20x1,9	498,5												
71	D Dominio 2	89,8	0,05820516	0,1	1,218	0,1278	10,39794 20x1,9	40,25												
72	Sala de estar	128,2	0,07039097	0,11	1,218	0,133398	17,176238 20x1,9	88,2												
73	Comedor	69,94	0,036188833	0,1	1,218	0,1278	8,506502 17x2													
74	Cocina	122,6	0,050810162	0,05	1,218	0,0809	7,46834 20x1,9													
75	Aseo Dom.	38,1	0,036945384	0,06	1,218	0,07308	2,794348 17x2													
76	Aseo 1	18,2	0,02023146	0,02	1,218	0,02436	0,443262 12x2													
77	Aseo 2	73,6	0,082819383	0,13	1,218	0,19834	10,53924 20x1,9													
78	Vestidor	40,25	0,025393	0,02	1,218	0,02436	0,398949 16x1,8													
79																				
80																				
81	PERDIDA DE CARGA TOTAL							2,2 Kpa												
82	Tambor																			
83	Chimenea																			
84	Chimenea																			
85																				
86																				
87																				
88																				
89																				
90																				
91																				
92																				
93	UBICACION																			
94	UBICACION																			
95	UBICACION																			
96	UBICACION																			
97	UBICACION																			
98	UBICACION																			
99	UBICACION																			
100	UBICACION																			

$$[Q] = m \cdot C_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) \text{ [Kcal/h]}$$

$m$  = Caudal de agua [kg/h]  
 $C_p$  = Calor específico del agua [1 Kcal/kg °C]  
 $T_{imp} - T_{ret}$  = Salto térmico impulsión - retorno = 10°C

$$IKM = 850,84523 \text{ Kcal/h}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
3	TEMPERATURA RED (°C)			TEMPERATURA AMBIENT (°C)																					
4				T Ambiente T Aireol																					
5	ener	5,45		ener	11,6	6,05	0,01																		
6	febrer	6,45		febrer	12,4	6,85	0,005																		
7	març	7,45		març	13,8	8,25	5,55																		
8	abril	11,225		abril	15,7	12,925																			
9	maig	13,225		maig	18,6	15,825																			
10	juny	15,225		juny	22,2	19,425																			
11	juliol	17,225		juliol	25	22,225																			
12	agost	17,225		agost	25,5	22,725																			
13	setembre	16,225		setembre	23,2	20,425																			
14	octubre	10,45		octubre	19,1	13,55																			
15	novembre	7,45		novembre	15	9,45																			
16	desembre	6,45		desembre	12,1	6,55																			
17																									
18																									
19	ENERGIA INCIDENT PER M2 (W/M2)																								
20	INTENSITAT DE LA RADIACIÓ SOLAR (W/M2)																								
21	ener	9,4	1000000 J	Hores sol (s)																					
22	febrer	12,6		Intensitat radiació solar (W/m2)																					
23	març	16,3		32400	Feb	326	38888888																		
24	abril	22,1		32400	Mar	521	1604383																		
25	maig	24,9		34200	Abr	646	1988304																		
26	juny	27,5		34200	May	728	0701754																		
27	juliol	27,8		34200	Jun	804	0356173																		
28	agost	24,8		34200	Juli	812	8654171																		
29	setembre	19,6		32400	Agò	719	2382456																		
30	octubre	14,4		32400	Sep	604	338276																		
31	novembre	10,1		28800	Oct	444	4444444																		
32	desembre	8,2		27000	Nov	350	6344444																		
33																									
34																									
35																									
36																									
37																									



<http://www.solarweb.net/foros/la/foros/valencia-sistemas-soladores.html#13247-conversion-mj-m2-a-w-m2.html>

[http://energiayluz.es/index.php?c=condi.com\\_content&view=article&id=62&Itemid=65&lang=castellano](http://energiayluz.es/index.php?c=condi.com_content&view=article&id=62&Itemid=65&lang=castellano)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
36																							
37																							
38	<b>FACTOR DE CORRECCIÓ K</b>		latitud 38°	inclinació 40°																			
39																							
40	enero	1,38																					
41	febrero	1,26																					
42	marzo	1,14																					
43	abril	1,02																					
44	mayo	0,93																					
45	junio	0,9																					
46	julio	0,93																					
47	agosto	1,03																					
48	septiembre	1,18																					
49	octubre	1,35																					
50	noviembre	1,46																					
51	diciembre	1,45																					
52																							
53																							
54																							
55																							
56																							
57																							
58																							
59																							
60	enero	9,4	3400	12784																			
61	febrero	12,6	12600	15876																			
62	marzo	16,9	16900	19266																			
63	abril	22,1	22100	23542																			
64	mayo	24,3	24300	23157																			
65	junio	27,5	27500	24750																			
66	julio	27,8	27800	25854																			
67	agosto	24,6	24600	25338																			
68	septiembre	19,6	19600	23128																			
69	octubre	14,4	14400	19440																			
70	noviembre	10,1	10100	14746																			
71	diciembre	8,2	8200	11890																			

**RADIACIÓ INCIDENT EN JIM2 (per a f-chart)**

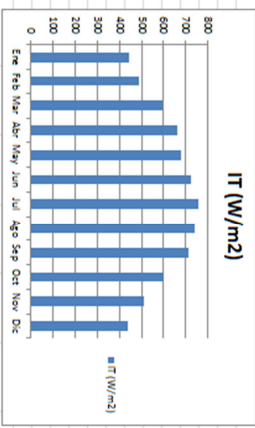
	MJ/m <sup>2</sup>	KJ/m <sup>2</sup>
enero	9,4	3400
febrero	12,6	12784
marzo	16,9	15876
abril	22,1	19266
mayo	24,3	22100
junio	27,5	23157
julio	27,8	24750
agosto	24,6	25854
septiembre	19,6	25338
octubre	14,4	23128
noviembre	10,1	19440
diciembre	8,2	14746

**RADIACIÓ INCIDENT (W/m<sup>2</sup>)**

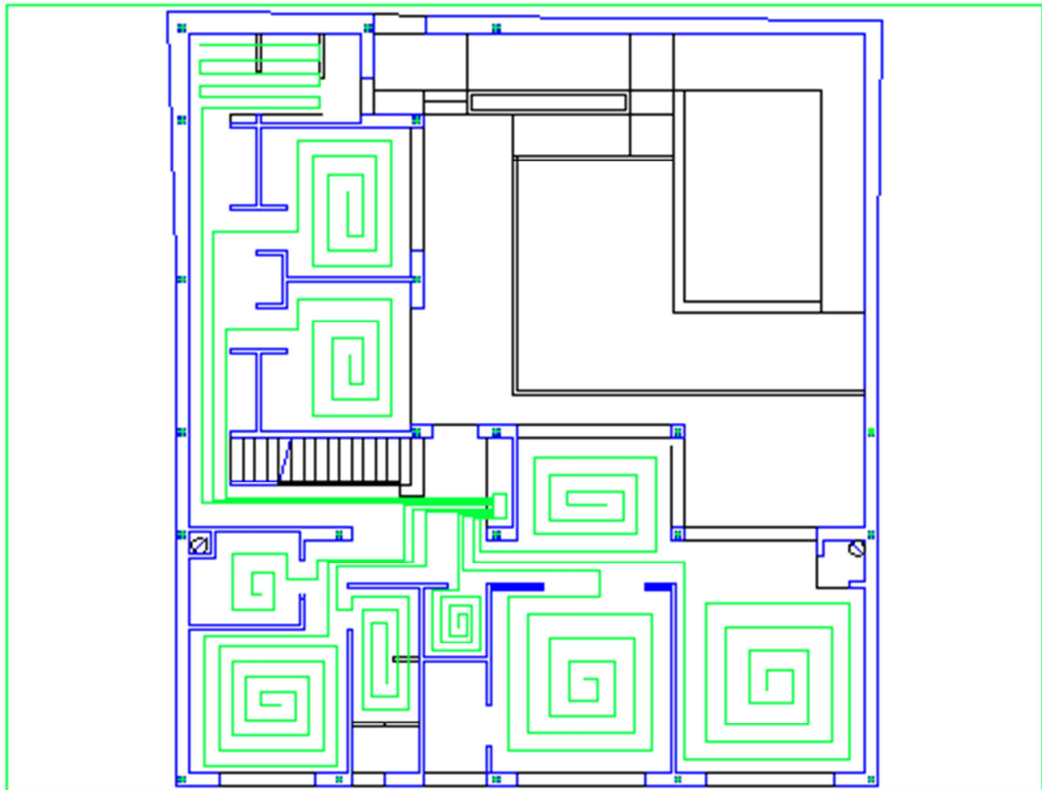
	en factor de correcció	H <sub>t</sub> (W/m <sup>2</sup> )
Ene	1,38	443,8883
Feb	1,26	490
Mar	1,14	594,6296
Abr	1,02	659,1228
May	0,93	677,1053
Jun	0,9	723,6842
Jul	0,93	755,9849
Ago	1,03	740,8772
Sep	1,18	713,8272
Oct	1,35	600
Nov	1,46	572,0739
Dic	1,45	440,3704

**H<sub>t</sub>(W/m<sup>2</sup>)**

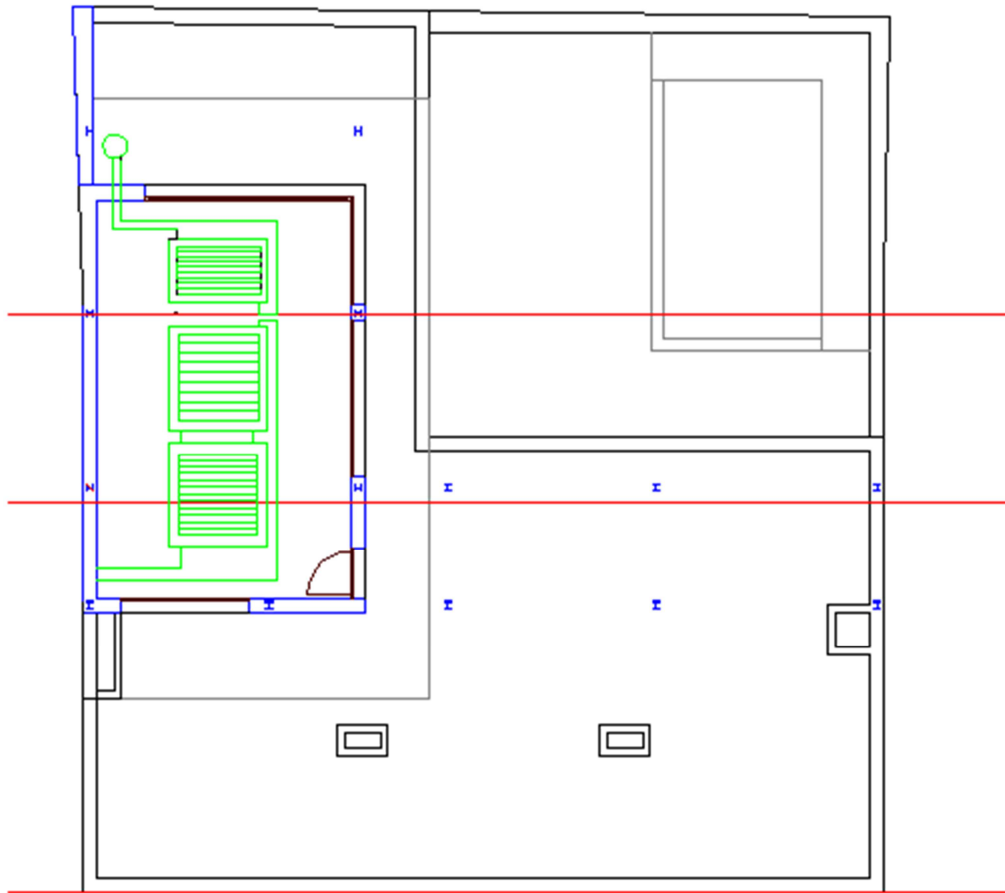
	H <sub>t</sub> (W/m <sup>2</sup> )
Ene	443,8883
Feb	490
Mar	594,6296
Abr	659,1228
May	677,1053
Jun	723,6842
Jul	755,9849
Ago	740,8772
Sep	713,8272
Oct	600
Nov	572,0739
Dic	440,3704



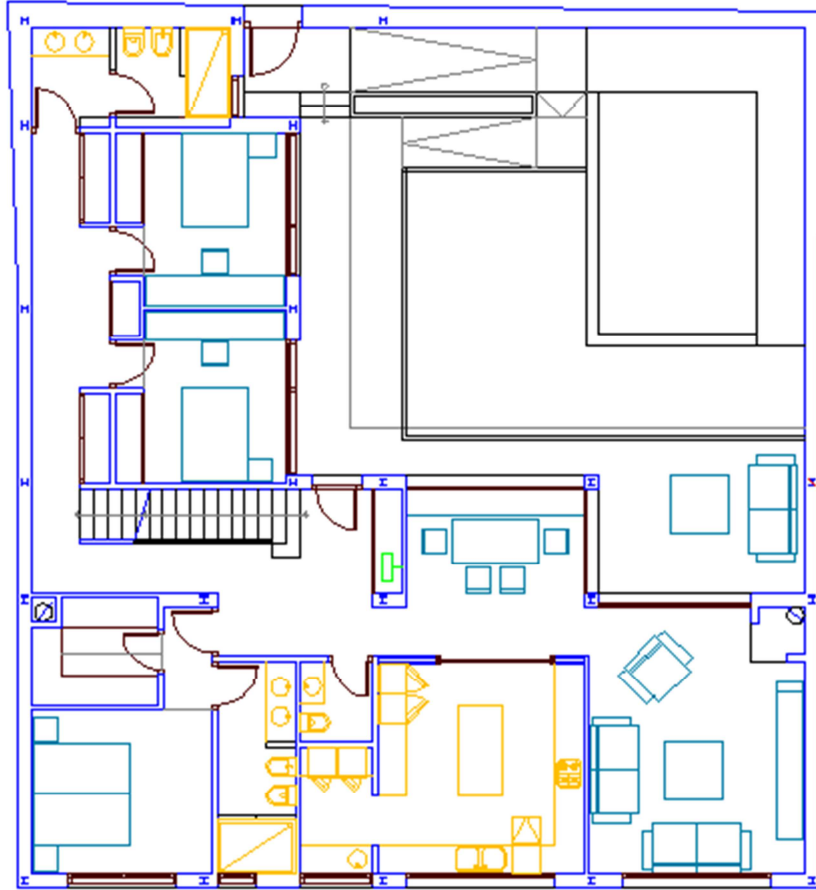
# ANEXO 2: PLANOS



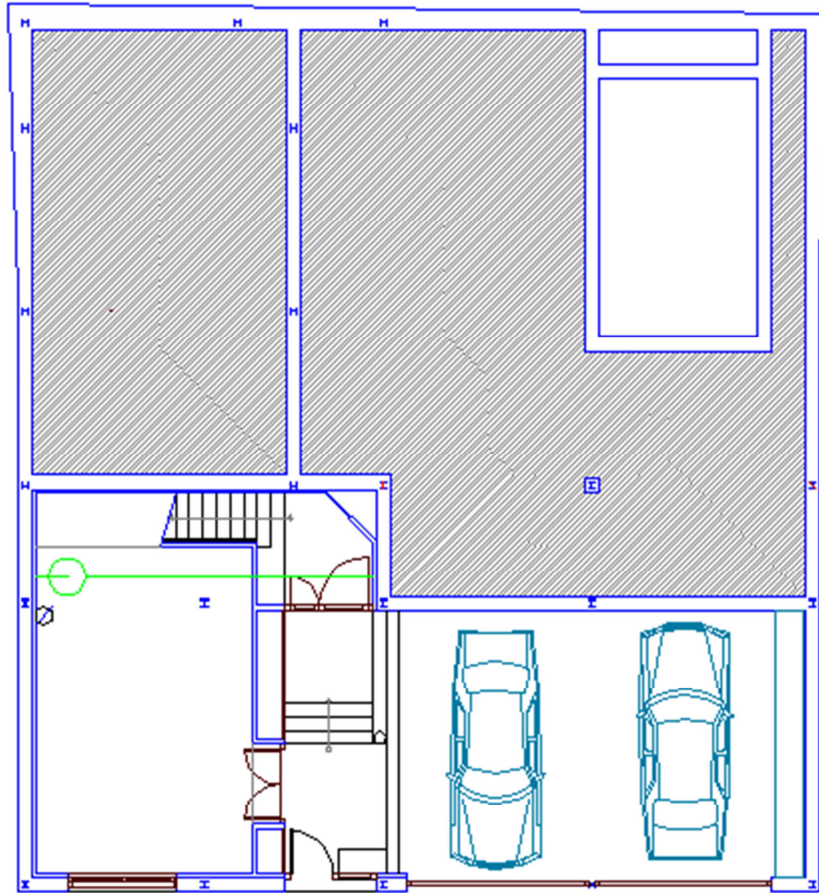
Distribución tubos del suelo radiante, partiendo desde el colector



Ubicación de los colectores en la azotea de la vivienda. El interacumulador de ACS también se encuentra en la azotea.

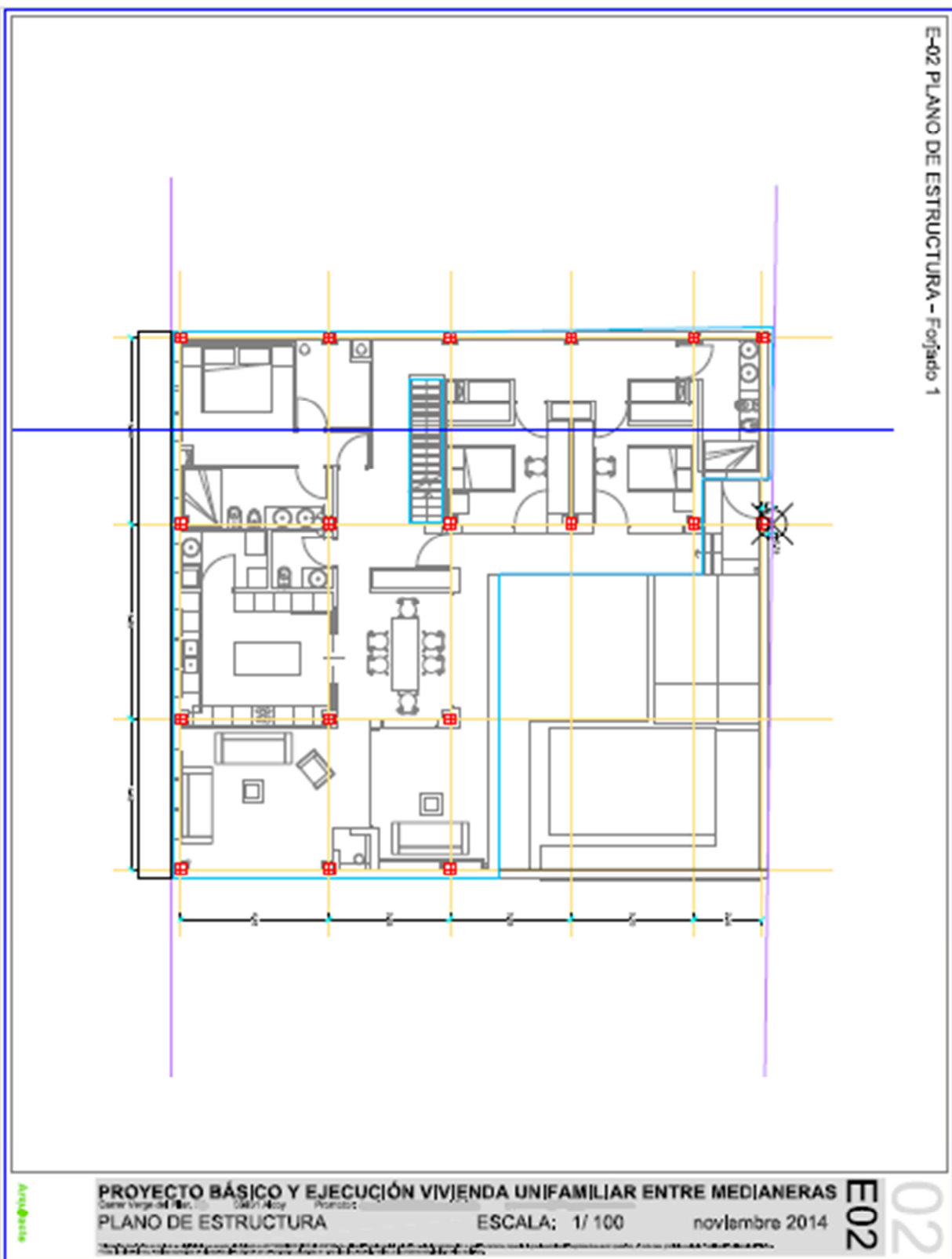


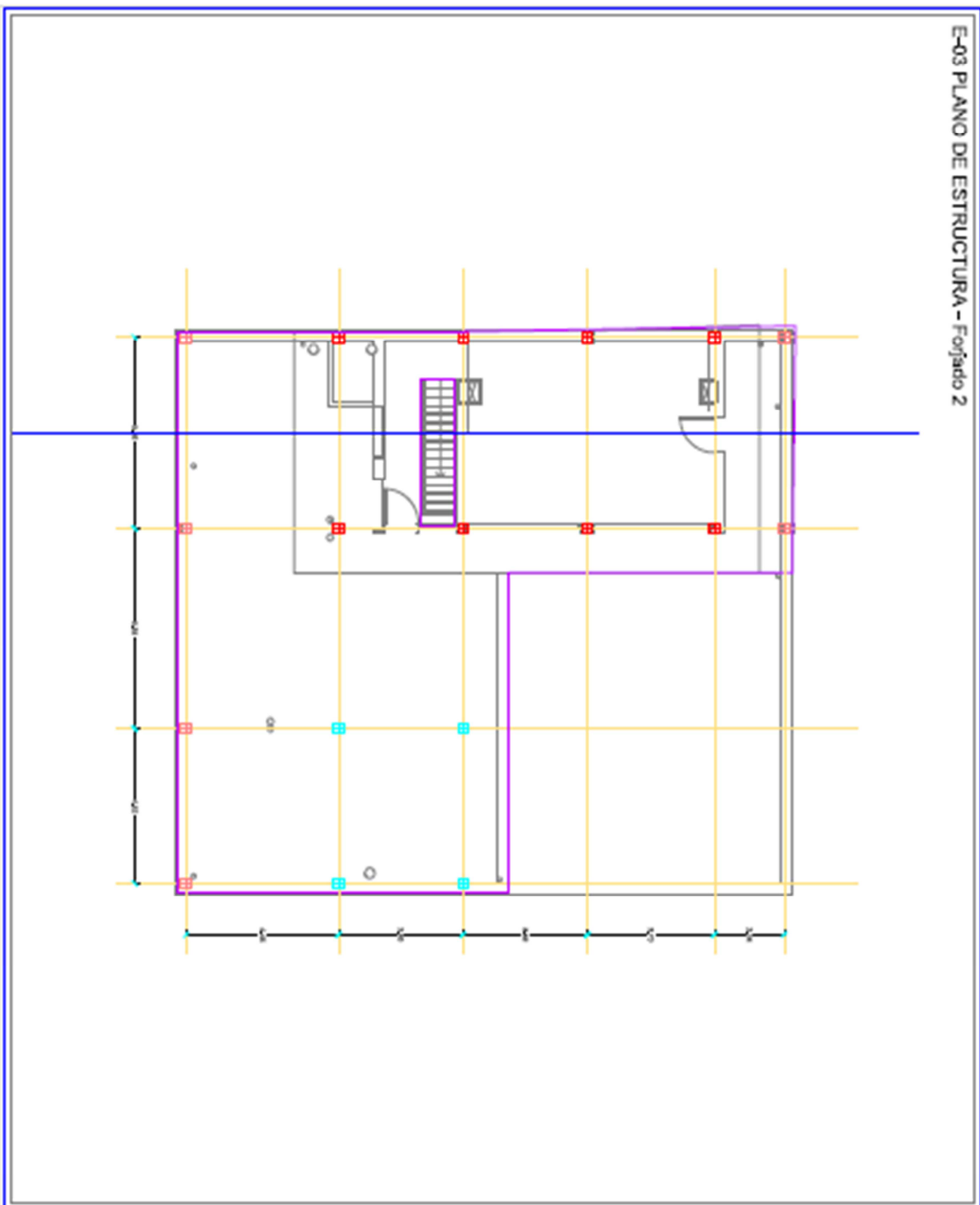
Ubicación del collector del suelo radiante, en la parte aproximadamente más centrada de la vivienda.



Ubicación del depósito de inercia en el garaje de la vivienda. Pegadas al muro y por el interior de la vivienda bajarán las tuberías provenientes de los captadores solares. Desde este depósito de inercia se tiende la tubería hacia el colector de suelo radiante, ubicado en la planta superior.

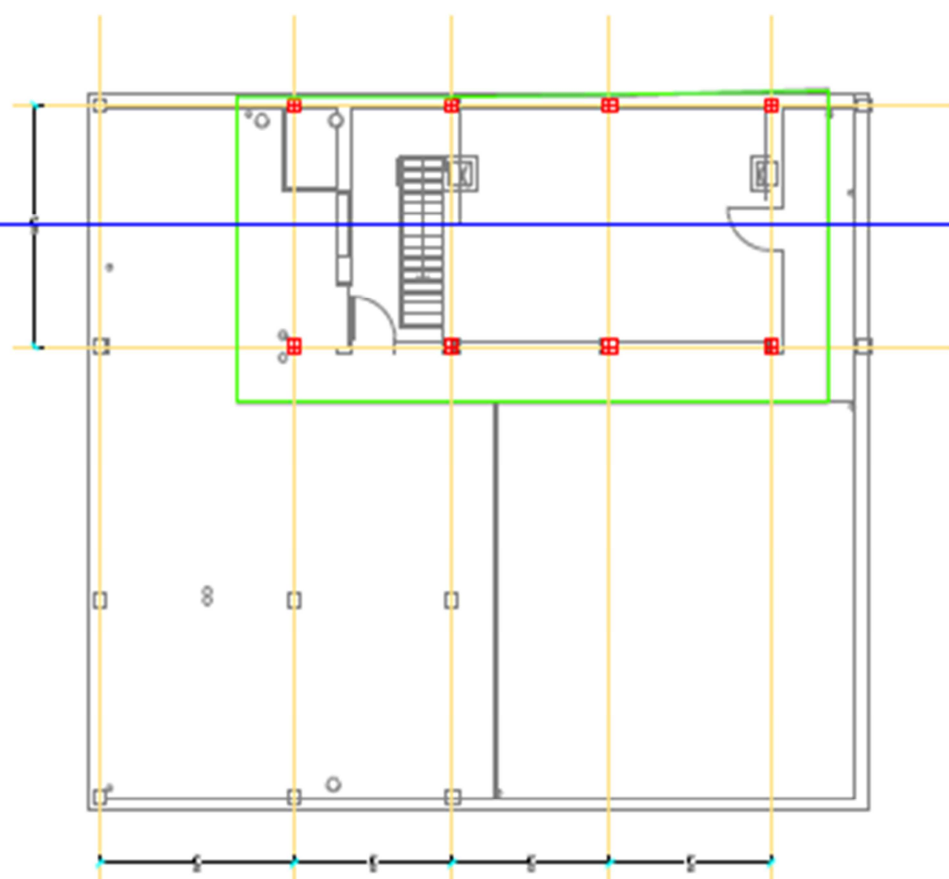


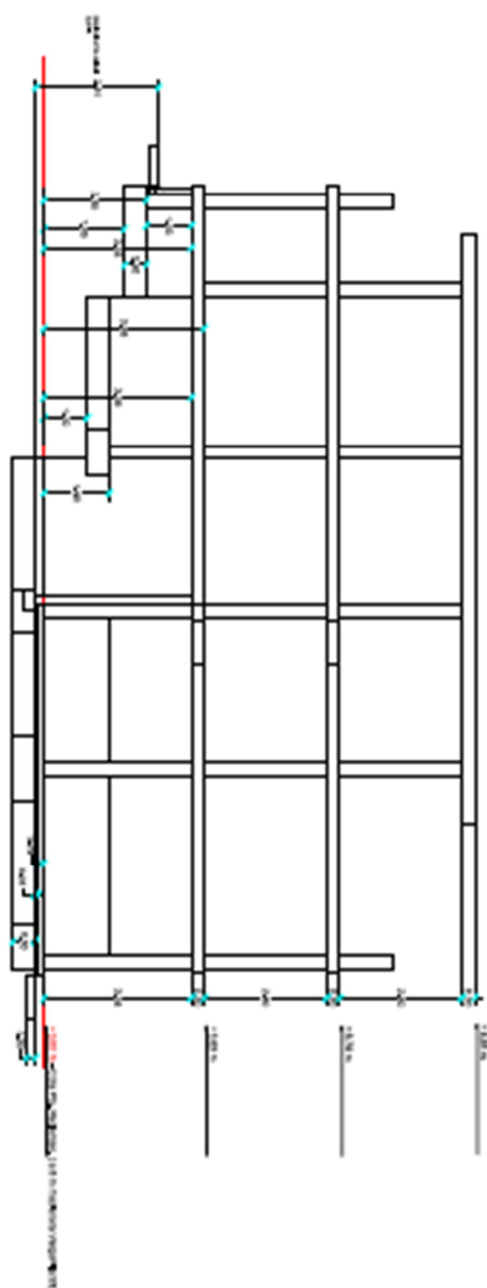




**PROYECTO BÁSICO Y EJECUCIÓN VIVIENDA UNIFAMILIAR ENTRE MEDIANERAS**  
Calle Verge del Mar, 25, 28017 Alcorcón, Madrid, España  
**PLANO DE ESTRUCTURA** ESCALA: 1/ 100 noviembre 2014

**E03**  
**03**





# **ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS**

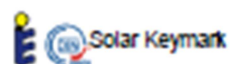
## Solar Collector Factsheet Solex BLUX



**Modelo** BLUX  
**Tipo** Colector plano  
**Fabricante** Solex srl  
**Dirección** Via D. Donini 51 Cinquemiglia

**Teléfono** IT-06012 Città di Castello  
+39 075 8540884  
**Telefax** +39 075 8540884  
**Email** amministrazione@solex.it  
**Internet** www.solex.it  
**Fecha de ensayo** 11.2006

- Ensayo de rendimiento EN12975:2006
- Ensayo de durabilidad EN12975:2006



Dimensiones	Datos técnicos
-------------	----------------

Longitud total	2.005 m
Anchura total	1.290 m
Superficie bruta	2.586 m <sup>2</sup>
Área de apertura	2.345 m <sup>2</sup>
Área de absorbedor	2.305 m <sup>2</sup>
Peso vacío	50 kg

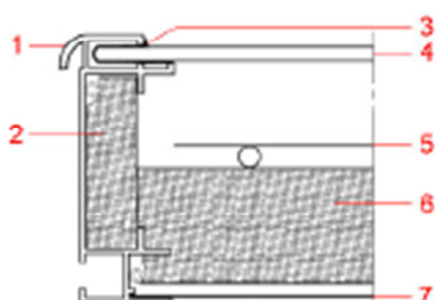
Caudal mínimo	50 lh
Caudal nominal	100 lh
Caudal máximo	150 lh
Contenido de fluido	2.0 l
Presión máxima de operación	10 bar
Temperatura de estancamiento	192 °C

Montaje del captador	Informaciones adicionales
----------------------	---------------------------

- En tejado con inclinación
- Integrado en tejado con inclinación
- Sobre tejado plano con estructura
- A la fachada

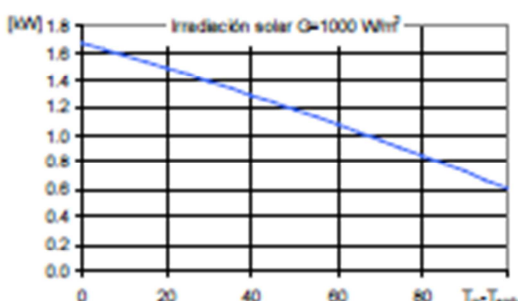
- Módulos disponibles en diversos tamaños
  - Cubierta intercambiable
- Conexiones hidráulicas**  
Tubo de cobre, diámetro nominal 22 mm

Construcción
--------------



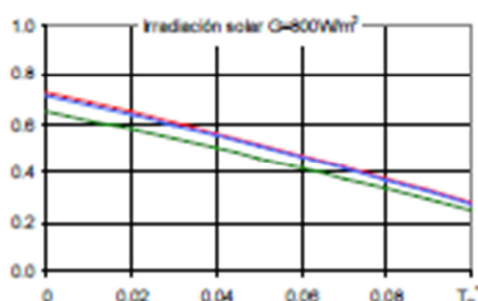
- 1 Caja
- 2 Aislamiento térmico lateral
- 3 Junta
- 4 Cubierta
- 5 Absorbedor
- 6 Aislamiento térmico
- 7 Pared posterior

**Rendimiento máximo  $W_{peak}$**



Rendimiento máximo $W_{peak}$	1678 W
Capacidad térmica*	6.6 kJ/K
Caudal usado para los ensayos	130 l/h
Fluido de transferencia de calor Agua-Glicol 33.3%	

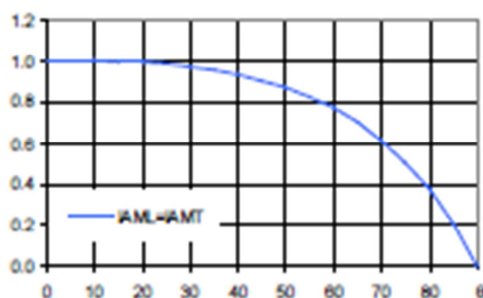
**Eficiencia relativa  $\eta$**



Area referencia	Total	Apertura	Absorbedor
$\eta_p$	0.649	0.716	0.728
$a_1$ [WK <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> ]	3.51	3.87	3.94
$a_2$ [WK <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> ]	0.0062	0.0069	0.0070

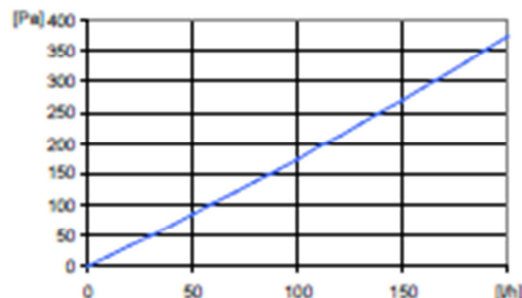
\*): Capacidad térmica específica C del captador sin líquido, determinado según 5.1.6.2 del EN12975-2:2006

**Modificador del ángulo IAM**



K1, transversal IAM a 50°	0.87
K2, longitudinal IAM a 50°	0.87

**Caída de presión  $\Delta p$**



Caída de presión para caudal nominal:  
 $\Delta p = 174 \text{ Pa}$  (T=20°C)

**SPF Simulación de sistemas con Polysun**

**Breve descripción del sistema**

Clima: Suiza central, orientación del captador: Sur, agua fría 10°C, agua caliente sanitaria 50°

**Agua caliente sanitaria:  $F_{es}^* = 60\%$**

Depósito 450 litros, inclinación del captador 45°, Necesidad diaria de energía 10 kWh (4-6 personas), Necesidad energética del sistema de referencia 4200 kWh/año

**Pre calentamiento del ACS:  $F_{es}^* = 25\%$**

2 depósitos: 1500 litros & 2500 litros, inclinación del captador 30°, Agua caliente sanitaria 10'000 l/día (200 personas), Pérdida diaria de calor (circulación & depósito) 60 kWh, Necesidad energética del sistema de referencia 191700 kWh/año

**Calefacción de espacio:  $F_{es}^* = 25\%$**

Almacenamiento combinado 1200 litros, inclinación del captador 45°, Necesidad diaria de energía 10 kWh (4-6 personas), Edificio 200 m<sup>2</sup>, Construcción intermedia fuerte, bien aislada, Necesidades potencia de calentamiento 5.8 kW (temperatura exterior -8°C), Necesidades energéticas de calentamiento 12140 kWh/año, Necesidades energética del sistema referencia 16340 kWh/año

Superficie requerida**	Rendimiento solar**
------------------------	---------------------

6.10 m<sup>2</sup>  
2.6 captadores 417 kWh/m<sup>2</sup>

77.3 m<sup>2</sup>  
33.0 captadores 622 kWh/m<sup>2</sup>

20.3 m<sup>2</sup>  
8.7 captadores 265 kWh/m<sup>2</sup>

\*) Fracción solar savings: Fracción de la energía final que, gracias al sistema solar, puede ser ahorrada comparada con un sistema de referencia.  
\*\*) La necesidad en superficie y el rendimiento solar son definidos en relación a la superficie de apertura.





### INFORMACIÓN TÉCNICA

Interacumulador construido en acero carbono ST 37.2 revestido interiormente por capa de vitrificado cerámico de alta calidad, idóneo para el almacenamiento de agua potable según la directiva 89/109/CEE. El revestimiento interior está realizado de acuerdo a la norma EN 4753-3 y tiene un espesor entre 0,15 - 0,50 mm. El interacumulador incorpora un serpentín fijo soldado al cuerpo del acumulador, construido igualmente en acero carbono vitrificado.

El revestimiento interior está protegido ante la corrosión mediante un ánodo de magnesio que asegura su protección catódica. Este modelo de interacumulador se suministra en configuraciones vertical y horizontal.

### APLICACIÓN

Producción de agua caliente sanitaria (ACS) para uso doméstico o industrial.

### AISLAMIENTO

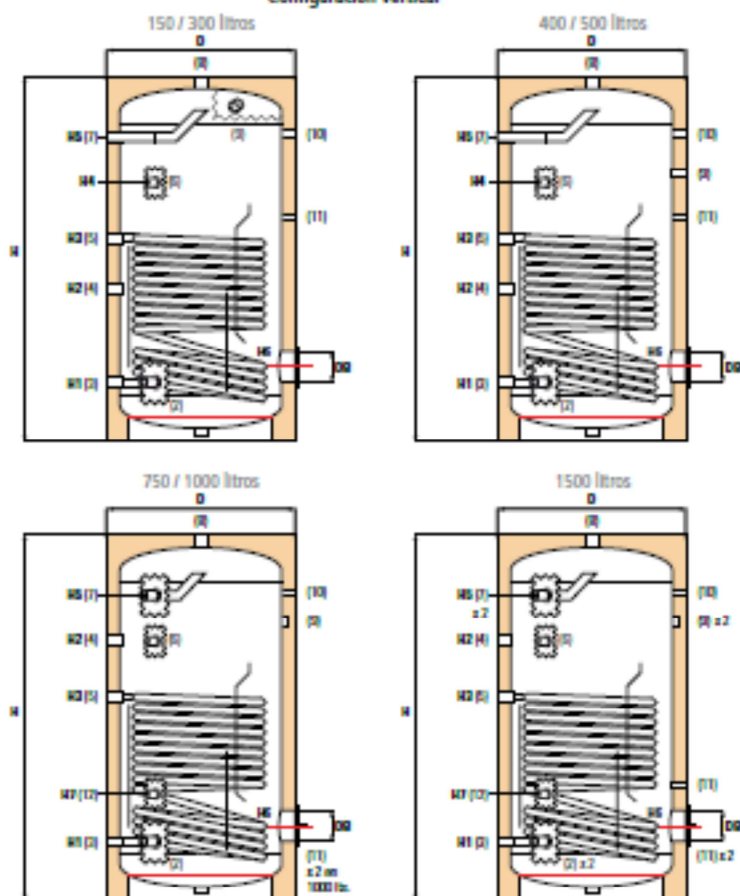
Los interacumuladores se suministran con aislamiento estándar de poliuretano:

- Poliuretano rígido de densidad 40 Kg./m<sup>3</sup> para capacidades desde 150 a 500 lts. Espesor de aislamiento: 50 mm
- Poliuretano flexible de densidad 23 Kg./m<sup>3</sup> para capacidades a partir de 750 lts. Espesor de aislamiento: 100 mm

El acabado exterior se realiza en funda de PVC de color naranja o gris.



### Configuración vertical

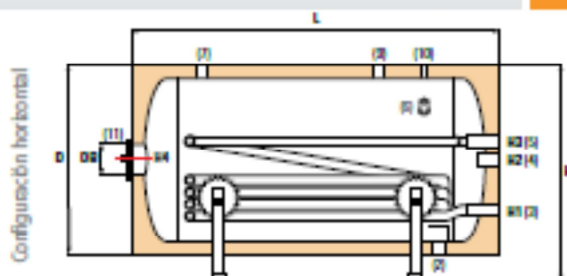


- Entrada agua fría sanitaria
- Salida de serpentín (primario)
- Conexión para recirculación
- Entrada de serpentín (primario)
- Conexión para termostato
- Salida agua caliente sanitaria
- Purga de aire
- Ánodo protección catódica
- Conexión para termómetro
- Conexión para resistencia
- Instrumentación



## CONDICIONES DE DISEÑO

	Presión diseño	Temperatura diseño
Depósito	8 bar	95 °C
Serpentín	10 bar	95 °C



## Configuración vertical DIMENSIONES

Volumen (litros)	Dimensiones (mm)									
	D	H	H1	H2	H3	H4	H5	H6	ØB	H7
150	Ø 555	1070	202	450	722	822	868	310	Ø 110	—
200	Ø 555	1340	202	500	792	892	1138	310	Ø 110	—
300	Ø 650	1410	215	663	855	897	1170	320	Ø 110	—
400	Ø 750	1460	270	673	850	950	1204	450	Ø 110	—
500	Ø 750	1710	270	940	1068	1168	1453	450	Ø 110	—
750	Ø 950	2000	300	970	1405	535	1630	450	Ø 200	535
1000	Ø 1050	2050	330	1060	1407	530	1710	450	Ø 400	530
1500	Ø 1050	2310	310	1160	1477	510	1965	450	Ø 400	510

Volumen (litros)	Conexiones rosca gas HEMBRA											
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
150	1"	1"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	—
200	1"	1"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	—
300	1"	1"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	—
400	1"	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	—
500	1"	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	—
750	1"	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1"	1 1/4"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"
1000	1"	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1"	1 1/4"	3/4"	2 x 1 1/4"	1 1/4"
1500	1"	2 x 1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	2 x 1 1/4"	1"	2 x 1 1/4"	3/4"	3 x 1 1/4"	1 1/4"

## TARIFA DE PRECIOS

VERTICAL		
Código	Vol. (lts)	PVP (€)
ASF1015V	150	557
ASF1020V	200	611
ASF1030V	300	964
ASF1040V	400	1.113
ASF1050V	500	1.306
ASF1075V	750	1.857
ASF1100V	1000	2.568
ASF1150V	1500	3.379

CON AISLAMIENTO ESTÁNDAR

## Configuración horizontal DIMENSIONES

Volumen (litros)	Dimensiones (mm)							
	D	H	L	H1	H2	H3	H4	ØB
150	Ø 555	695	1070	275	420	525	420	Ø 110
200	Ø 555	695	1340	275	420	525	420	Ø 110
300	Ø 650	790	1410	290	430	540	465	Ø 110
400	Ø 750	890	1460	315	430	515	515	Ø 110
500	Ø 750	890	1710	315	430	515	515	Ø 110
750	Ø 950	1090	2050	396	615	696	515	Ø 200
1000	Ø 1050	1190	2050	404	665	756	665	Ø 400
1500	Ø 1050	1190	2370	404	665	756	665	Ø 400

Volumen (litros)	Conexiones rosca gas HEMBRA							
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(9)	(10)
150	1"	1"	1"	1"	3/4"	1"	1 1/4"	3/4"
200	1"	1"	1"	1"	3/4"	1"	1 1/4"	3/4"
300	1"	1"	1"	1"	3/4"	1"	1 1/4"	3/4"
400	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	3/4"
500	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	3/4"
750	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	3/4"
1000	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	2 x 1 1/4"
1500	1 1/4"	1"	1"	1"	3/4"	1 1/4"	2 x 1 1/4"	3 x 1 1/4"

## TARIFA DE PRECIOS

HORIZONTAL		
Código	Vol. (lts)	PVP (€)
ASF1H015V	150	624
ASF1H020V	200	685
ASF1H030V	300	1.082
ASF1H040V	400	1.250
ASF1H050V	500	1.466
ASF1H075V	750	2.086
ASF1H100V	1000	2.860
ASF1H150V	1500	3.771

CON AISLAMIENTO ESTÁNDAR

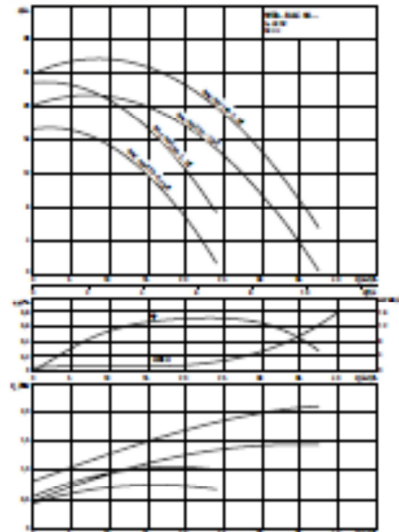
## DATOS TÉCNICOS Y DE FUNCIONAMIENTO

Volumen (litros)	150	200	300	400	500	750	1000	1500
Superficie de interc. (m²)	0,74	0,95	1,3	1,7	2	2,15	2,7	3
Potencia (kW)	19	25	34	42	49	54	66	74
Producción (litros/h)	4,73	6,07	8,30	10,85	12,65	13,73	17,23	19,15
Peso (Kg.)	83	94	132	173	205	295	383	520

Los datos térmicos están calculados para un primario con agua de caldera a 80°C y un secundario con agua de 10 a 45°C en continuo.

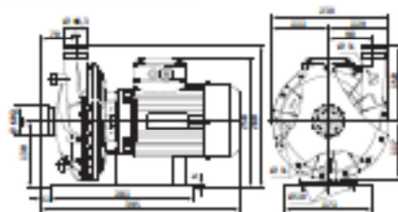
**Ficha técnica: Wilo-BAC 40/125-0,75/2-R**

**Curvas características**

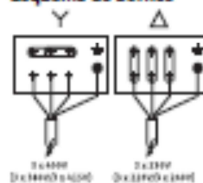


Curva característica para agua a 20°C - ISO 2284 clase C

**Plano de dimensiones**



**Esquema de bornes**



**Campo de aplicación autorizado**

Ejecución estándar para presión de trabajo	$P_{max}$	6,5 bar
Rango de temperaturas con temperatura ambiente máx. +40 °C		-15...+60 °C
Temperatura ambiente máx.		40 °C

**Conexiones de tubería**

Diámetro nominal de brida ovalada	G 1½
Diámetro nominal de brida ovalada	G 2

**Materiales**

Carcasa de la bomba	PA 6,6 50% fibra de vidrio
Rodete	PA-GF30
Eje de bomba	X30Cr13
Cilindro mecánico	WQGGG

**Índice de eficiencia mínima (MEI)**

Índice de eficiencia mínima (MEI)	≥ 0,40
-----------------------------------	--------

**Motor/componentes electrónicos**

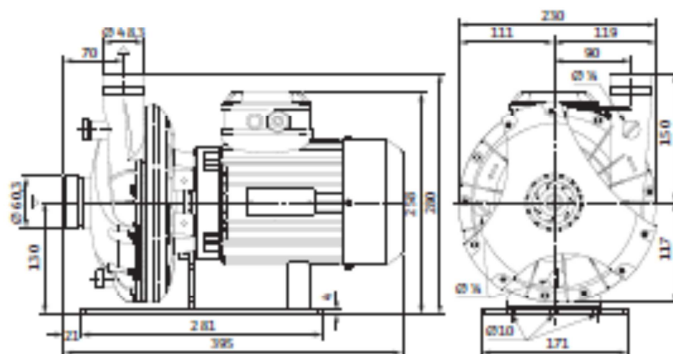
Tipo de protección	IP 55	
Clase de aislamiento	F	
Alimentación eléctrica	3-400 V, 50 Hz	
Rango de velocidades	n	2900 rpm
Motor Efficiency Class		IE2
Potencia nominal del motor	$P_n$	0,75 kW
Intensidad nominal 3-400 V, 50 Hz	$I_n$	1,91 A
Presostopos	1xM10 PG	

**Información de pedido**

Marca	Wilo	
Tipo	BAC 40/125-0,75/2-R	
Ref.	4150840	
Peso aprox.	m	14 kg

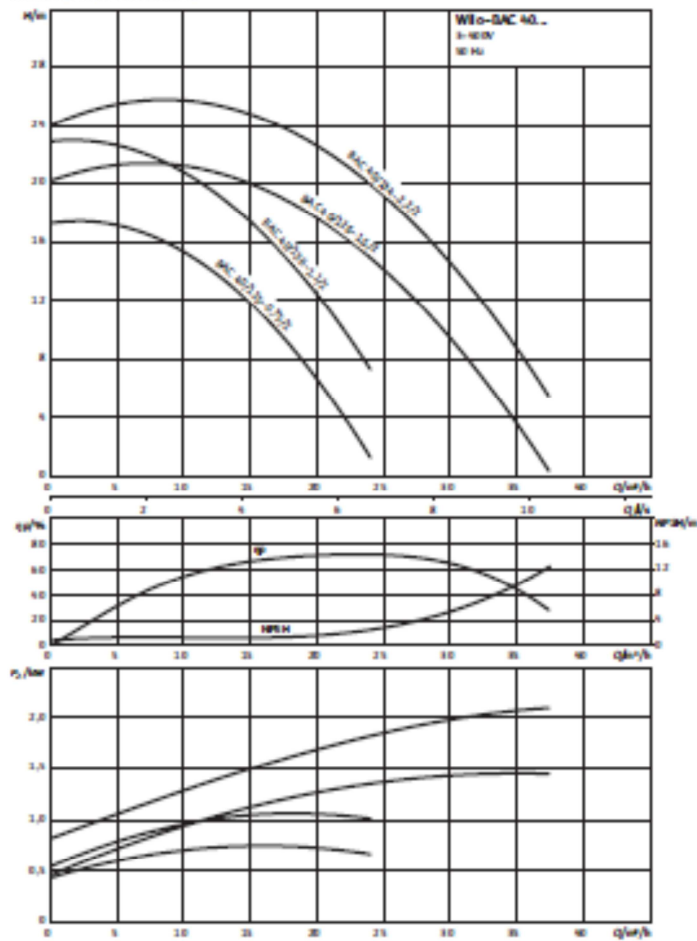
Dimensiones y planos de dimensiones: Wilo-BAC 40/125-0,75/2-R

Plano de dimensiones



Curvas características: Wilo-BAC 40/125-0,75/2-R

Curvas características



Curva características para agua a 20°C - ISO 2280 class C

**Información de pedido: Wilo-BAC 40/125-0,75/2-R**

Información de pedido		
Marca	Wilo	
Tipo	BAC 40/125-0,75/2-R	
Ref.	4155043	
Número EAN	4043401101504	
Color	Verde/amarillo	
Cantidad mínima a pedir	1	
Unidad de la cantidad mínima a pedir	PCS	
Peso (neto)	kg	13,9
Longitud (neto)	mm	395
Anchura (neto)	mm	230
Altura (neto)	mm	200
Peso (bruto)	kg	24,9
Longitud (bruto)	mm	1200
Anchura (bruto)	mm	500
Altura (bruto)	mm	440
Tipo de embalaje	Europalet	
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte	
Unidades por paleta	16	
Número por caja	4	

## Textos de especificación: Wilo-BAC 40/125-0.75/2-R

Bomba centrífuga de rotor seco de una etapa en diseño monobloc para la utilización en instalaciones de refrigeración y climatización. Diseño compacto silencioso y sin vibraciones gracias a un motor trifásico directamente embreado y eje prolongado. Con cierre mecánico de fuente, independiente del sentido de giro y rodete que reduce la cavitación. Carcasa de la bomba de plástico resistente a la corrosión, con conexión roscada o victaulic.

### Materiales

Carcasa de la bomba: PA 6.6 50% fibra de vidrio

Linterna: PA 6.6 50% GF

Rodete: PA-GF30

Rodete (ejecución especial): -

Eje de bomba: X30Cr13

Cierre mecánico: WQSGG

Otros cierres mecánicos: -

### Fluidos admisibles (se pueden solicitar otros)

Agua de calefacción (según VDI 2034): -

Agua fría y de refrigeración: -

Aceite portador de calor: -

### Campo de aplicación autorizado

Ejecución estándar para presión de trabajo: 6,6 bar

Rango de temperaturas con temperatura ambiente máx. +40 °C: -15...+50 °C

Temperatura ambiente máx.: 40 °C

Instalación en el interior: -

Instalación a la intemperie: -

### Conexiones de tubería

Diámetro nominal de brida ovalada: G 1½

Diámetro nominal de brida ovalada: G 2

### Índice de eficiencia mínima (MEI)

Índice de eficiencia mínima (MEI): > 0,40

### Motor/componentes electrónicos

Protección total de motor integrada: Ejecución especial con termistor (TMT) con cargo adicional

Tipo de protección: IP 55

Clase de aislamiento: F

Alimentación eléctrica: 3-400 V, 50 Hz

Rango de velocidades: 2900 rpm

Motor Efficiency Class: IE2

Consumo de potencia: 1,11 kW

Potencia nominal del motor: 0,75 kW

Intensidad nominal 3-400 V, 50 Hz: 1,91 A

Piezostopos: 1xM20 PG

**Textos de especificación: Wilo-BAC 40/125-0.75/2-R**

**Peso**

Peso aprox: 14 kg

Peso bruto: 26 kg

**Información de pedido**

Ref: 4150043

Tipo: BAC 40/125-0.75/2-R

Marc: Wilo

## Vasos de expansión para instalaciones solares glicol 100%



	Código	Litros	Dimensiones (mm)		Conexión	Presión Máxima	CE	PVP €
			Altura H	ø D				
<b>SERIE SOLARVAREM LR</b> Características técnicas: • Presión de precarga: 2,5 bar. • Temperatura de trabajo: -10+130°C. • Membrana fija adaptada para uso potable. • Brida de acero Inox. grapada. CE	R8 006 241	5 (*) (1)	325	100	3/4" M	8 bar	210	35,74
	R8 008 241	8 (1)	330	200	3/4" M	8 bar	144	38,42
	R8 012 241	12	310	270	3/4" M	8 bar	72	48,82
	R8 018 241	18	415	270	3/4" M	8 bar	50	63,28
	R8 025 241	25	400	290	3/4" M	8 bar	03	82,14
	R8 040 241	40	580	320	3/4" M	8 bar	36	87,60
<b>SERIE SOLARVAREM LR</b> Características técnicas: • Presión de precarga: 2,5 bar. • Temperatura de trabajo: -10+130°C. • Membrana reemplazable adaptada para uso potable. • Brida de acero Inox. CE	R8 006 288	5 (*) (1)	325	100	3/4" M	10 bar	210	62,74
	R8 008 288	8 (1)	330	200	3/4" M	10 bar	144	66,08
	R8 012 288	12	310	270	3/4" M	10 bar	72	80,62
	R8 018 288	18	415	270	3/4" M	10 bar	50	71,78
	R8 025 288	25	400	290	3/4" M	10 bar	03	79,42
	R8 040 288	40	580	320	3/4" M	10 bar	36	100,84
<b>SERIE SOLARVAREM LR</b> Características técnicas: • Presión de precarga: 2,5 bar. • Temperatura de trabajo: -10+130°C. • Membrana reemplazable adaptada para uso potable. • Brida de acero Inox. CE	R8 080 288	80	670	380	3/4" M	10 bar	20	130,78
	R8 080 288	80	660	450	3/4" M	10 bar	20	178,12
	R8 100 288	100	730	450	1" M	10 bar	15	260,38
	R8 150 488	150	810	554	1 1/2" M	10 bar	8	366,32
	R8 200 488	200	988	554	1 1/2" M	10 bar	8	447,68
	R8 300 488	300	1190	624	1 1/2" M	10 bar	0	813,18
	R8 500 488	500	1250	775	1 1/2" M	10 bar	1	999,10

NOTA: Los vasos de expansión SOLARVAREM adaptados para uso de agua potable, pueden trabajar, durante breves períodos de tiempo, con temperaturas de hasta 130°C.

Vaso de expansión abierto para solar, consultar pág. 163.

(\*) Certificación CE no prevista para estos modelos.

(1) Modelos 5 y 8 lit., suministro en cajas de 2 unidades.

2



## Kit y soportes para vasos de expansión solares



2

		Código	Medida	PVP €						
<p><b>KIT SOPORTE SOLAR</b></p> <p>Para el montaje del vaso de expansión, equipado con accesorios de seguridad y control. (*)</p> <p>Compuesto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte metálico.</li> <li>• Purgador de boya automático con válvula de retención.</li> <li>• Válvula de seguridad 1/2"x3/4" a 7 bar.</li> <li>• Manómetro ø 63 mm, 0-10 bar con aguja roja y zona verde.</li> <li>• Racor 3 piezas de aislamiento, con doble válvula de retención. (**)</li> </ul> <p>(Vaso de expansión no incluido)</p>		068004	3/4" M	74,00						
<p><b>SOPORTE EXPANSIÓN SOLAR</b></p> <p>Para la conexión entre el vaso de expansión y la estación solar. Incluye soporte angular, tubo flexible de acero inox de 500 mm, con tuercas de conexión 3/4"H y juntas de estanqueidad. Temp. máx.: 110°C. Presión máx.: 10 bar. Equipado con racor 3 piezas de aislamiento, con doble válvula de retención. (**)</p>		068326	3/4" H+H	46,00						
<p><b>SOPORTE PTM/S SOLAR CON RACOR AISLAMIENTO</b></p> <p>Mismas características que modelo PTM. Incluye racor 3 piezas de aislamiento, SUH solar, con doble válvula de retención, conexión 3/4" M-H. (**)</p>		021027	3/4" M+H	22,80						
<p><b>SOPORTE PTM</b></p> <p>Para vasos de expansión desde 5 hasta 40 l. Fabricado en chapa zincada, espesor 4 mm, con rosca 3/4"H</p> <p>Dimensiones en mm.:</p> <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>225</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>40</td> </tr> </table>	A	225	B	170	C	40		021025	-	8,08
A	225									
B	170									
C	40									
<p><b>SOPORTE TELESCÓPICO PTM/S</b></p> <p>Para vasos de expansión desde 5 hasta 40 l. Fabricado en acero, Pintado en epoxi blanco RAL 9016 conexión 3/4" H.</p> <p>Longitud mínima: 160 mm. Extensión total: 250 mm. Incluye tornillos de sujeción.</p>		V60935	3/4" H	16,80						

(\*) El kit soporte solar puede suministrarse con válvula de retención para el manómetro. Consultar precio.  
 (\*\*) Racor de aislamiento concebido para controlar o sustituir el vaso de expansión sin vaciar la instalación

## Líquido anticongelante y anticorrosivo ANTIFROST

Para circuitos de energía solar térmica.






### Aplicaciones

Este producto ha sido desarrollado especialmente para evitar la congelación del fluido en este tipo de instalaciones y contiene en su formulación una serie de aditivos que ofrecen importantes ventajas operativas. Así mismo, está formulado de acuerdo con las exigencias de las Normas UNE 26-261, SAE J-814, BS 6580, USA G-A548 y JIS 2234. Las ejecuciones ANTIFROST elaboradas con base propilenglicol, son productos atóxicos fabricados según normativas NSF y USD H1.

PREVISIÓN / PROTECCIÓN  
SEGURIDAD / EFICACIA

2

			Código	Bidón	Capacidad	PVP €
<b>ANTIFROST SOLAR RC</b> Propilenglicol (*) Para instalaciones de energía solar térmica.		Temp. de congelación				
		Volumen ANTIFROST				
		Volumen agua				
			602206	5	120	33,82
			602210	10	60	82,00
			602220	20	34	116,00
<b>ANTIFROST SOLAR ECO</b> Propilenglicol 100 (*) Para instalaciones de energía solar térmica.		Temp. de congelación				
		Volumen ANTIFROST				
		Volumen agua				
			602606	5	120	48,00
			602610	10	60	91,00
			602620	20	34	180,40
<b>ANTIFROST SOLAR EXTRA</b> Etilenglicol 100 Para instalaciones de calefacción, geotermia y energía solar térmica.		Temp. de congelación				
		Volumen ANTIFROST				
		Volumen agua				
			602110	10	60	82,84
			602120	20	34	117,82

IMPORTANTE: Para comprobar el porcentaje de glicol en las instalaciones, se recomienda utilizar un refractómetro, aparato de medida especialmente indicado para esta aplicación, código 083124.  
 (\*) Productos atóxicos fabricados según Normativas NSF y USD H1.

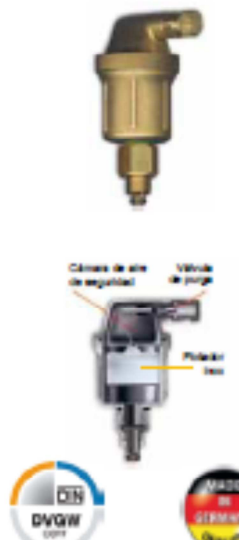





Consultar condiciones de envío.

## Purgadores automáticos de boya SOLAR-VENT



### Aplicaciones

Purgadores de acción rápida, controlado por un flotador fabricado en acero inox, cuerpo de latón, para desaireación automática en instalaciones solares, vapor, agua sobrecalentada, calefacción, refrigeración de agua y redes sanitarias. Equipados con junta resistente a las altas temperaturas y a los productos anticongelantes.

		Código	Medida	Altura (mm.)	Ø	PVP €
<p><b>SOLAR-VENT</b> Purgador automático de boya para altas temperaturas. (*) Presión máxima: 10 bar. Temp. máx. de trabajo: 160°C. Incorpora válvula de retención.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Recomendamos seleccionar purgadores de máxima calidad. Protegen las instalaciones, evitan averías y ahorran consumo energético.</p> </div>  		681000	3/8" M	114	1,70	66,90
		681400	1/2" M	114	1,70	68,40
<p><b>133 M</b> Llave de corte para circuitos solares, según CTE. Totalmente metálica, fabricada en latón niquelado. Conexión M-H palomilla. Presión máx. de trabajo: 10 bar. Temp. máx. de trabajo: -30°C +200°C. Concentración máx. glicol: 50%.</p> 		023325	3/8" M-H	Long. (mm.) 48	50	8,92
<p><b>133 M</b> Conexión M-H palanca. Mismas características que modelo anterior.</p> 		023325	1/2" M-H	65	50	11,80

(\*) Gama completa de válvulas de esfera para purgadores solares, consultar pág. 140.

## Purgadores automáticos de boya SOLAR-ECO








2

		Código	Medida	-L- mm		PVP €
<b>325 MINI</b> Cuerpo de latón estampado. Con descarga lateral. Presión máx.: 10 bar. Temp. máx.: 180°C. Acabado: latonado.		083262	3/8"	49	10/100	8,48
		083266	1/2"	49	10/100	8,80
<b>225 MEDIO</b> Cuerpo de latón estampado. Con descarga vertical. Presión máx.: 10 bar. Temp. máx.: 180°C. Acabado: latonado.		822262	3/8"	64	10/100	8,70
		822266	1/2"	64	10/100	8,98
		822268	3/4"	64	10/100	9,32
<b>425 CHECK-VAL</b> Válvula de retención latonada para purgadores automáticos de boya para solar. Presión máx.: 10 bar. Temp. máx.: 180°C. Acabado: latonado.		084262	3/8" x 3/8"	-	50/500	2,14
		084266	1/2" x 1/2"	-	50/500	2,44
		084268	3/8" x 1/2"	-	-	2,70
<b>825 RADIVENT</b> Purgador automático de boya tipo ANGULAR. Cuerpo de latón estampado. Con descarga vertical. Presión máx.: 10 bar. Temp. máx.: 180°C. Acabado: latonado.		088262	3/8"	61	10/100	10,68
		088266	1/2"	61	10/100	10,68
<b>905</b> Purgador manual para instalaciones solares. Presión máx.: 10 bar. Temp. máx.: 180°C. Acabado: latonado.		099066	1/2"	-	50/500	2,80

## Termómetros verticales y horizontales para solar



2

		Código	Diám./Long.	Escala°C	PVP €
<b>TERMÓMETRO VERTICAL</b> Fabricado en ABS, con vaina de latón de 1/2" M. Visor en ABS. Precisión Cl. 2.		382300	65 x 50	0-100	32,10
		382301	65 x 100	0-100	38,20
		382302	80 x 50	0-100	28,60
		382303	80 x 100	0-100	30,20
<b>TERMÓMETRO HORIZONTAL</b> Fabricado en acero zincado. Visor en ABS. Con vaina de latón 1/2" M. Precisión Cl. 2.		382304	65 x 50	0-100	8,44
		382305	65 x 100	0-100	8,10
		382306	80 x 50	0-100	10,80
		382307	80 x 100	0-100	13,84
<b>TERMÓMETRO PRECISIÓN</b> Horizontal para el control de la temperatura en estaciones solares. Diám. esfera: 65 mm. Escala: 0 - 160°C. Precisión: ± 2°C. Conexión directa 1/2" M.		298.7013.000	65 x 50	0-100	24,00
<b>MANÓMETRO</b> Para el control de la presión en estaciones solares. Diám. esfera: 63 mm. Salida posterior, conexión 1/4" M.		0P6310	63	0-10 bar	4,20
<b>VAINA LATÓN</b> Para termómetros bimetalicos. Rosca 1/2" M. Diám. 12/9 mm.		381060	50	-	3,18
		381100	100	-	6,08
		381150	150	-	11,20
		381200	200	-	8,14



## Climatización Invisible Soluciones de Regulación y Control

### GRUPOS DE IMPULSIÓN



#### Uponor Fluvia E grupo impulsión CPG 15

Instalación en sala de calderas.

Possibilidad de conectar la centralita de control C46

**Incluye:**

Bomba de impulsión Grundfos Alpha2L 25-60

Clase A. Conforme a la nueva Normativa Europea (ELIP).

Válvula marciadora de 3 vías. Posibilidad de conexión motor 0-10V.

Código 102356 o motor 3 puntos 1002357.

Control proporcional de presión

Válvula de bola

Conexión primaria: 1"

Conexión secundaria: 1"

Termómetro de impulsión y retorno

**Para instalaciones con una potencia calorífica de 3-15 MW**

Temp. Max. Primario: 90 °C

Temp. Max. Secundario: 60 °C

Presión Max.: 10 bar

los válvula: 6,3 m<sup>3</sup>/h

Caudal Q: 0,1-2,5 m<sup>3</sup>/h

Altura H: 6- 2,4 mH<sub>2</sub>O

Tensión: 230 V

Control presión proporcional

**Instalación recomendada:**

Paso de 15 cm y tubería de Ø 16 mm.

Válido para calentar una superficie de 100 m<sup>2</sup>

(Datos orientativos)

código uponor	dimensión	unid. cap.	unid. real.	descripción	precio/m. ud
1048783	-	1	-	Uponor Fluvia E grupo Impulsión CPG 15	1.106,55 €





## TUBO COBRE



PVP ORIENTATIVO CON VARIACIONES EN FUNCION DEL MERCADO

### tubo de cobre rígido



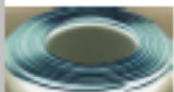
CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210012	TUBO COBRE RÍGIDO 12 x 1mm	2,80 €
210015	TUBO COBRE RÍGIDO 15 x 1mm	3,07 €
210018	TUBO COBRE RÍGIDO 18 x 1mm	3,64 €
210022	TUBO COBRE RÍGIDO 22 x 1mm	4,41 €
210028	TUBO COBRE RÍGIDO 28 x 1mm	5,33 €
210035	TUBO COBRE RÍGIDO 35 x 1mm	7,60 €
210042	TUBO COBRE RÍGIDO 42 x 1mm	9,99 €
210054	TUBO COBRE RÍGIDO 54 x 1,2 mm	11,36 €
210064	TUBO COBRE RÍGIDO 64 x 1,5mm	18,71 €
210076	TUBO COBRE RÍGIDO 76 x 1,5mm	30,00 €
210088	TUBO COBRE RÍGIDO 88,9 x 2mm	37,13 €
210108	TUBO COBRE RÍGIDO 108 x 2,5mm	58,67 €

### tubo de cobre recocido en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210506	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 6 x 1mm	1,65 €
210508	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 8 x 1mm	2,35 €
210510	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 10 x 1mm	2,93 €
210512	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 12 x 1mm	3,20 €
210515	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 15 x 1mm	4,05 €
210518	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 18 x 1mm	5,07 €

### tubo de cobre cromado en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210100	TUBO COBRE CROMADO EN ROLLOS 10 x 1mm	4,00 €
210101	TUBO COBRE CROMADO EN ROLLOS 12 x 1mm	4,57 €

### tubo de cobre recocido para gas en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210116	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 15x1,5mm	9,45 €
210115	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 18x1,5mm	7,04 €
210117	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 22x1,5mm	12,73 €



## ACCESORIO COBRE



### codo 90° HH



90

CODIGO	DESCRIPCION	FVP
211901	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 12	1,16 €
211902	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 15	1,16 €
211903	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 18	1,71 €
211904	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 22	2,82 €
211905	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 28	4,69 €
211906	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 35	18,82 €
211907	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 42	30,86 €
211908	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 54	58,62 €

### codo 90° MH



92

CODIGO	DESCRIPCION	FVP
211921	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 12	2,48 €
211922	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 15	1,25 €
211923	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 18	2,74 €
211924	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 22	4,24 €
211925	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 28	7,47 €
211926	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 35	29,62 €
211927	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 42	42,01 €
211928	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 54	81,55 €

### curva 90° HH



2

CODIGO	DESCRIPCION	FVP
211020	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 12	1,14 €
211021	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 15	1,55 €
211022	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 18	2,24 €
211023	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 22	3,47 €
211024	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 28	5,59 €
211025	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 35	15,45 €
211026	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 42	21,37 €
211027	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 54	60,31 €

### curva 90° MH



1

CODIGO	DESCRIPCION	FVP
211011	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 12	2,01 €
211012	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 15	1,59 €
211013	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 18	2,49 €
211014	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 22	3,46 €
211015	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 28	9,57 €
211016	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 35	28,18 €
211017	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 42	42,28 €
211018	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 54	78,60 €





## ACCESORIO COBRE



### curva 45° HH



41

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211409	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 12	4,25 €
211410	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 15	1,43 €
211411	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 18	3,05 €
211412	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 22	3,50 €
211413	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 28	6,27 €
211414	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 35	21,93 €
211415	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 42	38,61 €
211416	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 54	70,58 €

### curva 45° MH



40

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211401	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 12	2,92 €
211402	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 15	1,32 €
211403	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 18	3,10 €
211404	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 22	3,02 €
211405	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 28	6,40 €
211406	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 35	24,16 €
211407	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 42	42,20 €
211408	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 54	70,58 €

### manguito HH



270

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211271	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 12	0,71 €
211272	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 15	0,65 €
211273	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 18	1,01 €
211274	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 22	1,63 €
211275	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 28	2,97 €
211276	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 35	7,36 €
211277	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 42	14,07 €
211278	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 54	23,80 €

### te igual HHH



130

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211131	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 12	2,11 €
211132	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 15	1,80 €
211133	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 18	3,60 €
211134	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 22	5,35 €
211135	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 28	9,76 €
211136	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 35	28,30 €
211137	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 42	53,15 €
211138	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 54	90,08 €

**05 SISTEMAS DE SOPORTACIÓN**

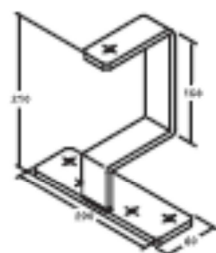


**• Soportación universal**

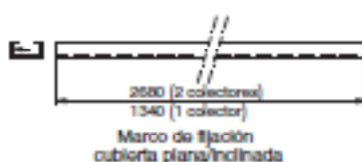
Soportas para colectores de energía solar térmica adaptables a cualquier colector del mercado, perfil de acabado con pestaña lateral.

Diseñados para cubierta plana, inclinación 45°, o cubierta inclinada con la misma pendiente que ésta. La estructura, de perfiles galvanizados de gran robustez, se compone del sistema de apoyo y del sistema de sujeción. En el caso de cubierta horizontal: soportas tipo "escudra" a 45°, unidos por la parte posterior mediante sendos perfiles, tipo pasamano, cruzados.

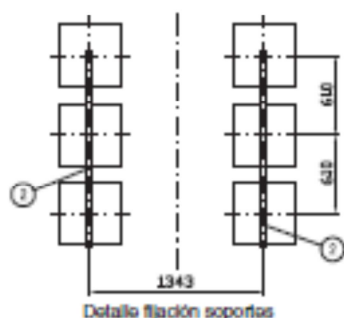
En el caso de cubierta inclinada ganchos para fijar a la capa de compresión de la cubierta, o las vigas, diseñados para sobrepasar la altura de la "reja árabe" y dos perfiles longitudinales, uno en la parte superior y otro en la parte inferior, de diseño exclusivo.



Soporta cubierta inclinada

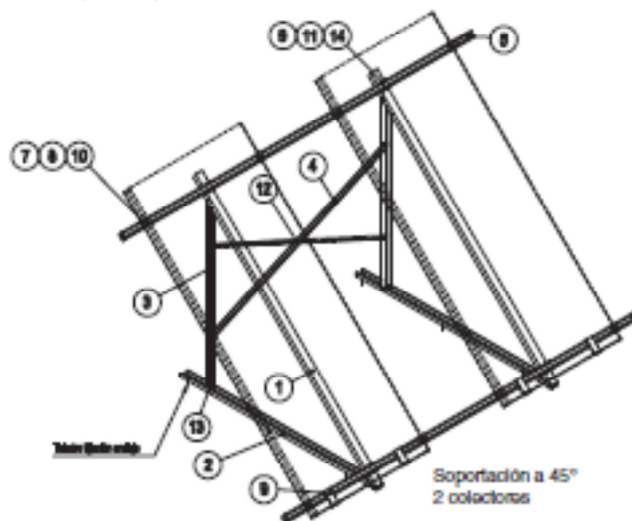


Marco de fijación cubierta plana/inclinada



Detalle fijación soportas

Código	Artículo	€
<b>ESCO SOL 2100 CUBIERTA PLANA</b>		
SO 05 019	Soporte Escosol 2100, 1 colector 45° cubierta plana	161,00
SO 05 020	Soporta Escosol 2100, 2 colectores 45° cubierta plana	185,00
<b>ESCO SOL 2300 CUBIERTA PLANA</b>		
SO 05 021	Soporte universal Escosol 1 colector a 45° cubierta plana	168,00
SO 05 022	Soporte universal Escosol 2 colectores a 45° cubierta plana	191,00
<b>ESCO SOL 2800 CUBIERTA PLANA</b>		
SO 05 061	Soporte Escosol 2800, 1 colector 45° cubierta plana	184,00
SO 05 062	Soporta Escosol 2800, 2 colectores 45° cubierta plana	211,00
<b>CUBIERTA INCLINADA</b>		
SO 05 031	Soporte universal cubierta inclinada, 4 pias + 16 fijaciones	73,00
SO 05 032	Soporte universal cubierta inclinada, 1 colector, marco de fijación	64,00
SO 05 033	Soporte universal cubierta inclinada, 2 colectores, marco de fijación	82,00
<b>ESCO SOL 2800 CUBIERTA PLANA (HORIZONTAL)</b>		
SO 05 051	Soporta universal 1 colector horizontal 45° cub. plana	173,00



Soportación a 45°  
2 colectores

ID	Módulo (mm)	Detalle	
		Cubierta	Cubierta
1	2000	2	2
2	1500	2	2
3	1300	2	2
4	300	2	-
	1500	-	2
5	1340	2	-
	2680	-	2
6	Accesorios	4	4
7	Accesorios	4	8
8	Accesorios	4	8
9	Accesorios	2	4
10	M8 x 20	4	8
11	M8	4	4
12	M8 x 20	1	1
13	M8 x 15	12	12
14	M8 x 25	4	4

\* Colección ESCOSOL 2800  
\* Colección ESCOSOL 2100

## Tubería Uponor Comfort Pipe y evalPEX

### TUBERÍAS UPONOR evalPEX



#### Uponor Comfort Pipe



Tubería de polietileno reticulado. Fabricada según el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno de Etilvinil-alcohol (EVAL) y recubierta de una capa adicional de PE modificado para proteger contra agresiones a la tubería y evitar el deterioro de la capa de EVAL.

#### I TUBERÍA CON PROTECCIÓN DE LA CAPA DE EVAL (4 CAPAS)

código uponor	ancho	sub. capa	sub. eval	ancho	precio m. ud
1063288	9,9x1,1	120 m	1.680	Uponor Comfort Pipe	1,58 €
1063289	9,9x1,1	240 m	2.640	Uponor Comfort Pipe	1,58 €
1063285	12x1,7	120 m	1.680	Uponor Comfort Pipe	1,67 €
1063286	12x1,7	240 m	2.640	Uponor Comfort Pipe	1,67 €
1047622	16x1,8	240 m	1.200	Uponor Comfort Pipe	2,12 €
1057613	17x2,0	240 m	1.200	Uponor Comfort Pipe	2,33 €
1046707	20x1,9	200 m	1.000	Uponor Comfort Pipe	2,68 €
1047684	20x1,9	640 m	1.280	Uponor Comfort Pipe	2,62 €
1046708	25x2,3	50 m	250	Uponor Comfort Pipe	4,29 €



#### Uponor evalPEX tubo



Tubería de polietileno reticulado, fabricada según el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno. Etilvinil-Alcohol (EVAL).

#### I TUBERÍA CON GRADO DE RETICULACIÓN SUPERIOR AL 80%

código uponor	ancho	sub. capa	sub. eval	ancho	precio m. ud
1038488	16x1,8	200 m	1.200	Uponor evalPEX tubo	2,09 €
1038495	20x1,9	200 m	1.000	Uponor evalPEX tubo	2,65 €
1038498	25x2,3	25 m	250	Uponor evalPEX tubo	4,26 €
1042614	32x2,9	50 m	250	Uponor evalPEX tubo	7,74 €
1042615	40x3,7	50 m	-	Uponor evalPEX tubo	10,62 €
1042616	50x4,6	50 m	-	Uponor evalPEX tubo	15,49 €
1042617	63x5,8	50 m	-	Uponor evalPEX tubo	25,17 €

#### Uponor evalPEX tubo en barra

Tubería de polietileno reticulado, según el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno de Etilvinil-alcohol (EVAL).



código uponor	ancho	sub. capa	sub. eval	ancho	precio m. ud
1038501	16x1,8 (60)	125 m	7.125	Uponor evalPEX tubo en barra	2,37 €
1038502	20x1,9 (40)	80 m	4.560	Uponor evalPEX tubo en barra	2,97 €
1038503	25x2,3 (40)	50 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	4,63 €
1042620	32x2,9	35 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	8,14 €
1042621	40x3,7	15 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	11,05 €
1042622	50x4,6	10 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	16,14 €
1042623	63x5,8	5 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	26,47 €
1042624	75x6,8	5 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	37,88 €
1042625	90x8,2	5 m	-	Uponor evalPEX tubo en barra	52,64 €

Tuberías con certificado de marca de AENOR  
y producto certificado CERTIF

## Solución de Climatización Invisible por suelo

### SISTEMA PANEL PORTATUBOS



#### Uponor panel portatubos

Panel portatubos de tonos de poliestireno expandido (EPS). Válido para tubo 16 y 17mm. Permite paso múltiple entre los tubos de 5cm. Superficie útil 1,12 m<sup>2</sup>.

Cumplimiento del CTE en aislamiento térmico y acústico frente a ruido por impacto. La unión entre paneles se realiza mediante solape, evitando así los puentes térmicos y filtraciones al verter el mortero. Gran resistencia a compresión según UNE EN 826.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	descripción	PVP/m. ud.
1046775	1450x850x13 mm (1,23 m <sup>2</sup> )	22,14 m <sup>2</sup>	110,7 m <sup>2</sup>	Uponor panel portatubos	17,80 €/m <sup>2</sup>
1046776	1450x850x33 mm (1,23 m <sup>2</sup> )	12,3 m <sup>2</sup>	61,5 m <sup>2</sup>	Uponor panel portatubos	21,70 €/m <sup>2</sup>



#### Uponor Comfort Pipe



Tubería de polietileno reticulado. Fabricada según el método Engel con barrera antifusión de oxígeno de Etilvinil-alcohol (EVAL) y recubierta de una capa adicional de PE modificado para proteger contra agresiones a la tubería y evitar el deterioro de la capa de EVAL.

#### 1 Tubería con protección de capa de Eval (4 capas)

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	descripción	PVP/m. ud.
1047622	16x1,8 mm	240 m	1.200	Uponor Comfort Pipe (Sustituye a 1042582)	2,12 €



#### Uponor evalPEX tubo



Tubería de polietileno reticulado, fabricada según el método Engel con barrera antifusión de oxígeno. Etilvinil-Alcohol (EVAL).

#### 1 Tubería con grado de reticulación superior al 80%

código uponor	subtubo a	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	descripción	PVP/m. ud.
1038488		16x1,8	200 m	1.200	Uponor evalPEX tubo	2,09 €
1057613	1038492	17x2,0	240 m	1.200	Uponor evalPEX tubo	2,33 €





#### Uponor Multi Auto fijación zócalo perimetral

Banda de espuma de polietileno con doble cinta adhesiva para su unión a la pared y al panel.

Absorbe las dilataciones del mortero de cemento y evita los puentes térmicos.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	descripción	PVP/m. ud.
1010081	150 mm x10 mm	50 m	---	Uponor Multi Auto fijación zócalo perimetral	2,00 €

Sistema con certificado de marca  de AENOR  
y producto certificado CERTIF 



## Solución de Climatización Invisible por suelo

### SISTEMA PANEL PORTATUBOS



#### Uponor Multi junta de dilatación

Junta de dilatación adhesiva fabricada en polietileno y recubierta por una lamina de polipropileno. Las perforaciones en la junta de dilatación para el paso de los tubos se realizan fácilmente con un cutter.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	denominación	precio m. ud.
1064355	1800x100x10 mm	10	---	Uponor Multi junta de dilatación	6,50 €



#### Uponor Multi Protector tubería

Fabricada en PE-LD. Para la protección de tuberías de hasta 20 mm en áreas de juntas de dilatación.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	denominación	precio m. ud.
1000082	300x80x5 mm	30	---	Uponor Multi Protector tubería	0,40 €



#### Uponor Multi aditivo para mortero

Evita la inclusión de aire en el mortero facilitando la adhesión a las tuberías Uponor evalPEX y PRO evalPEX.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	denominación	precio m. ud.
1038297		30 kg	770 kg	Uponor Multi aditivo para mortero	8,90 €/kg



#### Uponor Multi film antihumedad

Se recomienda su utilización sobre forjados que se encuentre en contacto con el terreno. Evita el ascenso de la humedad por capilaridad y por lo tanto la posibilidad de crear puentes térmicos.

código uponor	dimensión	ud. cap.	ud. rest.	denominación	precio m. ud.
1038296	1x200 m	200 m	-	Uponor Multi film de polietileno	1,10 €



## Climatización Invisible. Elementos comunes

### COLECTORES PLÁSTICOS Y OTROS COMPONENTES



#### Uponor Vario Plus colector kit caudalimetro


Fabricados en material plástico de alta resistencia, libre de oxidaciones que soporta hasta 95 °C y una presión de 6 bar en condiciones puntuales.

Fácil montaje a mano y redimensionamiento futuro de la instalación.

Incluye:

- 2 Purgadores
- 2 Termómetros
- 2 Caudalímetros
- 2 Llaves de paso
- 1 Kit soporte

#### **I** LIBRE DE OXIDACIONES

código uponor	dimensión	unid. caja	unid. paquete	denominación	precio m. ud.
 1038509	1"x3/4"	1	108	Uponor Vario Plus colector kit caudalimetro	225,00 €



#### Uponor Vario Plus módulo básico colector caudalimetro 1 salida


Fabricados en material plástico de alta resistencia, libre de oxidaciones que soporta hasta 95 °C y una presión de 6 bar en condiciones puntuales.

código uponor	dimensión	unid. caja	unid. paquete	denominación	precio m. ud.
 1038511	1"x3/4"	10	700	Uponor Vario Plus módulo básico colector caudalimetro 1 salida	49,50 €



#### Uponor Vario Plus by-pass colector

By-pass para conectar directamente sobre el colector Uponor, provisto de una válvula de presión diferencial. Permite reducir el caudal de la bomba en caso de que cremen los circuitos de la instalación. Válido para los grupos que no tienen by pass incorporado.

código uponor	dimensión	unid. caja	unid. paquete	denominación	precio m. ud.
 1046884	by-pass	1	-	Uponor Vario Plus by-pass colector	95,00 €

## Climatización Invisible. Elementos comunes

### COLECTORES PLÁSTICOS Y OTROS COMPONENTES



#### Uponor Vario Plus adaptador

Adaptador para conectar las tuberías al colector plástico.

código uponor	dimension	uds. caja	uds. retail	descripcion	PVP IVA excl.
1044518	9,9x1,1 mm	12	-	Uponor Vario Plus adaptador	14,34 €/Set
1010799	16x1,8 mm	2	-	Uponor Vario Plus adaptador	4,82 €/€
1010803	17x2,0 mm	2	-	Uponor Vario Plus adaptador	5,09 €/€
1010805	20x1,9 mm	2	-	Uponor Vario Plus adaptador	5,25 €/€



#### Uponor Vario Plus cabezal electotérmico

Cabezal electotérmico con rosca macho para Uponor colector plástico. Válvula de regulación del sistema termostático que actúa sobre el retorno de cada circuito, controlando el caudal de recirculación en función de la señal de un termostato ambiente.

código uponor	dimension	uds. caja	uds. retail	descripcion	PVP IVA excl.
1038504	24 V	1	-	Uponor Vario Plus cabezal electotérmico	45,00 €/€
1038505	220 V	1	-	Uponor Vario Plus cabezal electotérmico	45,00 €/€

## Climatización Invisible. Elementos comunes

### COLECTORES PLÁSTICOS Y OTROS COMPONENTES



#### Uponor Vario caja colectores CI



Caja fabricada en acero galvanizado de 1mm de espesor. La altura de la caja es de 770 mm y extensible hasta 145 mm adicionales, gracias a los soportes regulables. La profundidad de la caja es de 80 mm, siendo posible empotrarla hasta un máximo de 110 mm en la pared si se utiliza la tapa con marco.

Cuenta con barra curvaturas y pletina para recepción del yeso.

código uponor	denominación	unid. caja	unid. panel	denominación	precio/m. ud
1048106	De 2 a 4 salidas: 80x500	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	76,65 €
1048107	De 5 a 7 salidas: 80x700	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	87,25 €
1048108	De 8 a 10 salidas: 80x850	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	99,85 €
1048109	De 10 a 12 salidas: 80x1000	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	111,60 €



#### Uponor Vario caja colectores CI



Caja fabricada en acero galvanizado de 1mm de espesor. La altura de la caja es de 770 mm y extensible hasta 145 mm adicionales, gracias a los soportes regulables.

La profundidad de la caja es de 110 mm, siendo posible empotrarla hasta un máximo de 160 mm en la pared si se utiliza la tapa con marco. Cuenta con barra curvaturas y pletina para recepción del yeso.

código uponor	denominación	unid. caja	unid. panel	denominación	precio/m. ud
1048115	De 2 a 4 salidas: 110x500	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	87,25 €
1048116	De 5 a 7 salidas: 110x700	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	98,90 €
1048117	De 8 a 10 salidas: 110x850	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	111,60 €
1048118	De 10 a 12 salidas: 110x1000	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	123,33 €
1048119	De 13 a 15 salidas: 110x1300	1	-	Uponor Vario caja colectores CI	158,57 €



**04 AISLAMIENTO TUBULAR FLEXIBLE**  
**Clase M1 -  $\mu$  10.000**

*Isocell*

**G**

**Características:**

- Grueso:  $\leq$  25 mm.
- Elastómero extruido de célula cerrada Nitril - PVC
- Conductividad térmica  $\lambda$ :  
0,033 W(m.k) a 0°C  
0,034 W(m.k) a 10°C  
0,037 W(m.k) a 40°C
- Temperatura de trabajo tubos:  
-40 a +110°C
- Coef. permeabilidad (UNI 9233):  
 $\geq \mu$  10.000
- Clasificación al fuego: E<sub>s</sub> S2 d0
- Resistencia al ozono\*: Excelente
- Resist. agentes atmosféricos\*: Excelente
- Longitud estándar: 2 mts.

(\*) Consulte dpto. técnico



Código	Artículo					Metro lineal €	Cala completa €/m.l.
	Ref.	Ø nom.	Ø Cobre	Ø Hiera	Cont.caj.		
<b>ESPESOR 6 mm (D)</b>							
IA 04 001	6 x 6	6	1/4"	—	406	0,42	0,40
IA 04 002	10 x 6	10	3/8"	—	364	0,47	0,44
IA 04 003	12 x 6	12	1/2"	—	316	0,56	0,53
IA 04 004	15 x 6	15	5/8"	—	266	0,65	0,62
IA 04 005	18 x 6	18	3/4"	3/8"	220	0,75	0,71
IA 04 006	22 x 6	22	7/8"	1/2"	180	0,84	0,80
IA 04 007	25 x 6	25	1"	—	152	1,08	1,02
IA 04 008	28 x 6	28	1-1/8"	3/4"	130	1,17	1,11
IA 04 009	35 x 6	35	1-3/8"	1"	100	1,45	1,38
<b>ESPESOR 9 mm (F)</b>							
IA 04 021	6 x Ø	6	1/4"	—	352	0,61	0,58
IA 04 022	10 x Ø	10	3/8"	—	266	0,65	0,62
IA 04 023	12 x Ø	12	1/2"	—	234	0,75	0,71
IA 04 024	15 x Ø	15	5/8"	—	192	0,80	0,76
IA 04 025	18 x Ø	18	3/4"	3/8"	166	0,84	0,80
IA 04 041	20 x Ø	20	—	—	136	0,90	0,85
IA 04 026	22 x Ø	22	7/8"	1/2"	136	0,94	0,89
IA 04 027	25 x Ø	25	1"	—	108	1,08	1,02
IA 04 028	28 x Ø	28	1-1/8"	3/4"	98	1,26	1,20
IA 04 042	32 x Ø	32	—	—	76	1,58	1,49
IA 04 029	35 x Ø	35	1-3/8"	1"	76	1,68	1,60
IA 04 043	40 x Ø	40	—	—	60	2,20	2,08
IA 04 030	42 x Ø	42	1-5/8"	1-1/4"	60	2,20	2,16
IA 04 031	48 x Ø	48	—	1-1/2"	50	2,53	2,39
IA 04 044	50 x Ø	50	—	—	50	2,07	2,00
IA 04 032	54 x Ø	54	2-1/8"	—	46	3,60	3,47
IA 04 033	60 x Ø	60	2-3/8"	2"	46	4,01	3,77
IA 04 045	64 x Ø	64	2-5/8"	—	46	4,42	4,17
IA 04 034	70 x Ø	70	—	—	40	4,90	4,60
IA 04 035	76 x Ø	76	3"	2-1/2"	40	5,32	5,00
IA 04 036	89 x Ø	89	3-1/2"	3"	36	6,70	6,30
IA 04 037	102 x Ø	102	3-5/8"	3-1/2"	22	9,42	8,86
IA 04 038	114 x Ø	114	4-1/2"	4"	22	11,74	11,04
IA 04 039	140 x Ø	140	—	5"	16	14,74	13,91
<b>ESPESOR 13 mm (H)</b>							
IA 04 052	10 x 13	10	3/8"	—	172	1,56	1,47
IA 04 053	12 x 13	12	1/2"	—	162	1,60	1,51
IA 04 054	15 x 13	15	5/8"	—	136	1,78	1,67
IA 04 055	18 x 13	18	3/4"	3/8"	118	1,95	1,84
IA 04 056	22 x 13	22	7/8"	1/2"	98	2,00	1,96
IA 04 057	25 x 13	25	1"	—	80	2,30	2,16
IA 04 058	28 x 13	28	1-1/8"	3/4"	78	2,65	2,49
IA 04 059	35 x 13	35	1-3/8"	1"	58	3,25	3,06
IA 04 060	42 x 13	42	1-5/8"	1-1/4"	48	3,73	3,51
IA 04 061	48 x 13	48	—	1-1/2"	40	4,12	3,88
IA 04 062	54 x 13	54	2-1/8"	—	34	4,45	4,19
IA 04 063	60 x 13	60	2-3/8"	2"	32	4,68	4,41
IA 04 064	70 x 13	70	—	—	26	5,88	5,52
IA 04 065	76 x 13	76	3"	2-1/2"	26	6,50	6,12
IA 04 066	89 x 13	89	3-1/2"	3"	24	8,02	7,56
IA 04 067	102 x 13	102	3-5/8"	3-1/2"	16	10,27	9,68
IA 04 068	114 x 13	114	4-1/2"	4"	16	11,30	10,73
IA 04 069	140 x 13	140	—	5"	12	14,48	13,64
<b>ESPESOR 19 mm (M)</b>							
IA 04 070	6 x 19	6	1/4"	—	100	2,04	1,92
IA 04 071	10 x 19	10	3/8"	—	98	2,08	1,96
IA 04 072	12 x 19	12	1/2"	—	88	2,62	2,46
IA 04 073	15 x 19	15	5/8"	—	78	3,16	2,98
IA 04 074	18 x 19	18	3/4"	3/8"	72	3,50	3,30
IA 04 075	22 x 19	22	7/8"	1/2"	64	3,91	3,68
IA 04 076	25 x 19	25	1"	—	50	4,10	3,94
IA 04 077	28 x 19	28	1-1/8"	3/4"	48	4,46	4,21
IA 04 078	35 x 19	35	1-3/8"	1"	36	5,53	5,20
IA 04 079	42 x 19	42	1-5/8"	1-1/4"	32	6,83	6,42
IA 04 080	48 x 19	48	—	1-1/2"	24	8,36	7,89
IA 04 081	54 x 19	54	2-1/8"	—	24	8,54	8,06
IA 04 082	60 x 19	60	2-3/8"	2"	22	10,90	10,27
IA 04 040	64 x 19	64	2-5/8"	—	18	12,90	12,16
IA 04 083	70 x 19	70	—	—	18	13,30	12,53
IA 04 084	76 x 19	76	3"	2-1/2"	18	13,50	12,72
IA 04 085	89 x 19	89	3-1/2"	3"	14	15,60	14,70
IA 04 086	102 x 19	102	3-5/8"	3-1/2"	14	19,25	18,14
IA 04 087	114 x 19	114	4-1/2"	4"	12	20,80	19,60
IA 04 088	140 x 19	143,5	—	5"	8	23,00	22,52
IA 04 089	160 x 19	159	—	—	8	30,60	28,83

**04 AISLAMIENTO TUBULAR FLEXIBLE**  
**Clase M1**

*Isocell®*

**Características:**

- Grueso: ≤ 25 mm.
- Elastómero extruido de célula cerrada Nitril - PVC
- Conductividad térmica λ:  
 0,033 W/(m.k) a 0°C  
 0,034 W/(m.k) a 10°C  
 0,037 W/(m.k) a 40°C
- Temperatura de trabajo tubos:  
 -40 a +110°C
- Coef. permeabilidad (UNI 9233):  
 ≥ μ 10.000
- Clasificación al fuego: B<sub>s</sub> S2 d0
- Resistencia al ozono\*: Excelente
- Resist. agentes atmosféricos\*: Excelente
- Longitud estándar: 2 mts.

(\*) Consulta óptica técnica



**Características:**

- Grueso: > 25 mm.
- Conductividad térmica λ:  
 0,036 W/(m.k) a 0°C  
 0,037 W/(m.k) a 10°C  
 0,040 W/(m.k) a 40°C
- Escala de temperatura tubo: -45 a 110°C  
 manta: -45 a 85°C
- Factor de fusión al vapor de agua:  
 ≥ μ 7.000
- Flexibilidad: Excelente
- Clasificación al fuego: B<sub>s</sub> S3 d0
- Reducción al ruido: 32 dB (A)
- Densidad: 65±10 Kg/m<sup>3</sup>
- Longitud estándar: 2 mts

Código	Artículo					Moto lineal €
	Ref.	Ø nominal	Ø Cobro	Ø Horno	Cont. caja	
<b>ESPESOR 25 mm (M)</b>						
AI 04 143	6 x 25	6	1/4"	—	64	4,45
AI 04 144	10 x 25	10	3/8"	1/8"	60	4,53
AI 04 240	12 x 25	12	1/2"	—	54	4,58
AI 04 311	15 x 25	15	5/8"	—	52	4,70
AI 04 317	18 x 25	18	3/4"	3/8"	50	4,08
AI 04 318	22 x 25	22	7/8"	1/2"	42	5,55
AI 04 319	25 x 25	25	1"	—	40	6,08
AI 04 320	28 x 25	28	1-1/8"	3/4"	40	6,61
AI 04 321	35 x 25	35	1-3/8"	1"	24	7,11
AI 04 109	42 x 25	42	1-5/8"	1-1/4"	22	7,82
AI 04 110	48 x 25	48	—	1-1/2"	18	8,53
AI 04 118	54 x 25	54	2-1/8"	—	16	9,06
AI 04 119	60 x 25	60	2-3/8"	2"	12	9,95
AI 04 120	64 x 25	64	2-5/8"	—	12	10,52
AI 04 140	76 x 25	76	3"	2-1/2"	10	11,04
AI 04 150	89 x 25	89	3-1/2"	3"	8	13,86
AI 04 151	102 x 25	102	3-5/8"	3-1/2"	6	17,12
AI 04 185	114 x 25	114	4-1/2"	4"	6	18,07
AI 04 213	140 x 25	140	—	5"	4	21,32
AI 04 214	160 x 25	160	—	—	4	28,56
<b>ESPESOR 30 mm</b>						
AI 04 322	15 x 30	15	5/8"	—	52	6,65
AI 04 231	18 x 30	18	3/4"	3/8"	50	6,85
AI 04 323	22 x 30	22	7/8"	1/2"	24	6,05
AI 04 232	25 x 30	25	1"	—	24	7,70
AI 04 324	28 x 30	28	1-1/8"	3/4"	24	8,20
AI 04 325	35 x 30	35	1-3/8"	1"	18	9,28
AI 04 302	42 x 30	42	1-5/8"	1-1/4"	18	10,23
AI 04 303	48 x 30	48	—	1-1/2"	16	10,86
AI 04 304	54 x 30	54	2-1/8"	—	16	11,71
AI 04 305	60 x 30	60	2-3/8"	2"	12	12,45
AI 04 306	64 x 30	64	2-5/8"	—	12	13,20
AI 04 307	76 x 30	76	3"	2-1/2"	10	14,64
AI 04 308	89 x 30	89	3-1/2"	3"	8	16,04
AI 04 326	102 x 30	102	3-5/8"	3-1/2"	8	22,00
AI 04 327	108 x 30	108	4"	—	6	22,13
AI 04 328	114 x 30	114	4-1/2"	4"	6	22,17
AI 04 329	140 x 30	140	—	5"	4	26,72
AI 04 330	160 x 30	160	—	—	4	38,04
AI 04 331	168 x 30	168	—	6"	4	40,38
<b>ESPESOR 32 mm</b>						
AI 04 191	15 x 32	15	5/8"	1/4"	36	7,23
AI 04 192	18 x 32	18	3/4"	3/8"	32	7,46
AI 04 193	22 x 32	22	7/8"	1/2"	32	8,03
AI 04 194	25 x 32	25	1"	—	24	8,20
AI 04 195	28 x 32	28	1-1/8"	3/4"	24	8,38
AI 04 196	35 x 32	35	1-3/8"	1"	22	8,84
<b>ESPESOR 40 mm</b>						
AI 04 217	6 x 40	6	1/4"	—	24	10,40
AI 04 218	10 x 40	10	3/8"	—	24	11,24
AI 04 219	12 x 40	12	1/2"	—	24	12,10
AI 04 220	15 x 40	15	5/8"	—	22	12,68
AI 04 332	18 x 40	18	3/4"	3/8"	22	12,75
AI 04 333	22 x 40	22	7/8"	1/2"	22	13,02
AI 04 334	25 x 40	25	1"	—	16	14,01
AI 04 335	28 x 40	28	1-1/8"	3/4"	16	14,08
AI 04 336	35 x 40	35	1-3/8"	1"	16	16,44
AI 04 337	42 x 40	42	1-5/8"	1-1/4"	16	17,71
AI 04 338	48 x 40	48	—	1-1/2"	12	19,27
AI 04 339	54 x 40	54	2-1/8"	—	10	19,37
AI 04 340	60 x 40	60	2-3/8"	2"	10	19,55
AI 04 349	64 x 40	64	2-5/8"	—	10	19,93
AI 04 350	76 x 40	76	3"	2-1/2"	10	21,07
AI 04 354	80 x 40	80	—	—	10	21,67
AI 04 356	89 x 40	89	3-1/2"	3"	10	22,20
AI 04 312	102 x 40	102	3-5/8"	3-1/2"	8	24,11
AI 04 313	114 x 40	114	4-1/2"	4"	6	24,42
AI 04 314	140 x 40	140	—	5"	6	27,08
AI 04 315	160 x 40	160	—	—	4	37,55
AI 04 316	168 x 40	168	—	6"	4	39,53

# ANEXO 4: PRESUPUESTO

ELEMENTOS SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR			
Elemento	Precio ( € )	Unidades	Total ( € )
Captador solar plano	367 (1 ud)	1	367
Captador tubos de vacio	640 (1 ud)	2	1280
Soporte un captador solar	168 (1 ud)	1	168
Soporte dos captadores solares	211 (1 ud)	1	211
Interacumulador	570 (1 ud)	1	570
Depósito de inercia	1800 (1 ud)	1	1800
Vaso de expansión 5 litros	52.74 (1 ud)	1	52.74
Vaso de expansión 8 litros	55.06 (1 ud)	1	55.06
Bomba BAC 40/125-0.75/2 IE2	770 (1 ud)	2	1540
Tuberías de cobre 14 mm	16.7 (1 metro)	3.07	51.3
Tuberías de cobre 18 mm	3.64 (1 metro)	2.292	8.3
Tuberías de cobre 22 mm	4.41 (1 metro)	30.624	135.1
Válvulas de corte	8.92 (1 ud)	17	151.64
Purgador	8.6 (1 ud)	2	17.2
Kit soporte solar	74 (1 ud)	1	74
Codos 14 mm	1.16 (1 ud)	7	8.12
Codos 18 mm	1.71 (1 ud)	5	8.55
Codos 22 mm	2.82 (1 ud)	10	28.2
T's 22 mm	5.35 (1 ud)	2	10.7
Manómetro	4.2 (1 ud)	2	8.4
Anticongelante	33.82 (1 ud)	1	33.82
Aislante 40 mm (φ 22 mm)	13.02 (22 m)	2	26.04
Aislante 40 mm (φ 14 mm)	12.68 (22 m)	1	12.68
Aislante 40 mm (φ 18 mm)	12.75 (22 m)	1	12.75
Aislante 19 mm (φ 22 mm)	3.68	1	3.68

ELEMENTOS SUELO RADIANTE			
Grupo de impulsión suelo radiante	1106 (1 ud)	1	1106
Tubería suelo radiante 17 x 2	2.33 (1 bobina)	1	2.33
Tubería suelo radiante 20 x 1.9	2.62 (1 bobina)	1	2.62
Tubería suelo radiante 16 x 1.8	2.12 (1 bobina)	1	2.12
Tubería suelo radiante 12 x 2	1.67 (1 bobina)	1	1.67
Film antihumedad	1.1 (1 rollo)	1	1.1
Autofijación zócalo perimetral	2 (1 rollo)	2	4
Panel de fijación con tetones	17.8 (1 m <sup>2</sup> )	119.65	2129.77
Termostato	36 (1 ud)	11	396
Termómetro	26.5 (1 ud)	2	53

**TOTAL: 11069.9 euros**

