



“HE4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA”

Jesús Ruiz Castellano
Departamento de Energía Solar. IDAE

ÍNDICE

1. Generalidades

2. Caracterización y cuantificación de las exigencias

3. Cálculo y dimensionado

4. Mantenimiento

Apéndices

Ejemplos de aplicación

3. Cálculo y dimensionado

Datos previos

Condiciones generales de la instalación

Criterios generales de cálculo

Componentes

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

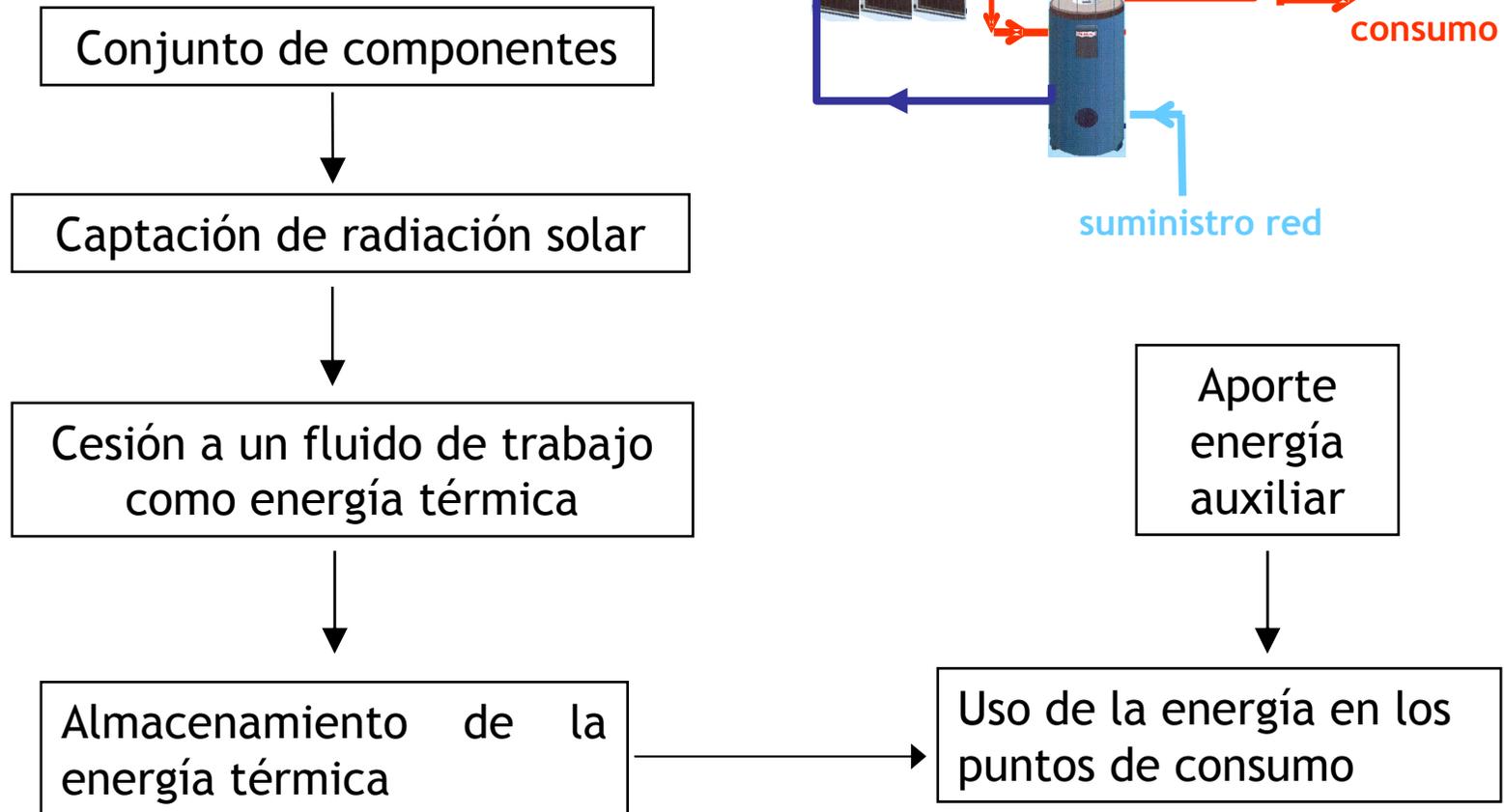
Cálculo de las pérdidas de radiación por sombras

4. Mantenimiento

Apéndices

Condiciones generales de la instalación

Definición instalación solar térmica



Condiciones generales de la instalación

Definición

- Sistema de captación: Superficie de captadores situada en azotea, terraza, suelo...
- Sistema de acumulación: Depósito para acumular la energía procedente del sol.
- Circuito hidráulico: Red de tuberías y elementos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Sistema de intercambio: Intercambia la energía calorífica de los paneles con el depósito de acumulación y del depósito con el sistema de consumo.
- Sistema de energía convencional: Toda instalación necesita tener un apoyo de energía convencional para los días críticos de radiación solar o por si el consumo es superior al previsto en algún momento determinado.
- Sistema eléctrico y de control: La regulación de la instalación es de suma importancia para conseguir un buen funcionamiento.
- Sistema de medida

Condiciones generales de la instalación

Condiciones generales

- Instalaciones con circuito primario y secundario independientes, con producto químico anticongelante.
- Las instalaciones de más de 10 m² correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.
- Fijación de unas condiciones en el fluido de trabajo respecto al:
 - pH
 - salinidad
 - contenido en sales de calcio
 - dióxido de carbono libre acorde del agua del fluido del trabajo.
- Fuera de los rangos establecidos el agua deberá ser tratada.

Condiciones generales de la instalación

Condiciones generales

- Protección contra las heladas.
- Sobrecalentamientos.
 - Protección contra los sobrecalentamientos.
 - Protección contra las quemaduras. Sistema automático de mezcla o limitación de temperatura de suministro en los puntos de consumo.
 - Protección de materiales contra altas temperaturas.
- Resistencia a presión.
- Prevención de flujo inverso.

3. Cálculo y dimensionado

Datos previos

Condiciones generales de la instalación

Criterios generales de cálculo

Componentes

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

Cálculo de las pérdidas de radiación por sombras

4. Mantenimiento

Apéndices

Criterios generales de cálculo

Dimensionado básico

El método de cálculo incluirá:

Valores en base mensual de:

- Demanda de energía.
- Contribución solar.

Dimensionar de forma que el aporte solar no supere a la demanda real.

Medidas de protección

Valores globales anuales de:

- Demanda de energía térmica.
- Energía solar térmica aportada.
- Fracciones solares mensuales y anual.
- Rendimiento medio anual captador > 40 % y estacional > 20 %.

Criterios generales de cálculo

Sistema de captación

- Captador certificado por el organismo competente conforme al RD 891/1980 de 14 de abril.
- Captadores del mismo modelo (recomendación).
- Para producción de ACS se recomiendan captadores con coeficiente global de pérdidas $< 10 \text{ Wm}^2/\text{°C}$.
- Conexionado de captadores en filas de igual número en serie o paralelo:
 - Filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos conectados en serie, en paralelo ó en serie-paralelo.
 - Dentro de una fila, para la aplicación de ACS entre 6 y 10 m² de captador en serie dependiendo de la zona climática.
 - Instalación de válvulas de cierre y de seguridad en cada batería de captadores.
- La conexión entre captadores y filas equilibradas hidráulicamente.

Criterios generales de cálculo

Sistema de acumulación solar

- Cálculo y diseño en función de las características de acumulación de la instalación.
- $50 < V/A < 180$
- Si hay varios depósitos se conectarán en serie invertida o en paralelo con los circuitos primario y secundario equilibrados.
- Instalaciones prefabricadas con termómetro en sitio visible para el usuario.
- Acumuladores superiores a 2 m^3 con válvulas de corte u otros dispositivos para cortar los flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños al sistema.
- No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar.

Criterios generales de cálculo

Sistema de acumulación solar



- La conexión de entrada de agua caliente procedente de los captadores se realizará preferentemente entre el 50-75 % de la altura del acumulador.
- La salida de agua fría del acumulador hacia los captadores se realizará por la parte inferior de este.
- La alimentación del agua fría se realizará por la parte inferior y la salida a consumo por la parte superior.

Criterios generales de cálculo

Sistema de intercambio

- Intercambiadores independientes :

$$P \geq 500 \cdot A$$

P: potencia mínima del intercambiador (W)

A: área de captadores (m²)

- Intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre superficie útil de intercambio y la superficie total de captación mayor de 0,15.

Criterios generales de cálculo

Circuito hidráulico

- Circuito hidráulico equilibrado.
- Caudal de diseño del fluido conforme a las especificaciones del fabricante.
- Evitar los recorridos largos de tuberías.
- Aislamiento de tuberías con protección externa para asegurar la durabilidad frente a las acciones climatológicas.
- Colocación de las bombas en la parte fría del circuito (recomendación).
- Dos bombas para instalaciones de más de 50 m² en primario y secundario.
- Climatización de piscinas.
- Sistemas de purga de aire colocados a lo largo del circuito en los puntos donde se pueda acumular aire.
 - Botellín de desaireación y purgador manual o automático.
 - Con purgadores automáticos, además dispositivos para purga manual.

Criterios generales de cálculo

Sistema de energía convencional auxiliar

- Obligatoriedad de un sistema de energía convencional auxiliar.
- Diseño del sistema para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar.
- Prohibido el uso de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.
- Sistema de energía preparado para cumplir con la legislación en prevención y control de la legionelosis.
- Si el sistema de energía convencional auxiliar es instantáneo, este será modulante.

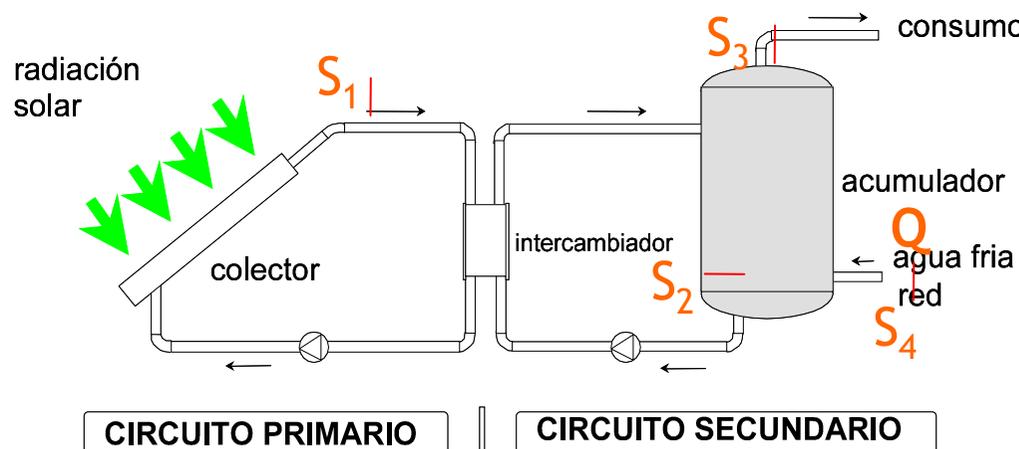
Criterios generales de cálculo

Diseño del sistema de control

- Asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones.
 - Heladas
 - Sobrecaalentamientos
- Funcionamiento de las bombas tipo diferencial.

Diseño del sistema de medida

- Instalaciones mayores de 20 m² deberán tener al menos un sistema analógico de medida local que indique como mínimo:
 - T^a y caudal del agua fría de red
 - T^a salida acumulador solar
- El tratamiento de datos proporcionará la energía solar térmica acumulada en el tiempo.



3. Cálculo y dimensionado

Datos previos

Condiciones generales de la instalación

Criterios generales de cálculo

Componentes

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

Cálculo de las pérdidas de radiación por sombras

4. Mantenimiento

Apéndices

Componentes

- Se recogen las características mínimas que deberán tener los componentes y materiales utilizados en el montaje de las instalaciones solares térmicas.

Captadores:

- No está permitido el uso de captadores con absorbente de hierro.
- Utilizar captadores adecuados para la/s aplicación/es correspondiente/s según las especificaciones del fabricante.

Acumuladores:

- Listado de tratamientos y características de los acumuladores válidos.

Intercambiadores de calor

Bombas de circulación

Tuberías

- Materiales del circuito primario y secundario.

Válvulas:

- Recomendación del uso de válvulas de acuerdo a la función que desempeñan.

Componentes

Vasos de expansión

Purgadores

Sistemas de llenado

- Recomendación de un llenado automático con depósito de recarga para mantener el circuito presurizado. Casos en los que es obligatorio.
- Llenado automático con depósito de recarga si riesgo de heladas y/o agua no cumple las características mínimas anteriores.
- Válvula de llenado automático sin depósito de recarga.
- Llenado manual.

Sistema eléctrico y de control.

- Sensores de temperatura colocados adecuadamente para medir correctamente la temperatura y aislados de las condiciones ambientales.
- Sondas de inmersión (preferentemente).

3. Cálculo y dimensionado

Datos previos

Condiciones generales de la instalación

Criterios generales de cálculo

Componentes

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

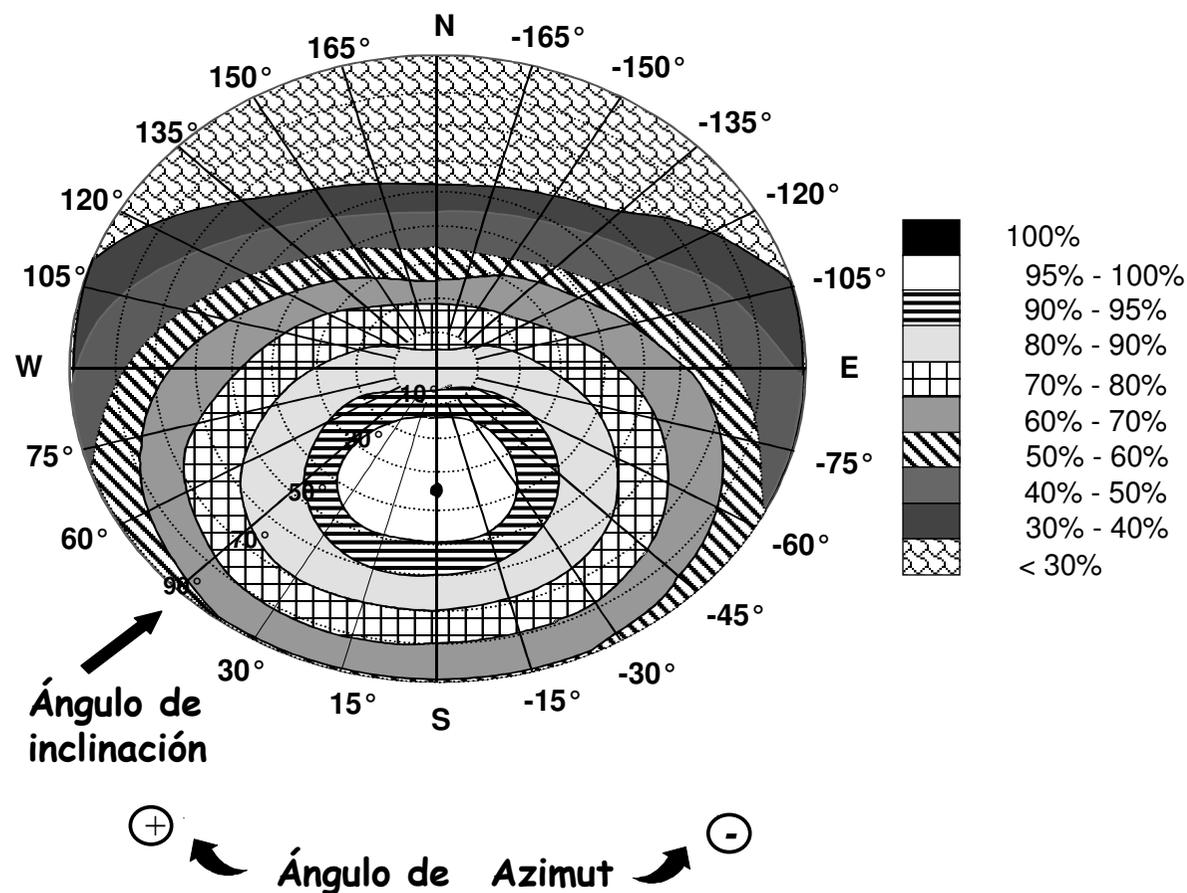
Cálculo de las pérdidas de radiación por sombras

4. Mantenimiento

Apéndices

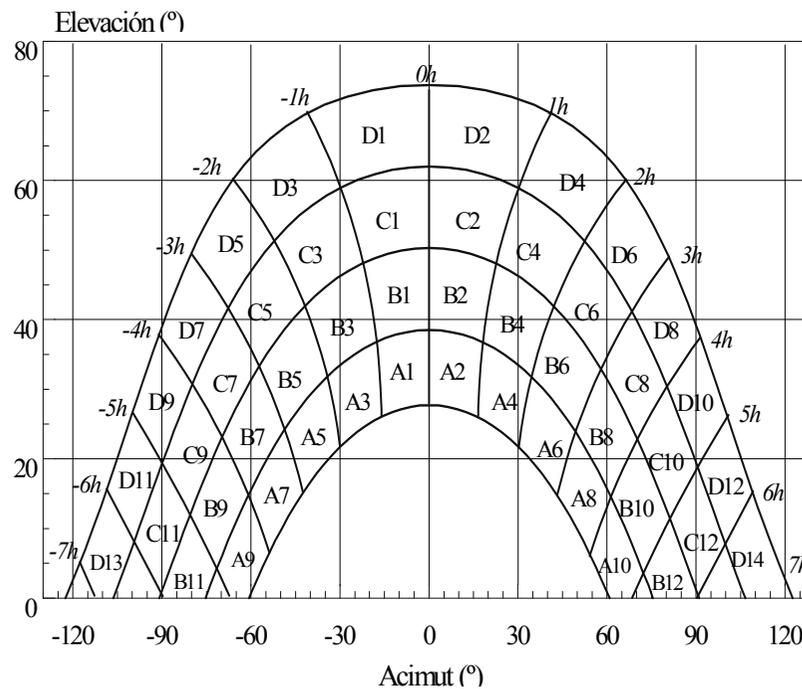
Código Técnico de la Edificación

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.



Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras.

- Determinación de las pérdidas de radiación que experimenta una superficie debido a las sombras circundantes.



| $\beta=35^\circ \alpha=0^\circ$ | A | B | C | D |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| 13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.01 | 0.12 | 0.44 |
| 9 | 0.13 | 0.41 | 0.62 | 1.49 |
| 7 | 1.00 | 0.95 | 1.27 | 2.76 |
| 5 | 1.84 | 1.50 | 1.83 | 3.87 |
| 3 | 2.70 | 1.88 | 2.21 | 4.67 |
| 1 | 3.17 | 2.12 | 2.43 | 5.04 |
| 2 | 3.17 | 2.12 | 2.33 | 4.99 |
| 4 | 2.70 | 1.89 | 2.01 | 4.46 |
| 6 | 1.79 | 1.51 | 1.65 | 3.63 |
| 8 | 0.98 | 0.99 | 1.08 | 2.55 |
| 10 | 0.11 | 0.42 | 0.52 | 1.33 |
| 12 | 0.00 | 0.02 | 0.10 | 0.40 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |

Diagrama de trayectorias del sol

Tabla de referencia

3. Cálculo y dimensionado

Datos previos

Condiciones generales de la instalación

Criterios generales de cálculo

Componentes

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

Cálculo de las pérdidas de radiación por sombras

4. Mantenimiento

Apéndices

Mantenimiento

- Plan de vigilancia
 - ¿Qué es? ; ¿Quién lo realiza?
 - Operaciones a efectuar
- Plan de mantenimiento
 - ¿Qué es? ; ¿Quién lo realiza?
 - Instalaciones < 20 m²
 - Instalaciones > 20 m²
 - Operaciones a efectuar

Apéndices

- Terminología
- Tablas de referencia
- Normas de referencia

Ejemplos de aplicación

1. Tipo de edificio



2. Cálculo de la demanda



3. Zona climática



4. Tipo de combustible a sustituir

5. Aporte solar mínimo



6. Dimensionamiento de la instalación para cubrir este aporte



Ejemplos de aplicación

1. Hotel de 3 estrellas con 100 camas en las zonas I y V. Combustible auxiliar caldera de gasóleo.
2. Edificio multifamiliar de 40 viviendas con tres dormitorios cada vivienda en las zonas I y V. Combustible auxiliar gas natural
3. Hospital de 300 camas en zonas I y V. Combustible auxiliar gas natural.

Ejemplos de aplicación

| Tipo edificio y demanda diaria | Aporte mínimo exigido | | Superficie instalación (m ²) | |
|---|-----------------------|--------|--|--------|
| | Zona I | Zona V | Zona I | Zona V |
| Hotel 3* 100 camas * 55 l/cama (60 °C) = 5.500 l | 30 % | 70 % | 56 | 114 |
| Edificio multifamiliar de 40 viviendas 40 viv. * 4 per./viv. * 22 l/ per.(60°C)= 3.520 l | 30 % | 70 % | - | - |
| 40 viv. * 4 per./viv. * 32 l/per.(45°C)= 5.120 l | 30 % | 70 % | 32 | 62 |
| Hospital 300 camas * 55 l/cama (60°C) = 16.500 l | 35 % | 70 % | 212 | 341 |

1. Cálculo de la demanda. Ejemplo 1

| 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 |
| .../... | | |

$$100 \text{ camas} * 55 \text{ l/cama (60°C)} = 5.500 \text{ l/día}$$

3. Contribución solar mínima. Ejemplo 1

Porcentajes de aporte solar para ACS: 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 |

1. Cálculo de la demanda. Ejemplo 2

| 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 |
| | | |

40 viv. * 4 per/viv. * 22 l/per (60°C) = 3.520 l/día

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^\circ C) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

32 l/ persona

40 viv * 4 per./viv. * 32 l/ pers. = 5.120 l/día

3. Contribución solar mínima. Ejemplo 2

Porcentajes de aporte solar para ACS: 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 |

1. Cálculo de la demanda. Ejemplo 3

| 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 |
| .../... | | |

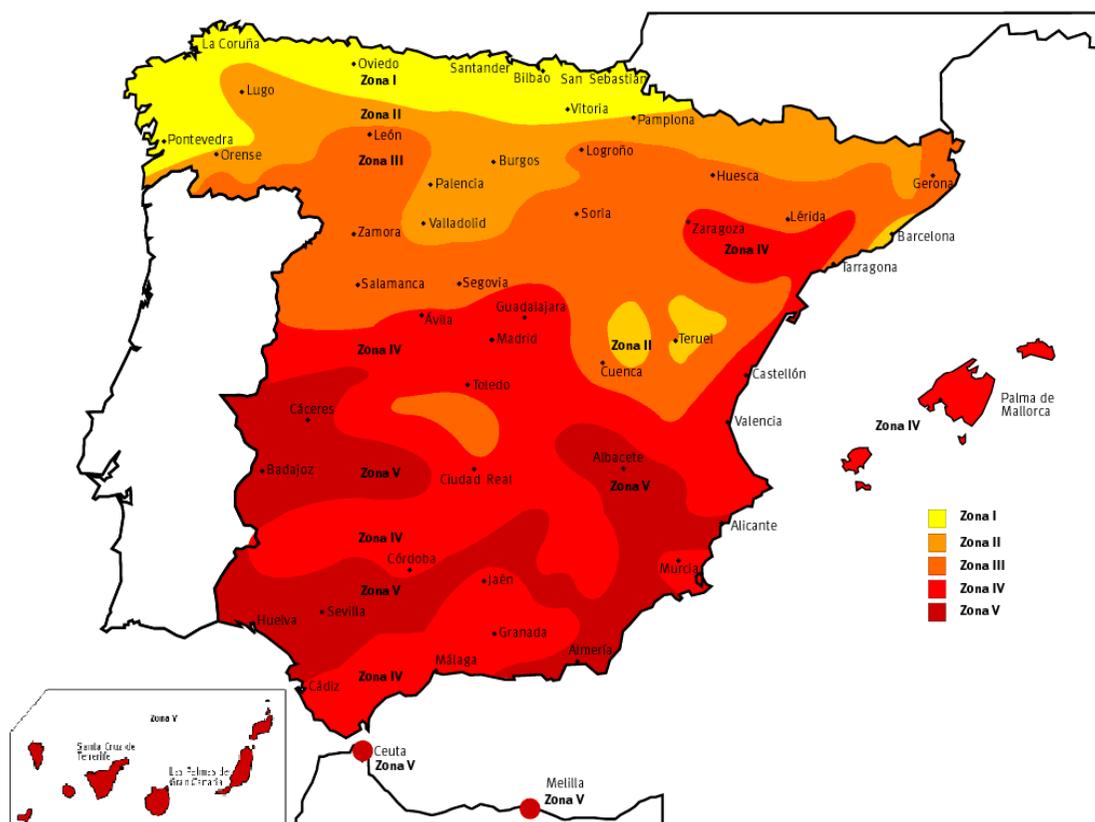
$$300 \text{ camas} * 55 \text{ l/cama (60°C)} = 16.500 \text{ l/día}$$

3. Contribución solar mínima. Ejemplo 3

Porcentajes de aporte solar para ACS: 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 |

2. Zonas climáticas



Zona 1: $H < 3,8$
 Zona 2: $3,8 \leq H < 4,2$
 Zona 3: $4,2 \leq H < 4,6$
 Zona 4: $4,6 \leq H < 5,0$
 Zona 5: $H \geq 5,0$
 H se mide en kWh/m²

Fuente: INM .Generado a partir de isolinias de radiación solar global anual sobre superficie horizontal.

Gracias por su atención