

Universidad Complutense de Madrid  
Universidad Nacional de Educación a Distancia



Máster en Ingeniería de Sistemas y Control

# MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA

Memoria presentada por  
Gonzalo Hernández Albaladejo

Bajo la dirección de  
Alfonso Urquía Moraleda

Curso Académico 2013/14

Junio 2014



Proyecto de Fin de Máster  
Máster en Ingeniería de Sistemas y Control

# MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA

Proyecto tipo B  
Proyecto específico propuesto alumno

Memoria presentada por  
Gonzalo Hernández Albaladejo

Bajo la dirección de  
Alfonso Urquía Moraleda









## Autorización

Autorizamos a la Universidad Complutense y a la UNED a difundir y utilizar con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a sus autores, tanto la memoria de este Trabajo Fin de Máster, como el código, la documentación y/o el prototipo desarrollado.

Firmado: Gonzalo Hernández Albaladejo

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Gonzalo Hernández Albaladejo', written over a faint horizontal line.



## RESUMEN

Modelar y simular dinámicamente el comportamiento instalaciones solares térmicas bajo distintas situaciones operacionales puede representar una capacidad fundamental para su estudio, control y diseño. Es por ello que se ha desarrollado una librería en lenguaje Modelica para la simulación de instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

La librería, llamada Soltermica, ha sido desarrollada empleando Dymola 6.1 y hace uso de varios componentes de la MSL 2.2.1. Han sido implementados diferentes modelos de equipos térmicos como colectores solares, depósitos de acumulación o intercambiadores de placas. Partiendo de estos equipos se pueden crear modelos de mayor nivel que representen el comportamiento de los equipos bajo ciertas condiciones. De esta forma se han validado los distintos modelos de equipos simulándolos con condiciones de ensayos en el laboratorio.

Del mismo modo y para demostrar las capacidades de la librería se ha modelado una instalación solar térmica completa en un ámbito doméstico. La simulación de este modelo nos permite entre otros aspectos la determinación del rendimiento del sistema en un determinado periodo temporal o estudiar estrategias de control más eficientes.

**Palabras clave:** Modelado, Simulación, Energía Solar Térmica, Modelica.

## ABSTRACT

Modelling and dynamic simulation may be a useful capability to study, control and design solar thermal systems. Because of that, this project is focused on developing a Modelica language library to simulate solar water heating systems.

The library, called Soltermica, has been developed with Dymola 6.1 and it uses some components of the MSL 2.2.1. Models of different thermal devices like solar collectors, storage tanks or heat exchangers have been included in the library. Using these models it is possible to create new upper level models that can be simulated in different conditions. These models have been used to assess correct behavior of thermal devices simulating experimental conditions.

To show library capabilities it has been modeled a domestic solar water heating facility. It has been studied the system performance and the most effective control strategy for a long period of time.

**keywords:** Modelling, Simulation, Solar thermal systems, Modelica

# Índice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción, objetivos y estructura</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1.     | Introducción  | 1         |
| 1.2.     | Objetivos del proyecto  | 3         |
| 1.3.     | Estructura del documento  | 4         |
| <b>2</b> | <b>Herramientas y técnicas para el diseño y evaluación de sistemas solares térmicos</b> | <b>7</b>  |
| 2.1.     | Introducción  | 7         |
| 2.2.     | Método f-chart  | 7         |
| 2.3.     | Software de simulación energética TRNSYS  | 9         |
| 2.4.     | Lenguaje de modelado Modelica   | 11        |
| 2.5.     | Librerías de Modelica de sistemas térmicos  | 12        |
| 2.6.     | Entornos de modelado de Modelica  | 13        |
| 2.7.     | Conclusiones  | 15        |
| <b>3</b> | <b>Modelado de las instalaciones solares térmicas</b>                                   | <b>17</b> |
| 3.1.     | Introducción  | 17        |
| 3.2.     | Circulación de fluidos por los elementos hidráulicos                                    | 18        |
| 3.3.     | Circuladores hidráulicos  | 21        |
| 3.4.     | Fluidos de trabajo  | 23        |
| 3.5.     | Captador solar térmico  | 26        |
| 3.6.     | Intercambiadores de calor   | 31        |
| 3.7.     | Acumuladores de agua caliente   | 35        |
| 3.8.     | Sistemas de apoyo al calentamiento de ACS   | 40        |
| 3.9.     | Equipos de control de instalaciones solares térmicas                                    | 43        |
| 3.10.    | Válvulas y griferías de ACS   | 44        |
| 3.11.    | Configuraciones básicas de las instalaciones solares térmicas                           | 47        |
| 3.12.    | Otras consideraciones referentes al modelado de los sistemas solares térmicos           | 50        |
| 3.13.    | Conclusiones  | 51        |
| <b>4</b> | <b>Librería Soltermica</b>  | <b>53</b> |
| 4.1.     | Introducción  | 53        |
| 4.2.     | Arquitectura de la librería   | 53        |
| 4.3.     | Conectores e interfaces   | 55        |
| 4.4.     | Paquete <i>ClasesBasicas</i>  | 56        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.5. Modelos de equipos.....   | 59         |
| 4.6. Modelos de fluidos.....   | 60         |
| 4.7. Ejemplos.....   | 60         |
| 4.8. Documentación librería.....   | 61         |
| 4.9. Conclusiones.....   | 62         |
| <b>5 Validación de los modelos individuales.....</b>                                 | <b>65</b>  |
| 5.1. Introducción.....   | 65         |
| 5.2. Proceso de validación.....  | 65         |
| 5.3. Discretización espacial del modelo de los equipos.....                          | 69         |
| 5.4. Validación de los modelos discretos.....  | 73         |
| 5.5. Parametrización y catálogo de equipos.....                                      | 74         |
| 5.6. Conclusiones.....   | 77         |
| <b>6 Simulación de sistemas solares térmicos de baja temperatura.....</b>            | <b>79</b>  |
| 6.1. Introducción.....   | 79         |
| 6.2. Condiciones de contorno.....  | 79         |
| 6.3. Demanda de ACS en el ámbito doméstico.....                                      | 81         |
| 6.4. Condiciones climáticas para la simulación.....                                  | 86         |
| 6.5. Simulación de sistema solar térmico doméstico individual.....                   | 91         |
| 6.6. Conclusiones.....   | 96         |
| <b>7 Conclusiones y trabajos futuros.....</b>  | <b>97</b>  |
| 7.1. Conclusiones.....   | 97         |
| 7.2. Trabajos futuros.....   | 100        |
| <b>Lista de referencias y bibliografía.....</b>                                      | <b>101</b> |
| <b>Listado siglas, abreviaturas y acrónimos.....</b>                                 | <b>103</b> |
| <b>Tablas de símbolos.....</b>   | <b>105</b> |
| <b>A Documentación técnico-comercial equipos.....</b>                                | <b>107</b> |
| <b>B Formulario para el estudio de la demanda de ACS en el ámbito doméstico.....</b> | <b>119</b> |
| <b>C Librería Soltermica.....</b>  | <b>125</b> |

# Índice de figuras

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Figura 1.1.  | Sistema solar térmico integrado en la cubierta de una vivienda. ...   | 2  |
| Figura 1.2.  | Esquema básico de una instalación solar térmica para la producción de ACS. ....   | 3  |
| Figura 2.1.  | Curvas f en función de los parámetros del sistema X e Y. ....   | 8  |
| Figura 2.2.  | Captura de pantalla del entorno de trabajo TRNSYS en su versión 17 (AiguaSol, 2014). ....                                 | 10 |
| Figura 2.3.  | Captura del modelado gráfico de una instalación energética mediante la librería <i>Buildings</i> . ....                   | 13 |
| Figura 3.1.  | Esquema de las variables asociadas al Principio de Bernoulli. ....  | 18 |
| Figura 3.2.  | Curva resistente de dos modelos de captadores solares térmicos de un mismo fabricante. ....                               | 20 |
| Figura 3.3.  | Circulador para instalaciones térmicas. ....  | 21 |
| Figura 3.4.  | Curva de funcionamiento de diversos circuladores para usos en instalaciones solares térmicas (GRUNDFOS, 2014). ....       | 22 |
| Figura 3.5.  | Variación de la densidad de la mezcla agua-propilenglicol con la temperatura (M. CONDE ENGINEERING, 2011). ....           | 25 |
| Figura 3.6.  | Campo de captación solar térmico situado en la cubierta de un edificio. ....  | 26 |
| Figura 3.7.  | Esquema del balance energético en un captador solar térmico. ...  | 27 |
| Figura 3.8.  | Curvas de rendimiento de distintos tipos de captadores solares. ...   | 28 |
| Figura 3.9.  | Curvas IAM para dos orientaciones de un captador solar de tubos de vacío. ....  | 29 |
| Figura 3.10. | Esquema con los ángulos de orientación de un captador solar. ...  | 30 |
| Figura 3.11. | Esquema básico de funcionamiento de un intercambiador de placas desmontable. ....   | 32 |
| Figura 3.12. | Representación esquemática del funcionamiento de un intercambiador (Izq.: Flujo paralelo, Der.: Flujo cruzado). ....      | 34 |
| Figura 3.13. | Vista de sección esquemática de un interacumulador de ACS. ....   | 36 |
| Figura 3.14. | Imagen térmica de depósitos de acumulación de agua caliente con diferentes grados de estratificación. (LAPESA, 2014) .... | 37 |
| Figura 3.15. | Modelo de estratificación por ordenamiento en capas. ....   | 38 |
| Figura 3.16. | Distintos modelos de distribución de la temperatura con la altura en un depósito. ....                                    | 39 |
| Figura 3.17. | Imagen de una caldera mural de gas para apoyo a la generación de ACS. ....  | 40 |
| Figura 3.18. | Rendimiento de distintos tipos de calderas en función de la carga de trabajo. ....  | 42 |
| Figura 3.19. | Centralita o controlador específico para instalaciones solares térmicas. ....   | 43 |
| Figura 3.20. | Esquema de la lógica de la centralita solar. ....   | 44 |
| Figura 3.21. | Esquema de funcionamiento de una válvula. ....  | 45 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.22. Gráfico con distintos comportamientos de las válvulas en su apertura.....   | 45 |
| Figura 3.23. Distintos tipos de griferías domésticas. (Izquierda: monoblock. Centro: monomando. Derecha: termostática.) .....              | 46 |
| Figura 3.24. Configuración básica de un sistema solar térmico para la preparación de ACS.....  | 49 |
| Figura 3.25. Temperatura seca exterior a lo largo del año en una determinada zona climática. ....  | 50 |
| Figura 4.1. Árbol básico de la librería Soltermica.....  | 54 |
| Figura 4.2. Gráfico de definición de la función <i>semiLinear</i> .....  | 56 |
| Figura 4.3. Estructura del paquete <i>ClasesBasicas</i> de la librería Soltermica ..   | 57 |
| Figura 4.4. Modelo gráfico del captador solar realizado por composición de modelos de menor nivel. ....                                    | 58 |
| Figura 4.5. Estructura de uno de los paquetes correspondiente al equipo de tipo Intercambiador. ....                                       | 59 |
| Figura 4.6. Diagrama del modelo gráfico de una instalación de distribución y consumo de agua incluida en el paquete <i>Ejemplos</i> . .... | 61 |
| Figura 4.7. Captura de pantalla de la documentación generada por Dymola para el modelo de grifería monomando. ....                         | 62 |
| Figura 5.1. Diagrama de flujo del proceso de validación de modelos seguido en el trabajo. ....   | 67 |
| Figura 5.2. Diagrama del modelo de las pruebas funcionales de verificación del intercambiador de placas. ....                              | 68 |
| Figura 5.3. Esquema gráfico balances en el volumen control. ....   | 70 |
| Figura 5.4. Esquema gráfico discretización en volúmenes de control.....  | 71 |
| Figura 5.5. Esquema gráfico del comportamiento discretizado de un intercambiador de flujo cruzado. ....                                    | 72 |
| Figura 5.6. Error relativo en la potencia intercambiada del modelo frente al número de divisiones del intercambiador.....                  | 74 |
| Figura 5.7. Especificaciones incluidas en los catálogos técnico-comerciales de equipos térmicos (SALVADOR ESCODA, 2014). ....              | 75 |
| Figura 5.8. Esquema ilustrativo del proceso de parametrización de los equipos modelados. ....  | 76 |
| Figura 6.1. Esquema ilustrativo del proceso de introducción de las condiciones de contorno en el modelo.....                               | 80 |
| Figura 6.2. Perfil horario para un día de referencia del consumo de ACS .....  | 83 |
| Figura 6.3. Perfil mensual para un año de referencia del consumo de ACS. .   | 83 |
| Figura 6.4. Algunos de los perfiles de consumo obtenidos del estudio. ....   | 85 |
| Figura 6.5. Irradiación total sobre una superficie inclinada durante una semana en una determinada zona climática. ....                    | 87 |
| Figura 6.6. Distribución temporal de los distintos tipos de irradiancia en un día despejado. ....  | 89 |
| Figura 6.7. Diagrama de Dymola del modelo del sistema solar térmico .....  | 92 |
| Figura 6.8. Distribución temporal de temperaturas de diversos elementos de la instalación para una determinada simulación. ....            | 93 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 6.9. Evolución temporal del rendimiento del captador durante un periodo de tiempo. .... | 94 |
| Figura 6.10. Curvas de rendimiento para distintos parámetros de control. ....                  | 95 |



# Índice de tablas

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabla 3.1. | Rangos de coeficientes globales de transmisión de calor para algunos tipos de intercambiadores..... | 33 |
| Tabla 3.2. | Valores orientativos de PC de distintos tipos de combustibles. ...                                  | 42 |
| Tabla 3.3. | Extracto tabla 2.1 del CTE-DB-HS-4.....   | 47 |
| Tabla 6.1. | Extracto tabla 4.1 del CTE-DB-HE-4.....   | 82 |
| Tabla 6.2. | Tabla resumen rendimientos medios para distintas configuraciones de la centralita solar.....        | 95 |



# 1

## **Introducción, objetivos y estructura**

### **1.1. Introducción**

La sociedad dispone de diferentes fuentes de energía para cubrir las necesidades energéticas derivadas de su actividad. La energía solar es la fuente energética más abundante en La Tierra aunque su aprovechamiento presenta diferentes problemas que frenan su desarrollo e implantación. La obtención de energía térmica en forma de agua caliente (baja temperatura) mediante la radiación solar no representa una excesiva complejidad a nivel tecnológico, pero no resulta tan sencillo disponer de instalaciones que cubran gran parte de las diferentes necesidades térmicas a lo largo de un año. Una instalación solar térmica como la mostrada en la Figura 1.1, pueden cubrir una parte significativa de la demanda de ACS pudiéndose integrar en la edificación sin excesivos problemas.

Los beneficios de la energía solar térmica son indudables y relevantes en la actual situación económica. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica o por combustión en equipos de generación de agua caliente, la reducción de la dependencia de la importación de recursos energéticos (gas natural, etc.), ahorro económico por aprovechamiento de energía de libre disposición o la generación de puestos de trabajo (instalación y mantenimiento) a nivel local son algunos de esos beneficios. Pero muchos de estos beneficios son difíciles de cuantificar mediante

los enfoques tradicionales de cálculo de rendimientos o dimensionado de equipos.



Figura 1.1. Sistema solar térmico integrado en la cubierta de una vivienda.

La falta de herramientas que permitan determinar con mayor precisión el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua a baja temperatura es una de las barreras para la implantación de esta tecnología en diferentes ámbitos. El comportamiento tan variable de los distintos aspectos de funcionamiento (radiación incidente, perfil del demanda de ACS, comportamiento transitorio de los equipos, etc.) hacen que muchas de las técnicas utilizadas comúnmente puedan disponer de errores considerables o pueden resultar de dudosa validez para determinadas configuraciones. Técnicas ampliamente utilizadas para determinar el aprovechamiento de la energía solar o fracción solar como el Método f-chart son corregidas mediante factores que contemplen aspectos importantes como las pérdidas por acumulación y distribución.

Estos hechos hacen que se planteen técnicas más sofisticadas como la simulación temporal para determinar de manera más precisa el comportamiento de las instalaciones solares bajo distintas circunstancias. En este sentido, el uso de software de simulación de sistemas energéticos es común en muchos estudios energéticos y económicos de instalaciones solares, aunque existen algunas barreras para su utilización de forma generalizada (coste de las herramientas, aprendizaje, adaptación a distintos casos, etc.).

Aplicar técnicas de simulación dinámica en instalaciones solares térmicas puede permitir ganar precisión en las estimaciones del aprovechamiento energético o estudiar las mejoras en control de las mismas entre otras aplicaciones. Disponer de una librería abierta en Modelica que permita abarcar con precisión estas aplicaciones puede resultar muy útil para continuar implantando y mejorando esta tecnología. Esta librería debería incorporar los diferentes elementos que componen este tipo de instalaciones, permitiendo el desarrollo de configuraciones específicas para cada caso de aplicación. En la Figura 1.2 se pueden observar algunos de los equipos básicos que configuran una instalación solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria a baja temperatura.

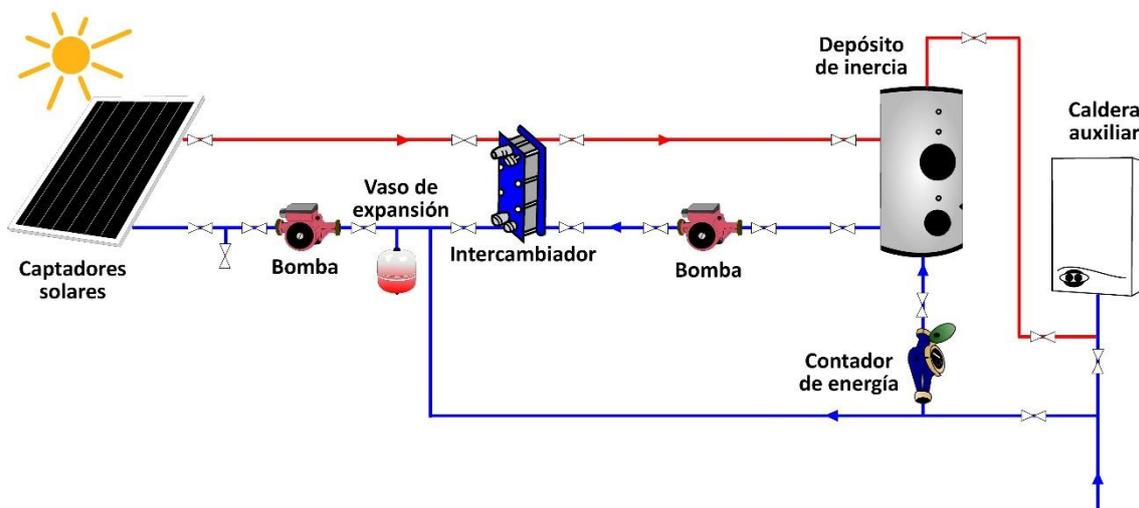


Figura 1.2. Esquema básico de una instalación solar térmica para la producción de ACS.

## 1.2. Objetivos del proyecto

Los objetivos que se persiguen con este trabajo son numerosos. A continuación se exponen los más destacados:

- El objetivo principal es utilizar técnicas de simulación computacional para su aplicación práctica en el estudio y mejora de sistemas solares térmicos de baja temperatura.

- Para ello también se tiene como objetivo estudiar las herramientas y técnicas de simulación de sistemas solares térmicos disponibles en la actualidad.
- Otro objetivo es utilizar las capacidades y ventajas del lenguaje de modelado acausal y orientado a objetos Modelica, desarrollando una librería a disposición de toda aquella persona interesada. En este sentido se pretende estudiar las posibilidades de reutilización de modelos y librerías ya existentes.
- Para establecer modelos físicos de los distintos elementos que componen los sistemas solares térmicos se pretende definir una serie de ecuaciones e hipótesis que se adecuen al comportamiento real. Estas simplificaciones basadas en principios físicos y ensayos experimentales permitirán reducir el coste computacional frente a otras técnicas de modelado y simulación.
- Otro objetivo planteado será la validación de los modelos de los elementos que conforman los sistemas solares térmicos a partir de la documentación disponible (ensayos certificación, etc.) y la simulación de los propios modelos.
- Por último se tiene por objeto estudiar casos de aplicación concretos que permitan validar configuraciones de sistemas solares térmicos completos.

### 1.3. Estructura del documento

El presente trabajo se ha dividido en siete capítulos. Los contenidos desarrollados en cada uno de ellos se detallan a continuación.

**Capítulo 2.** En este capítulo se ha realizado una revisión del estado del arte de las diferentes técnicas y herramientas que se utilizan para determinar el comportamiento durante un periodo de tiempo de los sistemas solares térmicos.

**Capítulo 3.** En este capítulo se realiza una introducción de los distintos elementos que forman una instalación solar térmica, así como su

comportamiento en conjunto. Se pretende hacer una revisión de las ecuaciones que rigen el comportamiento de estos elementos teniendo en cuenta distintas hipótesis.

**Capítulo 4.** En este capítulo se muestra el diseño y estructura de la librería Soltemica, incluyendo los distintos paquetes que la forman.

**Capítulo 5.** La validación de modelos es un punto fundamental en el desarrollo de la librería. De esta forma se describe el proceso utilizado para la validación de los modelos teniendo en cuenta las características propias de trabajo.

**Capítulo 6.** En este capítulo se describen los casos de estudio en los que se ha utilizado la librería Soltermica. Para la realización de simulaciones más precisas se ha tenido que determinar de forma más adecuada las condiciones de contorno aplicables a estos casos. De esta forma también se revisa cómo se han obtenido dicha información.

**Capítulo 7.** Se presentan las conclusiones de los trabajos realizados y los posibles trabajos futuros.



# 2

## **Herramientas y técnicas para el diseño y evaluación de sistemas solares térmicos**

### **2.1. Introducción**

En este capítulo se pretende repasar algunas de las herramientas y técnicas utilizadas para simular el comportamiento de los sistemas solares térmicos a lo largo del tiempo. Entre todas ellas cobran especial interés aquellas relacionadas con el lenguaje de modelado Modelica, como son los entornos de modelado y simulación y las librerías de sistemas energéticos.

### **2.2. Método f-chart**

El método f-chart (Klein, Duffie, & Beckman, 1977) es una simplificación del comportamiento de sistemas solares térmicos a lo largo del año. Fue desarrollado en 1977 a partir de una serie de simulaciones con el software TRNSYS llegando a establecer una correlación válida bajo ciertas condiciones. Este método proporciona una estimación del porcentaje de energía que es suministrado por la instalación solar térmica del total de las necesidades energéticas.

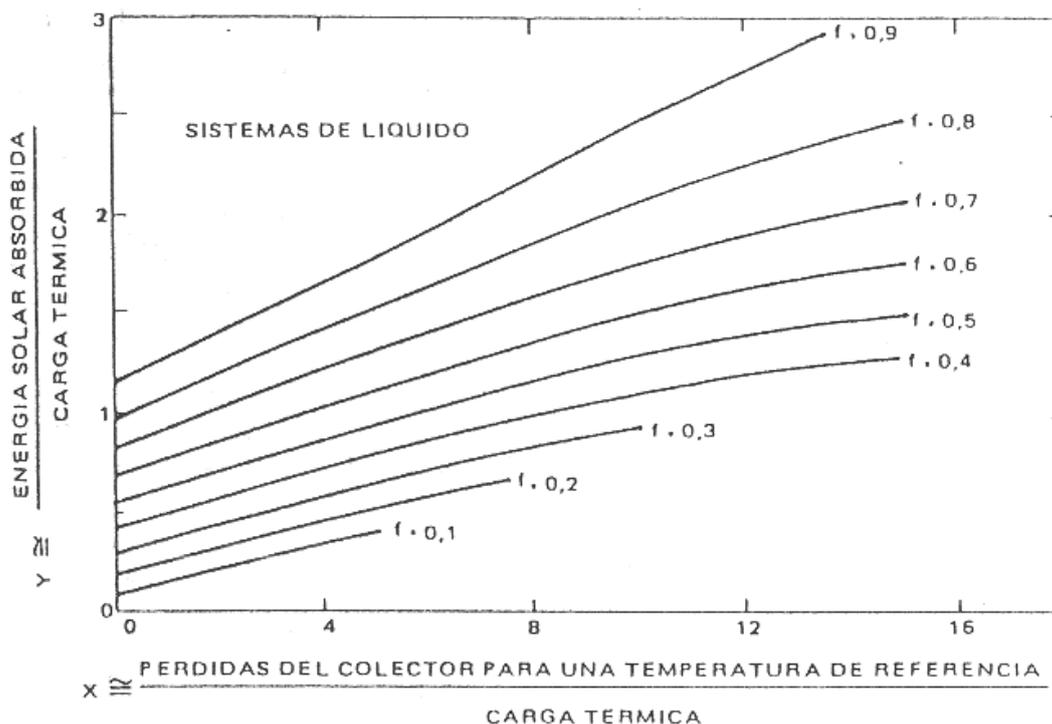


Figura 2.1. Curvas  $f$  en función de los parámetros del sistema  $X$  e  $Y$ .

Este procedimiento resulta muy sencillo de implementar y no requiere muchos parámetros para su aplicación. De esta forma es un método muy extendido entre proyectista siendo además reconocido a nivel nacional para la determinación de la contribución solar térmica para la generación de ACS en el ámbito doméstico (IDAE, 2009).

Pero este método presenta una serie de inconvenientes que en muchos casos no lo hace adecuado para otras posibles aplicaciones. Entre estos inconvenientes destacan:

- Algunas de las suposiciones de partida pueden diferir en gran medida del comportamiento real de los equipos como puede ser la presencia del fenómeno de estratificación del depósito acumulador.
- La validez del método está limitada por varios parámetros, con lo que en muchos casos no se podrá utilizar (configuraciones especiales de la instalación, aplicaciones diferentes como etc.)

- El método fue desarrollado hace casi 40 años y los cambios tecnológicos en las instalaciones solares han sido considerables (sistemas más eficientes y complejos). De esta forma existen numerosos estudios y líneas de trabajo que tratan de mejorar o comprobar la validez del método con las nuevas consideraciones.
- El método utiliza una serie de condiciones de contorno constantes como perfiles de demanda constantes a lo largo de todo el año o temperaturas o irradiaciones medias a lo largo de un periodo. Esta suposición puede arrojar resultados aceptables a lo largo de un año pero carece de precisión para periodos más cortos.

### **2.3. Software de simulación energética TRNSYS**

TRNSYS (Klein, Duffie, & Beckman, 1976) es un software de simulación energética que tiene como origen el estudio del comportamiento de sistemas de energía solar. Fue desarrollado en el año 1975 y actualmente representa una herramienta potente de cálculo que permite la resolución transitoria de varios tipos de sistemas térmicos. Entre las principales aplicaciones que encontramos está el diseño y optimización de sistemas energéticos, especialmente basados en energías renovables.

TRNSYS se compone de dos partes fundamentales, un motor de cálculo o kernel y una biblioteca de componentes. El kernel permite leer y procesar los archivos de entrada, resolver de manera iterativa el sistema, determinar la convergencia, y visualizar las variables del sistema entre otras funcionalidades. La biblioteca incluye diversos modelos de equipos térmicos, eléctricos, procesadores meteorológicos y demás elementos denominados TYPE que permiten simular sistemas energéticos. El usuario puede crear modelos más complejos a partir de dichos elementos base o por otro lado implementar nuevos elementos mediante algún lenguaje de programación como Fortran. Del mismo modo existen librerías no estándar disponibles que simulan el comportamiento de otros componentes. Existen tanto librerías de componentes de libre acceso como librerías que comercializan los distribuidores de la herramienta.

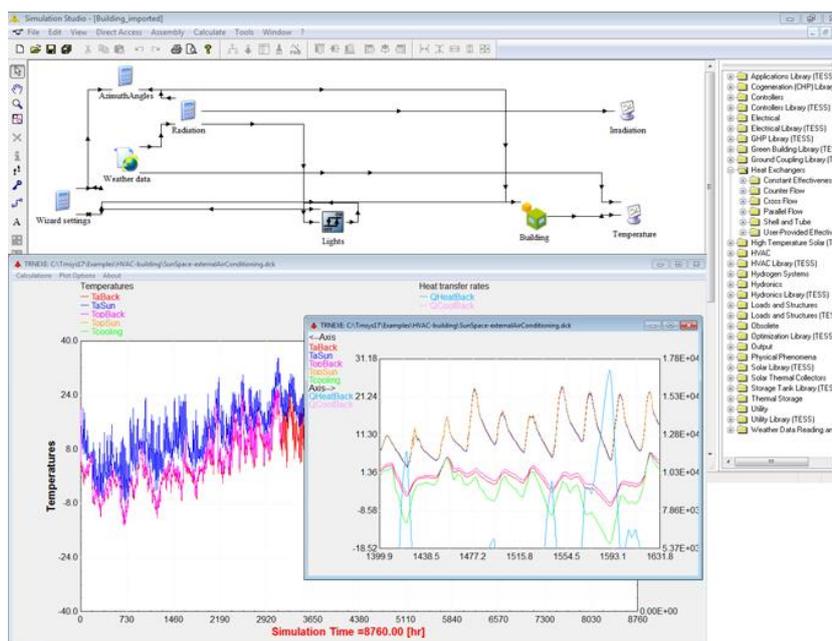


Figura 2.2. Captura de pantalla del entorno de trabajo TRNSYS en su versión 17 (AiguaSol, 2014).

Esta herramienta es un referente en muchos aspectos del trabajo TRNSYS. Además es comúnmente utilizada para la simulación de sistemas solares térmicos y de esta forma ha colaborado en el desarrollo e implantación de los mismos. Muchos de los procedimientos de trabajo y técnicas específicas que se utilizan en el desarrollo de modelos con TRNSYS son válidas y extrapolables a otros procedimientos de simulación (reutilización de modelos, implementación gráfica, etc.). En la Figura 2.2 se presenta una captura del entorno de trabajo de TRNSYS y como organiza el interfaz con ventanas que muestran gráficos, el lienzo de modelado gráfico o las librerías que incluye la herramienta. Las librerías de modelos que utiliza, suelen disponer del código (generalmente en Fortran) visible para su estudio. Pero también dispone de una serie de desventajas que limitan su aplicación de forma generalizada. Entre las desventajas se encuentran:

- A pesar de incluir formas de modelar componentes adicionales, resulta muy laborioso el modelado de sistemas con cierta complejidad mediante lenguajes como Fortran.
- El tiempo de aprendizaje y desarrollo de modelos de instalaciones con TRNSYS puede ser extenso. En muchos casos la definición de parámetros de los componentes TYPE requieren un profundo

conocimiento del principio de funcionamiento físico o de la implementación del mismo. Este conocimiento no suele ser transparente para el usuario.

- Aunque existen librería de componentes de libre acceso, tanto el propio entorno de simulación como las librerías más sofisticadas son de carácter comercial. Este hecho puede limitar el uso de este tipo de técnicas de simulación en aplicaciones comunes como el diseño y dimensionado de las instalaciones.

## 2.4. Lenguaje de modelado Modelica

Modelica es un lenguaje abierto de modelado de sistemas complejos multi-dominio. Permite el modelado sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos u otra tipología de sistemas y sus combinaciones. La característica principal de Modelica es que es un lenguaje acausal y orientado a objetos con todas las ventajas asociadas a este enfoque. El diseño modular de diferentes clases permite desarrollar modelos complejos a partir de otros más sencillos definiendo sus interacciones. El enfoque acausal facilita el modelado de los distintos elemento dejando la definición de causalidad computacional al entorno de trabajo. El desarrollo de modelos con estos principios de diseño hace que el proceso de creación resulte mucho más robusto por parte de diferentes programadores, así como la validación o mantenimiento del código y las clases.

En general los sistemas físicos continuos son modelados mediante sistemas de ecuaciones diferenciales y algebraicas (DAE). Pero el comportamiento real de los diferentes sistemas físicos tiene un componente discreto, pudiendo cambiar la estructura básica del sistema durante una simulación. El tratamiento en Modelica de los llamados eventos permite modelar sistemas de este tipo, que impliquen una mayor complejidad y que se definan como sistemas DAE-híbrido.

Actualmente Modelica tiene el soporte de Modelica Association (Modelica Association, 2014) que también coordina el desarrollo una librería estándar (MSL) con gran cantidad de modelos de uso común en los diversos campos de

la ingeniería (componentes electrónicos, sistemas mecánicos, etc.). La última versión de la MSL publicada se trata de la 3.2.1.

Cabe destacar que la MSL nos permite reutilizar algunos de sus elementos y paquetes para explotar la capacidad de reutilización de modelos. En este sentido, muchos de los elementos básicos de los modelos implementados para este trabajo se han basado en elementos de la MSL como puede ser conectores, bloques matemáticos de uso común o algunos elementos del paquete *Thermal*.

## 2.5. Librerías de Modelica de sistemas térmicos

Cabe destacar la existencia de distintas librerías que incluyen diferentes aspectos de sistemas térmicos. Estas librerías han sido desarrolladas por diferentes instituciones a lo largo de los últimos años y puestas a disposición de la comunidad a través de la web de la Modelica Association. Entre todas las librerías de libre disposición se destacan:

- *Buildings* desarrollada por Lawrence Berkeley National Laboratory de los Estados Unidos (Wetter, 2014).
- *BuildingSystems* desarrollada por Institute of Architecture and Urban Planning, University of Arts Berlin de Alemania (Nytsch-Geusen, 2014).

### **Librería *Buildings***

Especial mención debe darse a la librería llamada *Buildings* (Wetter, 2014). Esta librería gratuita y de libre acceso dispone de gran número de elementos que permiten modelar instalaciones energéticas situadas en edificios con gran precisión y complejidad. Entre los elementos modelados se incluyen gran parte de elementos que se integran el trabajo como intercambiadores o captadores solares, siendo de esta forma una constante referencia en el desarrollo de los trabajos. Dispone además de un desarrollo constante y abundante documentación (tutoriales, explicaciones de los modelos, etc.). La

última versión publicada en febrero de 2014 se trata de la 1.5 build 3, que requiere una versión de la MSL 3.2.

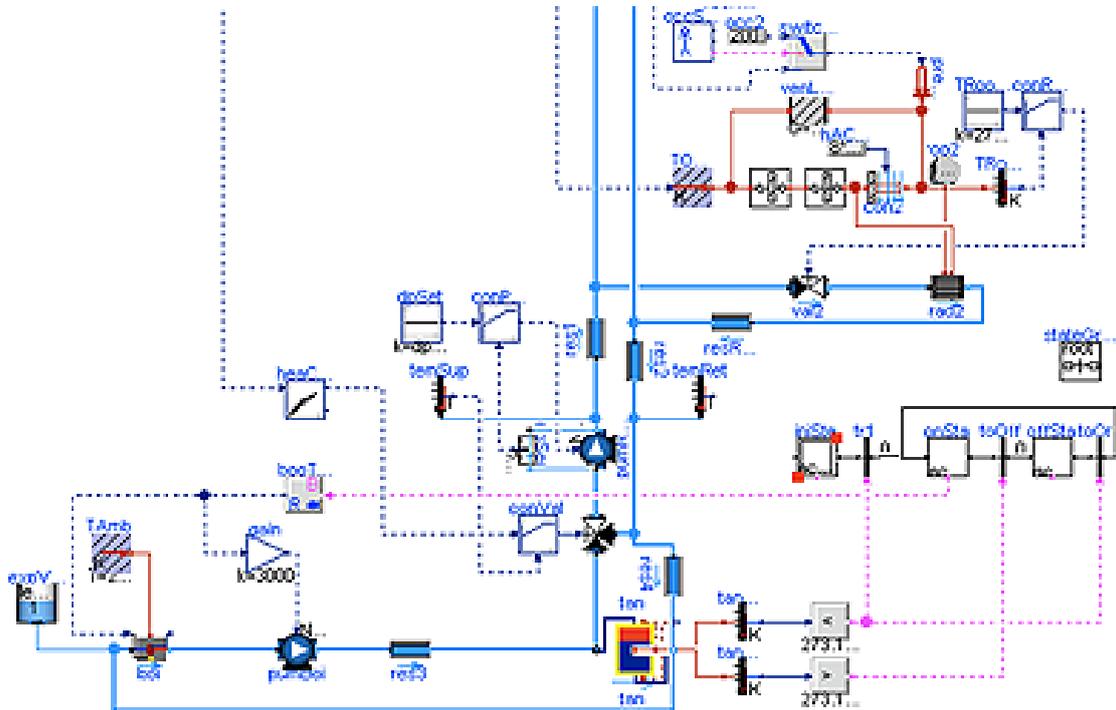


Figura 2.3. Captura del modelado gráfico de unas instalación energética mediante la librería *Buildings*.

La librería proporciona una herramienta para modelar instalaciones energéticas en edificios y los sistemas de control asociados de forma rápida y flexible. Entre las aplicaciones más destacadas se encuentran:

- Definición rápida de las instalaciones y sistemas de edificios.
- Análisis de la operación en edificios existentes.
- Diseño y verificación de los sistemas de control de las instalaciones (eficiencia energética, detección de problemas, etc.)

## 2.6. Entornos de modelado de Modelica

Los entornos de modelado ayudan a la implementación de los modelos, a la organización y gestión de las librerías, a la simulación de los modelos (compilación, resolución de ecuaciones, etc.) y al estudio y análisis de los resultados.

Esencialmente se pueden dividir en dos grandes grupos, los comerciales y los libres y/o gratuitos. En general los entornos comerciales suelen disponer de una madurez en su desarrollo mucho mayor disponiendo de más robustez y fiabilidad en los cálculos, bibliotecas adicionales o mayor facilidad en la interconexión con otros programas. Muchos de los entornos comerciales se integran en otros programas de cálculo matemático de propósito más general, pudiendo complementar las capacidades de Modelica con las capacidades propias del software matemático como el análisis y tratamiento de datos o la realización de gráficos. Los entornos libres y gratuitos suelen disponer de una menor madurez pero por el contrario su utilización es gratuita.

### **Dymola**

Dymola es un entorno de modelado basado en Modelica de carácter comercial desarrollado por una subsidiaria sueca de Dassault Systems. La última versión comercializada, Dymola 2014 FD01, soporta la versión 3.2 del lenguaje Modelica. Dymola está disponible como paquete independiente o integrado en el software CATIA, ampliando las capacidades de diseño y prototipado industrial. A parte también presente posibilidades de interconexión con otros paquetes de cálculo matemático y simulación como MATLAB.

La versión de Dymola de la que se dispone acceso para el presente trabajo es la 6.1 publicada en el 2007. Esta versión, licenciada para el Departamento de Informática y Automática (DIA) de la UNED, soporta la versión 2.2.1 del lenguaje Modelica. Esta característica hace que existan algunas incompatibilidades en la utilización de librerías de libre acceso como *Buildings* o la utilización de las capacidades avanzadas la propia librería estándar.

### **OpenModelica**

OpenModelica (OM) es un entorno de modelado y simulación basado en Modelica. Cabe destacar que es de código abierto y gratuito, disponiendo de un desarrollo constante soportado por la organización sin ánimo de lucro Open Source Modelica Consortium (OSMC).

En marzo de 2014 se publicó la versión 1.9.1 Beta2 de OM. Esta versión permite compilar y simular gran parte de los ejemplos de la MSL 3.2.1 y otras librerías de libre acceso como la librería *Buildings*, aunque su desarrollo no es completo pues existe una parte significativa de los modelos que no compila o ejecuta correctamente. Del mismo modo la velocidad de ejecución puede ser menor que otros entornos de modelado y simulación como Dymola.

Dentro los trabajos de soportados por la OSMC existen también subsistemas auxiliares al propio entorno gráfico de modelado y simulación. Por destacar algunas de ellas se puede mencionar OpenMoledica Python Interface u OMOptim.

Debido a la experiencia en su utilización y a pesar de ser un software en continuo desarrollo se consideró que no era adecuado abordar el modelado de los trabajos con este paquete de software. Se valoró el hecho de no presentar un soporte completo a todos los modelos de la MSL y otras librerías de uso común.

Aunque no se utilizará para el desarrollo principal de los trabajos si se pretende utilizar esta herramienta para poder cargar de forma adecuada librerías como *Buildings* y poder experimentar con ellas.

## 2.7. Conclusiones

En este capítulo se han presentado algunas herramientas y técnicas que son utilizadas para evaluar el funcionamiento de una instalación solar térmica de baja temperatura. Se han revisado varios métodos de afrontar este problema desde un mayor grado de simplificación, representadas por correlaciones experimentales, hasta un mayor grado de complejidad, representado por el uso de software de modelado y simulación de sistemas térmicos. Todas estas herramientas son un referente en el trabajo diario con este tipo de instalación pero como se ha descrito en el capítulo presenten ciertas desventajas que justifican la utilización de otras técnicas.

Entre las posibles técnicas para afrontar el problema se encuentra la utilización del lenguaje Modelica. La descripción de los modelos de forma

acausal o la orientación a objetos son algunas de las capacidades del lenguaje que lo hacen especialmente aptos para abordar el complejo modelado de los sistemas de los que son objeto el trabajo. Del mismo modo, Modelica presenta una comunidad muy activa que publica gran número de librería de uso libre relacionadas con el tema. Entre todas las librerías destacan la librería estándar de Modelica (MSL) y la librería *Buildings* que es un referente general para el modelado de instalaciones térmicas en edificios mediante Modelica.

Por último, se revisan algunos de los entornos de desarrollo y simulación de Modelica para su uso en el desarrollo de los trabajos. Entre todos los existentes se han destacado dos de ellos por sus características. Por un lado, se ha presentado el entorno OpenModelica, que presenta como principales características soportar en cierto grado las versiones más actuales de la MSL y por otro lado ser un entorno libre y gratuito. Por otro lado, se han repasado las características fundamentales de Dymola, un entorno de desarrollo con carácter comercial ampliamente extendido y con unas capacidades de desarrollo excelentes. Teniendo en cuenta los aspectos relacionados con el desarrollo se ha decidido trabajar fundamentalmente con este último en su versión 6.1, disponiendo de las licencias correspondientes al DIA de la UNED.

# 3

## **Modelado de las instalaciones solares térmicas**

### **3.1. Introducción**

En este capítulo se describirán los principales elementos de los que se compone una instalación solar térmica de baja temperatura. La descripción incluye un repaso de las ecuaciones físicas e hipótesis de modelado que describen el comportamiento de dichos elementos. Este estudio servirá como base para la posterior implementación de los modelos mediante el lenguaje de modelado de sistemas físicos Modelica.

Primeramente se repasarán los principios físicos del transporte de fluidos líquidos por conducciones y elementos hidráulicos ya que este tipo de sistemas utilizan los fluidos para transportar el calor. Por otro lado se revisarán los principios físicos de funcionamiento de los principales equipos presentes en este tipo de instalaciones. Del mismo modo se expondrá el principio de funcionamiento de una instalación en su conjunto para revisar las posibles configuraciones de este tipo de sistemas. Por último se expondrán algunas consideraciones básicas que se tendrán en cuenta para el modelado de los procesos térmicos.

### 3.2. Circulación de fluidos por los elementos hidráulicos

Las leyes físicas que rigen la circulación de un fluido líquido por una tubería y otros elementos cerrados se basan en dos leyes fundamentales de la física y en un gran número de correlaciones experimentales. Las leyes fundamentales que rigen estos fenómenos son el Principio de Bernoulli y la Ecuación de la continuidad.

$$\frac{v^2 \cdot \rho}{2} + P + g \cdot \rho \cdot z = \text{constante} \quad (3.1)$$

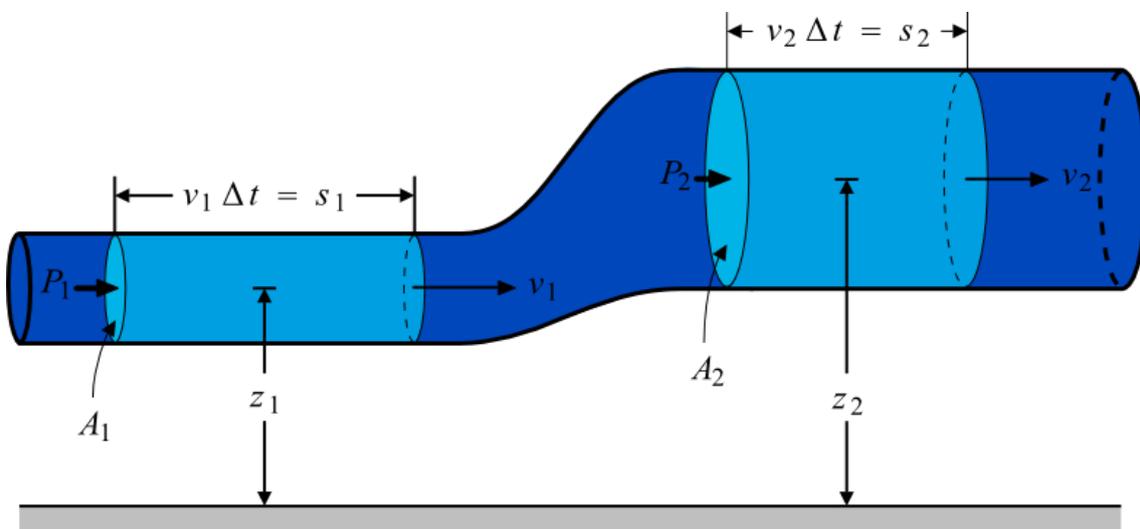


Figura 3.1. Esquema de las variables asociadas al Principio de Bernoulli.

El principio de Bernoulli (3.1) viene a expresar que un fluido ideal (aquel que no se ve afectado por efectos de la viscosidad ni el rozamiento) conserva su energía a lo largo de su recorrido por la conducción. La energía que dispone el fluido es expresada en forma de la suma de tres términos. A medida que el fluido avanza por la conducción (véase Figura 3.1) cada uno de estos términos se balancea manteniendo la energía total constante. Por otra parte la Ecuación de continuidad (3.2) expresa básicamente la conservación de la masa en un sistema, de manera que el caudal que circula a lo largo de un tramo de tubería se mantiene. Por ejemplo, si hubiese un ensanchamiento en la tubería la velocidad del fluido se reducirá manteniéndose el caudal constante.

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (3.2)$$

La Ecuación de Bernoulli es modificada (3.3) para representar el comportamiento de los fluidos reales, ya que están afectados por efectos del rozamiento y la viscosidad. Estos efectos de la fricción son introducidos en el lado derecho de la ecuación representando una pérdida o degradación de la energía que dispone el fluido (realmente se transforma en un pequeño aumento temperatura del fluido). Esta degradación de la energía es llamada pérdida de carga o también es representada por la caída de presión estática que se produce. Cabe destacar que la pérdida de carga tiene unidades de altura hidráulica y la caída de presión tiene unidades de presión.

$$\frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} + P_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 = \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} + P_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + dP \quad (3.3)$$

La pérdida de carga o caída de presión que se produce en una conducción se puede dividir en dos tipos básicos, las pérdidas de carga lineales y las pérdidas de carga puntuales. Las primeras son debidas al rozamiento continuo del fluido con las paredes de la conducción y son constantes y acumulativas para tramos con las mismas características geométricas. Las pérdidas de carga puntuales son debidas a degradación de la energía cuando el fluido atraviesa un determinado punto del trazado, una zona irregular o con elementos hidráulicos (válvulas, reducciones, etc.) lo que produce regiones turbulentas y un aumento en el rozamiento.

La pérdida de carga en tuberías y elementos hidráulicos depende de muchas variables como la sección transversal de la tubería, el material o el régimen de flujo. Aunque de forma simplificada y comúnmente aceptada la ecuación que rige este fenómeno se reduce a una relación entre la caída de presión que se produce en una instalación, tramo o elemento según el cuadrado del caudal circulante (3.4).

$$dP = K \cdot \dot{V}^2 \quad (3.4)$$

Esto supone que para cada instalación, tramo o elemento que mantenga unas propiedades constantes (geométricas principalmente), a cada caudal circulante le corresponde una caída de presión. Representando en una gráfica todos los caudales posibles y sus correspondientes caídas de presión se obtiene la llamada curva resistente del elemento o de la instalación en conjunto. Esta tiene forma de curva cuadrática que es alterada por el factor dependiente de las características formales del tramo o elemento (rugosidad, diámetro, forma, etc.). Cabe destacar que en mucha documentación se representa esta información en forma de recta en gráficos con escalas logarítmicas como se puede observar en la Figura 3.2.

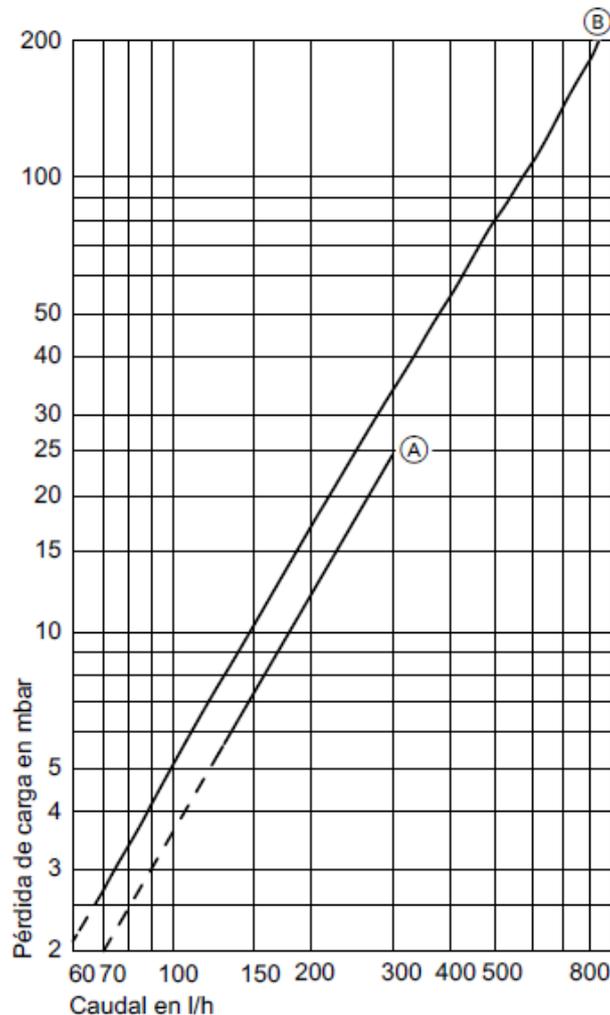


Figura 3.2. Curva resistente de dos modelos de captadores solares térmicos de un mismo fabricante.

Muchos de los fabricantes de equipos suministran dichas curvas resistentes o especifican la caída de presión del equipo bajo las condiciones de

trabajo normales o condiciones nominales. De esta forma se puede modelar de forma simplificada este comportamiento hidráulico mediante la ecuación (3.4) teniendo en cuenta que el factor  $K$  vendrá determinado por la condiciones nominales de operación del elemento (3.5).

$$K = \frac{dP_{nom}}{\dot{V}_{nom}^2} \quad (3.5)$$

Este enfoque también es implementado en la propia MSL en muchos de sus modelos de sistemas hidráulicos.

### 3.3. Circuladores hidráulicos

Los circuladores (véase Figura 3.3) son equipos hidráulicos que tienen como fin mover un fluido en un circuito hidráulico. Se pueden considerar bombas hidráulicas aunque debido a sus características funcionales su uso suele estar limitados a mover fluidos en circuitos cerrados.



Figura 3.3. Circulador para instalaciones térmicas.

Estos equipos aportan la energía mecánica necesaria para que el fluido logre desplazarse a través de las conducciones y elementos del circuito

produciendo un aumento de presión entre sus extremos (aspiración y descarga) que permite vencer las pérdidas de carga de dichos elementos. Suelen ser accionadas mediante motores eléctricos, que transforma la energía eléctrica en energía de rotación de un eje que mueve los álabes de la bomba. El punto de funcionamiento es el comportamiento de una bomba para un determinado régimen de giro viene definida por la curva resistente de la instalación y su curva característica (véase Figura 3.4). Esta curva es una correlación de los diferentes puntos de funcionamiento, o sea, la relación entre el caudal y el incremento de presión suministrado por el equipo. La relación varía para una máquina con una estructura dada (rotor, carcasa, etc.) en función del régimen de giro (bombas de velocidad variable) y de las características del circuito al que está conectado (resistencia que ofrece, etc.). Una representación simplificada de un circulador supone considerar que trabaja en su punto de funcionamiento nominal, siendo una buena aproximación si no cambian el resto de los elementos hidráulicos de la instalación.

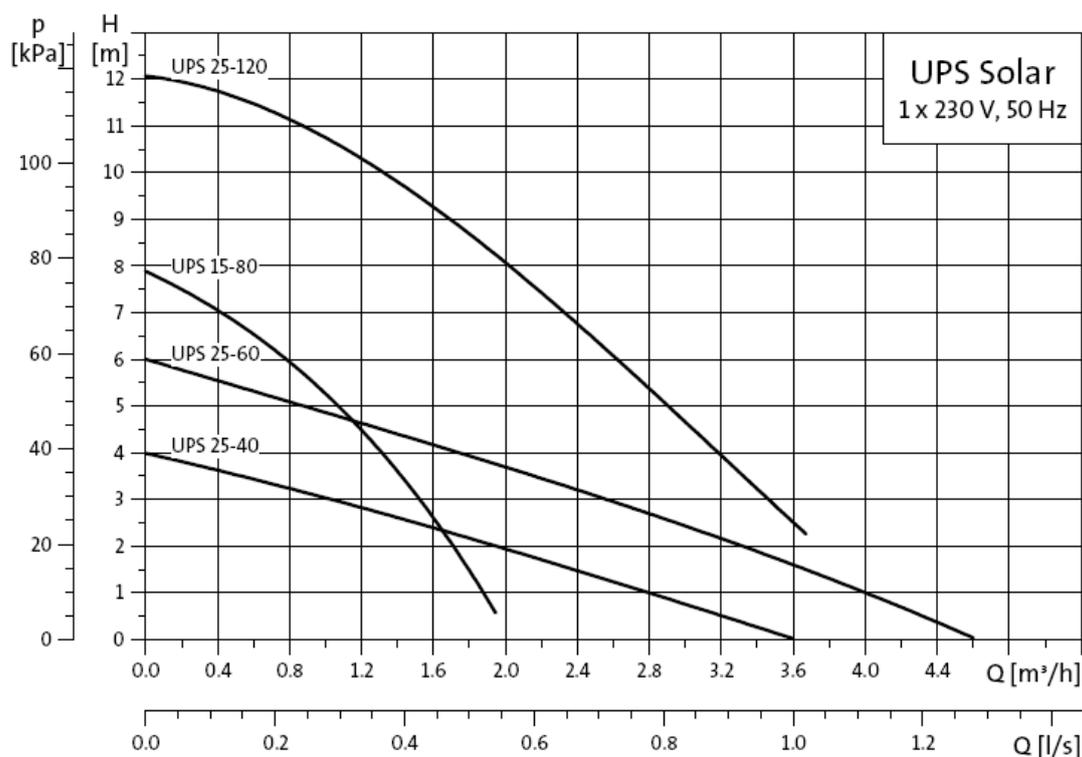


Figura 3.4. Curva de funcionamiento de diversos circuladores para usos en instalaciones solares térmicas (GRUNDFOS, 2014).

El rendimiento energético para un circulador dependerá de la potencia hidráulica suministrada al fluido y de la potencia eléctrica demandada en un

determinado punto de funcionamiento. La potencia hidráulica dependerá de cada punto de operación del mismo modo que la potencia eléctrica consumida. En este sentido muchos fabricantes suministran una curva de potencia correspondiente a los distintos puntos de operación del equipo, aunque es común disponer solo de un dato referente a la potencia eléctrica del equipo que es la potencia eléctrica nominal.

$$\eta_{CIR} = \frac{\dot{V}_{CIR} \cdot \Delta P_{CIR}}{P_{ELEC}} \quad (3.6)$$

### 3.4. Fluidos de trabajo

Los fluidos de trabajo presentes en las instalaciones solares térmicas son fundamentalmente líquidos de dos tipos. Por un lado, se dispone de agua para consumo humano, que puede ser agua fría de red o ACS, y por otro de un fluido caloportador compuesto por la mezcla de agua y un anticongelante.

#### ***Agua Caliente Sanitaria***

El ACS es simplemente agua calentada hasta cierta temperatura que permita suministrar un confort para el servicio higiénico humano. En general se trabajan hasta temperaturas 60°C en acumulación y no más de 40°C en consumo directo. La temperatura del agua de red o agua fría no suele superar los 15°C en verano, con lo que estamos en rango de variación de temperatura muy estrechos. La composición de este fluido puede variar en algunos aspectos dependiendo de la zona de consumo (dureza, etc.), pero en general podemos suponer que las propiedades termodinámicas son independientes de la zona.

#### ***Fluido caloportador***

El fluido caloportador que tiene la misión de transportar la energía desde los elementos generadores de calor hasta los elementos de almacenamiento del mismo (circuito primario). Este fluido puede ser agua aunque es más común utilizar una mezcla agua y algún anticongelante (propilenglicol, etc.). Esta mezcla evita las congelaciones del fluido y posibles roturas por la expansión del mismo

en días muy fríos. Por otro lado, esta mezcla pueda llegar a vaporizar (cambio de fase) en días muy soleados con poco consumo de ACS. La vaporización del fluido conlleva un aumento considerable de presión en el circuito primario por el aumento del volumen del fluido. Las propiedades del fluido dependerán determinadamente del porcentaje de mezcla de anticongelante, no siendo éste superior al 50% en general.

### ***Propiedades físicas de los fluidos***

Las propiedades fundamentales a nivel termofísico de los fluidos en estado líquido son:

- Densidad. Es la relación entre la masa del fluido y el volumen que ocupa. Sus unidades en el sistemas internacional (SI) son kilogramos partido por metros cúbicos ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ).
- Calor específico. Es la energía que es necesaria suministrar por unidad de masa al fluido para que elevar su temperatura un grado. Para el caso de fluidos líquidos considerados incompresibles, esta propiedad se considera a presión constante. Sus unidades en el SI son Julios partido por kilogramos y grado Kelvin ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
- Conductividad térmica. Es la capacidad de transferir calor por conducción del fluido. Sus unidades en el SI son vatios partido por metros y grados Kelvin ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).
- Viscosidad cinemática. Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Sus unidades en el SI son metros cuadrados partido por segundo ( $\text{m}^2\cdot\text{s}$ ).

Todas estas propiedades son fundamentales para determinar el comportamiento del sistema a nivel termodinámico. El problema que se plantea en este caso es que muchas de estas propiedades varían con la temperatura como se puede observar en la Figura 3.5. Además a partir de ciertas temperaturas fluidos como el agua y sus mezclas pueden cambiar de estado (vaporización o congelación).

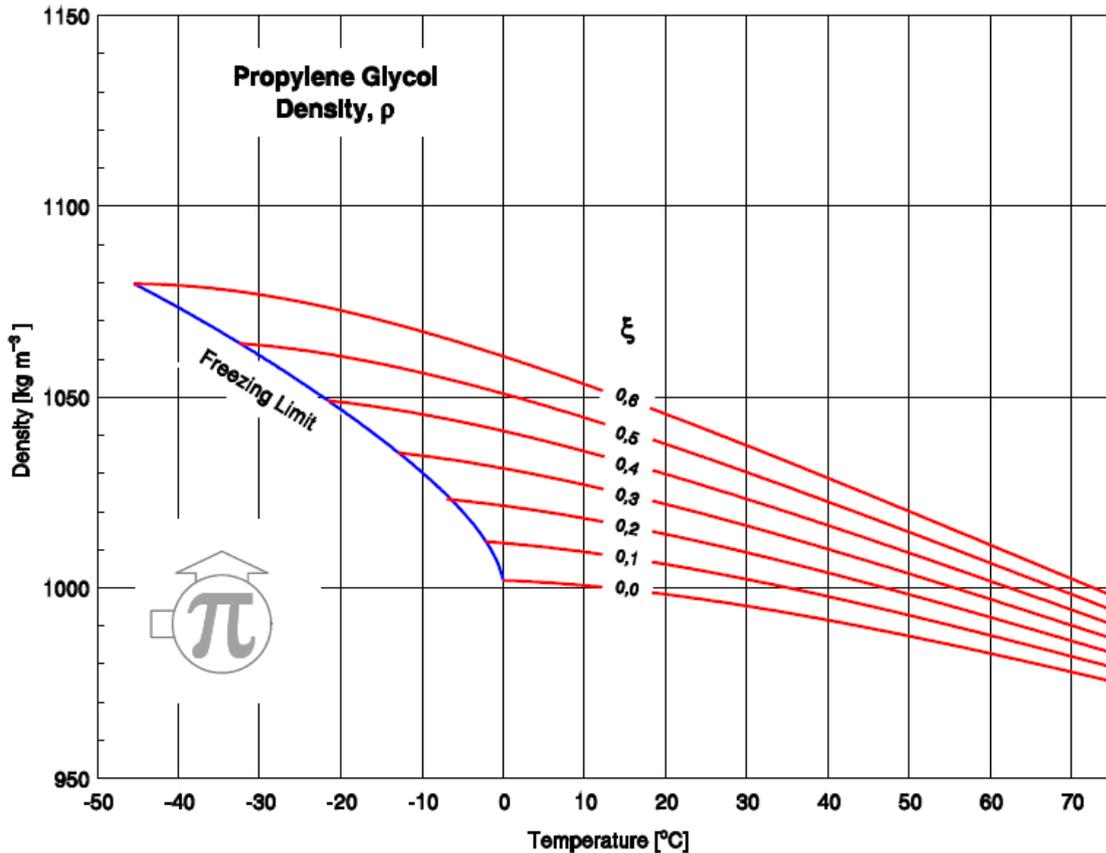


Figura 3.5. Variación de la densidad de la mezcla agua-propilenglicol con la temperatura (M. CONDE ENGINEERING, 2011)

Las hipótesis que se establecen en este sentido es que estas propiedades son constantes independientemente de la temperatura del fluido. Se obtendrán valores de las propiedades correspondientes a las condiciones de trabajo más frecuentes para tratar de minimizar el error. En el caso del ACS y teniendo en cuenta el limitado margen de temperaturas de trabajo, este hecho puede suponer un error limitado. En el caso de las mezclas de anticongelante es difícil pronunciarse cualitativamente, con lo que puede ser adecuado ampliar este estudio.

Por otro lado no se contempla la posibilidad de que los fluidos de trabajo cambien de fase (vaporización o congelación). Por un lado los procesos de cambio de fase resultan de gran complejidad y por otro solo responden a situaciones puntuales o anómalas al funcionamiento de la instalación.

### 3.5. Captador solar térmico

El captador o colector solar térmico es el equipo que se encarga de transformar la energía de la radiación solar a energía térmica elevando su temperatura. La energía térmica es transferida a un fluido caloportador que será el encargado de llevar la energía hasta el punto de consumo o más comúnmente hasta un depósito de acumulación.

Hay muchos tipos de captadores solares, siendo los más comunes los denominados captadores solares planos. Este tipo de captadores suelen disponer de áreas de absorción de la radiación de aproximadamente dos metros cuadrados, con lo que su uso individual es muy reducido (pequeñas viviendas, etc.). Los llamados campos de captación suelen estar formados por uno o varios captadores que están conectados hidráulicamente de una forma determinada en función de los usos que se pretendan. Suelen ser instalados en la cubierta de los edificios como se muestra en la Figura 3.6.



Figura 3.6. Campo de captación solar térmico situado en la cubierta de un edificio.

Desde el punto de vista del modelado de un captador solar, la transformación energética que produce el captador básicamente es un balance de energía entre la radiación incidente sobre el captador, las pérdidas que tiene

el mismo respecto al ambiente y la cantidad de energía que de éste entra, sale y se almacena en forma de fluido a cierta temperatura (Figura 3.7).

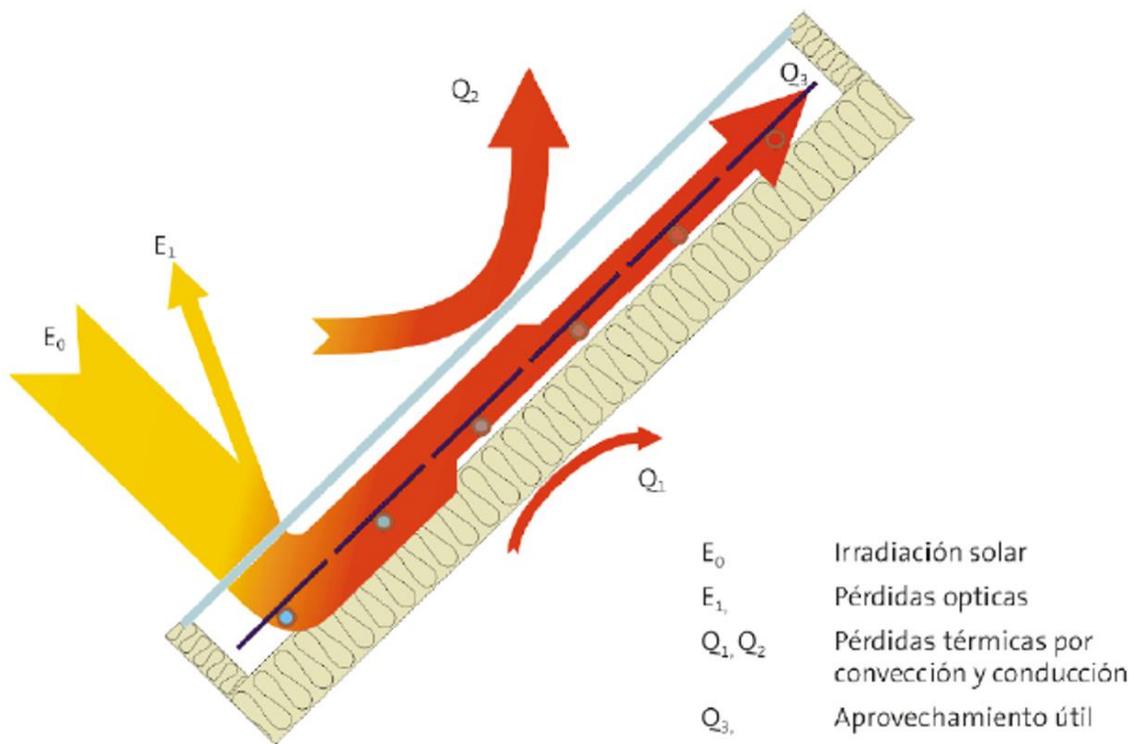


Figura 3.7. Esquema del balance energético en un captador solar térmico.

La entrada fundamental es la irradiación incidente en cada momento. Esto dependerá básicamente de la situación geográfica del campo de captación y su climatología o por otros factores como la presencia de sombras o nubes. La salida fundamental será la energía aportada por el campo en forma un flujo de fluido caloportador a cierta temperatura. Este fluido se desplazará mediante tuberías hacia otros elementos del sistema primario, con los cuales intercambiará energía para volver al captador con un temperatura menor. Parte de la radiación también se utiliza para calentar la propia masa térmica que dispone el captador.

### ***Curva de rendimiento del captador solar térmico***

Otras salidas en este balance serían las pérdidas de energía hacia el ambiente exterior. En principio se considera el ambiente como un sumidero con ciertas variables (temperatura, presión, velocidad del viento, etc.). Las pérdidas que puede tener el captador solo o en conjunto son muy diversas y dependen de varios factores. Para representar estas pérdidas de forma global se ha

establecido una correlación entre rendimiento del captador y las condiciones climáticas exteriores. Esta correlación se conoce como la ecuación o curva de rendimiento del captador (3.7) y viene determinada en Europa por ensayos estandarizados según norma UNE-EN 12975.

$$\eta_{CAP} = \eta_0 - a_{1CAP} \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_{2CAP} \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (3.7)$$

Cabe destacar que las distintas tipologías constructivas y modelos de captadores hacen que las curvas características de los distintos captadores sean diferentes y se puedan comparar de esta forma. Del mismo modo la radiación incidente también determina dicha curva, aunque este efecto es más difícil de evaluar y los fabricantes no suelen proporcionar ni disponer de esa información. De forma general las especificaciones de los captadores incluyen la curva característica y sus parámetros para una irradiación normalizada de 1000 W/m<sup>2</sup> con lo que a efectos de simulación este modelo puede suponer cierta desviación del comportamiento real. En la Figura 3.8 se pueden observar estos hechos para distintos tipos de captadores y las zonas de trabajo dónde tienen aplicación.

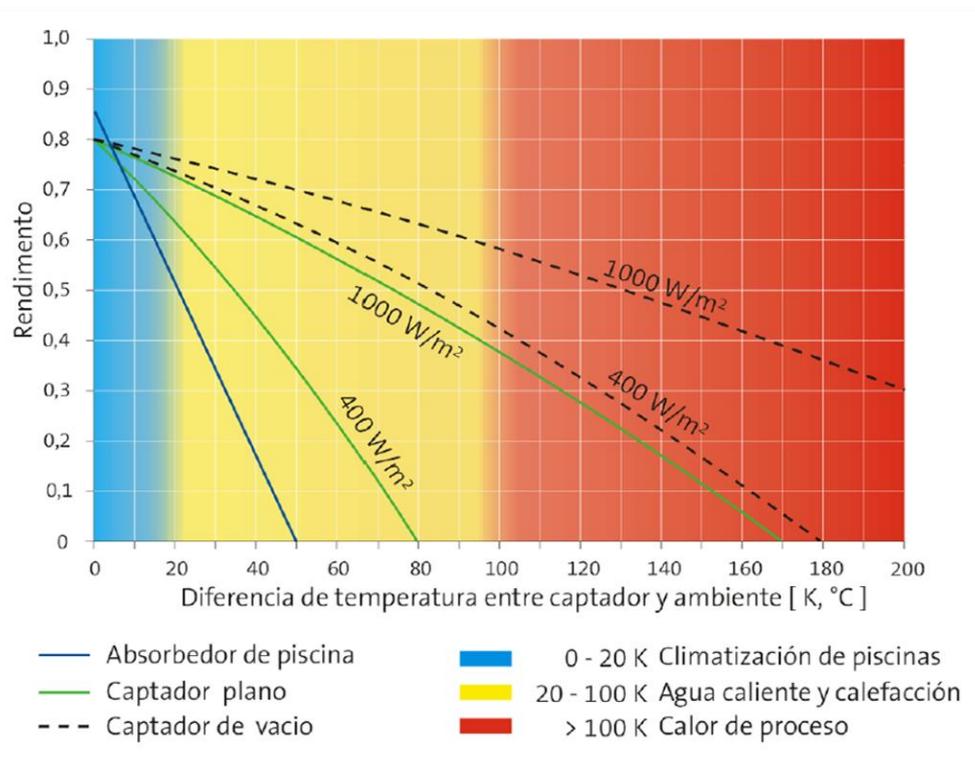


Figura 3.8. Curvas de rendimiento de distintos tipos de captadores solares.

### **Modificador del ángulo de incidencia**

Los aspectos fundamentales que son incluidos en la ecuación del rendimiento del captador (3.7) son pérdidas energéticas por convección y radiación al ambiente y pérdida de origen óptico (reflejos, etc.). Existen otras pérdidas energéticas no contempladas en esta correlación como son las pérdidas por el ángulo de incidencia de la radiación o las pérdidas por orientación y sombras. Las pérdidas por el ángulo de incidencia de la radiación son debidas a la variación en la incidencia de los rayos solares sobre la cubierta del captador y por consiguiente el mayor grado de reflexión que ello produce. La valoración de este fenómeno está estandarizada mediante un ensayo de la norma UNE-EN 12975 y es representado por un parámetro llamado Modificador del Ángulo de Incidencia (IAM en siglas en inglés). Aunque su determinación sí se contempla en la norma UNE-EN 12975 con otro tipo de ensayos, los fabricantes no suelen incluir este tipo de información entre las especificaciones de los equipos. Además, dependiendo del tipo de captador solar y su orientación, este parámetro será más o menos representativo, pues verdaderamente el efecto de reflexión puede ser muy dispar en función del ángulo de incidencia como se ve en Figura 3.9.

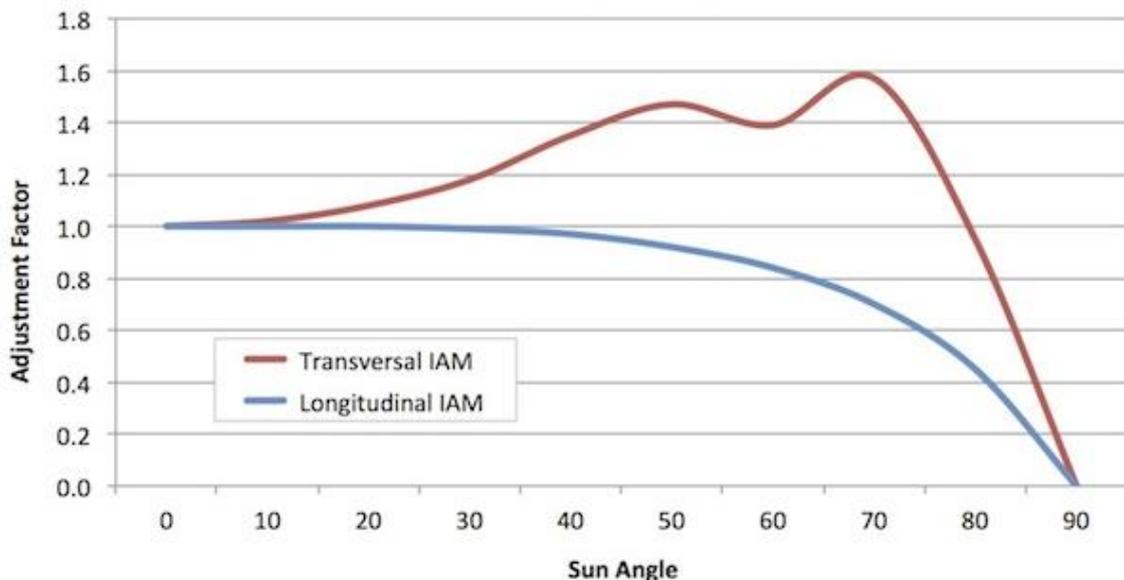


Figura 3.9. Curvas IAM para dos orientaciones de un captador solar de tubos de vacío.

Para el caso de captadores solares planos este factor suele disponer una curva muy característica que es aproximada mediante la ecuación (3.8). El valor

del factor de corrección para un ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie corresponde al parámetro IAM que especifican algunos fabricantes según la norma.

$$K_{\theta b} = 1 + b_0 \cdot \left( \frac{1}{\cos\theta} - 1 \right) \quad (3.8)$$

### **Pérdidas por desorientación y sombras**

Las pérdidas por desorientación vienen determinadas por la orientación e inclinación de los captadores respecto a la posición del Sol (véase Figura 3.10). En general las instalaciones solares térmicas con captadores planos suelen montarse de manera fija sin ningún sistema de seguimiento. De esta forma ante una instalación determinada por la orientación e inclinación del captador, se puede determinar de forma geométrica la incidencia de los rayos solares y las correspondientes pérdidas de irradiación directa (IAM, etc). La irradiación incidente también dependerá de otros factores relativos a condiciones de contorno (zona climática, presencia de nubes, etc.).

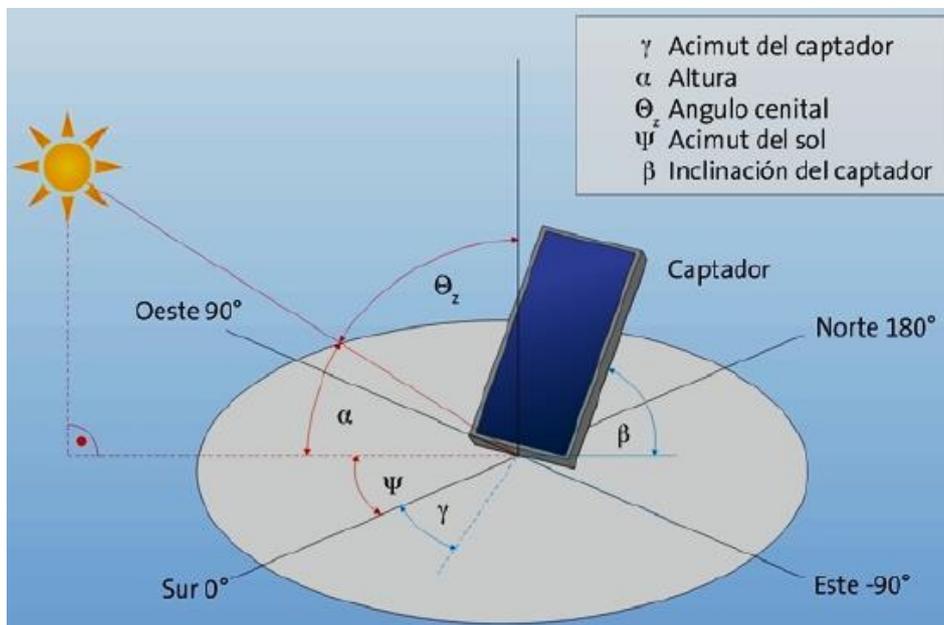


Figura 3.10. Esquema con los ángulos de orientación de un captador solar.

Por otro lado se encuentran las denominadas pérdidas por sombras, que pueden ser propias de otros elementos del campo de captación o arrojadas por elementos ajenos al campo, como edificios cercanos, vegetación, etc. Existen

métodos simplificados (IDAE, 2009) y algoritmos de cálculo de sombras (ATECYR, 2008) implementados en diferentes herramientas informáticas. En este sentido se puede plantear el calcular dichas pérdidas de forma externa para incorporarlas como condiciones de contorno del sistema.

### **3.6. Intercambiadores de calor**

Un intercambiador de calor es un dispositivo cuya misión es ceder el calor de un fluido a alta temperatura a otro de menor temperatura, con el consiguiente aumento de temperatura de este último. El modelado de intercambiadores puede resultar complejo debido a los fenómenos implicados (conducción, convección, etc.) y ha sido tratado en el campo de la ingeniería térmica con distintos enfoques. Un enfoque clásico sobre su modelado se puede encontrar en algún manual básico sobre los procesos de intercambio de calor (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2011).

Existen diferentes tipos de intercambiadores de calor dependiendo de los fluidos de trabajo (agua, aceite, aire, etc.), respondiendo su configuración al establecimiento del mayor intercambio de calor posible de la forma más eficiente. Entre todos los tipos se destacará el intercambiador denominado de placas (véase Figura 3.11) que se utiliza principalmente en calentamiento o enfriamientos de fluidos líquidos por otros líquidos. Este tipo de intercambiadores se pueden encontrar frecuentemente en instalaciones solares térmicas como elemento de intercambio entre el circuito primario y secundario.

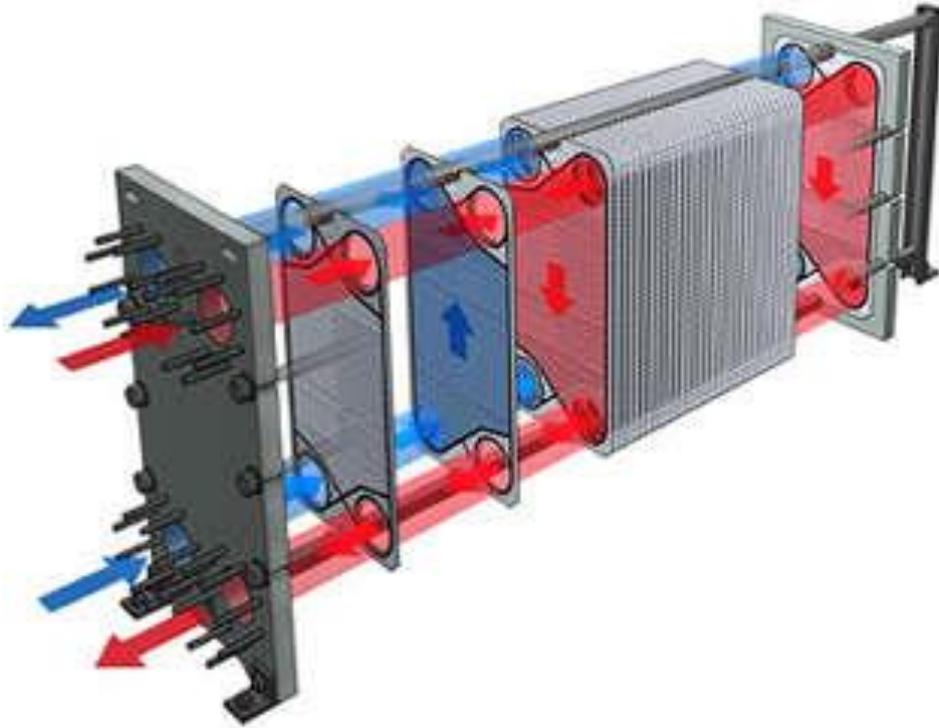


Figura 3.11. Esquema básico de funcionamiento de un intercambiador de placas desmontable.

El estudio del comportamiento de un intercambiador de calor se reduce al balance energético que se produce entre dos volúmenes de control, uno para el lado caliente y otro para el lado frío, teniendo en cuenta que no existe intercambio de masa entre fluidos ni intercambio de calor con el exterior. Del mismo modo y para el caso que nos ocupa tampoco se tiene en cuenta un posible cambio de fase de alguna de las corrientes. Asumiendo estas hipótesis la energía que cede el fluido considerado caliente, es absorbida completamente por el fluido considerado frío (3.9).

$$\dot{Q}_{INT} = \dot{m}_c \cdot c_{p c} \cdot (T_{INT IN_c} - T_{INT OUT_c}) = \dot{m}_f \cdot c_{p f} \cdot (T_{INT OUT_f} - T_{INT IN_f}) \quad (3.9)$$

El intercambio de calor se produce por las paredes interiores del equipo que impiden la mezcla de los caudales de ambos lados. Los fenómenos de transferencia de calor presentes en este intercambio son mayoritariamente la convección y en menor medida la conducción.

El fenómeno de intercambio de calor por convección depende de diversos aspectos como es la velocidad del fluido, régimen del fluido (laminar o turbulento)

o las propiedades físicas de los fluidos a ambos lados de las paredes del intercambiador. De esta manera se suele definir un coeficiente global de transmisión o intercambio calor, que junto con el área de intercambio que presenta el equipo y la diferencia de temperaturas de los caudales nos permite determinar el calor intercambiado (3.10). Este coeficiente incluye también el fenómeno de conducción y es determinado por muchos fabricantes de equipos en condiciones nominales de funcionamiento como una referencia a la hora de seleccionar equipos. En la Tabla 3.1 se muestran magnitudes aproximadas de estos coeficientes para determinados tipos de intercambiadores.

$$\dot{Q}_{INT} = A_{INT} \cdot U_{INT} \cdot (T_{INT\ c} - T_{INT\ f}) \quad (3.10)$$

Tabla 3.1. Rangos de coeficientes globales de transmisión de calor para algunos tipos de intercambiadores

| TIPOLOGÍA DE INTERCAMBIADOR                   | $U(W/m^2\text{°K})$ |
|---|---------------------|
| Intercambiador tubular agua-agua              | 859 – 1700          |
| Serpentín en depósito de líquido              | 100 – 1500          |
| Intercambiador de placas agua-agua (limpio)   | 2000 - 5000         |
| Disminución del coeficiente por ensuciamiento | 200 - 500           |

La problemática de este planteamiento reside en que la diferencia de temperatura a ambos lados del intercambiador cambia a lo largo del mismo, ya que los fluidos varían su temperatura al ceder o absorber calor. De esta forma se han establecido otros métodos más prácticos para la obtención del modelo de intercambio de calor en un intercambiador. Entre los más utilizados se encuentra por un lado la utilización de la llamada Diferencia Media Logarítmica (LMTD en sus siglas en inglés) que representa una temperatura media de intercambio para los cálculos. En la Figura 3.12 se puede observar la distribución de temperaturas de los fluidos en este tipo de equipos y como se obtendrían los incrementos de temperatura para el cálculo de la LMTD (3.11).

$$\dot{Q}_{INT} = A_{INT} \cdot U_{INT} \cdot \left( \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \right) = A_{INT} \cdot U_{INT} \cdot LMTD \quad (3.11)$$

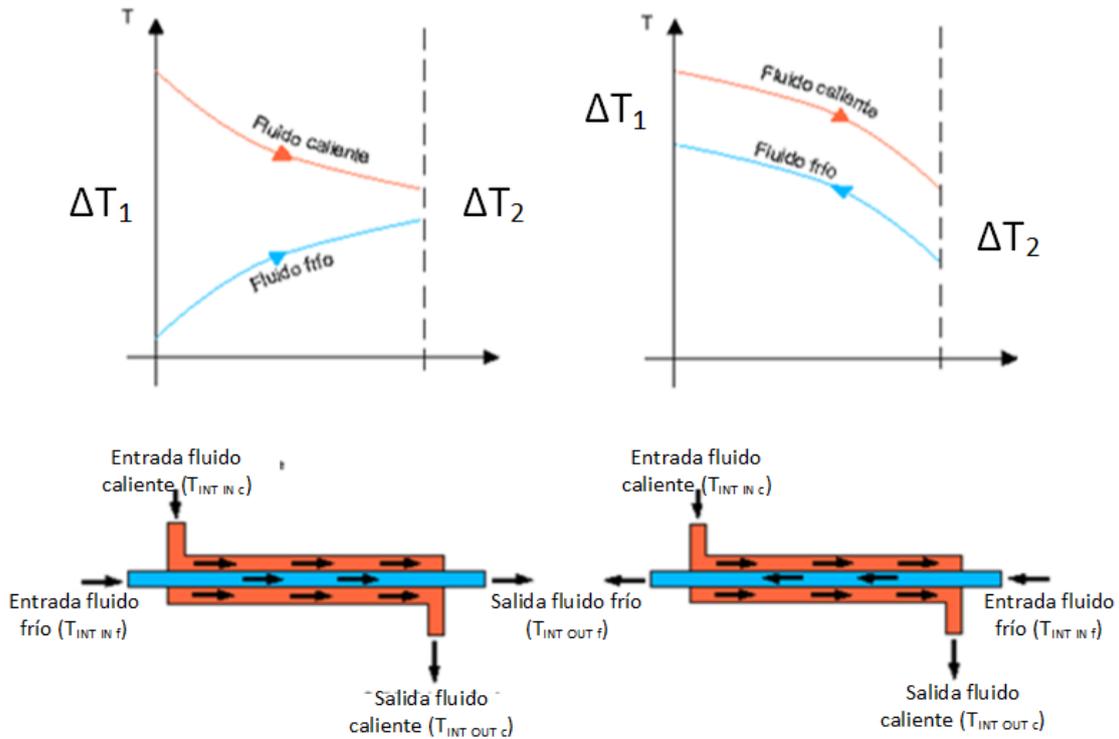


Figura 3.12. Representación esquemática del funcionamiento de un intercambiador (Izq.: Flujo paralelo, Der.: Flujo cruzado)

Otro concepto de interés sobre los intercambiadores que podemos encontrar es su eficiencia o el calor intercambiado en relación con el máximo calor que podrían intercambiar en las mejores condiciones. Por ejemplo si el dispositivo tuviese suficiente superficie de intercambio que las temperaturas de salida y entrada de primario y secundario (o viceversa) se igualasen tendría una eficiencia máxima. Como en general los intercambiadores están limitados en dimensiones u otros factores no se produce el máximo intercambio pudiéndose definir dicha eficiencia. En la bibliografía de referencia (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2011) podemos encontrar la determinación de correlaciones experimentales para distintos tipos de intercambiadores (3.12).

$$\varepsilon_{INT} = \frac{\dot{Q}_{INT}}{\dot{Q}_{MÁX}} \quad (3.12)$$

### 3.7. Acumuladores de agua caliente

En casi la totalidad de los sistemas solares térmicos se necesita un sistema de acumulación pues en general existe un desfase entre la producción de calor, cuando hay sol, y la demanda, cuando el usuario abre el grifo del agua caliente. Los sistemas de acumulación de energía que se suelen utilizar están basados en el almacenamiento de una determinada cantidad de agua caliente a cierta temperatura en un depósito hidráulico.

Los sistemas de acumulación suelen estar representados por depósitos cerrados con una serie de entradas y salidas hidráulicas para los distintos caudales del fluido de trabajo. Las entradas y salidas de los depósitos se deben conectar correctamente al resto de los circuitos hidráulicos de la instalación para que ésta funcione de forma eficiente. En muchos casos esas entradas hidráulicas son ocupadas por la salida y entrada de un intercambiador del tipo serpentín que cede energía al fluido del depósito. Estos son los llamados interacumuladores que son ampliamente utilizados en aplicaciones solares. De modo esquemático se puede observar en la Figura 3.13 la distribución de entradas y salidas de un típico interacumulador solar.

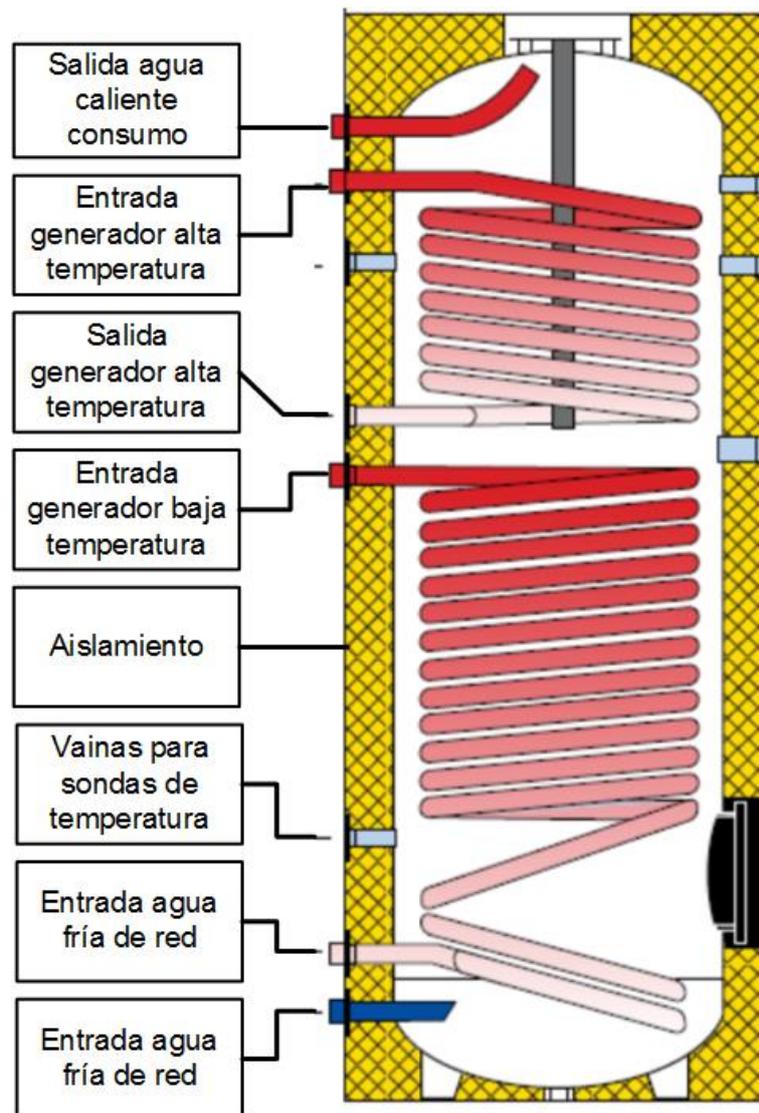


Figura 3.13. Vista de sección esquemática de un interacumulador de ACS.

El comportamiento físico de estos sistemas es en principio sencillo ya que actúan simplemente como dispositivos de almacenamiento de energía en forma de agua a una determinada temperatura. De esta forma, se suelen considerar como un volumen de control en el que toda la masa que entra sale en la misma proporción (conservación de la masa) y la energía que entra, sale y se acumula depende de los niveles térmicos de las distintas salidas (conservación de la energía). En muchos casos se tiene en cuenta la hipótesis de mezcla total dentro del volumen de control, o sea, que todo el fluido encerrado en el depósito se encuentra a la misma temperatura. Esta hipótesis simplifica los cálculos y es válida para volúmenes de control relativamente pequeños en todos sus ejes. Cuando disponemos de volúmenes de control relativamente grandes como un

depósito de acumulación o largo como una tubería con cierta longitud, esta hipótesis induce un modelado menos preciso de los equipos.

### ***Estratificación***

En el caso particular de los acumuladores el fenómeno denominado estratificación hace que la hipótesis de mezcla total no represente con fidelidad el comportamiento térmico del equipo. La estratificación es el ordenamiento de un fluido en capas a distintas temperaturas debido fundamentalmente a la convección y a la diferente densidad de los fluidos. De esta forma, dentro de un depósito de acumulación de agua caliente se produce un ordenamiento de la masa de agua en diferentes capas siendo las más altas las de mayor temperatura y las más bajas las de menor temperatura. Este fenómeno es determinante para el correcto funcionamiento de muchas instalaciones térmicas como las solares, ya que se pueden disponer de mayores temperaturas de salida de consumo con un menor nivel energético en el total del depósito. En la Figura 3.14 se puede observar el fenómeno para distintos tipos de acumuladores y cómo se produce una diferencia de temperaturas considerable entre la parte alta del depósito y la parte baja.

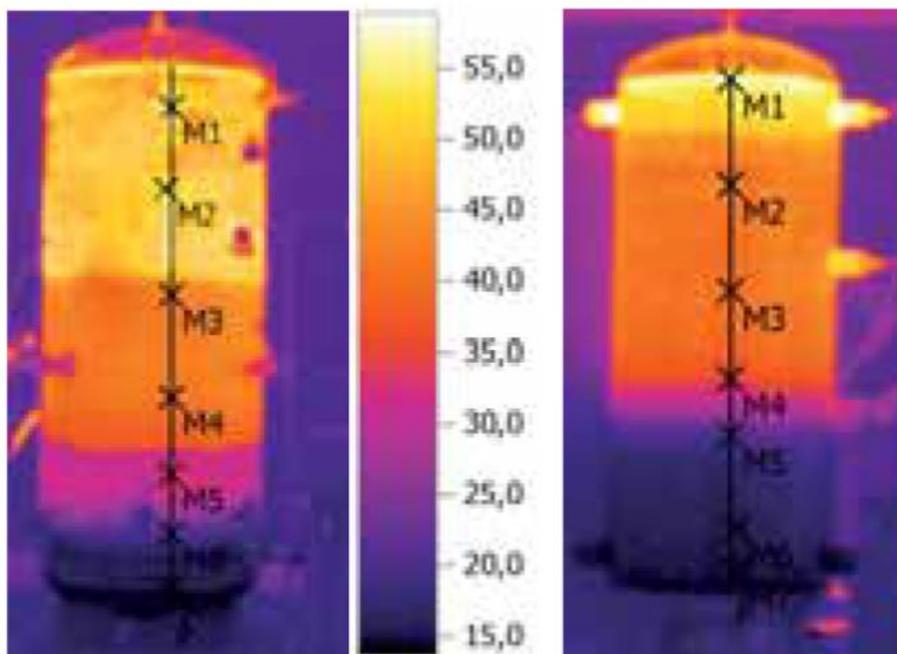


Figura 3.14. Imagen térmica de depósitos de acumulación de agua caliente con diferentes grados de estratificación. (LAPESA, 2014)

Desde el punto de vista del modelado de este fenómeno existen varias estrategias. Los trabajos (Ljubijankic, Löffler, Nytsch-Geusen, & Rädler, 2011) están basados en el uso del método de CFD (Computer Fluid Dynamics) para modelar este fenómeno y co-simular junto con Modelica. Por otro lado, también se pueden encontrar otras estrategias (Duffie & Beckman, 2013) en las que se recurre a dividir el modelo del acumulador en distintos volúmenes de control en sentido ascendente del depósito. Este método establece la hipótesis de mezcla total para cada uno de los volúmenes de control. A su vez estos volúmenes están conectados entre sí y con otras entradas y salidas del sistema. Se produce la conservación de la masa para cada volumen y también el correspondiente balance de energía. Lo más importante del planteamiento es que asume que toda entrada o salida de energía proveniente de un caudal a cierta temperatura se aplicará al volumen de control con similar nivel térmico (Figura 3.15). Esta estrategia representa en cierto grado el fenómeno real de ordenación de un caudal de agua caliente en la capa que corresponde a su temperatura por similitud en la densidad.

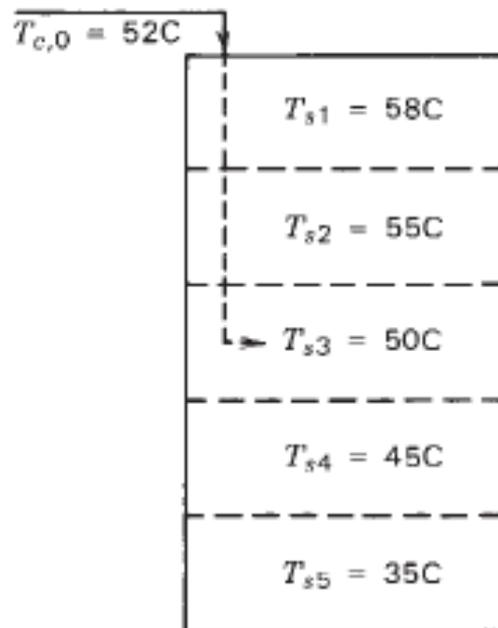


Figura 3.15. Modelo de estratificación por ordenamiento en capas.

Otra forma de modelar este fenómeno sería basándonos en el fenómeno de circulación natural por diferencia de densidades. Este fenómeno puede resultar bastante complejo de modelar mediante correlaciones experimentales,

así que de forma simplificada se puede determinar que si una capa inferior está a menos temperatura, se produce una transferencia de calor por mezcla o circulación de fluidos. Cabe destacar que aunque en realidad se produce un fenómeno de transporte de masas con distinto nivel térmico, como el balance másico es nulo se puede modelar como una transferencia de energía. Esta transferencia en sentido a los volúmenes superiores con menor nivel hace que se produzca la estratificación. Este tipo de modelos son considerados de alta estratificación, pues se produce una división muy pronunciada entre los volúmenes de control superiores y los volúmenes inferiores.

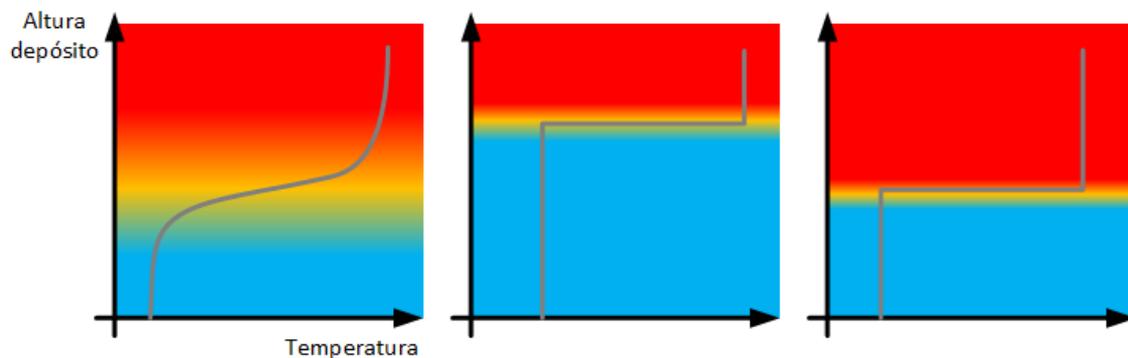


Figura 3.16. Distintos modelos de distribución de la temperatura con la altura en un depósito.

En la Figura 3.16 se puede observar algunos de los modelos de distribución de temperatura que se consideran de alta estratificación. La figura de la izquierda representa un comportamiento de estratificación real que corresponde a una ecuación de tercer grado. En el centro se puede observar la distribución de un modelo de alta estratificación con ordenamiento del flujo energético introducido. Por último a la derecha se representa un modelo de alta estratificación con entrada de flujo energético fijo (a una determinada altura) y con fenómeno de inversión de temperatura por mezcla de capas.

Por último cabe destacar que también están presentes fenómenos como el de conducción de calor entre los propios volúmenes de control o la transferencia de calor al exterior que suponen pérdidas de calor útil en el sistema. Estos fenómenos producen una cierta difusión del calor o desestratificación a medida que pasa el tiempo con un acumulador con un nivel térmico elevado.

### 3.8. Sistemas de apoyo al calentamiento de ACS

Existen muchos periodos de tiempo en los que la disponibilidad de la radiación es insuficiente para calentar toda la demanda de ACS. En estos periodos y teniendo en cuenta que el principal sistema de generación de agua caliente son los captadores solares se requiere de un sistema de calentamiento de apoyo. Este tipo de sistemas pueden ser de muchos tipos teniendo en cuenta la fuente energética con la que funcionan y la tecnología asociada. Actualmente los equipos más comunes a nivel doméstico son las denominadas calderas (Figura 3.17), que se valen de la combustión de combustibles gaseosos como el gas natural o el butano para calentar un caudal del agua.



Figura 3.17. Imagen de una caldera mural de gas para apoyo a la generación de ACS

Las calderas más sencillas para uso exclusivo en ACS se denominan calentadores de ACS. Fundamentalmente los calentadores transmiten una determinada potencia calorífica fija al caudal de agua, elevando su temperatura hasta a un nivel confortable para el consumo. Si la temperatura de agua a la

entrada de la caldera es más elevada de lo normal, el nivel final de temperatura que se consigue podría ser muy elevado debiéndose mezclar con agua más fría para llegar a la temperatura de consumo. Muchas calderas ya incorporan tecnologías que permiten modular o fraccionar la potencia entregada al caudal de agua para conseguir un mejor funcionamiento y eficiencia. Esta característica es fundamental para que la instalación solar térmica funcione correctamente en su conjunto pues en muchas ocasiones el agua es ya calentada total o parcialmente por los captadores.

Otra característica destacable de este tipo de equipos es su rendimiento instantáneo, o la relación entre la potencia entrega al fluido partido por la potencia consumida por el equipo (3.13). Al utilizar combustibles gaseosos la potencia consumida viene determinada por el caudal másico y el poder calorífico del combustible.

$$\eta_{CALD} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{OUT} - T_{IN})}{\dot{m}_{COMB} \cdot PC_{COMB}} \quad (3.13)$$

El rendimiento bajo condiciones nominales de funcionamiento suele estar disponible en las especificaciones que suministran los fabricantes de equipos. Del mismo modo cabe destacar que este rendimiento variará en cierto grado en función de las condiciones de operación de la caldera como se muestra en la Figura 3.18. Del mismo modo se puede observar como en función del tipo de caldera el comportamiento en función de la temperatura del agua de entrada es distinto. Las calderas de condensación (curva 1) disponen de un mayor rendimiento en general, aunque se acentúa cuando la temperatura de entrada es muy baja. Las calderas convencionales (curva 3) suelen disponer de un rendimiento constante cuando las temperaturas de entrada son medianamente elevadas. Y las calderas denominadas de baja temperatura (curva 2) disponen de unas características intermedias.

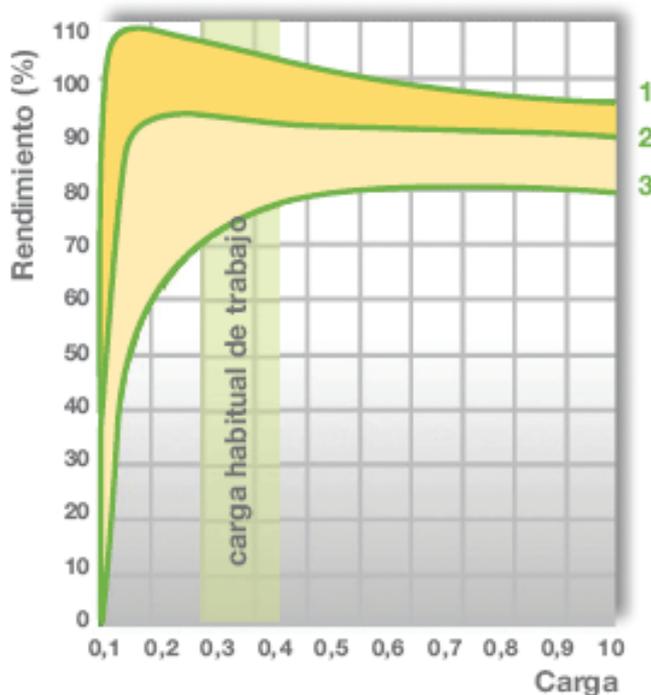


Figura 3.18. Rendimiento de distintos tipos de calderas en función de la carga de trabajo.

Las calderas pueden funcionar con distintos tipos combustibles. Cada combustible dispone de unas características determinadas de las que destaca su poder calorífico o contenido energético del combustible. Esta propiedad del combustible determinará el consumo energético del equipo siendo de interés su inclusión en los modelos. El poder calorífico suele caracterizarse por dos subtipos, el poder calorífico inferior (PCI) y el poder calorífico superior (PCS), siendo este último el que representa el potencial energético total que dispone el combustible. En la Tabla 3.2 se muestran valores orientativos de esta propiedad en distintos tipos de combustibles de uso común.

Tabla 3.2. Valores orientativos de PC de distintos tipos de combustibles.

| COMBUSTIBLE (ESTADO)          | PCI (kJ/kg) | PCS (kJ/kg) |
|-------------------------------|-------------|-------------|
| Gas natural (gaseoso)         | 39.900      | 44.000      |
| Butano (gaseoso)              | 45.790      | 49.675      |
| Propano (gaseoso)             | 46.350      | 50.450      |
| Gasóleo calefacción (líquido) | 42.275      | 43.115      |

### 3.9. Equipos de control de instalaciones solares térmicas

Los equipos de control utilizados en las instalaciones solares térmicas convencionales se conocen como centralitas solares o termostatos diferenciales (Figura 3.19) y no suelen disponer de una gran complejidad. Básicamente son equipos sencillos con cierta lógica preprogramada que presentan al menos dos entradas analógicas para sondas de temperatura y una salida digital que permite alimentar al circulador de cierta potencia. Las sondas de temperatura se instalan en el campo de captación y en el interior del depósito de acumulación.



Figura 3.19. Centralita o controlador específico para instalaciones solares térmicas.

La lógica implementada en este tipo de equipos compara las dos entradas de temperatura y actúa de forma consecuente. De esta forma existen dos parámetros fundamentales, la temperatura diferencial de arranque ( $\Delta T_{ON}$ ) y la temperatura diferencial de paro ( $\Delta T_{OFF}$ ). Cuando el campo de captación dispone de una temperatura relativamente mayor (comúnmente de 4 a 7 grados) que el interior del depósito de acumulación el controlador activa el circulador del circuito primario y se almacena la energía. Si esta diferencia de temperaturas se hace menor en cierto nivel porque aumenta la temperatura del depósito y disminuye la del campo (comúnmente entre 1 y 3 grados), el equipo de control para el circulador y se deja de transmitir energía al almacenamiento. En la Figura 3.20 se puede observar de forma esquemática dicha lógica de control.

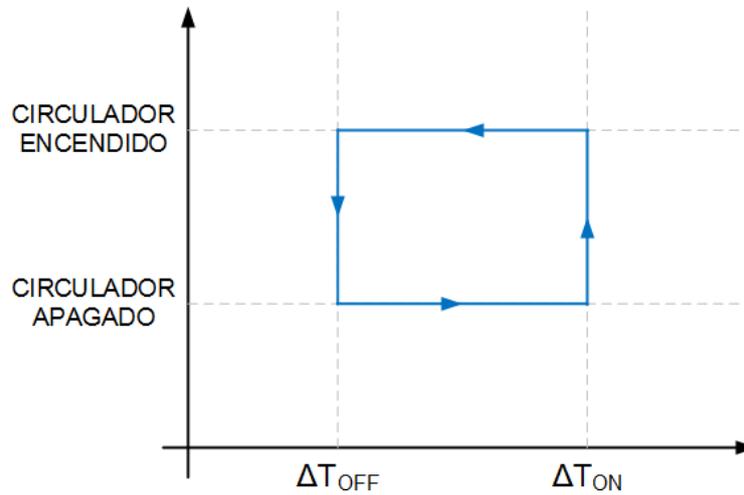


Figura 3.20. Esquema de la lógica de la centralita solar.

### 3.10. Válvulas y griferías de ACS

Las válvulas son elementos comunes en la gran mayoría de las instalaciones hidráulicas disponiendo de diversos fines como el mantenimiento o el mando y control de las instalaciones. En el caso que nos ocupa se ha identificado su uso en el modelo de demanda de agua caliente, representando la apertura y cierre de grifos.

Las válvulas son dispositivos que permiten el paso del fluido y la regulación del caudal. Cuando el fluido pase por la válvula sufrirá una pérdida de carga que dependerá fundamentalmente del caudal circulante y los aspectos geométricos de la propia válvula. Para poder comparar las válvulas y determinar su comportamiento al paso del flujo se utiliza un parámetro característico de las válvulas llamado Coeficiente de Caudal ( $K_V$ ). El coeficiente de caudal representa el caudal circulante en metros cúbicos partido de hora ( $m^3/h$ ) por la válvula cuando por ella se genera una caída de presión de 1 bar (3.14). A partir de la determinación experimental de este coeficiente se caracteriza el comportamiento de la válvula bajo ciertas condiciones (véase Figura 3.21)

$$\dot{V}_{VALV} = K_V \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{VALV}}{\gamma}} \quad (3.14)$$

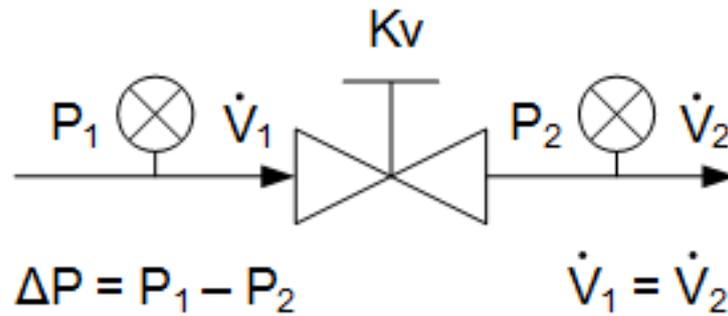


Figura 3.21. Esquema de funcionamiento de una válvula.

En aplicaciones de control y mando no es suficiente disponer de un solo coeficiente de caudal, pues la válvula dispondrá de varias posiciones entre su apertura total y su cierre. De esta manera se define el  $K_{vs}$  de una válvula como el coeficiente de caudal para la válvula en su posición totalmente abierta. Para las demás posiciones, los fabricantes suelen adjuntar un gráfico que incluye el valor de  $K_v$  en función de la posición de apertura de la válvula. Como se muestra en la Figura 3.22 la caracterización del  $K_v$  dependerá también del tipo de válvula que se disponga (esférica, de mariposa, etc.)

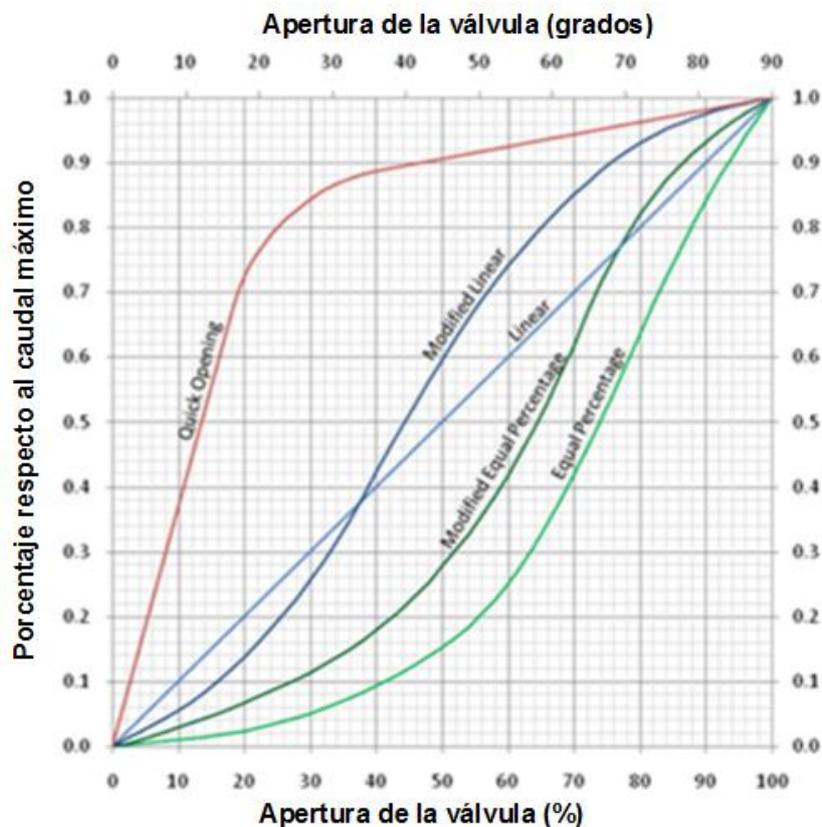


Figura 3.22. Gráfico con distintos comportamientos de las válvulas en su apertura.

### **Griferías domésticas**

Para al ámbito doméstico y usos higiénicos del agua caliente es importante revisar el funcionamiento de las griferías. Estos equipos son fundamentalmente válvulas mezcladoras de tres vías, en las que entran dos caudales de agua a distintas temperaturas (una se considera fría y la otra caliente) y sale uno a la temperatura de confort del usuario. La regulación de los caudales y de la temperatura la puede realizar el usuario utilizando los mandos correspondientes. En este punto es dónde podemos encontrar diferentes tipologías de grifos para el ACS como son los llamados monoblock, los monomando y los termostáticos (véase Figura 3.23). Cada uno de ellos permite accionar la salida de agua caliente de determinada forma, que finalmente influirá en el consumo de agua caliente proveniente del sistema solar.



Figura 3.23. Distintos tipos de griferías domésticas. (Izquierda: monoblock. Centro: monomando. Derecha: termostática.)

Por un lado, las griferías monoblock disponen de dos mandos o válvulas que abren o cierran directamente cada una de las tomas de agua. Con este tipo de griferías el consumo de agua caliente se limita a los usos exclusivos de la misma. Por otro lado la regulación de la temperatura de salida resulta más difícil, pudiendo presentar pérdidas asociadas a esperas o regulaciones deficientes.

Las otras griferías regulan el proceso de mezcla de forma más sencilla ganando un mayor confort. Los monomando, en su posición central, presentan una mezcla equitativa de caudales de agua fría y caliente y a medida que desplazas el mando en cada una de la direcciones se mezclará un mayor porcentaje de agua caliente o fría. Las griferías termostáticas se autoregulan para disponer siempre de una temperatura de salida constante. En estos dos casos la regulación es más cómoda para el usuario y en muchos casos

presentan un ahorro en el agua evitando las esperas de regulación, aunque por el contrario presentan un consumo de agua caliente siempre que se habrá el grifo, aunque no se necesite (lavarse manos, dientes, etc.).

En principio no se ha encontrado información detallada sobre las especificaciones técnicas de las griferías. Los catálogos y manuales técnicos de fabricantes de griferías están más enfocados a características estéticas o de instalación que a las hidráulicas. Una referencia relevante al respecto la podemos encontrar en el CTE, en su Documento Básico de Higiene y Salubridad en el apartado 4 (Ministerio de Fomento, 2007). En dicho apartado se hace referencia a los caudales mínimos instantáneos que deben aportar los distintos aparatos para una presión de red mínima de 1 bar manométrica.

Tabla 3.3. Extracto tabla 2.1 del CTE-DB-HS-4.

| <i>TIPO DE APARATO</i> | <i>CAUDAL INSTANTÁNEO<br/>MÍNIMO DE ACS<br/>(dm<sup>3</sup>/s)</i> |
|------------------------|--|
| Lavamanos              | 0,03   |
| Lavabo                 | 0,065  |
| Ducha                  | 0,1  |
| Bidé                   | 0,065  |
| Lavadero doméstico     | 0,1  |

En la Tabla 3.3 se muestran algunos de los valores de caudal instantáneo de ACS que deben suministrar los distintos tipos de aparatos. Se utilizarán estos datos siempre que no se disponga de información más precisa de los caudales de los distintos aparatos.

### **3.11. Configuraciones básicas de las instalaciones solares térmicas**

Una instalación solar térmica de baja temperatura puede tener varios usos. El más extendido y el caso que se plantea en los trabajos es la preparación

de ACS en el ámbito doméstico. Esta aplicación requiere una determinada configuración de los elementos que componen la instalación para su adecuado funcionamiento que a continuación se estudiará.

La instalación se suele dividir en tres subsistemas diferenciados, por un lado un circuito primario de generación de agua caliente mediante los captadores y por otro lado un circuito secundario de acumulación de energía y finalmente el propio circuito de consumo. El circuito primario lo componen esencialmente los captadores como generadores de calor y el resto de elemento hidráulicos que transportan la energía generada hacia el sistema de acumulación (tuberías, circuladores, etc.). El circuito secundario lo forma esencialmente el sistema de acumulación de energía y los elementos hidráulicos correspondientes. El circuito de consumo lo compone la red de distribución doméstica de agua fría y ACS destacando en este circuito la presencia del sistema de apoyo que se encarga de elevar la temperatura del caudal ACS hasta la de confort si no hay suficiente nivel térmico en el depósito de acumulación. En la Figura 3.24 se puede observar una configuración básica de la instalación solar térmica para la preparación y consumo de ACS. La regulación para el consumo depende en general de los propios de consumo, o sea, la grifería. A partir de ésta se derivan numerosas configuraciones que dependerán de los diversos aspectos formales de la solución adoptada (espacio disponible, número de usuarios, etc.)

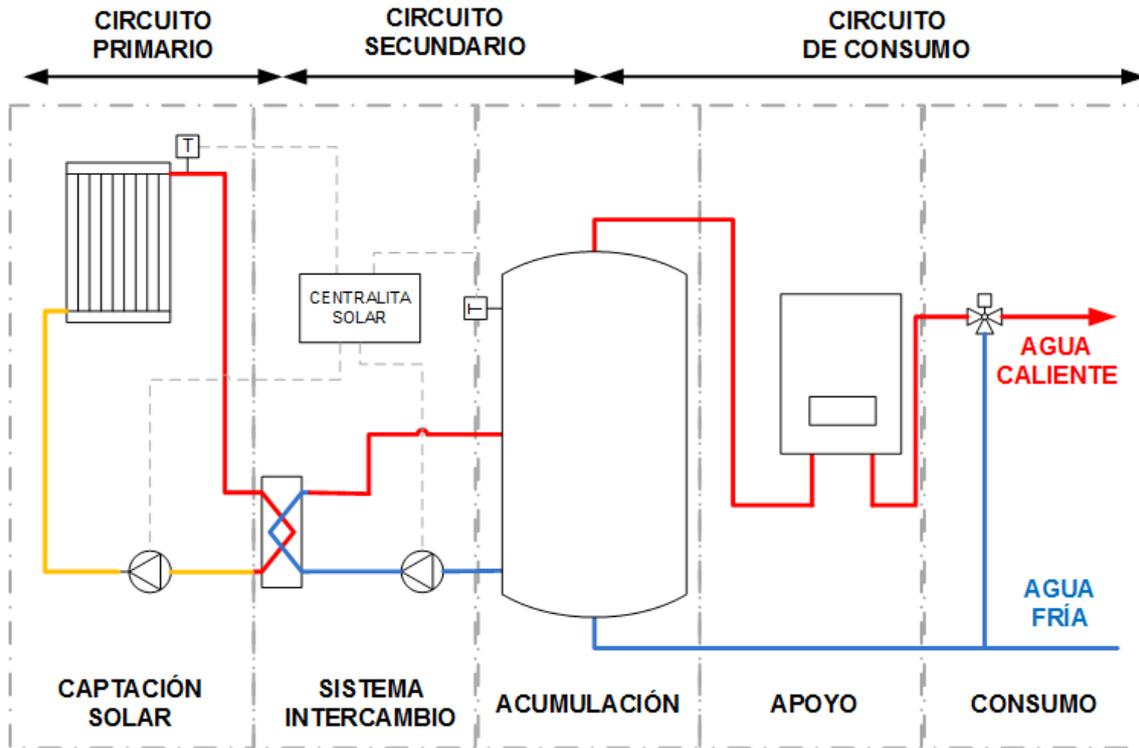


Figura 3.24. Configuración básica de un sistema solar térmico para la preparación de ACS.

A grandes rasgos el funcionamiento de la instalación se resume en la carga o llenado del depósito de acumulación mediante la energía solar captada y por otro lado el consumo de ACS que demanda el usuario. Estos dos procesos suelen estar desacoplados en el tiempo produciéndose la carga del depósito cuando haya irradiación disponible y demanda de ACS cuando lo requiera el usuario. De esta forma, aparte del propio funcionamiento de los equipos existen otros aspectos externos al sistema de los que dependerá el funcionamiento del sistema. Los que son considerados esenciales de entre todos ellos están las condiciones climáticas exteriores como son la temperatura y la irradiación, pues de ellas depende la generación de la energía. También destaca la distribución del consumo de agua caliente o la temperatura de red pues de ellos dependerán aspectos esenciales como la cobertura de la demanda o la energía necesaria para el calentamiento. Todos estos aspectos se modelarán en principio como condiciones de contorno y se establecerán para cada caso de estudio.

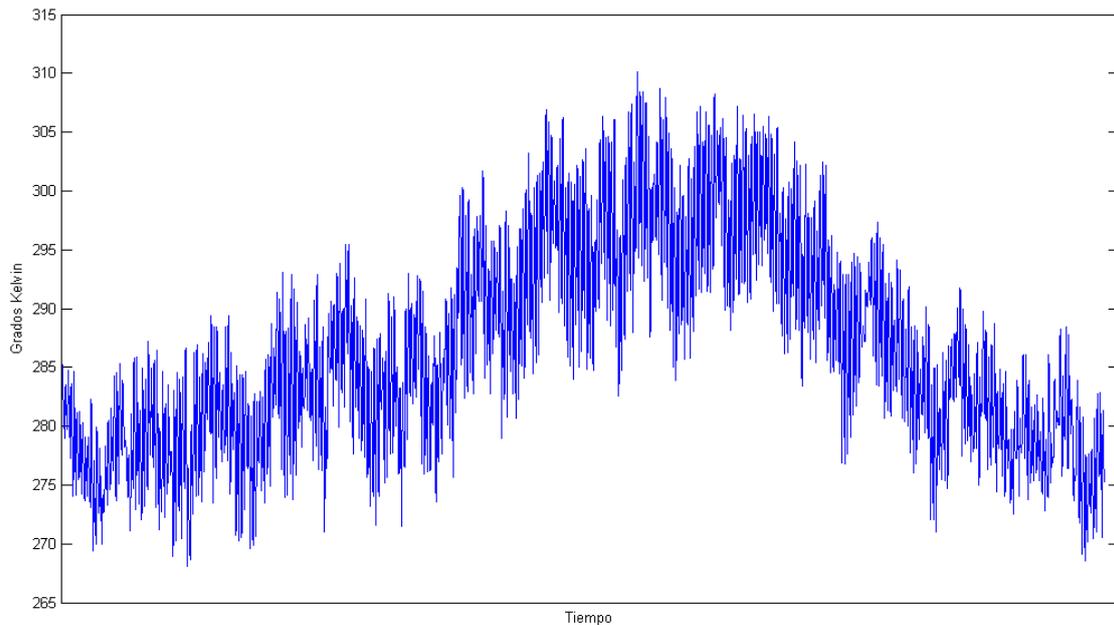


Figura 3.25. Temperatura seca exterior a lo largo del año en una determinada zona climática.

### 3.12. Otras consideraciones referentes al modelado de los sistemas solares térmicos

Existen otros aspectos relacionados con el modelado de los sistemas solares térmicos que no han sido abordados o que se han simplificado. Entre los más destacados encontramos los fenómenos de dilatación térmica de los fluidos o los cambios de fase. Estos fenómenos pueden afectar al buen funcionamiento de la instalación aunque a nivel energético su relevancia es limitada. De esta forma el alcance del modelado para este trabajo no contempla estos fenómenos.

Por otro lado, también existen multitud de fenómenos propios a la transferencia de calor como son las pérdidas de calor de los equipos al exterior. La pérdida de calor de los equipos se debe a que en general estos disponen de temperaturas más elevadas que el ambiente que le rodea. Esto hace que exista una cierta cantidad de energía que se disipa al exterior y que finalmente no es aprovechada. Estos hechos sí que afectan al rendimiento global de la instalación aunque en porcentajes relativamente inferiores que otros fenómenos.

Del mismo modo el comportamiento y configuración de las propias conducciones de fluidos (tuberías, válvulas, etc.) han sido simplificados en esta etapa de desarrollo de la librería. Se ha considerado que los fenómenos propios

del transporte de fluidos como son retardos u otros afectarán de manera reducida a las variables energéticas (rendimientos, etc.) de cara al objetivo final del trabajo.

Por último cabe destacar que muchos de los comportamientos de los equipos pueden ser modelados mediante balances de energía y masa de los correspondientes volúmenes de control. Este aspecto se detallará en más profundidad en el capítulo 0.

### **3.13. Conclusiones**

En este capítulo se han descrito los elementos fundamentales que componen una instalación solar térmica de baja temperatura. Se ha incluido en la descripción desde aspectos más genéricos e introductorios de los equipos hasta detalles sobre su comportamiento físico. El estudio de los distintos equipos sirve como base para la implementación de las clases y modelos con Modelica.

Un aspecto común a casi todos los elementos estudiados es que son equipos hidráulicos. La teoría clásica de la hidráulica describe adecuadamente las características fundamentales para el modelado de estos aspectos en los equipos. De esta forma los elementos disponen una característica definitoria como es la pérdida de carga con un determinado caudal nominal o en condiciones normales de trabajo.

Relacionados íntimamente con los aspectos hidráulicos de las instalaciones están los fluidos de trabajo y los equipos de bombeo de líquidos. El comportamiento de estos elementos se puede simplificar destacando que los líquidos modelados dispondrán de propiedades constantes y los equipos de bombeo trabajaran en un punto de funcionamiento determinado.

Otros equipos presentes en este tipo de instalaciones son intercambiadores, captadores solares, depósitos acumuladores calderas o valvulería específica. De todos ellos se dispone información detalla de su comportamiento físico descrito mediante ecuaciones matemáticas con un mayor o menor nivel de similitud respecto al comportamiento real del equipo. Del mismo

modo el comportamiento de estos equipos responde a balances de materia y energía en los volúmenes de control correspondientes.

Por último cabe destacar que en este nivel de desarrollo de la librería se han simplificado algunos aspectos que se han considerado menos relevantes para el objetivo principal que persigue el desarrollo del proyecto. Estos aspectos pueden tratarse en futuros trabajos y así se indicará.

# 4

## Librería Soltermica

### 4.1. Introducción

En el presente capítulo se describe los aspectos más formales de la librería Soltermica. Se repasará la estructura básica con la que se ha diseñado la librería fruto principalmente de las características del lenguaje de modelado Modelica y su aplicación para la simulación de instalaciones. Del mismo modo se expondrán los distintos paquetes y subpaquetes que la componen así como la propia reutilización de modelos de la MSL. Se pondrá especial interés en aquellos modelos que supongan una mayor complejidad o más característicos como son los equipos térmicos que en conjunto forman la instalación. Por último se pretende introducir algunos aspectos propios de la documentación de la librería.

### 4.2. Arquitectura de la librería

La librería Soltermica está compuesta por una serie de paquetes que implementan modelos de diferentes equipos para modelar en conjunto una instalación solar térmica. En una primera observación de la estructura destaca el gran número de modelos implementados inicialmente. Aparte de los propios equipos encontramos otros dos paquetes de carácter básico, que son *ClasesBasicas* y *Media*. Por último también se encuentra el paquete de ejemplos en los que se integran configuraciones más complejas de la combinación de los distintos elementos. En la Figura 4.1 se puede observar la arquitectura planteada inicialmente para la librería.

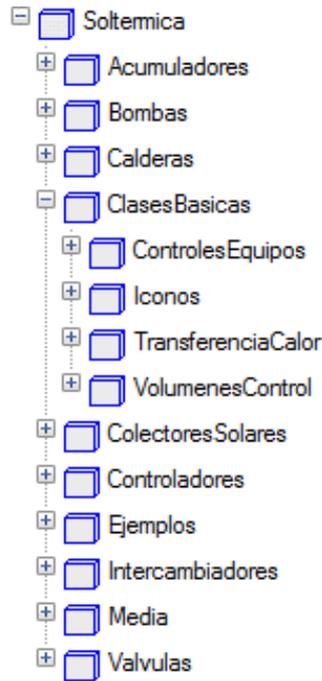


Figura 4.1. Árbol básico de la librería Soltermica

En general todos los equipos modelados se han agrupado en paquetes que corresponden con su tipología. Cada paquete de un equipo contiene los modelos realizados para ese equipo, un subpaquete de clases *record* con las especificaciones de los propios equipos y otro subpaquete con ejemplos de aplicación o validación de los modelos de los equipos. El paquete *ClasesBasicas* incluye modelos parciales o de menor nivel de definición que el resto de los equipos. Estos modelos serán reutilizados por el resto siendo la base de modelado por reutilización de modelos. Los modelos básicos que se han modelado están relacionados con el balance de masa y energía en volúmenes de control, con fenómenos de transferencia de calor y con algoritmos específicos de control de los distintos equipos. En este paquete también se incluye un subpaquete con iconos genéricos propios de la librería.

La estructura propuesta responde al proceso de desarrollo de los propios modelos y se considera adecuada para el actual desarrollo de la librería. De esta forma se considera que a medida que vaya aumentando en un futuro puede resultar más racional otra estructuración para aprovechar las características del lenguaje de modelado y mejorar la legibilidad.

### 4.3. Conectores e interfaces

Los conectores e interfaces utilizados han sido fundamentalmente los disponibles en la MSL, y más concretamente los que se incluyen en el paquete *Thermal* de la MSL 2.2.1. Los conectores *flowPort* presentes en dicho paquete representan puertos de conexión para el intercambio de materia y energía. Las variables que incluye el conector *flowPort* son la presión y la entalpía específica como variables *across* y el caudal másico y el flujo entálpico como variables *through*. También se han utilizado conectores del tipo *HeatPort* que disponen de la temperatura como variable *across* y el flujo calorífico como variable *through*.

Estos conectores ya han sido probados y validados estando integrados en la MSL. De esta forma su reutilización está justificada frente a la implementación de nuevos conectores.

Por otro lado también se han realizado algunos de los modelos parciales que se incluyen en la MSL. Entre ellos cabe destacar el modelo parcial *twoPort*. Este modelo está compuesto por conectores del tipo *flowPort* y dispone de los parámetros *mass*, *medium* y *T0*. Este modelo parcial implementa el interfaz para modelar un volumen de control que disponga de una determinada masa de un medio fluido que inicialmente esté a cierta temperatura. El modelo parcial *twoPort* incluye las ecuaciones de balance de materia y energía correspondientes al medio. Se puede extender este modelo definiendo de manera más específica los fenómenos hidráulicos (caída de presión, etc.) o el intercambio de energía con el entorno sin intercambio de materia (*HeatPort*).

Otro aspecto esencial del modelo es el tratamiento que hace de las variables intensivas en ciertas situaciones de la simulación. Las variables intensivas son aquellas que no dependen de la cantidad de materia del sistema, pero no se pueden calcular cuando no existe masa. Muchas variables intensivas como la entalpía específica se obtienen mediante división de una variable extensiva entre la masa del sistema. De esta forma se produce una división entre 0 cuando una variable como el caudal másico se hace nula. Este problema solo se soluciona modificando los modelos para que puedan definirse dichas variables cuando la masa se hace nula. En el caso de *twoPort* utiliza la función

*semiLinear* que permite definir las variables intensivas cuando las extensivas se anulan. Esta problemática ha marcado algunas etapas del desarrollo, solventándose en gran medida por la utilización de dicho modelo parcial como interfaz.

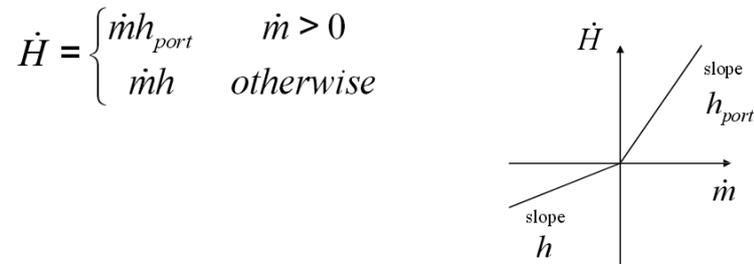


Figura 4.2. Gráfico de definición de la función *semiLinear*.

Por otro lado y fruto del estudio del estado del arte cabe destacar que a partir de la versión 3 de la MSL se han incorporado nuevas herramientas para tratar estos aspectos relacionados con sistemas térmicos. Más concretamente se ha definido un nuevo tipo conector llamado *stream* y se ha incorporado un nuevo paquete llamado *Fluid* (Otter & Casella, 2009).

#### 4.4. Paquete *ClasesBasicas*

El paquete *ClasesBasicas* incorpora una serie de modelos de menor nivel que están ideados para su reutilización en modelos de mayor nivel como los equipos. Se ha subdividido el paquete en varios subpaquetes que implementan distintos aspectos de los modelos de mayor nivel.

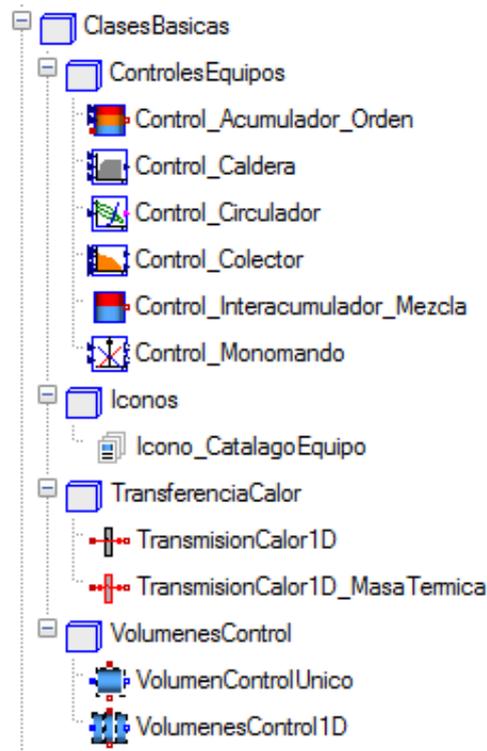


Figura 4.3. Estructura del paquete *ClasesBasicas* de la librería Soltermica

El primer subpaquete destacable corresponde a *VolumenesControl*, en el que se incluyen dos modelos de volúmenes de control. Un volumen de control es el elemento más sencillo en los que se puede estudiar un sistema termodinámico. El modelo más simple de volumen de control está compuesto por un único volumen de control, que puede intercambiar masa y energía con el entorno mediante los correspondientes conectores. El otro modelo corresponde a una serie de volúmenes de control intercomunicados entre ellos mediante los puertos de fluido. El número de volúmenes de control se define mediante un parámetro y correspondería a las divisiones que se pueden hacer de un volumen de control único. La característica definitoria de estos modelos es que disponen de una frontera y volumen fijo al que se le aplica la hipótesis de mezcla total. En el Sección 5.3 se tratarán estos aspectos con más profundidad.

Otro subpaquete destacable es *TransferenciaCalor*, que contiene dos modelos simplificados del fenómeno de transferencia de calor a través de un medio material. Estos modelos se utilizarán para modelar este tipo de fenómenos de forma aproximada en conjunción con los volúmenes de control. El modelo de *TransmisionCalor1D\_MasaTermica* tiene como característica fundamental la

inclusión de la masa térmica del medio material en los balances de energía. El otro modelo simplifica este aspecto y la considera nula.

El subpaquete correspondiente a los modelos de control incluye distintos comportamientos específicos de los modelos de los equipos. Fenómenos como la estratificación o la regulación propia de las válvulas se han encapsulado en modelos que permiten un mejor mantenimiento y seguimiento.

En la Figura 4.4 se puede observar el modelo gráfico de uno de los equipos incluidos en la librería. Se puede observar cómo se han utilizado distintos modelos incluidos en el paquete *ClasesBasicas* junto con otros de la MSL para componer un modelo de mayor nivel.

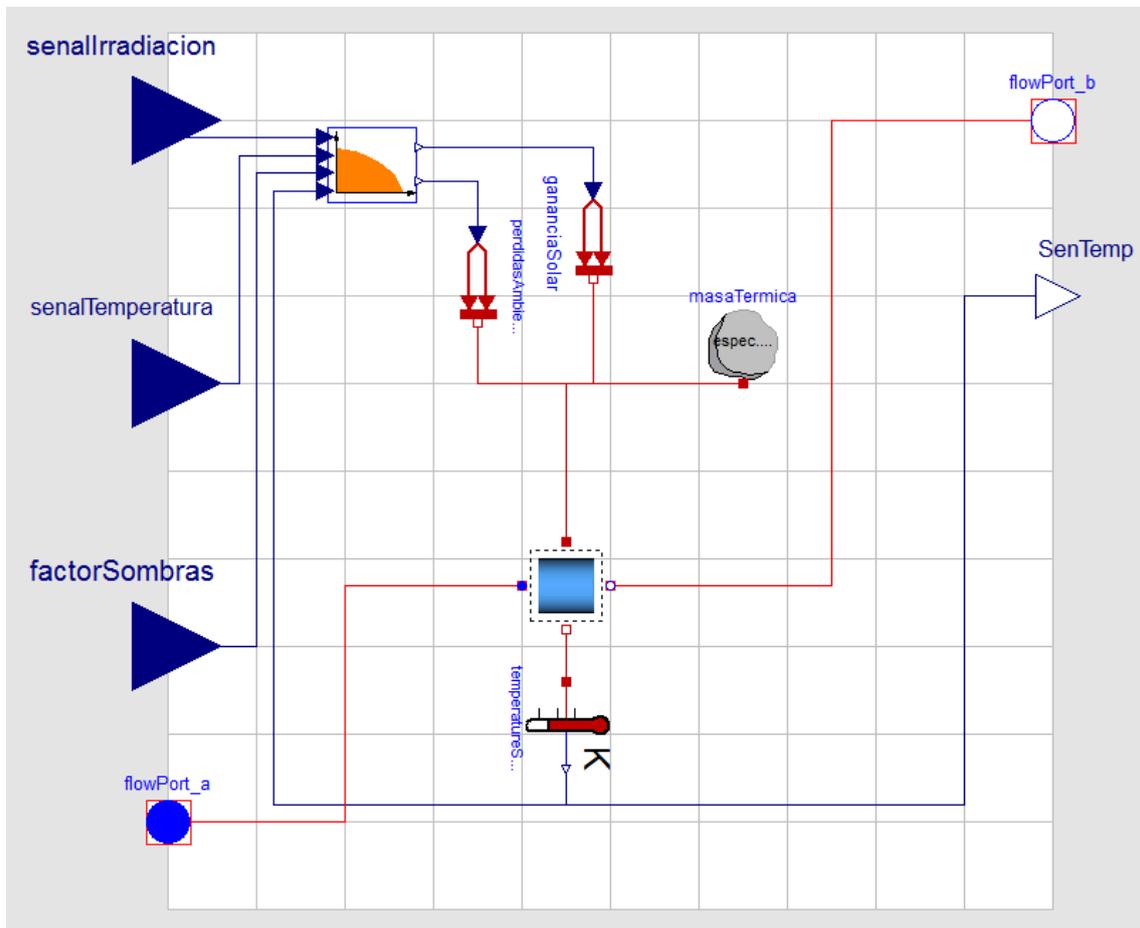


Figura 4.4. Modelo gráfico del captador solar realizado por composición de modelos de menor nivel.

Por último también se incluye un subpaquete para iconos específicos utilizados en la librería. Se pretende seguir incluyen nuevos iconos genéricos a la librería.

## 4.5. Modelos de equipos

Los distintos equipos modelados se han distribuido en paquetes que integran todos los aspectos relacionados con una familia de dispositivos. Dentro de cada paquete correspondiente a un equipo específico se incluye los modelos del propio equipo y una serie de subpaquetes auxiliares. El subpaquete *CatalogoEquipos* incluye las clases record de los equipos comerciales mientras que el subpaquete *Ejemplos* incluye modelos de ejemplo y/o validación del comportamiento de los equipos.

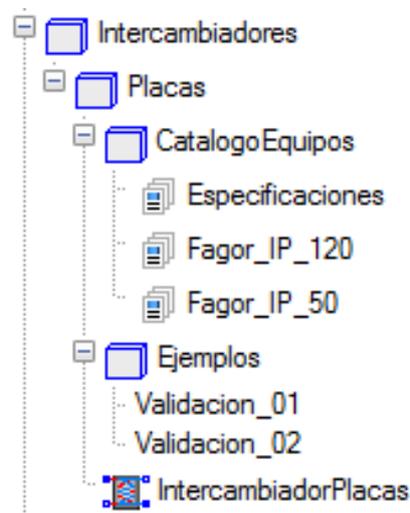


Figura 4.5. Estructura de uno de los paquetes correspondiente al equipo de tipo Intercambiador.

Esta estructura responde a la capacidad de Modelica de separar los parámetros del resto del modelo, consiguiendo una mayor capacidad de reutilización y una mayor legibilidad de código. Cuando se quiera introducir un modelo de determinado equipo comercial en la librería se tendrá que ver qué parámetros que lo definen y crear un nuevo record a partir de la clase *record* asociada.

Por otro lado, los modelos de ejemplo del correspondiente equipo tienen diferentes funcionalidades o aplicaciones. En principio se han desarrollado para validar el comportamiento de los equipos pudiendo observar como algunos modelos incluidos en esta categoría simulan condiciones de ensayo o laboratorio.

## 4.6. Modelos de fluidos

Análogamente al paquete *Media* de la MSL se ha incluido un paquete *Media* en la librería completando los fluidos de trabajo que no están disponibles. En concreto para los sistemas que se han incluido en la librería se ha decidido incorporar clases *record* correspondientes a mezclas de agua y anticongelante utilizadas en el primario de la instalación. De esta forma, los medios incluidos se introducen del mismo modo que los medios incorporados en la MSL.

Como las propiedades de los fluidos varían con respecto a variables como la temperatura, se pretende incorporar los valores constantes medios para los fluidos de trabajo con el objeto de que la simulación gane precisión. Este procedimiento se puede plantear de forma iterativa una vez que se ha realizado la primera simulación o iteración, se determina el valor de la temperatura media a lo largo de la simulación y se establecen las propiedades de los fluidos en dicha temperatura. En cualquier caso podría ser de interés determinar el posible error cometido con este planteamiento.

## 4.7. Ejemplos

El paquete de ejemplos de Soltermica incluye diferentes modelos de cierta entidad en los que se valida y simula el comportamiento de los distintos elementos interconectados. En un principio este paquete pretende englobar las distintitas configuraciones de instalaciones solares térmicas. Así pues se han incorporado algunos modelos generales que simulan en parte o totalmente este tipo de instalaciones.

Actualmente el número de ejemplos o configuraciones específicas es reducido, de esta forma se justifica su inclusión en un solo paquete. A medida que se vayan implementando nuevos modelos en la librería se pretende estructurar todos ellos de manera más racional. En la Figura 4.6 se puede observar el diagrama de uno de los modelos incluidos en el paquete ejemplos. Este modelo representa una red de consumo y distribución de ACS que dispone de un acumulador que se carga mediante un intercambiador externo. Esta configuración podría corresponder en líneas generales a una instalación

centralizada de ACS. También se ha incluido un modelo de instalación solar térmica que será explicado en detalle más adelante.

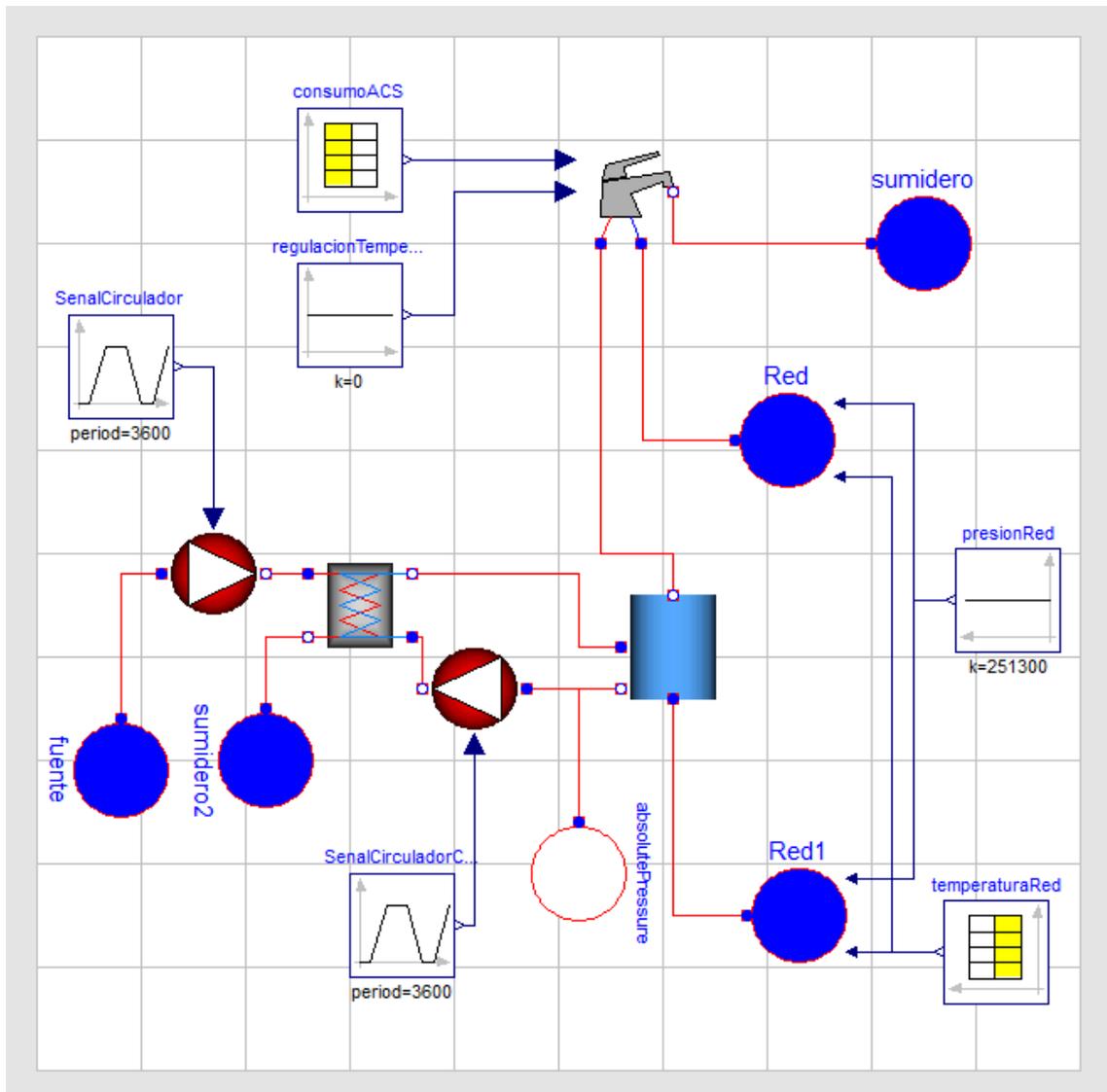


Figura 4.6. Diagrama del modelo gráfico de una instalación de distribución y consumo de agua incluida en el paquete *Ejemplos*.

## 4.8. Documentación librería

Una característica de los muchos entornos de modelado de Modelica es la generación de documentación de forma automática. Un modelo correctamente definido y comentado permite generar una documentación que puede ser de gran utilidad para el uso y comprensión de la librería. Para completar dicha información relativa esencialmente a características propias de los modelos (parámetros, variables, etc.) se puede incluir páginas HTML dentro de la sentencia *annotation* de cada modelo. En la Figura 4.7 se muestra un ejemplo

de cómo se muestra la información de los modelos en la documentación. También se ha incluido en el Apéndice C parte de la documentación de la librería incluyendo código de la misma.

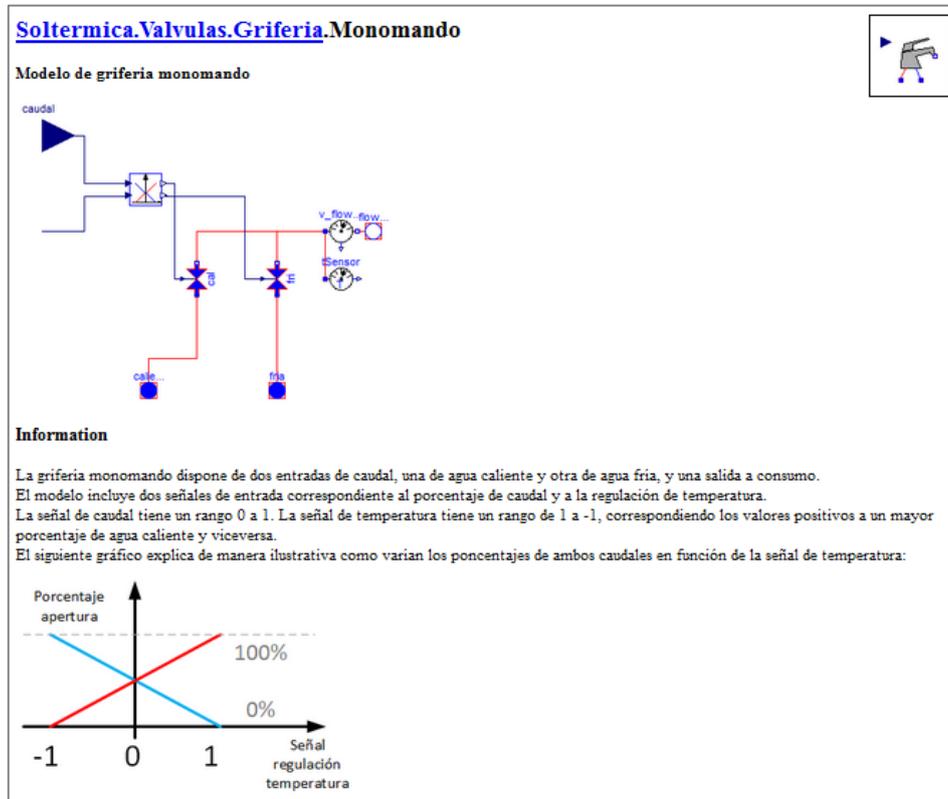


Figura 4.7. Captura de pantalla de la documentación generada por Dymola para el modelo de grifería monomando.

## 4.9. Conclusiones

Soltermica se concibe como una librería de Modelica que incluye el modelo de todos los equipos necesarios para modelar y simular instalaciones solares térmicas. Con este fin se ha definido una estructura centrada por un lado en los modelos individuales de los equipos, por otro en las clases de menor nivel que compondrán los modelos de los equipos y por último en modelos más extensos utilizan los equipos para definir una instalación en su conjunto. Esta estructura responde al propio proceso de desarrollo seguido durante el trabajo.

Cada familia de equipos térmicos se compone de modelos que implementan el comportamiento del equipo y una serie de paquetes adicionales. En paquete *CatalogoEquipos* se incluyen diferentes clases record con los parámetros de modelado de equipos comerciales. También se ha incluido otro

subpaquete que incluye diferentes modelos que exponen el comportamiento fundamental del equipo en situaciones determinadas (ensayos, etc.).

Por otro lado cabe destacar el paquete de *ClasesBasicas*, que dispone de un gran número de modelos de menor nivel de definición que serán reutilizados para la elaboración de modelos de mayor nivel. En este paquete se encuentran modelos que representan los balances de materia de energía y masa en un determinado volumen de control o modelos de transferencia de calor simplificados.

Por último se considera fundamental incluir modelos de instalaciones que permitan simular el comportamiento global de este tipo de sistemas. De momento se han compuesto modelos muy básicos pero se pretende ir completando el número de modelos con el estudio de diferentes configuraciones. Este hecho puede hacer variar la estructura a medida que se vayan incluyendo dichas configuraciones



# 5

## Validación de los modelos individuales

### 5.1. Introducción

En este capítulo se revisa el proceso de validación y el planteamiento seguido para dicho proceso. Se comenzará exponiendo los aspectos más generales del proceso de validación indicando los pasos seguidos hasta validar los distintos modelos. A continuación se describe el proceso de discretización de los modelos dentro del flujo de trabajo de la validación. Del mismo modo se expondrán las características propias de esta estrategia de modelado con algunos ejemplos específicos. Finalmente se expondrán la parametrización de las distintas especificaciones de los equipos en clases de tipo *record* indicando los aspectos más relevantes que aporta este planteamiento a la librería.

### 5.2. Proceso de validación

El proceso de validación de los modelos tiene por objeto verificar el comportamiento de los elementos modelados con respecto a su comportamiento real. Esta es una etapa fundamental en el desarrollo de la librería y de su adecuado planteamiento dependerá gran parte de la calidad del trabajo.

El primer aspecto que cabe destacar en este proceso es la ausencia de validación mediante experimentos o ensayos con equipos reales por parte del responsable principal del proyecto. Aunque siempre es preferible verificar el

comportamiento de los modelos con experimentación real no ha sido posible plantearlo en este nivel de definición por la falta de recursos. Del mismo la cantidad de equipos a modelar puede ser excesiva para abordar durante la duración del proyecto.

En contraposición a estos aspectos cobra especial relevancia otros dos aspectos. Por un lado cabe destacar el amplio conocimiento de los equipos e instalaciones a modelar por parte del proyectista. Este conocimiento derivado de su actividad profesional y especial interés en la materia hace que se disponga de un conocimiento pormenorizado del comportamiento de los equipos e instalaciones, tanto a nivel más teórico como a nivel práctico.

Por otro lado destaca la disposición de gran cantidad de información y documentación que fabricantes y distribuidores de equipos ponen a disposición del público, especialmente por medios digitales. Catálogos comerciales, catálogos técnicos, manuales prácticos o certificados de ensayos por laboratorios de referencia son algunos de los documentos que se ponen a la disposición de los clientes y público en general con numerosa información sobre el comportamiento de dichos equipos. En muchos casos la publicación de toda esta información así como el establecimiento de las propias especificaciones de los equipos están motivadas por el desarrollo e implantación de la legislación en el sector. Esta información es una gran herramienta para poder comparar los distintos equipos y tecnología así como da la oportunidad de profundizar en diversos aspectos de su funcionamiento.

### ***Implementación inicial del modelo***

En la Figura 5.1 se puede observar el diagrama de flujo básico en la implementación y posterior validación de los distintos equipos. El proceso comienza con una implementación inicial del equipo basándose en el conocimiento teórico del mismo. En esta fase se plantean los distintos principios básicos de funcionamiento físico de los equipos centrándose en este caso particular en los balances de materia y energía, los mecanismos de transmisión de calor o correlaciones experimentales ampliamente utilizadas. A partir de esta información se plantea un primer modelo con el que se empieza a experimentar

condiciones de trabajo normales para observar su respuesta. Se trata de comprobar que la respuesta básica del sistema no sea ilógica al comportamiento real (rendimientos negativos, etc.), pero no se enfatiza la exactitud del modelo al comportamiento de los equipos concretos.

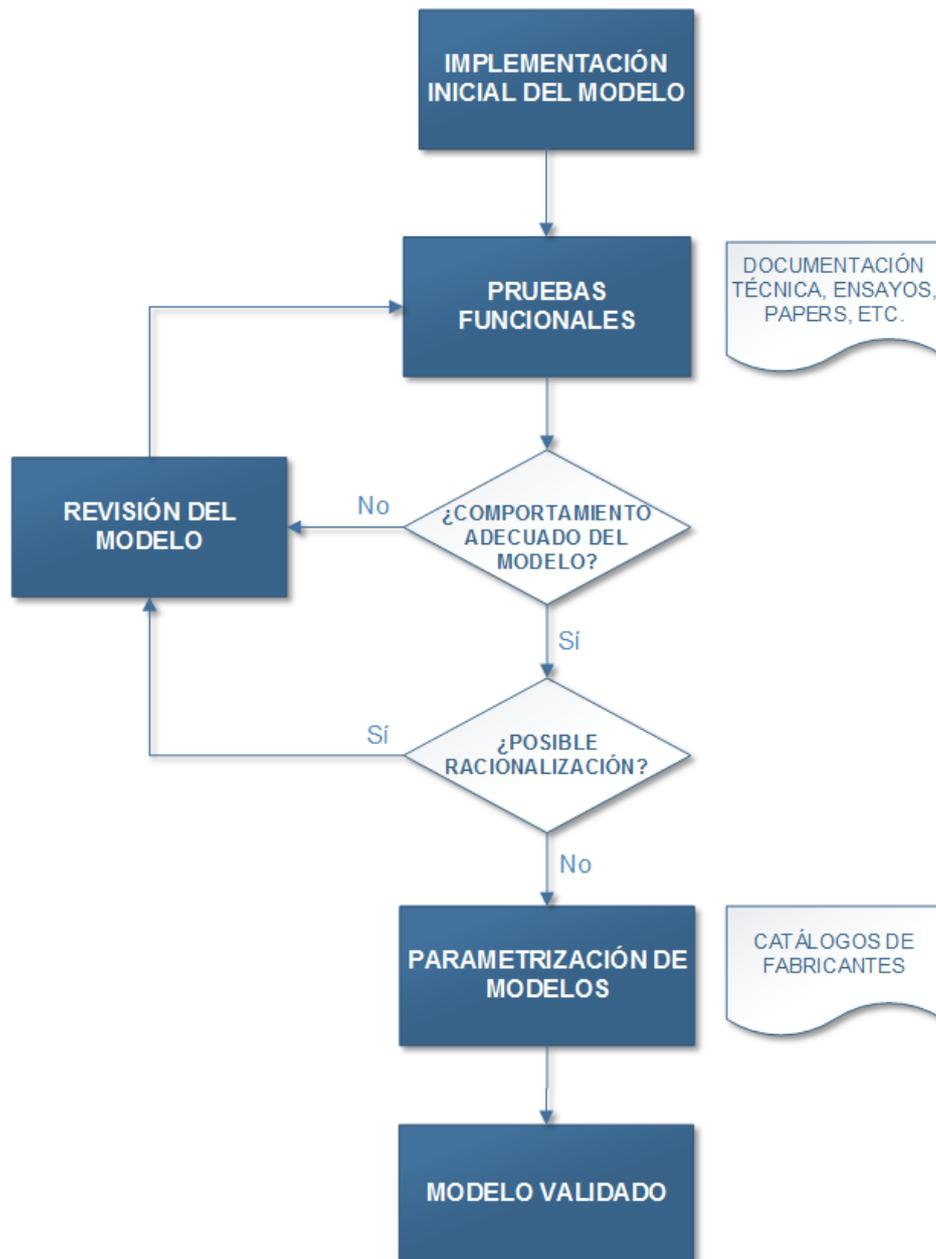


Figura 5.1. Diagrama de flujo del proceso de validación de modelos seguido en el trabajo.

En este punto del desarrollo se trata de reutilizar todo el código y modelos de menor nivel (parciales, etc.) que se hayan desarrollado con anterioridad. Este hecho facilita en muchos aspectos el prototipado rápido de estos modelos

iniciales, ya que en muchos casos se plantean problemas propios de modelado que se repiten para el mismo tipo de sistema.

### **Pruebas funcionales y racionalización del modelo**

En una segunda fase se componen modelos de validación a partir de los modelos de equipo implementados. Basándose en la documentación disponible sobre ensayos reales (internos, homologación, etc.) se plantean modelos donde se simulan las mismas condiciones. La Figura 5.2 representa un ensayo del equipo intercambiador de placas dónde se simulan las condiciones experimentales (caudales circulantes, temperaturas de entrada, etc.) y se obtienen las características propias del comportamiento del equipo como la potencia intercambiada.

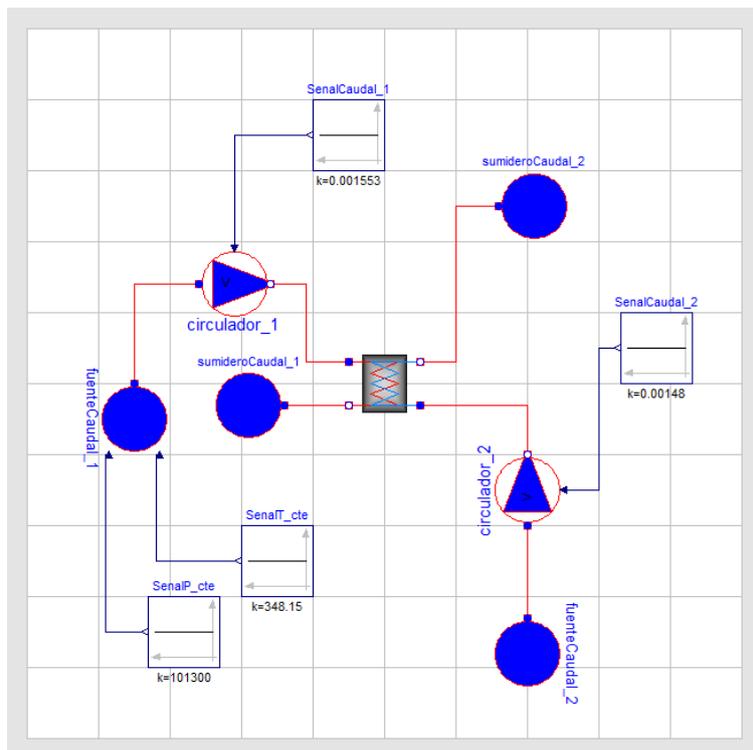


Figura 5.2. Diagrama del modelo de las pruebas funcionales de verificación del intercambiador de placas.

Si existe una gran divergencia entre los resultados obtenidos con los establecidos por el fabricante se revisará el modelo. En este punto se pone especial interés en ser crítico con la información que publica el propio fabricante. De esta forma se trata de cotejar la información disponible entre fabricantes y distribuidores para determinar posibles errores o inexactitudes en la misma.

Descartado posibles errores en la información de origen se producirá una revisión exhaustiva en aquellos aspectos en los que el modelo diverja en gran medida. La revisión y actualización del modelo conlleva volver a las pruebas funcionales básicas para poder continuar con el proceso de validación.

En caso de que se considere que el modelo se comporta de forma semejante a la realidad en función de la información disponible se procede a racionalizarlo en la medida de lo posible. Para aprovechar las capacidades del propio lenguaje de modelado se trata de identificar aquellas partes del modelo que pueden ser encapsuladas y potencialmente reutilizables en otros modelos. Esta fase no es trivial pues una adecuada estructuración de los modelos permite desarrollar otros modelos de forma más rápida y evitar algunos problemas propios del modelado. Si se considera que hay posibilidad de reutilizar otros modelos o generar submodelos potencialmente reutilizables se revisará la implementación y se volverá a fases más tempranas de la validación.

Si se considera que el modelo es adecuado y está correctamente estructurado se finalizará el proceso de validación mediante la parametrización de las características o especificaciones del equipo y su incorporación en una clase *record* en el paquete correspondiente.

### **5.3. Discretización espacial del modelo de los equipos**

Muchos de los modelos pueden presentar una estructura regular. Aprovechando las capacidades de Modelica en este sentido (vectorización de componentes y conexiones) se plantea la discretización del modelo. Este proceso suele llevarse a cabo en la fase de racionalización una vez se ha comprobado el adecuado funcionamiento básico del modelo.

En general se están modelando procesos físicos en los que el comportamiento se describe como los balances de materia y energía que se dan en un determinado volumen de control. El volumen de control está determinado por una frontera que en la que se intercambia masa y energía con el entorno u con otros volúmenes de control. En la Figura 5.3 se puede observar de manera gráfica los flujos de energía y materia que se producen en el volumen de control.

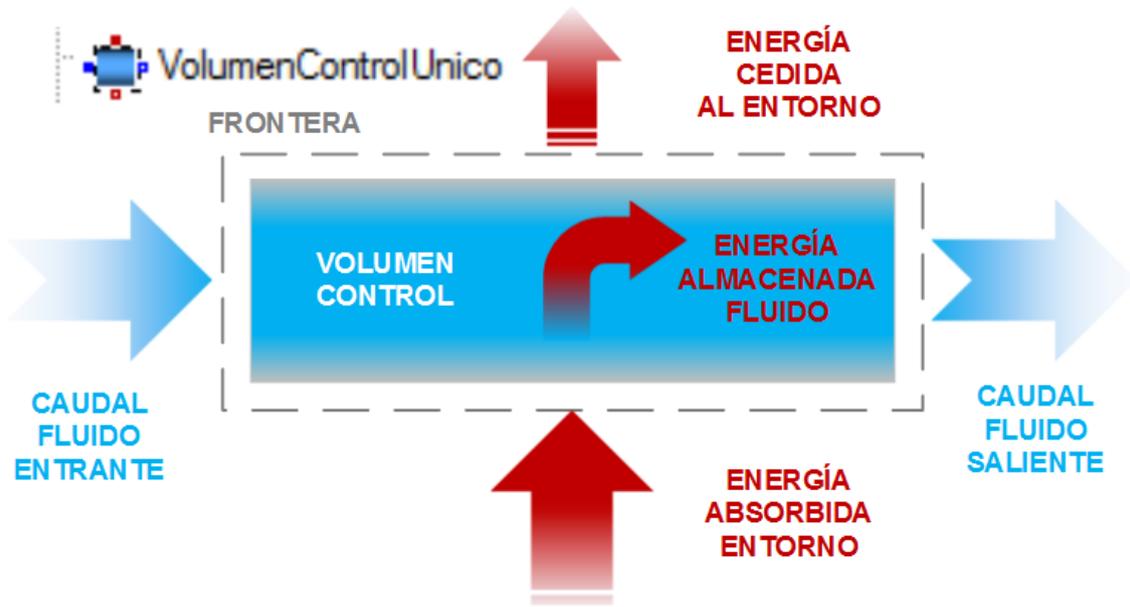


Figura 5.3. Esquema gráfico balances en el volumen control.

El modelo de volumen de control, incluido en el paquete *ClasesBasicas*, ha sido implementado como base para el desarrollo de otros modelos. Entre las hipótesis fundamentales de la implementación están:

- El balance de masa es nulo, pues se considera que el volumen de control dispone de un fluido incompresible sin cambio de fase. Así que toda masa que entra por la frontera tiene que salir.
- El balance de energía permite que el fluido pueda almacenar energía incrementando el nivel térmico del volumen. Así que la energía que entra al volumen de control debe ser la suma de la que se almacena en el mismo más la que sale.
- Mezcla total en el volumen de control. Como consecuencia la temperatura de la masa del fluido que sale del volumen de control es igual a la temperatura media de todo el volumen de control.

Esta última hipótesis es la más característica y conlleva una serie de consideraciones respecto al modelado. Cuando el volumen de control dispone de un volumen elevado, este hecho implica un determinado error, pues el ordenamiento de la temperatura dentro de un volumen puede depender de algún factor determinado, como por ejemplo el caso expuesto de la estratificación.

Para disminuir en la medida de lo posible el error cometido por la hipótesis de mezcla total se puede discretizar el volumen en un mayor número de volúmenes de control interconectados de forma adecuada. En el caso que presentamos y debido al componente unidimensional que presenta el transporte de fluido por conducciones propias de los equipos estudiados, la discretización se realiza a lo largo del eje por donde discurre el fluido. En la Figura 5.4 se puede observar una representación gráfica de la discretización del volumen de control y la interconexión entre volúmenes más pequeños. Este planteamiento permite modelar de forma adecuada múltiples fenómenos como son los propios fenómenos de transporte de fluidos (retardos, etc.) o de transferencia de calor (variaciones temperatura).

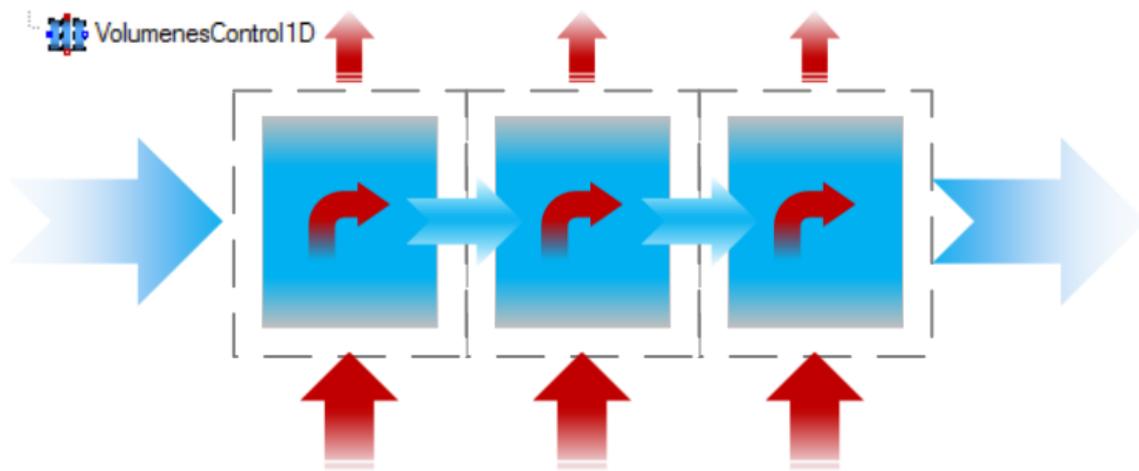


Figura 5.4. Esquema gráfico discretización en volúmenes de control.

La discretización planteada se basa en la división de un volumen de control en un número determinado de volúmenes de control iguales. Este número es definido mediante un parámetro en el propio modelo y permite establecer un grado de discretización específico para cada modelo. Cabe destacar que una elevada subdivisión de elementos redundante sobre el tiempo necesario de computación, con lo que es necesario establecer un valor adecuado del parámetro adecuado. Relacionado con este hecho también puede resultar interesante plantear modelos discretos denominados de frontera móvil o deslizante, en los que se produce una discretización en función de las propiedades o comportamiento de los volúmenes de control. Este tipo de planteamiento puede mejorar el tiempo de computación o facilitar el modelado de comportamiento más complejos como el cambio de fase del fluido.

### **Ejemplos de discretización de modelos**

La discretización del volumen de control abre la posibilidad de modelar equipos de forma distinta a la tradicional, sobre todo por el aprovechamiento de la potencia de cálculo de las computadoras. Los casos del intercambiador de placas o el acumulador son dos ejemplos de este planteamiento.

Como se ha visto en la Sección 3.6 el modelado tradicional de intercambiadores se realiza determinando experimentalmente algunas variables como la LMTD o la Eficacia del intercambiador en condiciones nominales. En general este hecho puede inducir a un error en el comportamiento del equipo sobre todo cuando se cambian las condiciones de trabajo nominales para los que se determinaron dichas variables. Aplicando el principio de discretización, el modelado de un intercambiador se reduce a la transferencia de calor entre los volúmenes de control a lo largo del equipo. De esta forma el equipo se adecuará mejor al comportamiento real incluso en condiciones cambiantes.

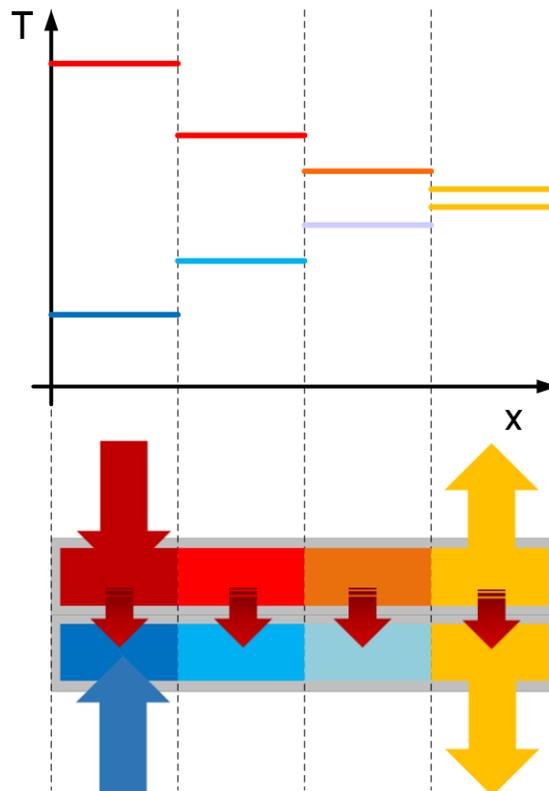


Figura 5.5. Esquema gráfico del comportamiento discretizado de un intercambiador de flujo cruzado.

Por otro lado se encuentra el ejemplo del acumulador de agua caliente y el fenómeno de estratificación. Como se ha revisado en la Sección 3.7 dentro de los acumuladores se produce un ordenamiento por capas a distinta temperatura. Esta ordenación puede variar considerablemente con las distintas condiciones de trabajo del acumulador como son la carga mediante aportaciones de energía exteriores, la descarga mediante extracción de energía al exterior o incluso ambos fenómenos a la vez. El modelo discreto del acumulador facilita el control del flujo de calor interno y de esta manera el propio modelado.

## 5.4. Validación de los modelos discretos

Como se ha comentado anteriormente dentro del proceso de racionalización de modelos se incluye la posibilidad de discretizar parte del mismo. La discretización del modelo implica volver a validar el comportamiento y además establecer el grado de división adecuado del mismo. Establecer el parámetro de discretización adecuado redundaría en dos aspectos fundamentalmente, por un lado en un menor tiempo de computación y por otro en un mejor modelado del comportamiento del equipo.

De esta forma el proceso de validación de los modelos de equipos discretizados se enfoca de manera ligeramente distinta que otros modelos más simplificados. Al igual que el resto de modelos se verificará el comportamiento mediante la simulación con las condiciones nominales de trabajo, pero en este caso se tendrán que realizar múltiples simulaciones variando el número de elementos en los que el modelo ha sido dividido.

Como se puede observar en la Figura 5.6, para el caso de un determinado intercambiador a medida que el grado de discretización es mayor la diferencia con las especificaciones es menor. Como la carga de computación también se eleva a medida que crece la división en elementos no es adecuado sobrediscretizar el modelo pues no mejorará en el mismo grado la similitud con el comportamiento real.

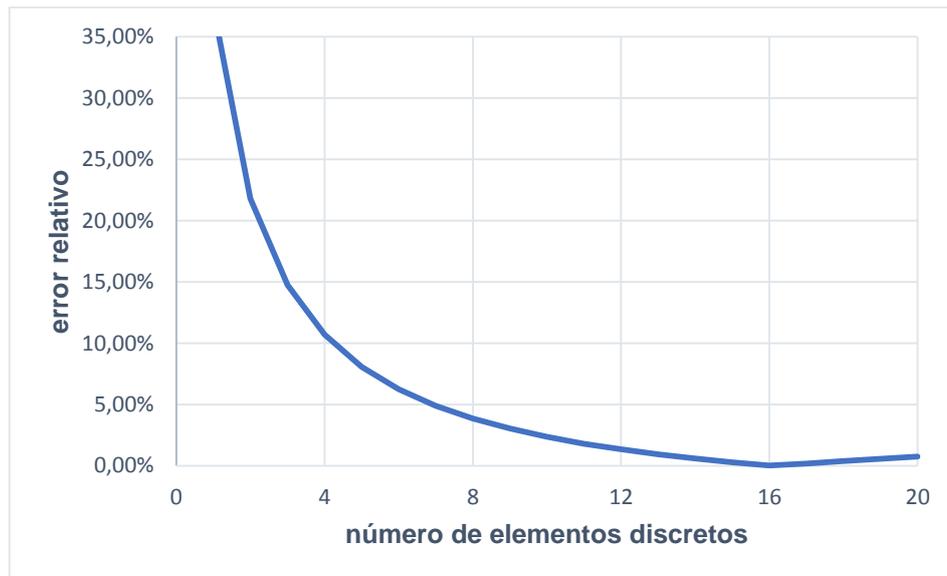


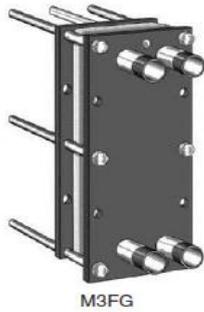
Figura 5.6. Error relativo en la potencia intercambiada del modelo frente al número de divisiones del intercambiador.

En el caso ensayado del intercambiador de placas para una división de más de diez elementos el error relativo cometido frente a la potencia especificada por el fabricante es menor que el 2%. De forma intuitiva se puede afirmar que esta división óptima dependerá de las características propias del equipo así como de la calidad, la cantidad y la veracidad de los datos especificados en la documentación técnica del equipo. Puede resultar interesante continuar con la comparativa de diversos equipos específicos con el objeto de establecer relaciones entre las características de los equipos (formales, etc.) y el número de elemento óptimos, aunque este objetivo se va fuera del alcance del proyecto.

## 5.5. Parametrización y catálogo de equipos

Una vez que el modelo ha superado las verificaciones funcionales se da un paso más en la racionalización de los modelos con la parametrización de las principales especificaciones o características técnicas de los equipos. Las especificaciones técnicas detallan aquellas características del equipo más importantes y determinantes que puedan resultar de interés para clientes y proyectistas de instalaciones. Cada tipología de equipo dispone de un tipo de especificaciones propias, pudiendo compartir algún tipo de especificación entre equipos distintos. De forma general equipos del mismo tipo deberían tener el mismo tipo de especificaciones, variando el valor de cada una de ellas de forma correspondiente. Las especificaciones son marcadas en muchos casos por la

legislación y la normativa a cumplir y son posteriormente incorporadas por los fabricantes y distribuidores en sus manuales técnicos y catálogos comerciales. Un ejemplo de las especificaciones de un equipo térmico incluidas en catálogo técnico-comercial se pueden observar en la Figura 5.7.



CLIMATIZACIÓN ACS CON PANEL SOLAR:

| Modelo | Nº placas | Paneles | 55°C -> 45°C          |        | 35°C -> 45°C |        |                    |
|--------|-----------|---------|-----------------------|--------|--------------|--------|--------------------|
|        |           |         | panel - 30% P. glicol |        | A.C.S        |        | Potencia<br>Kcal/h |
|        |           |         | l/h                   | m.c.a. | l/h          | m.c.a. |                    |
| T2-BFG | 11H       | 5       | 600                   | 0,29   | 600          | 0,24   | 6                  |
| T2-BFG | 18H       | 10      | 1200                  | 0,38   | 1200         | 0,38   | 11,4               |
| M3-FG  | 15H       | 20      | 2400                  | 2,8    | 2300         | 2,4    | 22,8               |
| M3-FG  | 20H       | 30      | 3600                  | 3,1    | 3500         | 3,3    | 34,2               |
| M3-FG  | 25H       | 40      | 4800                  | 3,8    | 4600         | 3,4    | 45,6               |
| M3-FG  | 30H       | 50      | 6000                  | 3,8    | 5700         | 3,8    | 56,4               |
| M3-FG  | 35H       | 60      | 7200                  | 4,4    | 6800         | 3,9    | 67,8               |
| M3-FG  | 40H       | 70      | 8400                  | 4,5    | 8000         | 4,3    | 79,2               |
| M3-FG  | 45H       | 80      | 9600                  | 5      | 9100         | 4,4    | 90,6               |
| M3-FG  | 52H       | 90      | 10800                 | 4,8    | 10300        | 4,6    | 102                |
| T5-BFG | 27L       | 100     | 11900                 | 3,6    | 11400        | 3,1    | 112,8              |

Criterios de selección:  
 Temperatura primario: 55°C 45°C  
 Temperatura secundario: 35°C 45°C  
 Pérdida de carga cto. Piscina: Máx. 5 m.c.a.

Figura 5.7. Especificaciones incluidas en los catálogos técnico-comerciales de equipos térmicos (SALVADOR ESCODA, 2014).

### Paquete CatalogoEquipos

En el capítulo anterior se ha revisado la estructura de la librería y cabe destacar la presencia de un subpaquete de elementos de la clase *record* en cada paquete correspondiente a un tipo de equipos. Como se ha comentado anteriormente este subpaquete llamado *CatalogoEquipos* incorpora una agrupación de todos los parámetros fundamentales del modelo que tratan de representar las especificaciones técnicas de los propios equipos. Este planteamiento responde a la utilidad de separar la descripción matemática del modelo y los valores numéricos de los parámetros del mismo, aprovechando las características que ofrece el lenguaje Modelica para ello (clase *record*).

El tratar de utilizar de forma preferente las especificaciones en la descripción de los modelos puede conllevar la modificación de algunas ecuaciones de los modelos o la definición de las mismas en base a estos parámetros. Por ejemplo, si se quiere obtener la masa encerrada en un depósito,

como la especificación principal es el volumen del depósito, la masa se calculará de la relación entre dicho volumen y la densidad del fluido que lo contiene.

Uno de los valores que se pretende añadir a la librería con esta configuración es la incorporación de información de equipos reales, previendo del mismo modo la incorporación de nuevos equipos de manera sencilla y ordenada. El proceso de incorporación y utilización de equipos no incluidos en la librería se muestra de manera esquemática en la Figura 5.8. En este sentido es conveniente que cada vez que se incorpore un equipo nuevo en el paquete correspondiente sea simulado con las condiciones de trabajo de las que se disponga información, para seguir verificando el correcto modelo o la propia fiabilidad de la información.

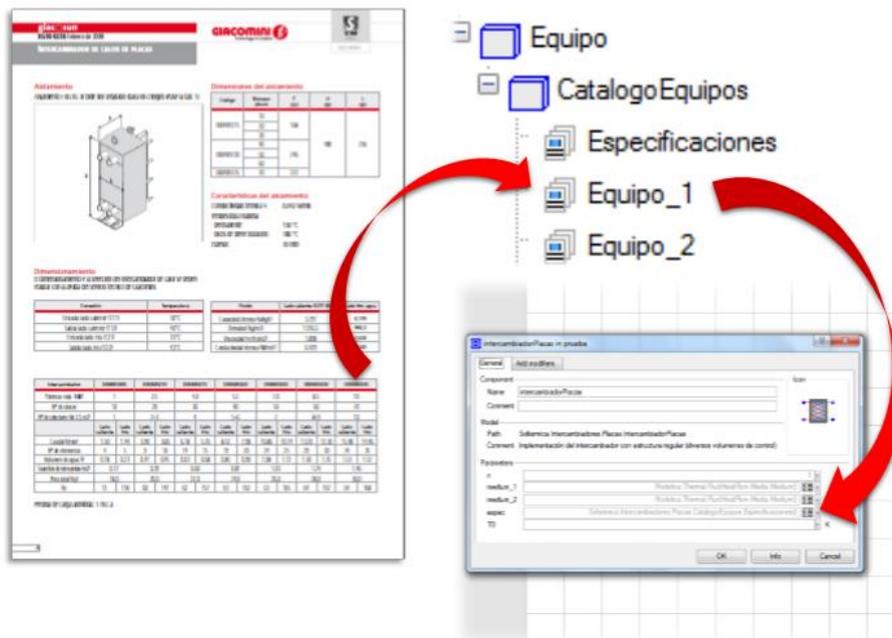


Figura 5.8. Esquema ilustrativo del proceso de parametrización de los equipos modelados.

En general la información disponible por los fabricantes y distribuidores no suele ser suficiente para definir de forma completa los parámetros del modelo. En estos casos la propia estructura de la librería puede ayudar a definir los parámetros ausentes pues se dispone de mucha información de equipos similares, con lo que a falta de algún parámetro se puede inferir de otros equipos. Del mismo modo se deberán calcular o suponer valores de aquellos que no se dispongan directamente.

En muchos casos el comportamiento dinámico de los equipos viene determinado en la documentación de manera gráfica (gráficas, ábacos, etc.). En estos casos habrá que realizar tareas de parametrización que la propia librería puede facilitar.

## 5.6. Conclusiones

En este capítulo se ha tratado el proceso de validación de los modelos individuales de los equipos siendo fundamental para establecer la utilidad y precisión de los modelos que contiene la librería. El proceso se ha basado en la información técnica disponible de los equipos como son catálogos comerciales, manuales técnicos o informes de ensayo, en ausencia de otros recursos como los medios de experimentación.

Toda la información y experiencia recopilada sobre el funcionamiento de los diferentes equipos ha sido utilizada para la implementación inicial del modelo de equipo. Estos modelos iniciales son simulados bajo condiciones normales de trabajo para observar su comportamiento. Si se observan comportamientos ilógicos o en cierto grado imprecisos se revisa el modelo. En caso contrario pasa al siguiente proceso dónde se pretende racionalizar la propia estructura del modelo en la medida de lo posible.

El subproceso de racionalización tiene por objeto encapsular aquellos aspectos del modelo que sean potencialmente reutilizables o que ya se hayan encapsulado en otros modelos aprovechando las capacidades del lenguaje de modelado. En este sentido muchos modelos presentan estructuras regulares que son racionalizadas mediante la creación de clases básicas que discretizan el modelo. Las clases básicas presentan una subdivisión de los modelos en múltiples volúmenes de control que donde se implementan los correspondientes balances de masa y energía.

Una vez que el modelo ha superado las verificaciones funcionales se da un paso más en la racionalización de los modelos con la parametrización de las principales especificaciones técnicas. Para ello se continúa aprovechando las capacidades de Modelica utilizando la clase *record* para agrupar las principales especificaciones de los equipos. En cada record se almacenaran los parámetros

que caracterizan al modelo de un determinado equipo real. De esta forma cada tipo de equipo dispone de un subpaquete que engloba todos aquellos equipos comerciales que se disponen para la simulación.

# 6

## **Simulación de sistemas solares térmicos de baja temperatura**

### **6.1. Introducción**

En este capítulo se exponen los aspectos fundamentales para la simulación de sistemas solares térmicos mediante la librería Soltermica. Primeramente se tratan aquellos aspectos relevantes para el establecimiento de las condiciones de contorno específicas para obtener una simulación precisa. Después se discute la aplicación a la simulación de uno de los casos de ejemplo incluidos en la librería. Se expondrán algunas de las características que aporta dicha librería y el propio lenguaje de modelado al estudio de este tipo de sistemas.

### **6.2. Condiciones de contorno**

Las condiciones de contorno definen el comportamiento de los modelos en sus límites. De la propia implementación de los modelos se derivará la necesidad de establecer las distintas condiciones de contorno. Para la adecuada simulación de modelos de sistemas solares térmicos mediante la versión actual de Soltermica es necesario definir principalmente las siguientes condiciones de contorno:

- Temperatura del agua fría de red.

- Perfil de consumo de ACS por parte de los usuarios.
- Irradiación total incidente sobre la superficie del captador.
- Temperatura seca ambiental en condiciones climáticas exteriores.

Todas estas condiciones de contorno serán introducidas de forma tabulada aprovechando la capacidad de Modelica para incorporar información de fuentes externas. Más concretamente se utilizará el modelo *CombiTimeTable* incluido en la MSL y que permite la introducción de tablas de datos desde el exterior. En la Figura 6.1 se muestra de forma esquemática el proceso de introducción de información externa en Dymola.

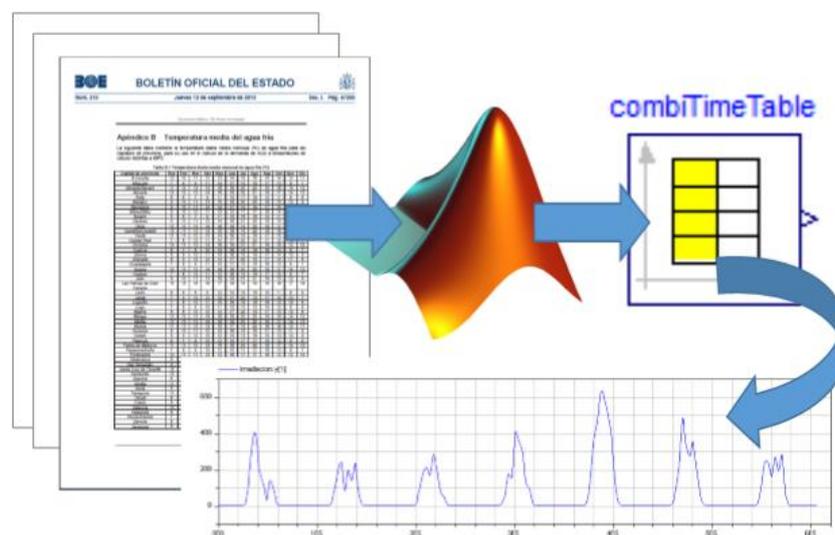


Figura 6.1. Esquema ilustrativo del proceso de introducción de las condiciones de contorno en el modelo.

Cada una de las condiciones de contorno dispone de características propias y proviene de diferentes fuentes. Las fuentes de información son variadas y dependen del caso específico, aunque en general la legislación y normativa suelen disponer de valores estadísticos de distintas variables como las climáticas. También cabe destacar que es necesario tratar y formatear la información disponible para su incorporación en la simulación. Se han realizado trabajos de ajuste, compatibilización o tratamiento estadístico mediante el software MATLAB. En los puntos siguientes se expondrán los aspectos fundamentales de cada una de las condiciones de contorno.

Por otro lado existen condiciones de contorno que resultan de menor relevancia, que son constantes o que se pueden modelar a partir de una señal predefinida. Este tipo de condiciones de contorno se han modelado mediante bloques que generan determinada señal (constante, rampa, trapezoide, etc.).

### **6.3. Demanda de ACS en el ámbito doméstico**

La demanda de ACS por parte de los usuarios domésticos en una de las condiciones de contorno a determinar para realizar correctamente las simulaciones. La demanda de ACS corresponde a la función temporal o perfil de consumo de agua caliente a una determinada temperatura por parte de los usuarios. Cuando un usuario demanda ACS regulará el aparato de consumo o grifo según sus necesidades de caudal y temperatura siendo estos los aspectos fundamentales a tener en cuenta para determinar este aspecto. Por otro lado la energía invertida en el calentamiento de agua a la temperatura demandada dependerá de la temperatura inicial del agua fría y ésta es una variable pues cambia a lo largo del año.

#### ***Perfiles de consumo***

Una de las primeras referencias al consumo de ACS lo podemos encontrar en el CTE. En su Documento Básico de Ahorro de Energía en el punto 4, relacionado con la contribución solar al calentamiento de agua, se establece una demanda de referencia a efectos de cálculo. Se considera que la demanda de referencia dispone de una temperatura de almacenamiento y distribución de 60°C y también es modificada por factores de simultaneidad para casos puntuales como los edificios de viviendas multifamiliares. En la Tabla 6.1 se pueden observar algunas de las demandas de referencias establecidas en dicho documento. Se puede destacar como en el ámbito doméstico existe un consumo más moderado que en otros ámbitos más sensibles a aspectos higiénicos.

Tabla 6.1. Extracto tabla 4.1 del CTE-DB-HE-4.

| <i>CRITERIO DE DEMANDA</i> | <i>Litros / día · unidad</i> | <i>Unidad</i> |
|----------------------------|------------------------------|---------------|
| Vivienda                   | 28                           | persona       |
| Hospitales y clín.         | 55                           | persona       |
| Restaurantes               | 8                            | persona       |

Aunque la tabla contiene información relevante para establecer la demanda, para el caso de simulaciones dinámicas un dato medio diario no es representativo y más teniendo en cuenta el funcionamiento propio de los sistemas solares térmicos. Esto se debe a que la demanda de ACS durante un día está repartida de forma muy puntual. Por ejemplo se puede concentrar en dos consumos diarios puntuales por persona de 1 a 5 minutos a lo largo de todo el día. De esta forma suponer un consumo constante a lo largo de todo el día estaría alejado de la realidad. Establecer un perfil de consumo se hace esencial para determinar la utilidad del modelo.

Se ha buscado en la literatura diferente información sobre los perfiles de consumo de ACS. En general no se ha encontrado información determinante del tema, pues muchos procedimientos están enfocados a dimensionado de elementos. Entre la información más relevante se encuentran una serie de perfiles de referencia para el cálculo horario que se puede encontrar en un Documento Técnico de Instalaciones para la Edificación (DTIE) (Viti, 1996). Los perfiles que se incluyen en esta publicación hacen referencia a la distribución horaria del consumo de ACS a lo largo de un día tipo y luego a lo largo del año. Se puede observar en la Figura 6.2 la distribución de los consumos a lo largo del día mediante el factor de consumo. Éste perfil representa el porcentaje horario en base a 24 horas del consumo de ACS durante esa hora. Del mismo modo se puede observar el perfil mensual a lo largo del año en la Figura 6.3 que se interpreta de forma similar al perfil diario.

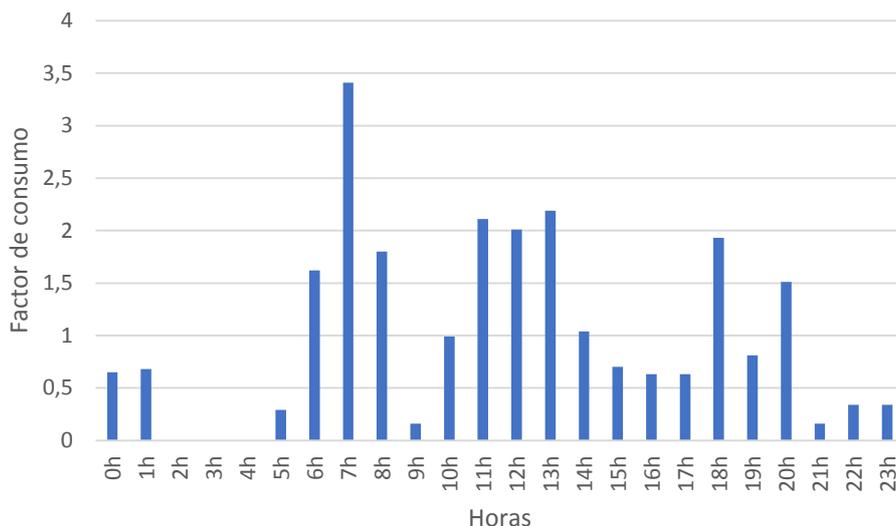


Figura 6.2. Perfil horario para un día de referencia del consumo de ACS

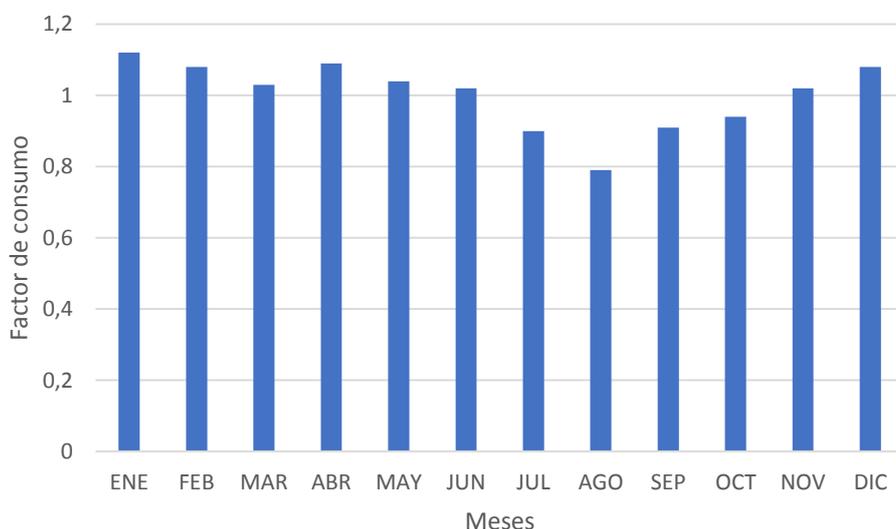


Figura 6.3. Perfil mensual para un año de referencia del consumo de ACS.

Estos perfiles de consumo pueden ser en cierto grado representativos para realizar comparaciones entre distintos sistemas o justificar un cumplimiento legal, pero considero que su validez es limitada si el objetivo es conseguir una simulación relativamente precisa del comportamiento de un sistema. Esto se considera así porque se sigue observando en el perfil una distribución bastante repartida a lo largo del día. En cualquier caso sigue representando una referencia a tener en cuenta.

### **Perfiles de demanda personalizados**

Aparte de perfiles de demanda establecidos en la literatura y con el objetivo de que la herramienta represente situaciones más cercanas a la realidad se pretende establecer una serie de perfiles personalizados para el ámbito doméstico. La determinación de estos perfiles se realizará mediante la consulta personalizada a distintas personas mediante el uso de formularios web.

En una primera versión de los formularios se preguntará sobre los hábitos relativos al consumo de agua caliente en cada caso personal. Se ha considerado adecuado incluir dentro del ámbito doméstico tres perfiles diferenciados a lo largo del año, uno correspondiente a un perfil de día laborable, otro perfil de día festivo y otro perfil vacacional. Además se considera importante la información relativa al número de personas que habitan la vivienda de forma habitual, el género y la profesión de los ocupantes, la población, los tipos de grifería instalada o el sistema de caldeo del agua instalado.

La recopilación de toda esta información en un formulario requerirá cierto grado de conocimiento sobre las tecnologías y los conceptos de instalaciones térmicas. Esta dificultad se considera superada utilizando la tecnología web y además buscando usuarios que dispongan de conocimientos de este tipo de instalaciones térmicas.

Se puede observar el formulario web planteado en el Anexo B Los datos obtenidos han sido tratados para poder incluir esta información como una condición de contorno de la simulación. Se ha generado un perfil por cada cuestionario relacionado y se ha incorporado esta información en un archivo de datos binario para su introducción en la simulación mediante las *CombiTimeTables*.

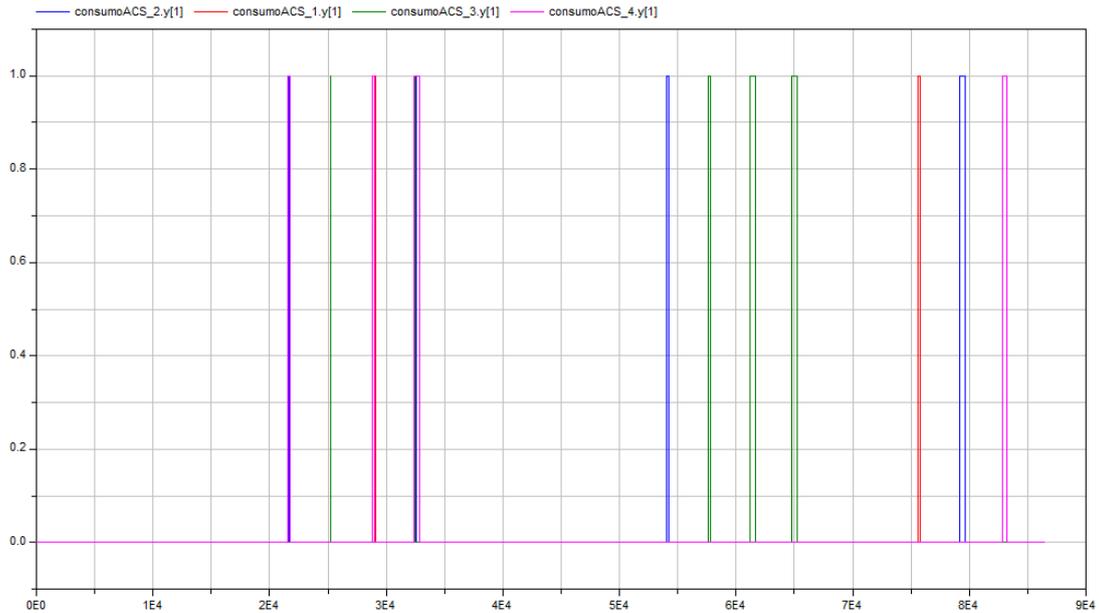


Figura 6.4. Algunos de los perfiles de consumo obtenidos del estudio.

Como se puede observar en la Figura 6.4 la demanda en el ámbito doméstico se concentra en tres franjas del día y es nulo en otras 3 franjas. También se ha obtenido una demanda global por persona similar a la que se hacía referencia anteriormente, con lo que se puede validar en cierto grado el estudio.

### ***Temperaturas del agua***

La temperatura del agua de la red pública de consumo también varía a lo largo del año, aunque su variación es mucho menos pronunciada y con una dinámica mucho más lenta que otras variables meteorológicas. De forma general la temperatura del agua de red se eleva en los meses de verano y disminuye en los meses de invierno.

Como en otros casos se pueden encontrar diversas fuentes estadísticas de esta condición de contorno. Entre todas ellas destacamos el CTE (Ministerio de Fomento, 2007) que en su Documento Básico de Ahorro de Energía apartado 4 apéndice B incluye la temperatura media mensual de agua fría para las distintas capitales de provincia española.

Aparte de la temperatura de agua fría, también es importante determinar la temperatura de consumo o confort de los usuarios. Esta temperatura depende

fundamentalmente de la aplicación para la que se demande el agua caliente. En el ámbito doméstico y para consumo de personas para higiene y salubridad, la temperatura de confort no suele llegar a los 40°C. Entre 25 y 30°C se suele percibir como agua tibia, y puede ser demanda en periodos estivales.

La temperatura a la que se acumula el agua en el depósito suele ser más elevada para disponer de una mayor acumulación de energía en un espacio reducida. Del mismo modo también se suele distribuir por la red interna a una mayor temperatura que la de consumo para finalmente regularla en los grifos.

#### **6.4. Condiciones climáticas para la simulación**

Las condiciones climáticas representan todas aquellas variables de interés para el modelo y la simulación relacionadas con la climatología del lugar donde se sitúa la instalación. La temperatura seca o la irradiación son dos variables climáticas de gran importancia en este tipo de sistemas porque de ellas depende en gran parte el rendimiento del sistema. Aunque existen otras variables climáticas con cierta importancia como la velocidad del viento o la temperatura efectiva del cielo, estas no son incluidas en las condiciones de contorno para la simulación pues los modelos implementados no las contemplan para describir el comportamiento.

Las variables climáticas de una determinada zona son representadas por valores estadístico descriptivos como las medias diarias en un mes, las medias anuales o los percentiles. En general es sencillo disponer de estos datos pero resultan poco útiles pues en una simulación dinámica se necesita un valor representativo de periodos de tiempo más cortos que días o meses.

Un primer planteamiento para solventar este inconveniente puede ser el generar señales con un mayor grado de discretización a partir de los datos estadísticos. La complejidad de esta solución radica en que las señales resultantes no modelen correctamente la dinámica climatológica (saltos bruscos en variables, etc.) o sean señales muy correlacionadas. De esta forma se buscaron fuentes de datos climatológicos con mayor información dinámica encontrando en este sentido las bases de datos meteorológicas horarias.

Las bases de datos horarias disponen la información climatológica de una determinada zona o punto geográfico hora por hora. Al igual que pasaba con los datos estadísticos se deberá adaptar la información horaria a las características propias de la simulación dinámica, aunque en el caso de datos horarios se puede considerar que de forma general la dinámica meteorológica no cambia tan bruscamente durante una hora. Como ejemplo se puede exponer que la temperatura seca ambiental no varía de forma excesiva (2 o 3 grados) cada hora en condiciones normales. El error cometido suponiendo una transición suave entre durante esa hora es menos determinante que si solo se partiese de la temperatura media diaria.

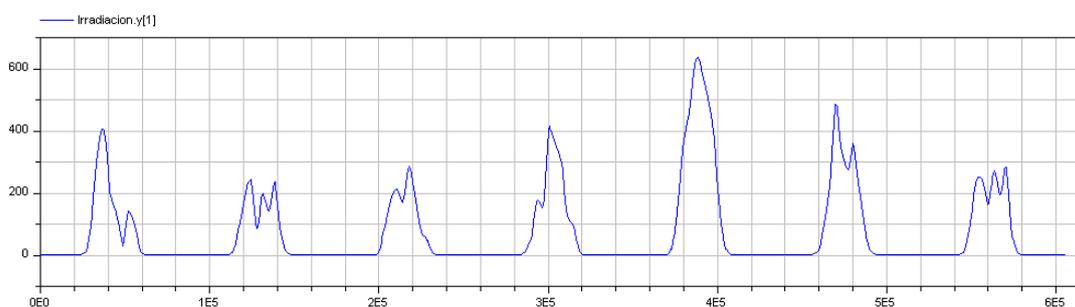


Figura 6.5. Irradiación total sobre una superficie inclinada durante una semana en una determinada zona climática.

Las bases de datos meteorológicas horarias son utilizadas por las herramientas de simulación horaria y en general son fácilmente accesibles. El principal problema que presenta su utilización es el formato de los datos. No existe un formato estándar y se pueden encontrar diferentes formatos en función de la herramienta que los ha generado o que los utilice. Entre los formatos más utilizados está el EnergyPlusWeather (.epw), formato específico para datos climatológicos del motor de simulación horaria EnergyPlus desarrollada por el Departamento de Energía (DoE) estadounidense. Este formato está bien documentado y es ampliamente utilizado, aunque resulta difícil de manejar la información que contiene sin algún tipo de interfaz que la traduzca.

Otra fuente de información climatológica con base horaria es el Código Técnico de la Edificación español (CTE). Esta legislación incluye las bases de datos para climas de referencia a nivel nacional. Esta información está pensada para su uso en las herramientas reconocidas de certificación energética entre otras y están disponibles en archivos .met. Este tipo de archivos resultan

sencillos para el tratamiento de la información que contiene pues son básicamente archivos de texto con datos separados por espacios en columnas. En el caso que nos ocupa, se ha decidido utilizar esta fuente de información por ser fácil de manipular y por estar reconocida a nivel nacional.

### ***Irradiación solar sobre una superficie inclinada***

La irradiación solar es la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética procedente del Sol. La irradiación solar como variable meteorológica puede caracterizar el clima de una determinada región. Zonas con mayor irradiación media anual disponen de temperaturas medias más elevadas durante el año y tienen disponible un mayor nivel de energía de libre disposición en forma de radiación solar. La instalación solar aprovechará esta energía para calentar el agua de consumo sanitario de los correspondientes usuarios. Teniendo en cuenta este aspecto la irradiación solar en una determinada zona será una condición de contorno esencial para el funcionamiento de la instalación y su precisa determinación afectará en gran medida a la precisión de la simulación.

La irradiación incidente sobre una superficie puede ser fundamentalmente de dos tipos, directa o difusa. Como se ha visto en el Capítulo 3 el comportamiento del captador solar térmico puede variar en cierto grado en función de las magnitudes de ambos tipos de irradiación por efectos ópticos como los reflejos. Aunque en el nivel de desarrollo de los modelos este comportamiento se simplificará disponiendo únicamente una irradiación total como suma de ambas componentes.

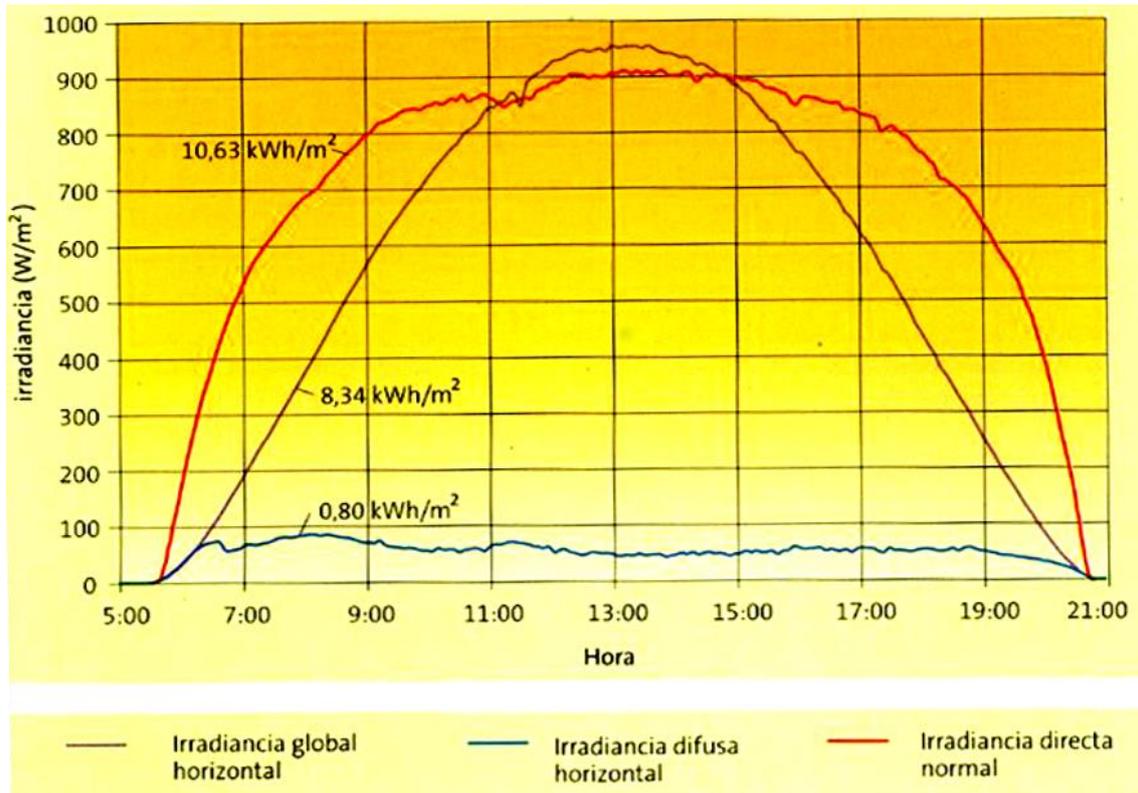


Figura 6.6. Distribución temporal de los distintos tipos de irradiación en un día despejado.

La irradiación solar a lo largo de veinticuatro horas varía en gran manera como puede observarse en la Figura 6.6. En los periodos de noche la irradiación es nula y durante el día la irradiación crece hasta el mediodía y decrece después hasta de nuevo ser nula durante la noche. En este sentido cabe destacar el fuerte aspecto geométrico que dispone esta variable, sobre todo la componente de irradiación directa. La orientación e inclinación de la superficie expuesta permitirán aprovechar en mayor o menor grado dicha irradiación durante las horas del día. El actual modelo del captador solar no incluye la determinación de este aspecto con lo que inicialmente se deberán incluir en la propia definición de la irradiación horaria estos aspectos geométricos. Para ello se ha utilizado el factor de corrección  $k$  para superficies inclinadas (IDAE, 2009), método reconocido y ampliamente utilizado. De esta forma se ha corregido el valor de irradiación solar incidente de cada hora de un determinado mes con el factor  $k$  correspondiente a una latitud geográfica del lugar de la instalación y de la inclinación respecto al suelo del captador. Respecto a esta corrección cabe destacar que se es consciente de que existen métodos mucho más precisos

basados en aspectos geométricos, aunque de mayor complejidad en su desarrollo y validación.

Por otro lado también se debería de tener en cuenta otro factor como son las sombras por elementos externos al captador (otros edificios, obstáculos, etc.). Este factor también es puramente geométrico y requiere un estudio detallado de la escena que rodea en campo de captación. La determinación del factor puede resultar muy complejo y se ha considerado incluirlo como otra condición más de contorno, que en este caso está relacionada íntimamente con la componente directa de la irradiación. Este planteamiento conlleva precalcular el efecto de las sombras sobre la irradiación directa incidente en la superficie de captación e introducirlo en el modelo en forma de tabla de datos. Puede resultar interesante realizarlo de esta forma frente a incorporar estos aspectos en el modelo, pues la simulación el precálculo que puede realizar por algún software específico para esta aplicación y del mismo modo se puede liberar carga computacional en la simulación.

### ***Temperatura seca exterior***

La temperatura seca es una variable termodinámica que en el ámbito de la climatología permite caracterizar zonas climáticas. Esta variable está íntimamente ligada a la irradiación solar aunque de forma general son consideradas independientes. La temperatura seca representa el nivel térmico ambiental en condiciones exteriores. De esta forma los elementos de la instalación que estén situados en ambientes externos estarán afectados por esta variable, como por ejemplo los captadores solares térmicos. La dinámica de la temperatura seca a lo largo de un día no suele ser brusca generalmente, produciéndose una transición suave a lo largo del día.

La temperatura seca es una condición de contorno a introducir en el modelo que se determinará a partir de datos estadísticos o toma de datos directa. De la precisión de esta información de partida dependerá la fidelidad del modelo con la realidad, siendo importante disponer de fuentes de información contrastadas y que dispongan de información representativa. Para este trabajo se ha partido de fuentes de información reconocidas que describen condiciones

climáticas de referencia. Este tipo de información es ampliamente utilizado por diversas herramientas de simulación. Se ha considerado que la variación de estos valores de referencia frente a otros reales no representará un error considerable para fines estacionales. Puede resultar interesante profundizar en estos aspectos, aunque se va más allá del alcance de los trabajos del proyecto.

## **6.5. Simulación de sistema solar térmico doméstico individual**

Ya se han descrito a lo largo del presente documento varios aspectos característicos de los sistemas solares térmicos. La aplicación de estos sistemas en el ámbito doméstico no requiere de un esquema excesivamente complejo y se configura como un sistema básico. Es por esta razón por la que se ha puesto como objetivo inicial modelar un sistema básico que permita por un lado desarrollar los equipos y elementos fundamentales de este tipo de sistemas y por otro comprobar la aplicación de las técnicas de simulación con Modelica a un caso con menos complejidad.

El modelo del sistema solar térmico ha ido evolucionando a medida que se desarrollaban los modelos de los diferentes equipos. Se empezó con un modelo más sencillo una vez se habían implementado correctamente el captador solar y el depósito de acumulación. A medida que se desarrollaban nuevos modelos o se obtenían las condiciones de contorno, el modelo crecía en complejidad y precisión. Finalmente se integran casi todos los elementos desarrollados en un modelo que representa un sistema solar doméstico básico. El diagrama final del modelo de la instalación solar térmica se puede observar en la Figura 6.7. En el encontramos gran parte de los equipos térmicos modelados y validados en fases anteriores y las conexiones entre ellos.

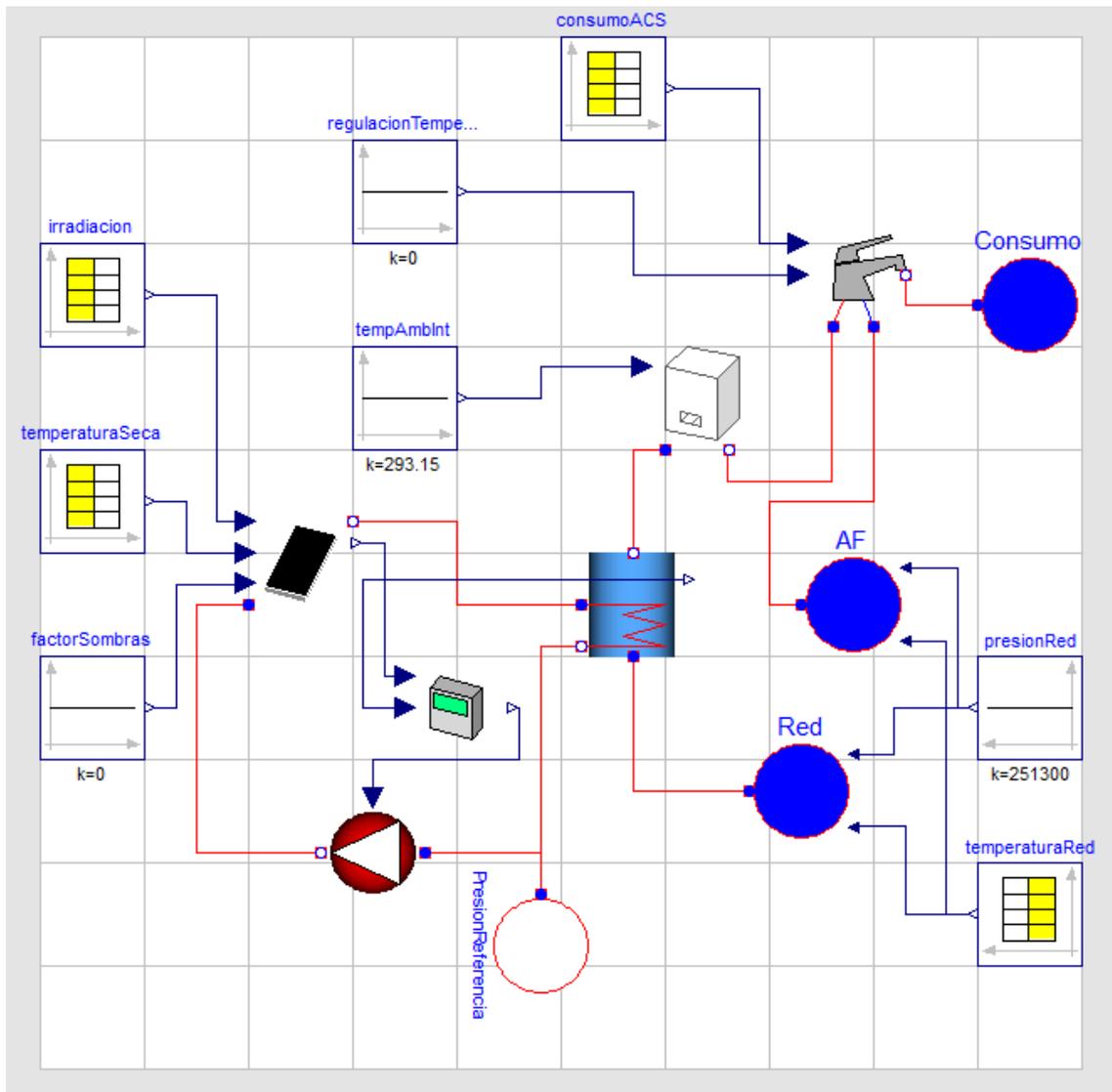


Figura 6.7. Diagrama de Dymola del modelo del sistema solar térmico

El modelo de la instalación se ha simulado para un año y se han obtenido los datos a intervalos de un segundo durante todo el año. El tiempo de computación no resulta elevado teniendo en cuenta el gran número de ecuaciones que presenta el sistema y el periodo temporal tan largo. Se ha observado que los modelos que presentan estructura regular y sobre todo los que contienen modelos de depósitos presentan una mayor lentitud en el cálculo. Esto puede ser debido a un modelado poco eficiente que genere problemas stiff.

Este tipo de simulaciones generan gran cantidad de datos que hay que tratar y analizar. Los entornos de modelado y simulación no suelen incluir herramientas de tratamiento y análisis avanzado de los resultados, con lo que se plantea utilizar una herramienta distinta para ello. Aunque simplemente de

manera gráfica la salida de la simulación te puede indicar bastantes aspectos del comportamiento en conjunto de la instalación. En la Figura 6.8 se puede observar cómo evoluciona la temperatura del captador (azul) a lo largo de varios días de invierno. Se puede observar su dependencia de la irradiación y cómo se produce el proceso de aumento de temperatura en la parte alta del depósito (magenta). Por último también se observa que la caldera suele encenderse elevando su temperatura (verde) para apoyar el sistema solar.

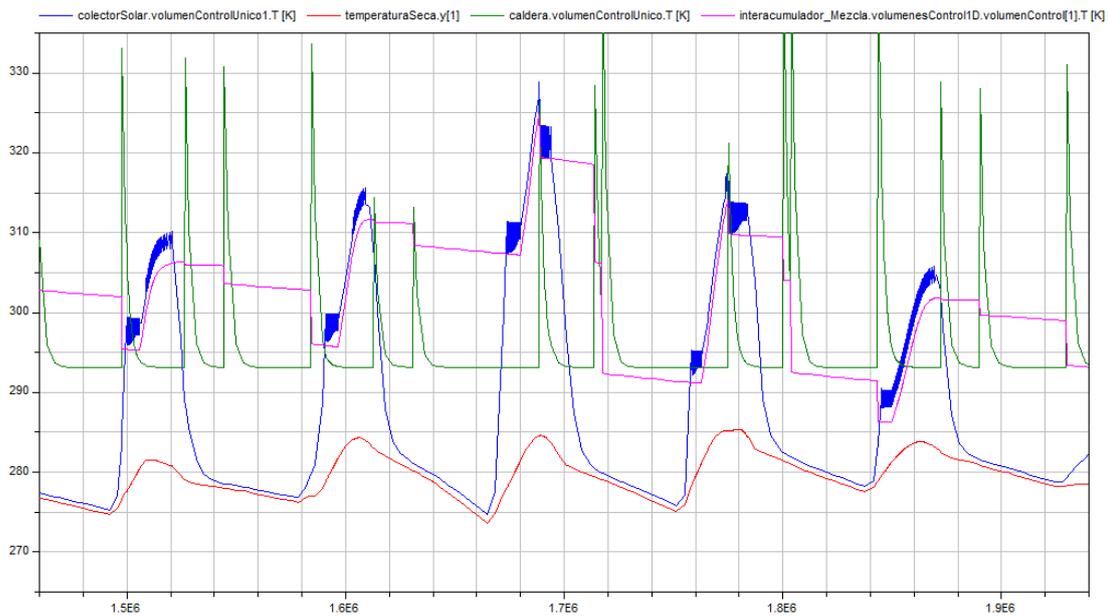


Figura 6.8. Distribución temporal de temperaturas de diversos elementos de la instalación para una determinada simulación.

### ***Rendimiento estacional del sistema***

Como ejemplo de aplicación se ha realizado la simulación del modelo de instalación solar térmica durante un determinado periodo de tiempo. En este sentido cabe destacar que Dymola permite comenzar las simulaciones en determinados periodos de tiempo, pudiendo simular días, semanas o meses a lo largo del año sin tener que simular todo el año. En la Figura 6.9 se puede observar cómo evoluciona este aspecto fundamental de la instalación a lo largo de varios días.

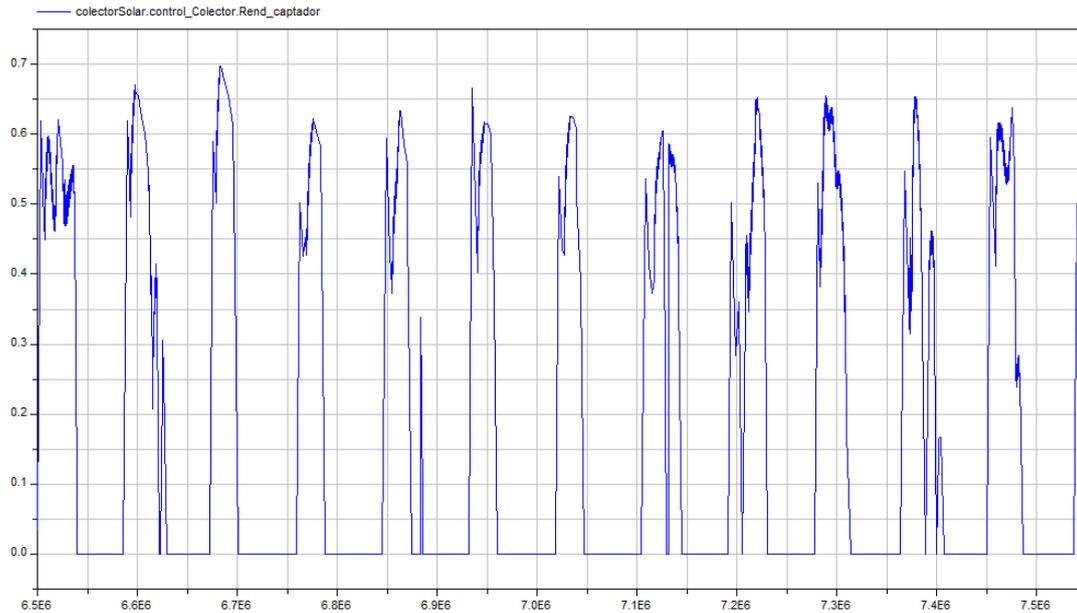


Figura 6.9. Evolución temporal del rendimiento del captador durante un periodo de tiempo.

La determinación de un rendimiento estacional o durante un periodo de tiempo permite poder comparar distintos tipos de captadores solares y determinará cuál de ellos se adapta mejor a las condiciones específicas de la instalación (climatología, ubicación, etc.). También permite obtener información sobre valores típicos de esta variable de cara a cálculos más generales y rápidos. Por otro lado dispone de una utilidad didáctica pues permite ver cómo evoluciona esta variable a lo largo del día.

### ***Mejora de los parámetros de control***

Otro aspecto a destacar dentro de las aplicaciones de las simulaciones sería establecer las estrategias de control adecuadas. Como ejemplo se plantea simular el modelo para las mismas condiciones de contorno pero variando los parámetros de control de la centralita solar. Se pretende determinar qué parámetros son los más adecuados para unas determinadas condiciones climáticas o perfiles de demanda. Esto requiere realizar varias simulaciones y luego tratar y analizar los datos en conjunto. En este sentido se puede destacar que es posible lanzar distintas simulaciones y parametrizables mediante interfaces de comunicación con el entorno de modelado. Este es un punto de gran interés para la operatividad de la aplicación y se pretende estudiarlo en profundidad de cara a futuros trabajos.

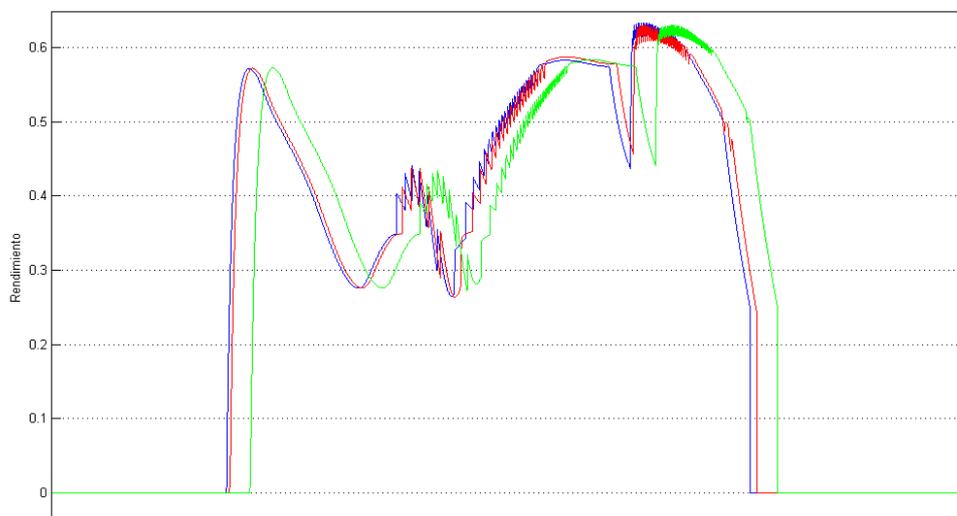


Figura 6.10. Curvas de rendimiento para distintos parámetros de control.

En la Figura 6.10 se muestra cómo varían las distintas curvas de rendimiento en función de los parámetros de configuración del controlador solar. En la Tabla 6.2 se indican los valores medios diarios de rendimiento del captador para una determinada semana de mayo. Se puede observar que el rendimiento medio en un día varía en función del parámetro configurados, aunque en general las variaciones no son significativas a lo largo de toda la semana.

Tabla 6.2. Tabla resumen rendimientos medios para distintas configuraciones de la centralita solar.

| Día \ Rend. medio | $\Delta T_{ON}-\Delta T_{OFF}$<br>4-1 (azul) | $\Delta T_{ON}-\Delta T_{OFF}$<br>6-2 (rojo) | $\Delta T_{ON}-\Delta T_{OFF}$<br>4-2 (verde) |
|-------------------|--|--|---|
| Lunes             | 53,13%                                       | 52,91%                                       | 53,04%  |
| Martes            | 49,97%                                       | 50,12%                                       | 50,17%  |
| Miércoles         | 51,13%                                       | 51,02%                                       | 51,21%  |
| Jueves            | 44,33%                                       | 43,88%                                       | 44,15%  |
| Viernes           | 42,11%                                       | 41,74%                                       | 41,97%  |
| Sábado            | 46,62%                                       | 46,63%                                       | 46,72%  |
| Domingo           | 50,97%                                       | 49,81%                                       | 50,67%  |
| <b>Semana</b>     | <b>47,82%</b>                                | <b>47,45%</b>                                | <b>47,72%</b>                                 |

Como conclusión inicial se puede obtener que la modificación de los parámetros de control en un rango común de utilización, no implican una mayor eficiencia significativa en el funcionamiento de la instalación. Se podría profundizar muchos más en estos aspectos pues se podrían analizar estos hechos para distintos perfiles de consumo o para distintas climatologías y tratar de correlacionar estos datos. Estas tareas quedarían fuera del alcance inicial del trabajo pues éste se centra en el modelado y simulación.

## 6.6. Conclusiones

Como conclusión a este capítulo se destacan los aspectos relacionados con la determinación de las condiciones de contorno y las posibles aplicaciones de la librería en el estudio de las instalaciones solares térmicas.

Establecer las condiciones de contorno para una simulación de estas características requiere de una labor importante de búsqueda de información y tratamiento adecuado de los datos. Se dispone de muchas fuentes de información sobre todo relacionadas con la legislación y normativa. La problemática fundamental de utilizar dichas fuentes está en su tratamiento adecuado para que la simulación dinámica reproduzca correctamente las condiciones. Esto es debido a que en muchos casos se dispone de información estadística de un determinado periodo, que no representará lo que pasa en un instante determinado de cara a una simulación dinámica.

Por otro lado se han realizado varias simulaciones del modelo de instalación solar térmica doméstica para determinados periodos temporales a lo largo del año. Una vez definidas las condiciones de contorno correspondientes y simulado el modelo se parte de los datos obtenidos en la simulación para utilizarlos con diferentes objetivos. La determinación del rendimiento medio del captador bajo ciertas condiciones de contorno es una aplicación que permite determinar el comportamiento del mismo. Además se ha podido observar cómo varía el funcionamiento del captador al cambiarle los parámetros de control. Estos estudios nos dan una idea de la potencial aplicación de estas técnicas para el estudio de instalaciones térmicas.

# 7

## Conclusiones y trabajos futuros

### 7.1. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes que se extrapolan del trabajo realizado son las siguientes:

- Existen diferentes herramientas para el estudio del comportamiento de instalaciones solares térmicas a lo largo de un periodo de tiempo. Muchas de las herramientas ampliamente utilizadas presentan una serie de desventajas que hacen que su aplicación sea limitada en muchos sentidos. La simulación dinámica como herramienta de diseño y evaluación es menos utilizada pero dispone de una aplicación potencial mucho mayor.
- Entre todas las herramientas de simulación dinámica se ha destacado el lenguaje Modelica. Este lenguaje permite realizar modelos de sistemas físicos de forma acausal simplificando el proceso de desarrollo en gran medida. También está orientado a objetos lo que permite un alto grado de reutilización de modelos. El lenguaje en conjunción con un entorno de modelado permite generar librerías de modelos de forma estructurada y con gran versatilidad. Este hecho se refleja en el gran número de librerías de distintos ámbitos disponibles en muchos casos de forma libre y gratuita.

- Como comienzo del proceso de implementación de modelos de equipos reales es imprescindible estudiar su comportamiento físico y los fenómenos asociados a este comportamiento. En general se dispone de gran cantidad de información sobre equipos térmicos destacando además toda la documentación publicada por fabricantes y distribuidores. El modelo de cada equipo se regirá por una serie de ecuaciones matemáticas e hipótesis que conformarán su comportamiento de cara a una simulación. Teniendo en cuenta todos estos aspectos se ha estudiado toda la información de los equipos que pueden configurar una instalación solar térmica y se ha plasmado este estudio en el capítulo correspondiente.
- Todos los modelos desarrollados han sido agrupados en una librería llamada Soltermica. Los distintos equipos se han estructurado en paquetes correspondientes a familias y se han incorporado otros paquetes que incluyen modelos de menor nivel como fenómenos de transferencia de calor o de mayor nivel como las propias instalaciones como conjunto organizado de equipos.
- Además del propio modelo del equipo cada paquete incluye ejemplos de funcionamiento que simulan situaciones experimentales con el fin de validar el comportamiento del mismo. También se han incluido un conjunto de clases *record* donde se especifican las características de los equipos comerciales.
- El desarrollo de cada uno de los modelos ha seguido un proceso desde su implementación inicial hasta la validación del mismo. La implementación inicial de los modelos es seguida por una serie de simulaciones experimentales para comprobar su comportamiento esperado. Posteriormente y una vez el comportamiento del modelos bajo determinadas condiciones es adecuado se ha trata de racionalizar en mayor grado el modelo. En esta fase se identifican aquellos aspectos potencialmente reutilizables en otros modelos o a reutilizar en el mismo. Finalmente se encapsulan los aspectos paramétricos de

los modelos generando una biblioteca de equipos comerciales que facilitan un modelado más rápido y eficiente.

- Entre los aspectos destacables en la racionalización del modelo se encuentra el proceso de discretización espacial del mismo. Los modelos formados estructuras regulares de elementos permiten planteamientos más flexibles a la hora de modelar fenómenos complejos. Varios de los equipos han sido discretizados espacialmente pudiendo determinar el grado de segmentación en función de las necesidades de la simulación.
- Se han aplicado los diferentes modelos de equipos desarrollados para modelar y simular instalaciones solares térmicas en un ámbito doméstico. Con el objeto de ganar mayor fidelidad en las simulaciones y aprovechar las características propias de la simulación dinámica se han estudiado las condiciones de contorno más relevantes. Estas condiciones de contorno se han obtenido de diferentes fuentes de información que van desde la normativa y legislación hasta estudios propios. Los datos obtenidos han sido tratados para su introducción adecuada en el modelo.
- Se ha aplicado la técnica de simulación dinámica al estudio del comportamiento de sistemas solares térmicos durante un periodo de tiempo determinado. Se ha obtenido la distribución temporal del rendimiento del captador a lo largo de una semana, pudiendo comprobar el adecuado funcionamiento del equipo en ese periodo. Por otro lado se han comparado los rendimientos obtenidos por la instalación solar variando los parámetros de los equipos de control. Como conclusión final en este aspecto se observa que la variación de los parámetros configurables en la centralita afectan de poco significativa al rendimiento. Estos ejemplos dan una idea inicial del potencial que puede ofrecer la herramienta seleccionada.

Como conclusión final se considera que el planteamiento del problema inicial ha resultado excesivamente complejo por varios motivos. El gran número

de elementos a modelar en una instalación solar térmica o la complejidad en los fenómenos implicados como en caso de la estratificación son algunos de los numerosos aspectos solventados durante el desarrollo. Esto se ha traducido en un trabajo amplio que incorpora varios ámbitos de la técnica aunque se ha enfatizando el uso de las capacidades del lenguaje Modelica.

## 7.2. Trabajos futuros

Derivado del trabajo realizado y sus conclusiones se plantean a continuación una serie de líneas de trabajo futuro:

- Modelar nuevas configuraciones de sistemas solares térmicos en distintos ámbitos como comunidades de vecinos, hoteles u otros ámbitos dónde se pueda utilizar la energía solar térmica para generar agua caliente.
- Incluir en los modelos variables que permitan estudiar su comportamiento a lo largo de determinados periodos de tiempo. En este sentido también se pretende aumentar la legibilidad en el código generado y en la propia estructura general de la librería.
- Modelar nuevos equipos y fenómenos físicos que permitan mejorar aspectos no modelados y la fidelidad de las simulaciones. La evaluación de pérdidas de distribución y acumulación, los fenómenos de dilatación o los cambios de fase de los fluidos pueden ser algunos aspectos a trabajar en esta línea.
- Gestionar el desarrollo de la librería actualizándola de manera regular.
- Impulsar el uso de la librería para su aplicación en el ámbito de la eficiencia energética (estudios viabilidad, etc.) o en el ámbito didáctico (simuladores de equipos, etc.).

Como se puede observar el recorrido del trabajo puede ser mucho más amplio que un proyecto de carácter meramente académico. La intención general es seguir con el desarrollo de la librería y aplicarla a casos de estudio reales.

# Lista de referencias y bibliografía

- AiguaSol. (2014). *Sitio web AiguaSol*. Obtenido de <http://aiguasol.coop/>
- ATECYR. (2008). *Procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios*. IDAE. Obtenido de [www.idae.es](http://www.idae.es)
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. WILEY.
- GRUNDFOS. (2014). Sitio web del fabricante de equipamiento Grundfos. Obtenido de [es.grundfos.com/](http://es.grundfos.com/)
- IDAE. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Obtenido de <http://www.idae.es>
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). *Introduction to Heat Transfer*. Wiley.
- Klein, S. A., Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (1976). TRNSYS: A transient simulation program. (82), 623-633.
- Klein, S. A., Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (1977). *Solar Heating Design By the F-Chart Method*. WILEY.
- LAPESA. (2014). *Sitio web de la empresa LAPESA*. Obtenido de <http://www.lapesa.es>
- Ljubijankic, M., Löffler, M., Nytsch-Geusen, C., & Rädler, J. (2011). Numerical coupling of Modelica and CFD for building energy supply systems. Dresden, Alemania.
- M. CONDE ENGINEERING. (2011). Thermophysical properties of brines. Models. Zurich. Obtenido de <http://www.mrc-eng.com/>
- Mattsson, S. E. (1997). On modeling of heat exchangers in Modelica. *9th European Simulation Symposium*. Passau, Alemania.
- Ministerio de Fomento. (2007). *Código Técnico de la Edificación*. Legislación española relativa a instalaciones. Obtenido de [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- Modelica Association. (2014). *Sitio web de Modelica Association*. Obtenido de <https://www.modelica.org>
- Nytsch-Geusen, C. (2014). BuildingSystems. Alemania. Obtenido de <http://www.modelica-buildingsystems.de>
- Otter, M., & Casella, F. (2009). Overview and Rationale for Modelica Stream Connectors. Obtenido de <https://svn.modelica.org/>
- SALVADOR ESCODA. (2014). Sitio web Salvador Escoda. Obtenido de <http://www.salvadorescoda.com/>
- Urquía Moraleda, A., & Martín Villalba, C. (2011). *Modelado orientado a objetos y simulación de sistemas físicos*. Madrid: Dpto. Informática y Automática, ETS Ingeniería Informática, UNED.

*Lista de referencias y bibliografía*

- Viti, A. (1996). *DTIE 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios*. (ATECYR, Ed.) Madrid, España.
- Wetter, M. (2014). Modelica Buildings Library website. USA. Recuperado el 2 de 5 de 2014, de <http://simulationresearch.lbl.gov/modelica>
- White, F. M. (2003). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill.

# Listado siglas, abreviaturas y acrónimos

|        |  |
|--------|--|
| ACS    | Agua Caliente Sanitaria                                      |
| OM     | OpenModelica   |
| IAM    | Incidence Angle Modifier                                     |
| PFM    | Proyecto de Fin de Máster                                    |
| TRNSYS | TRaNsient SYstems Simulation                                 |
| IDAE   | Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético     |
| ATECYR | Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración |
| OSMC   | Open Source Modelica Consortium                              |
| DAE    | Differential Algebraic Equation                              |
| MSL    | Modelica Standard Library                                    |
| UNED   | Universidad Nacional de Educación a Distancia                |
| LMTD   | Logarithm Mean Temperature Difference                        |
| CFD    | Computer Fluid Dynamics                                      |
| DIA    | Departamento de Informática y Automática                     |
| PCI    | Poder Calorífico Inferior                                    |
| PCS    | Poder Calorífico Superior                                    |
| UNE-EN | Una Norma Española – European Norm                           |
| CTE    | Código Técnico de la Edificación                             |
| DoE    | Department of Energy   |
| SI     | Sistema Internacional  |
| MATLAB | MATrix LABoratory  |



# Tablas de símbolos

| <i>Símbolo</i>   | <i>Descripción</i>                                     | <i>Unidades</i>               |
|------------------|--|-------------------------------|
| $z$              | Cota o altura media del fluido                         | m                             |
| $v$              | Velocidad del fluido                                   | $m \cdot s^{-1}$              |
| $\rho$           | Densidad del fluido                                    | $kg \cdot m^3$                |
| $P$              | Presión  | Pa                            |
| $g$              | Fuerza de la gravedad                                  | $m \cdot s^{-2}$              |
| $\dot{V}$        | Caudal volumétrico circulante                          | $m^3 \cdot s^{-1}$            |
| $A$              | Sección transversal de la conducción                   | $m^2$                         |
| $dP$             | Caída de Presión                                       | Pa                            |
| $\Delta P_{CIR}$ | Aumento presión generada por el circulador             | Pa                            |
| $\eta_{CIR}$     | Rendimiento circulador                                 |                               |
| $P_{ELEC}$       | Potencia eléctrica consumida                           | W                             |
| $\eta_{CAP}$     | Rendimiento del captador solar                         |                               |
| $\eta_0$         | Rendimiento óptico del captador solar                  |                               |
| $a_{1CAP}$       | Coefficiente primario de pérdidas del captador solar   | $W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$ |
| $a_{2CAP}$       | Coefficiente secundario de pérdidas del captador solar | $W \cdot K^{-2} \cdot m^{-2}$ |
| $T_m$            | Temperatura media del captador solar                   | K                             |
| $T_a$            | Temperatura ambiente                                   | K                             |
| $G$              | Irradiación solar incidente en el captador             | $W \cdot m^{-2}$              |
| $\theta$         | Ángulo de incidencia                                   | °                             |
| $K_{\theta b}$   | Modificador del ángulo de incidencia                   | -                             |
| $b_0$            | Coefficiente del modificador del ángulo de incidencia  | -                             |

|                     |  |                                      |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| $\dot{Q}_{INT}$     | Calor intercambiado por los fluidos del intercambiador       | W                                    |
| $\dot{m}$           | Caudal másico  | Kg·s <sup>-1</sup>                   |
| $c_p$               | Calor específico del correspondiente flujo                   | kJ·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> |
| $T_{INT IN}$        | Temperatura de entrada del fluido en el lado correspondiente | K                                    |
| $T_{INT OUT}$       | Temperatura de salida del fluido en el lado correspondiente  | K                                    |
| $A_{INT}$           | Área efectiva del intercambiador                             | m <sup>2</sup>                       |
| $U_{INT}$           | Coeficiente global de transmisión de calor                   | W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup>   |
| $\varepsilon_{INT}$ | Eficiencia del intercambiador                                | -                                    |
| $\dot{Q}_{MÁX}$     | Flujo calor máximo intercambiable                            | W                                    |
| $\eta_{CALD}$       | Rendimiento instantáneo caldera                              | -                                    |
| $PC_{COMB}$         | Poder calorífico del combustible                             | kJ·kg <sup>-1</sup>                  |
| $\dot{V}_{VALV}$    | Caudal volumétrico circulante por la válvula                 | m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>      |
| $K_V$               | Coeficiente de caudal de la válvula                          | -                                    |
| $\Delta P_{VALV}$   | Caída de presión en la válvula                               | Pa                                   |
| $\gamma$            | Peso específico del fluido de referencia                     | N·m <sup>-3</sup>                    |

# **A Documentación técnico-comercial equipos**

En este apéndice se incluye parte de la documentación relativa a equipos térmicos que se ha utilizado para el desarrollo del trabajo. Se incluyen extractos de catálogos comerciales, manuales técnicos o informes de ensayo de fabricantes y distribuidores de equipos térmicos. En esta documentación podemos extraer no solo las especificaciones propias de los equipos sino que se puede obtener información sobre el propio funcionamiento de los equipos. Se ha considerado adecuado incorporar esta documentación en el apéndice para ilustrar la documentación e información de partida que se ha utilizado para el modelado de los equipos.

**01 ACUMULADORES SOLARES**

**IDROGAS**

• Serie especial "sin serpentín"

| Código    | Artículo          | €        |
|-----------|-------------------|----------|
| CC 01 749 | CV 200 SR         | 927,00   |
| CC 01 750 | CV 300 SR         | 1.097,00 |
| CC 01 751 | CV 500 SR         | 1.575,00 |
| CC 01 752 | CV 750 SR         | 1.994,00 |
| CC 01 753 | CV 1000 SR        | 2.279,00 |
| CC 01 754 | CV 800 SR DN400   | 2.303,00 |
| CC 01 755 | CV 1000 SR DN 400 | 2.587,00 |



Depósito para acumulación de agua caliente sanitaria (y/o agua fría), con capacidades desde 200 hasta 1000 litros. **Fabricado en acero vitrificado S/DIN 4753.** Preparado para la producción de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de placas y/o resistencias eléctricas de calentamiento. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC.

En los modelos de 800 y 1000 litros las conexiones de salida de agua caliente y recirculación se sitúan en el lateral del depósito para facilitar así la instalación.

Su diseño permite desmontar el aislante térmico en los laterales facilitando así su paso en entradas con dimensiones reducidas.

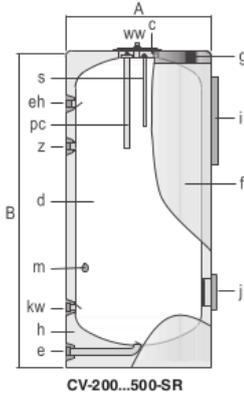
Todos los modelos incorporan termómetro para el A.C.S. situado en el panel de control.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

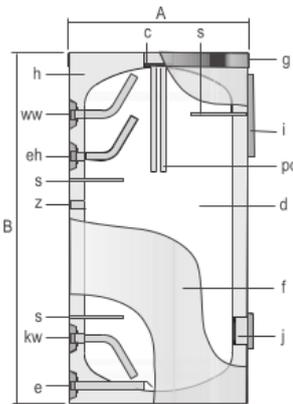
| Modelo                              | CV 200 SR | CV 300 SR | CV 500 SR | CV 750 SR | CV 1000 SR |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Capacidad de A.C.S. l               | 200       | 300       | 480       | 795       | 995        |
| Temp. máx. depósito de A.C.S. °C    | 90        | 90        | 90        | 90        | 90         |
| Presión máx. depósito de A.C.S. bar | 8         | 8         | 8         | 8         | 8          |
| Peso en vacío (aprox.) Kg           | 70        | 90        | 130       | 170       | 200        |
| <b>Dimensiones</b>                  |           |           |           |           |            |
| cota A mm                           | 620       | 620       | 770       | 950       | 950        |
| cota B mm                           | 1205      | 1685      | 1690      | 1840      | 2250       |

• Resistencias de apoyo

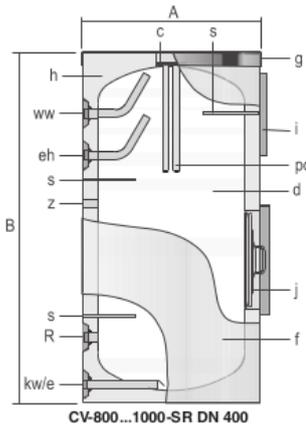
| Código    | Pot. kW | Tipo                     | Modelo depósito (capacidad) |            |            |            |            | Componentes  | €      |
|-----------|---------|--------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--|--------|
|           |         |                          | M1S                         | M1P        | M2P        | SR         | DN 400     |  |        |
| CC 01 711 | 1,5     | Cerámica (boca)          | 80 a 300                    | -          | -          | -          | -          | resistencia, termostato y accesorios               | 76,00  |
| CC 01 781 | 1,5     | Cerámica (boca inferior) | -                           | 150        | -          | -          | -          | resistencia, termostato y accesorios               | 145,00 |
| CC 01 782 | 2,5     | Roscada (1-1/2")         | -                           | 300 a 1000 | 300 a 1000 | -          | 800 a 1000 | resistencia roscada, manguito dielectro y panel TD | 377,00 |
| CC 01 783 | 5       | Roscada (1-1/2")         | -                           | 500 a 1000 | 500 a 1000 | -          | 800 a 1000 | resistencia roscada, manguito dielectro y panel TD | 495,00 |
| CC 01 784 | 2,5     | Boca (bridada)           | -                           | 200 a 1000 | 300 a 1000 | 200 a 1000 | -          | resistencia bridada, junta, accesorios y panel TD  | 445,00 |
| CC 01 785 | 5       | Boca (bridada)           | -                           | 500 a 1000 | 500 a 1000 | 200 a 1000 | -          | resistencia bridada, junta, accesorios y panel TD  | 570,00 |



CV-200...500-SR



CV-750...1000-SR

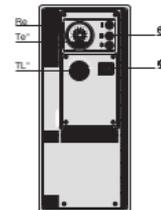


CV-800...1000-SR DN 400

- c boca superior
- d depósito ACS
- f forro externo
- g cubierta
- h aislamiento térmico
- i panel de control
- j boca lateral
- s sonda de sensores
- pc protección catódica
- e desagüe
- kw/e entrada agua fría
- ww salida ACS 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- z recirculación 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- kw avance caldera 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- e desagüe 1"
- 1-1/4" (CV750-1000)
- eh conexión lateral 1-1/4"
- tt medidor de estado del ánodo

**Panel de control**

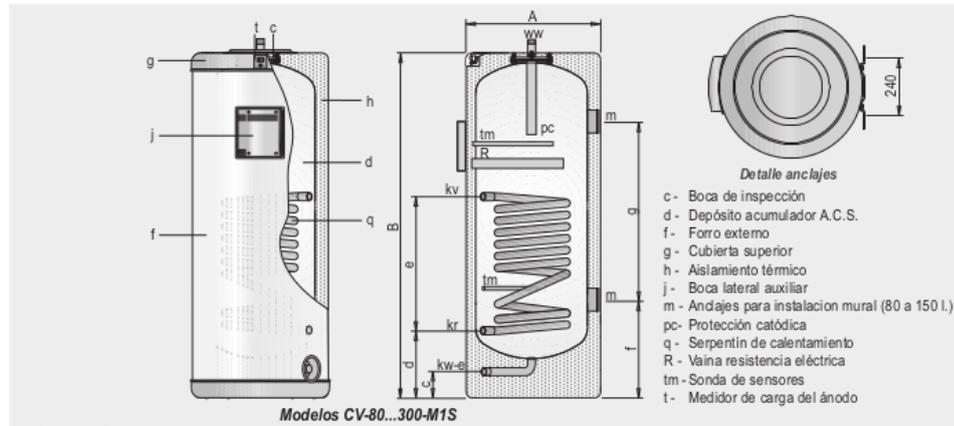
Adecuado para instalaciones donde el propio depósito acumulador ejerce el control sobre la producción de A.C.S. por circuito de caldera (posición ☉) o por calentamiento eléctrico (posición ☀). Para resistencias mayores de 2,5 kW, la resistencia se conectará a un contactor exterior controlado por el Panel de Control.



Depósitos de 80 a 300 litros para energía solar distribuida

**lapesa**

para producción y acumulación de A.C.S.



Modelos CV-80...300-M1S

**Descripción**

Depósitos para producción y acumulación de agua caliente sanitaria con serpentín. Fabricados en **acero vitrificado, s/DIN 4753**.

Capacidades:

-Para instalación mural y vertical sobre suelo: **80, 110 y 150** litros. Incluyen soportes murales.

-Para instalación vertical sobre suelo: **200 y 300** litros.

Incorporan de serie protección catódica con ánodo de magnesio y medidor de carga.

Aislados térmicamente con espuma de PU inyectado en molde, libre de CFC y acabado exterior con forro acolchado desmontable, blanco RAL 9016 y cubiertas en gris RAL 7035.

Además de la vaina superior correspondiente al alojamiento del termostato, todos los modelos van equipados con una segunda vaina en la parte inferior del depósito acumulador, para la utilización de una sonda diferencial, como elemento regulador en combinación con los colectores solares. Las conexiones hidráulicas del depósito acumulador, tanto para el serpentín como para el circuito secundario de ACS, están dispuestas para facilitar al máximo la instalación del depósito dentro de armarios, donde el espacio es especialmente reducido.

**Suministro**

El depósito se suministra completamente acabado, probado y con todos los componentes montados.

El conjunto va embalado en caja de cartón reforzado y flejado a palet de madera no retomable (pág. 65).

**Suministro opcional**

KIT resistencia eléctrica. Compuesto por resistencia eléctrica cerámica, termostato de bulbo rígido omnipolar de regulación y seguridad y el correspondiente cableado y protecciones.

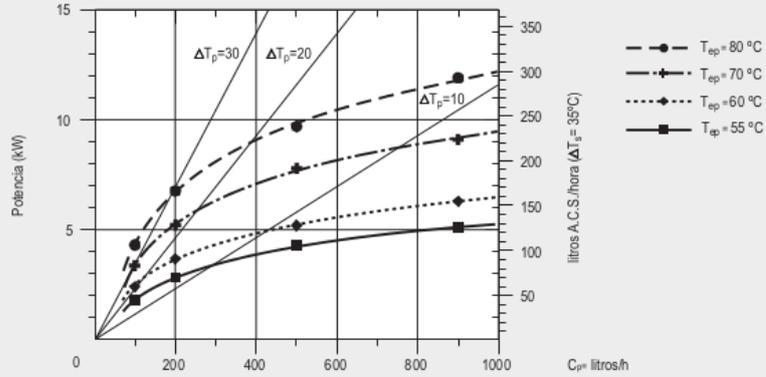
| Dimensiones / Conexiones                            |                | CV-80-M1S | CV-110-M1S | CV-150-M1S | CV-200-M1S | CV-300-M1S |
|---|----------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Capacidad de A.C.S.                                 | litros         | 80        | 110        | 150        | 200        | 300        |
| Temperatura máxima depósito de A.C.S.               | °C             | 90        | 90         | 90         | 90         | 90         |
| Presión máxima depósito de A.C.S.                   | bar            | 8         | 8          | 8          | 8          | 8          |
| Temperatura máxima circuito de calentamiento        | °C             | 200       | 200        | 200        | 200        | 200        |
| Presión máxima circuito de calentamiento            | bar            | 25        | 25         | 25         | 25         | 25         |
| Superficie de intercambio circuito de calentamiento | m <sup>2</sup> | 0.3       | 0.5        | 0.6        | 0.8        | 1.3        |
| Superficie de captador máxima recomendada           | m <sup>2</sup> | 1.5       | 2          | 3          | 4          | 6          |
| Peso en vacío (aprox.)                              | Kg             | 43        | 51         | 65         | 72         | 91         |
| kw-e: Entrada agua fría / desagüe                   | *GAS/M         | 3/4       | 3/4        | 3/4        | 1          | 1          |
| ww: Salida A.C.S.                                   | *GAS/M         | 3/4       | 3/4        | 3/4        | 1          | 1          |
| sv: Avance solar                                    | *GAS/H         | 1/2       | 1/2        | 1/2        | 1/2        | 1/2        |
| sr: Retorno solar                                   | *GAS/H         | 1/2       | 1/2        | 1/2        | 1/2        | 1/2        |
| Cota A: Diámetro exterior                           | mm             | 480       | 480        | 560        | 620        | 620        |
| Cota B: Longitud total                              | mm             | 935       | 1155       | 1265       | 1205       | 1685       |
| Cota c:   | mm             | 110       | 110        | 120        | 85         | 85         |
| Cota d:   | mm             | 325       | 325        | 350        | 325        | 325        |
| Cota e:   | mm             | 280       | 400        | 440        | 480        | 720        |
| Cota f: (+/-5)                                      | mm             | 350       | 350        | 370        | -          | -          |
| Cota g: (+/-5)                                      | mm             | 365       | 585        | 735        | -          | -          |

Curvas características

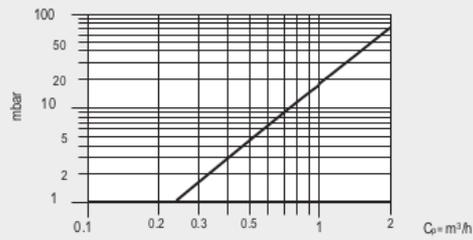
lapesa

Modelos: CV-80-M1S

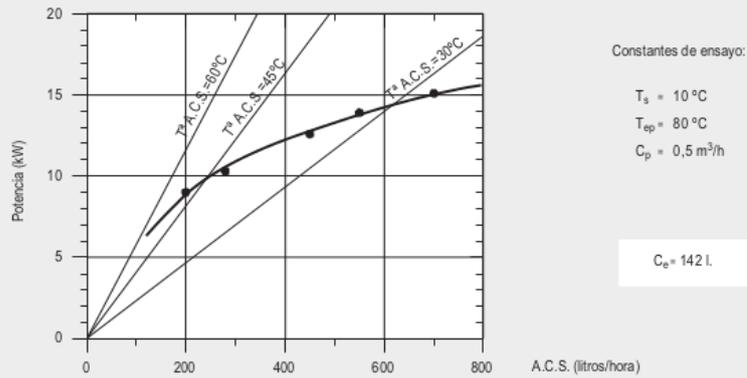
Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. 10°C → 45°C.



Pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida de circuito primario para diferentes caudales de circulación.



Curvas de producción continua de A.C.S. a diferentes temperaturas y caudal del circuito primario predeterminado para  $\Delta T_p = 20^\circ\text{C}$  y  $\Delta T_s = 30^\circ\text{C}$ .



## NOVANOX PLATINUM

### Completamente adaptada a cualquier tipo de instalación



Modelos de calefacción y agua caliente instantánea y modelos de sólo calefacción con servicio de agua caliente por acumulación exterior opcional.

Amplio campo de modulación: Mayor eficiencia y más silenciosa.

Cuadro de control extraíble con display LCD y funciones de termostato de ambiente programable con regulación climática de calefacción y agua caliente sanitaria.

Preparada para trabajar como apoyo en sistemas solares de agua caliente sanitaria.

Ventilador modulante.

Intercambiador monotérmico de acero inoxidable AISI 316L: Mayor fiabilidad y larga vida útil.

Alto rendimiento \*\*\*\* (Directiva 92/42/CEE).

Ecológica: Clase 5 de NOx.

#### Termorregulación

\_Cuadro de control extraíble, con sonda de ambiente y programador para calefacción y ACS.

\_Con sonda exterior opcional conectada, gestión electrónica de la curva climática de la instalación.

#### Principales componentes hidráulicos

\_Válvula de tres vías eléctrica.

\_Quemador de premezcla en acero inox AISI 316L.

\_Intercambiador agua/humos en acero inox AISI 316L, con revestimiento externo en composite.

\_Intercambiador sanitario en acero inox AISI 316L, sobredimensionado para poder condensar en funcionamiento de ACS.

\_By-pass automático.

\_Circulador de bajo consumo y velocidad regulable, con purgador automático incorporado.

\_Sistema antibloqueo del circulador y la válvula de tres vías.

#### Sistemas de control y seguridades

\_Termostato sobretemperatura en el intercambiador de agua/humos.

\_Presostato hidráulico de bloqueo por falta de agua.

\_Sonda NTC de sobretemperatura de humos.

\_Control de temperaturas mediante sondas NTC.

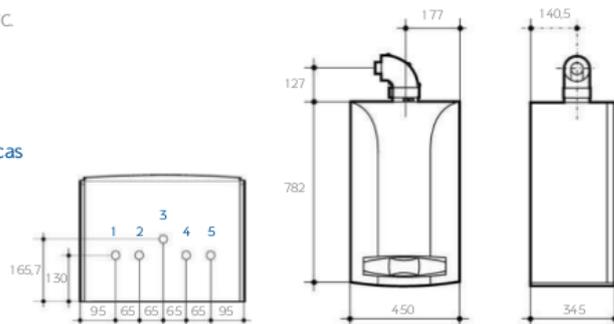
\_Dispositivo antihielo total.

\_Termostato electrónico.

\_Manómetro circuito calefacción.

#### Dimensiones y conexiones hidráulicas

1. Ida Calefacción 3/4"
2. Salida A.C.S. 1/2" (en mixtas instantáneas)  
Ida acumulador 3/4" (en mixtas acumulación)
3. Conexión gas 3/4"
4. Entrada agua de red 1/2"
5. Retorno Calefacción 3/4"



| Principales características técnicas                   | Calefacción y Agua Caliente Instantánea |         |        | Calefacción o Calefacción y Agua Caliente por acumulación (1) |       |        |
|--|---|---------|--------|---|-------|--------|
|  | NOVANOX PLATINUM                        | 24/24F  | 28/28F | 35/35F  | 24AF  | 28AF   |
| Potencia térmica nominal sanitaria                     | kW                                      | 24      | 28     | 35  | -     | -      |
| Potencia térmica nominal calefacción 80/60°C           | kW                                      | 20      | 24     | 28  | 24    | 28     |
| Potencia térmica nominal calefacción 50/30°C           | kW                                      | 21,6    | 25,9   | 30,5  | 25,9  | 30,5   |
| Potencia térmica reducida calefacción 80/60°C          | kW                                      | 4       | 4,8    | 5,6   | 4,8   | 5,6    |
| Potencia térmica reducida calefacción 50/30°C          | kW                                      | 4,3     | 5,1    | 6,1   | 5,1   | 6,1    |
| Rendimiento energético (Directiva 92/42/CEE)           |   | ****    |        |   |       |        |
| Rendimiento medio (DIN 4702-18)                        | %                                       | 109,8   |        |   |       |        |
| Rendimiento nominal 80/60°C                            | %                                       | 97,6    |        |   |       |        |
| Rendimiento nominal 50/30°C                            | %                                       | 105,1   | 105    | 105   | 105,1 | 105    |
| Rendimiento a 30%                                      | %                                       | 107,5   | 107,5  | 107,3   | 107,5 | 107,3  |
| Clase de NOx (EN 483)                                  |   | 5       |        |   |       |        |
| Temperatura mínima de funcionamiento                   | °C                                      | -5      |        |   |       |        |
| Capacidad vaso de expansión / presión                  | l/bar                                   | 8/0,5   | 8/0,5  | 10/0,5  | 8/0,5 | 10/0,5 |
| Regulación temperatura a circuito calefacción          | °C                                      | 20/90   |        |   |       |        |
| Regulación temperatura a circuito sanitario            | °C                                      | 35/60   |        |   |       |        |
| Producción agua caliente sanitaria $\Delta T$ 25°C (2) | l/min                                   | 13,8    | 16,1   | 18,9  | -     | -      |
| Caudal mínimo del agua sanitaria                       | l/min                                   | 2       |        |   |       |        |
| Presión mínima agua circuito sanitario                 | bar                                     | 0,15    |        |   |       |        |
| Presión máxima agua circuito calefacción               | bar                                     | 3       |        |   |       |        |
| Presión máxima agua circuito sanitario                 | bar                                     | 8       |        |   |       |        |
| Peso neto aproximado                                   | kg                                      | 44,5    | 45,5   | 46,5  | 45    | 46     |
| Tensión / frecuencia de alimentación eléctrica         | V/Hz                                    | 230/50  |        |   |       |        |
| Tipo de protección eléctrica                           |   | IP X 5D |        |   |       |        |

(1) Agua Caliente por acumulación mediante un acumulador exterior y opcional.  
(2) Sin limitador de caudal.

Fagor Electrodomésticos, S.Coop.



**Ficha Técnica Intercambiador de Placas IP-120**



|                                    |          |                      | Lado Caliente            | Lado Frio    |
|------------------------------------|----------|----------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Fluido</b>                      |          |                      | <b>30.0% Prop.glycol</b> | <b>Water</b> |
| Caudal volumétrico                 |          | m <sup>3</sup> /h    | 5.590                    | 5.327        |
| Temperatura                        | Entrada  | °C                   | 75.0                     | 50.0         |
|                                    | Salida   | °C                   | 59.0                     | 66.0         |
| Pérdida de carga                   |          | kPa                  | 14.7                     | 16.0         |
| Dirección relativa de los fluidos  |          |                      | Contracorriente          |              |
| Calor intercambiado                |          | kW                   | 97.52                    |              |
| L.M.T.D.                           |          | K                    | 9.0                      |              |
| C.G.T.C. - Limpio                  |          | W/(m <sup>2</sup> K) | 5018                     |              |
|                                    | Servicio | W/(m <sup>2</sup> K) | 4443                     |              |
| Area efectiva                      |          | m <sup>2</sup>       | 2.4                      |              |
| Número de placas                   |          |                      | 50                       |              |
| Material de placas                 |          |                      | AISI 316                 |              |
| Tipo de juntas                     |          |                      | COPPER FOIL              | COPPER FOIL  |
| Tipo de conexiones                 |          |                      | DIN                      |              |
| Material de conexiones             |          |                      |                          | 25-1"-45     |
| Dimensión de conexiones            |          | mm                   | 32                       | 25           |
| Conexionado (Entrada --> Salida)   |          |                      | S1 -> S2                 | S4 <- S3     |
| Código de recipientes a presión    |          |                      | PED                      |              |
| Presión de diseño                  |          | barg                 | 16.0                     | 16.0         |
| Presión de prueba                  |          | barg                 | 20.8                     | 20.8         |
| Volumen de líquido                 |          | dm <sup>3</sup>      | 2.3                      | 2.3          |
| Temperatura de diseño              |          | °C                   | 75.0/55.0                | 70.0/50.0    |
| Dimensiones (Largo / Ancho / Alto) |          | mm                   | 175 x 111 x 526          |              |
| Peso vacío                         |          | kg                   | 13.4                     |              |



Fagor Electrodomésticos, S.Coop.

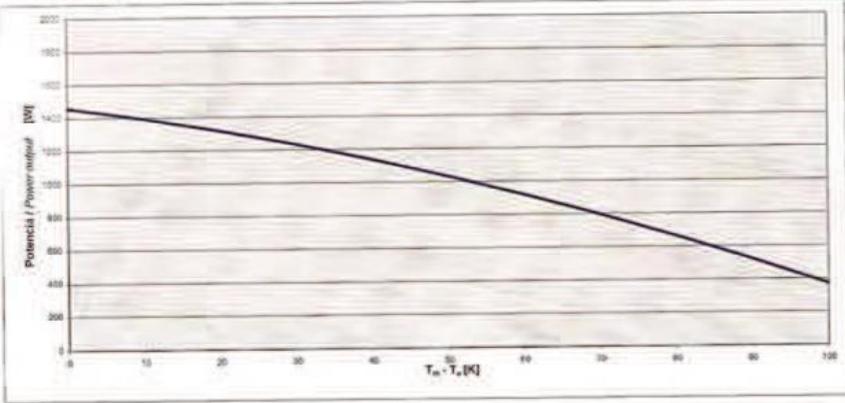


**Ficha Técnica Intercambiador de Placas IP-50**



|                                    |                      | Lado Caliente            | Lado Frío    |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Fluido</b>                      |                      | <b>30.0% Prop.glycol</b> | <b>Water</b> |
| Caudal volumétrico                 | m <sup>3</sup> /h    | 2.540                    | 2.421        |
| Temperatura                        | Entrada              | 75.0                     | 50.0         |
|                                    | Salida               | 59.0                     | 66.0         |
| Pérdida de carga                   | kPa                  | 16.9                     | 18.6         |
| Dirección relativa de los fluidos  |                      | Contracorriente          |              |
| Calor intercambiado                | kW                   | 44.31                    |              |
| L.M.T.D.                           | K                    | 9.0                      |              |
| C.G.T.C. - Limpio                  | W/(m <sup>2</sup> K) | 5427                     |              |
|                                    | Servicio             | 5373                     |              |
| Area efectiva                      | m <sup>2</sup>       | 0.9                      |              |
| Número de placas                   |                      | 20                       |              |
| Material de placas                 |                      | AISI 316                 |              |
| Tipo de juntas                     |                      | COPPER FOIL              | COPPER FOIL  |
| Tipo de conexiones                 |                      | DIN                      |              |
| Material de conexiones             |                      |                          | 25-1"-45     |
| Dimensión de conexiones            | mm                   | 32                       | 25           |
| Conexionado (Entrada --> Salida)   |                      | S1 -> S2                 | S4 <- S3     |
| Código de recipientes a presión    |                      | PED                      |              |
| Presión de diseño                  | barg                 | 16.0                     | 16.0         |
| Presión de prueba                  | barg                 | 20.8                     | 20.8         |
| Volumen de líquido                 | dm <sup>3</sup>      | 0.9                      | 0.8          |
| Temperatura de diseño              | °C                   | 75.0/55.0                | 70.0/50.0    |
| Dimensiones (Largo / Ancho / Alto) | mm                   | 103 x 111 x 526          |              |
| Peso vacío                         | kg                   | 6.50                     |              |



|   | <b>INFORME DE ENSAYO</b><br><b>TEST REPORT</b>  | <b>LABORATORIO DE CAPTADORES SOLARES</b><br><b>SOLAR COLLECTORS LABORATORY</b>                         |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
|--|---|--|---|---|--|-----------------------|----|-----|-----|------|----|-----|-----|------|----|-----|-----|------|
| <p><b>3. Resultados del ensayo / Test results</b></p> <p>El rendimiento térmico ha sido ensayado sobre la base de los métodos :<br/> <i>Thermal performance has been tested based on test methods :</i></p>  |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><input type="checkbox"/> 6.1. Exterior – Método de estado estacionario / <i>Outdoor - Steady State Method</i></td> <td style="width: 33%;"><input checked="" type="checkbox"/> 6.1. Interior – Método de estado estacionario / <i>Indoor - Steady State Method</i></td> <td style="width: 33%;"><input type="checkbox"/> 6.3. Exterior – Método cuasi-dinámico / <i>Outdoor - Quasi-dynamic Method</i></td> </tr> </table> |   |  | <input type="checkbox"/> 6.1. Exterior – Método de estado estacionario / <i>Outdoor - Steady State Method</i> | <input checked="" type="checkbox"/> 6.1. Interior – Método de estado estacionario / <i>Indoor - Steady State Method</i> | <input type="checkbox"/> 6.3. Exterior – Método cuasi-dinámico / <i>Outdoor - Quasi-dynamic Method</i> |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <input type="checkbox"/> 6.1. Exterior – Método de estado estacionario / <i>Outdoor - Steady State Method</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> 6.1. Interior – Método de estado estacionario / <i>Indoor - Steady State Method</i> | <input type="checkbox"/> 6.3. Exterior – Método cuasi-dinámico / <i>Outdoor - Quasi-dynamic Method</i> |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Irradiancia solar media / <i>Mean solar irradiance :</i> <span style="float: right;">883 W/m<sup>2</sup></span></p>   |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Tipo de lámparas / <i>Type of the lamps :</i> HMP</p>   |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Sombreado de la radiación de alta longitud de onda / <i>Shading of longwave radiation :</i></p>   |   | Si / <i>yes</i>  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Orientación de los tubos del absorbedor durante el ensayo (horizontal o vertical):<br/> <i>Orientation of absorber tubes during testing (horizontal or vertical):</i></p>   |   | Vertical   |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Potencia pico (G=1000 W/m<sup>2</sup>) por unidad de captador / <i>Peak Power per collector unit (W) : W<sub>pin</sub></i></p>  |   | 1459   |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>Potencia producida por unidad de captador / <i>Power output per collector unit (W)</i></p>  |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">G \ T<sub>m</sub> - T<sub>a</sub> (K)</th> <th>400 W/m<sup>2</sup></th> <th>700 W/m<sup>2</sup></th> <th>1000 W/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>517</td> <td>955</td> <td>1393</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>357</td> <td>794</td> <td>1232</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>158</td> <td>596</td> <td>1033</td> </tr> </tbody> </table>                 |   |  | G \ T <sub>m</sub> - T <sub>a</sub> (K)   | 400 W/m <sup>2</sup>  | 700 W/m <sup>2</sup>   | 1000 W/m <sup>2</sup> | 10 | 517 | 955 | 1393 | 30 | 357 | 794 | 1232 | 50 | 158 | 596 | 1033 |
| G \ T <sub>m</sub> - T <sub>a</sub> (K)  | 400 W/m <sup>2</sup>  | 700 W/m <sup>2</sup>   | 1000 W/m <sup>2</sup>   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| 10   | 517   | 955  | 1393  |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| 30   | 357   | 794  | 1232  |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| 50   | 158   | 596  | 1033  |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p>NOTA : Los valores expresados son para incidencia normal<br/> <i>NOTE : The reported values are for normal incidence</i></p>  |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| <p><b>3.1. Potencia producida por unidad de captador (para G=1000 W/m<sup>2</sup>)</b><br/> <i>Power output per collector unit (for G=1000 W/m<sup>2</sup>)</i></p>  |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
|    |   |  |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |
| Informe / Test report n.º: 30.0240.9-2 Anexo 6   | Fecha de emisión / Date of issue : 07-11-2007   | Página / Page : 7/11   |   |   |  |                       |    |     |     |      |    |     |     |      |    |     |     |      |

|   | <h2 style="margin: 0;">INFORME DE ENSAYO</h2> <h3 style="margin: 0;">TEST REPORT</h3> | <p style="margin: 0; font-size: small;">LABORATORIO DE CAPTADORES SOLARES<br/>SOLAR COLLECTORS LABORATORY</p> |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
|--|---|---|---------------------------|--------------|------------------|------------------|--|------------------|--|----------------------------|------|------|------|------|------|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------|---|--------------------------------|----------|--|----------|---|----------|--------------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| <p><b>3.5 Capacidad Térmica efectiva / Effective thermal capacity</b></p> <p>C = 13624 J/K</p> <p>Determinación por / Determination by:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cálculo / calculation      La capacidad térmica fue calculada según el punto 6.1.6.2 de la norma EN 12975-2<br/><i>Effective thermal capacity was calculated according to 6.1.6.2 of EN 12975-2</i></p> $C = \sum p_i \cdot m_i \cdot c_i$ <p><input type="checkbox"/> Exterior / outdoors</p> <p><input type="checkbox"/> Interior / indoors</p> <p><b>3.6 Modificador del ángulo de incidencia / Incident angle modifier</b></p> <p>Angulo / angle : 50 °</p> <p><math>K_{\theta} (50^{\circ}) = 0,988</math></p> <p><b>3.7 Caída de presión / Pressure drop</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">T° Fluido / Fluid T° (°C)</td> <td colspan="2">20 °C ± 2 °C</td> <td colspan="2">T° max: 20,82 °C</td> <td colspan="2">T° min: 19,70 °C</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Caudal / Flowrate (kg/min)</td> <td>3,70</td> <td>2,90</td> <td>2,10</td> <td>1,40</td> <td>0,60</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Perdida de presión / Pressure drop (mbar)</td> <td>2,9</td> <td>2,3</td> <td>1,7</td> <td>1,1</td> <td>0,5</td> <td>0,0</td> </tr> </table> <p><b>3.8 Fallos observados / Observed failures</b></p> <p>Dense detalles de cualquier fallo denotado como "fallo grave" definido en el apartado 5.3 de la norma EN 12975-1:2006.<br/><i>Give details of any of the failures denoting "major failure", defined in 5.3.1 of EN 12975-1:2006.</i></p> <p><b>No se han observado fallos. El captador cumple los requisitos especificados en la norma EN 12975-2:2006 para los ensayos de rendimiento incluidos en el presente informe.</b><br/><i>No failures has been observed. The collector respect the requirements specified in the norm EN 12975-2:2006 for the thermal performance testing included in this report.</i></p> <p><b>Observaciones / Observations :</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">Ensayos realizados / Tests done</th> <th style="font-size: x-small;">Cumplimiento norma EN 12975 / EN 12975 requirements</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;">Cte. de tiempo / Time constant</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Curva de eficiencia / efficiency curve</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Modificador de ángulo / Incident angle modifier</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Capacidad térmica / Thermal capacity</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Caída de presión / Pressure drop</td> <td>SI / yes</td> </tr> </tbody> </table> <p>- A petición del cliente el ensayo de rendimiento se ha realizado a 400 l/h.</p> |   |   | T° Fluido / Fluid T° (°C) | 20 °C ± 2 °C |                  | T° max: 20,82 °C |  | T° min: 19,70 °C |  | Caudal / Flowrate (kg/min) | 3,70 | 2,90 | 2,10 | 1,40 | 0,60 | 0,00 | Perdida de presión / Pressure drop (mbar) | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,1 | 0,5 | 0,0 | Ensayos realizados / Tests done | Cumplimiento norma EN 12975 / EN 12975 requirements | Cte. de tiempo / Time constant | SI / yes | Curva de eficiencia / efficiency curve | SI / yes | Modificador de ángulo / Incident angle modifier | SI / yes | Capacidad térmica / Thermal capacity | SI / yes | Caída de presión / Pressure drop | SI / yes |
| T° Fluido / Fluid T° (°C)  | 20 °C ± 2 °C  |   | T° max: 20,82 °C          |              | T° min: 19,70 °C |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Caudal / Flowrate (kg/min)   | 3,70  | 2,90  | 2,10                      | 1,40         | 0,60             | 0,00             |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Perdida de presión / Pressure drop (mbar)  | 2,9   | 2,3   | 1,7                       | 1,1          | 0,5              | 0,0              |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Ensayos realizados / Tests done  | Cumplimiento norma EN 12975 / EN 12975 requirements                                   |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Cte. de tiempo / Time constant   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Curva de eficiencia / efficiency curve   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Modificador de ángulo / Incident angle modifier  | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Capacidad térmica / Thermal capacity   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Caída de presión / Pressure drop   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Informe / Test report nº. 30.0240.9-2 Anexo 6  | Fecha de emisión / Date of issue : 07-11-2007   | Página / Page : 10/11   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |                                 |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |

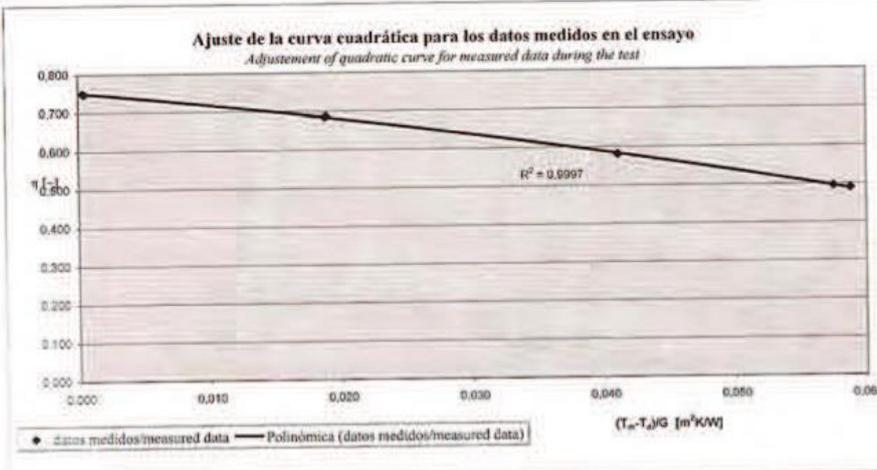
|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <b>INFORME DE ENSAYO</b><br><b>TEST REPORT</b> | LABORATORIO DE CAPTADORES SOLARES<br>SOLAR COLLECTORS LABORATORY |
|---|--|--|

Datos de eficiencia medida / Data of measured efficiency points

| PUNTO POINT | G (w/m <sup>2</sup> ) | CAUDAL MASICO Mdot (kg/min) | T ENTRADA T <sub>in</sub> (°C) | T SALIDA T <sub>out</sub> (°C) | T MEDIA T <sub>m</sub> (°C) | T AIRE CIRCUNDO T <sub>amb</sub> (°C) | T <sub>m</sub> - T <sub>a</sub> / G (K m <sup>2</sup> /W) | η     |
|-------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|-------|
| 1           | 883                   | 6,68                        | 28,79                          | 31,52                          | 30,2                        | 29,9                                  | 0,0003  | 0,750 |
| 2           | 883                   | 6,68                        | 28,81                          | 31,53                          | 30,2                        | 29,8                                  | 0,0005  | 0,748 |
| 3           | 878                   | 6,64                        | 44,68                          | 47,18                          | 45,9                        | 29,4                                  | 0,0189  | 0,687 |
| 4           | 881                   | 6,64                        | 44,69                          | 47,19                          | 45,9                        | 29,3                                  | 0,0188  | 0,684 |
| 5           | 883                   | 6,58                        | 64,50                          | 66,65                          | 65,6                        | 29,3                                  | 0,0411  | 0,582 |
| 6           | 882                   | 6,58                        | 64,50                          | 66,65                          | 65,6                        | 29,3                                  | 0,0411  | 0,581 |
| 7           | 885                   | 6,52                        | 80,36                          | 82,19                          | 81,3                        | 29,2                                  | 0,0588  | 0,490 |
| 8           | 885                   | 6,52                        | 80,35                          | 82,19                          | 81,3                        | 30,4                                  | 0,0575  | 0,494 |

**Ajuste de la curva de eficiencia instantánea basada en el área de apertura y la temperatura media del fluido de transferencia de calor**  
*Adjustment of instantaneous efficiency curve based on aperture area and mean temperature of heat transfer fluid*

**Ajuste de la curva cuadrática para los datos medidos en el ensayo**  
*Adjustment of quadratic curve for measured data during the test*



**3.4 Constante de tiempo / Time constant**

τ<sub>c</sub> = 0:00:42 h:min:ss

|   |   |                      |
|---|---|----------------------|
| Informe / Test report nº: 30.0240.9-2 Anexo 6 | Fecha de emisión / Date of issue : 07-11-2007 | Página / Page : 9/11 |
|---|---|----------------------|

|   | <h2 style="margin: 0;">INFORME DE ENSAYO</h2> <h3 style="margin: 0;">TEST REPORT</h3> | <p style="margin: 0; font-size: small;">LABORATORIO DE CAPTADORES SOLARES<br/>SOLAR COLLECTORS LABORATORY</p> |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
|--|---|---|---------------------------|--------------|------------------|------------------|--|------------------|--|----------------------------|------|------|------|------|------|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|--------------------------------|----------|--|----------|---|----------|--------------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| <p><b>3.5 Capacidad Térmica efectiva / Effective thermal capacity</b></p> <p>C = 13624 J/K</p> <p>Determinación por / Determination by:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cálculo / calculation      La capacidad térmica fue calculada según el punto 6.1.6.2 de la norma EN 12975-2<br/><i>Effective thermal capacity was calculated according to 6.1.6.2 of EN 12975-2</i></p> $C = \sum p_i \cdot m_i \cdot c_i$ <p><input type="checkbox"/> Exterior / outdoors</p> <p><input type="checkbox"/> Interior / indoors</p> <p><b>3.6 Modificador del ángulo de incidencia / Incident angle modifier</b></p> <p>Angulo / angle : 50 °</p> <p><math>K_t(50^\circ) = 0,988</math></p> <p><b>3.7 Caída de presión / Pressure drop</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">T° Fluido / Fluid T° (°C)</td> <td colspan="2">20 °C ± 2 °C</td> <td colspan="2">T° max: 20,82 °C</td> <td colspan="2">T° min: 19,70 °C</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Caudal / Flowrate (kg/min)</td> <td>3,70</td> <td>2,90</td> <td>2,10</td> <td>1,40</td> <td>0,60</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Perdida de presión / Pressure drop (mbar)</td> <td>2,9</td> <td>2,3</td> <td>1,7</td> <td>1,1</td> <td>0,5</td> <td>0,0</td> </tr> </table> <p><b>3.8 Fallos observados / Observed failures</b></p> <p>Dense detalles de cualquier fallo denotado como "fallo grave" definido en el apartado 5.3 de la norma EN 12975-1:2006.<br/><i>Give details of any of the failures denoting "major failure", defined in 5.3.1 of EN 12975-1:2006.</i></p> <p><b>No se han observado fallos. El captador cumple los requisitos especificados en la norma EN 12975-2:2006 para los ensayos de rendimiento incluidos en el presente informe.</b><br/><i>No failures has been observed. The collector respect the requirements specified in the norm EN 12975-2:2006 for the thermal performance testing included in this report.</i></p> <p><b>Observaciones / Observations :</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">Ensayos realizados<br/><i>Tests done</i></th> <th style="font-size: x-small;">Cumplimiento norma EN 12975<br/><i>EN 12975 requirements</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;">Cte. de tiempo / Time constant</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Curva de eficiencia / efficiency curve</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Modificador de ángulo / Incident angle modifier</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Capacidad térmica / Thermal capacity</td> <td>SI / yes</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Caída de presión / Pressure drop</td> <td>SI / yes</td> </tr> </tbody> </table> <p>- A petición del cliente el ensayo de rendimiento se ha realizado a 400 l/h.</p> |   |   | T° Fluido / Fluid T° (°C) | 20 °C ± 2 °C |                  | T° max: 20,82 °C |  | T° min: 19,70 °C |  | Caudal / Flowrate (kg/min) | 3,70 | 2,90 | 2,10 | 1,40 | 0,60 | 0,00 | Perdida de presión / Pressure drop (mbar) | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,1 | 0,5 | 0,0 | Ensayos realizados<br><i>Tests done</i> | Cumplimiento norma EN 12975<br><i>EN 12975 requirements</i> | Cte. de tiempo / Time constant | SI / yes | Curva de eficiencia / efficiency curve | SI / yes | Modificador de ángulo / Incident angle modifier | SI / yes | Capacidad térmica / Thermal capacity | SI / yes | Caída de presión / Pressure drop | SI / yes |
| T° Fluido / Fluid T° (°C)  | 20 °C ± 2 °C  |   | T° max: 20,82 °C          |              | T° min: 19,70 °C |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Caudal / Flowrate (kg/min)   | 3,70  | 2,90  | 2,10                      | 1,40         | 0,60             | 0,00             |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Perdida de presión / Pressure drop (mbar)  | 2,9   | 2,3   | 1,7                       | 1,1          | 0,5              | 0,0              |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Ensayos realizados<br><i>Tests done</i>  | Cumplimiento norma EN 12975<br><i>EN 12975 requirements</i>                           |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Cte. de tiempo / Time constant   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Curva de eficiencia / efficiency curve   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Modificador de ángulo / Incident angle modifier  | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Capacidad térmica / Thermal capacity   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Caída de presión / Pressure drop   | SI / yes  |   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |
| Informe / Test report nº. 30.0240.9-2 Anexo 6  | Fecha de emisión / Date of issue : 07-11-2007   | Página / Page : 10/11   |                           |              |                  |                  |  |                  |  |                            |      |      |      |      |      |      |   |     |     |     |     |     |     |   |   |                                |          |  |          |   |          |                                      |          |                                  |          |



# **B** **Formulario para el estudio de la demanda de ACS en el ámbito doméstico**

Como se ha expuesto en el apartado 6.3 la caracterización precisa de la demanda de ACS se establece con perfiles de consumo a lo largo del día y del año. Aunque existe gran cantidad de información relacionada con este tema, no se encuentran perfiles representativos para el caso de simulaciones dinámicas, pues éstos requieren un nivel de detalle mayor. Del mismo modo disponer de información más detallada o representativa de cada caso de estudio redundará sobre la precisión y validez del modelo.

Es por todo ello que para el establecimiento de la demanda de ACS como condición de contorno se ha planteado la realización de un estudio de los hábitos de consumo de ACS entre distintos usuarios. Para ello se ha utilizado un formulario web que ha permitido recopilar datos de once usuarios con distintos tipos de perfil para la posterior incorporación en las simulaciones. En este apéndice se ha incluido dicho formulario como muestra del trabajo realizado en este ámbito.

## Estimación demanda ACS doméstica

La estimación de la demanda de agua caliente sanitaria en el ámbito doméstico no es una tarea sencilla. Aunque muchos de los cálculos que hemos realizado durante el curso (por ejemplo en EREE) eran muy sencillos, la realidad es que la demanda y consumo de ACS en una vivienda a lo largo de un día o una semana depende de muchos aspectos (tipo de edificio, número y tipo de personas en la vivienda, situación laboral, etc.).

La realización de simulaciones dinámicas de instalaciones térmicas requiere información bastante precisa sobre la distribución de la demanda a lo largo de un día. En el caso de instalaciones solares térmicas está claro que el rendimiento y aprovechamiento de la energía solar dependerá de las costumbres de los usuarios de las mismas.

El estudio de diferentes perfiles de demanda requiere de un esfuerzo por parte de los usuarios pues tienen que pensar sobre sus hábitos y otros aspectos relativos al uso de la instalación. La posibilidad de contar con usuarios expertos en estos temas es un punto favorable hacia un estudio más rápido y preciso del tema.

Teniendo en cuenta todo esto y en resumen, os pido que contestéis al cuestionario que os planteo para disponer de información precisa sobre los perfiles de demanda de un grupo de usuarios domésticos. El fin último que persigo es la validación de las herramientas de simulación (en las que estoy trabajando) para el ámbito energético, y de paso generar conocimiento en este campo. De esta forma os agradecería que fueseis los más sinceros posible y que cualquier duda, comentario o aportación sea planteada.



**1. Tipo de vivienda, número de habitaciones y población dónde está situada.**

Por ejemplo, vivienda en edificio multiviviendas con 4 habitaciones en Albacete,...

---

---

---

---

**2. Número de personas en la vivienda, edad aproximada y situación laboral**

Por ejemplo, viven 3 personas, 2 adultos de unos 40 años y un bebé. Uno de los adultos trabaja por la mañana y el otro no.

---

---

---

---

---

**3. Tipo grifería en la vivienda**

Exponer el tipo de grifería que existe en la vivienda. Por ejemplo, hay un grifo termostático en todas las duchas (2 en total), y el resto de grifos son tradicionales (monoblock llave, 4 en total).

---

---

---

---

B. Formulario para el estudio de la demanda de ACS en el ámbito doméstico

4. Perfil aproximado de consumo - DIARIO

Piensa sobre las costumbres del uso del agua caliente en tu casa en un día laboral y determina a qué horas es utilizado comúnmente el agua caliente. Por ejemplo, marca la fila de las 7 y consumo moderado si suele haber demanda a dicha hora ( ducharse antes de ir a trabajar).

Mark only one oval per row.

|    | Consumo puntual 1 min/pers | Varios consumos puntuales 3 min/pers | Consumo moderado 7 min/pers | Consumo elevado 10 min/pers | Nulo (por defecto si no seleccionada nada lo considero nulo) |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 0  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 1  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 2  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 3  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 4  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 5  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 6  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 7  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 8  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 9  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 10 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 11 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 12 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 13 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 14 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 15 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 16 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 17 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 18 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 19 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 20 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 21 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 22 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 23 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |

5. Perfil aproximado de consumo - FIN DE SEMANA / FESTIVO

Piensa sobre las costumbres del uso del agua caliente en tu casa durante el fin de semana y festivos puntuales y determina a qué horas es utilizado comúnmente el agua caliente. Por ejemplo, marca la fila de las 7 y consumo moderado si suele haber demanda a dicha hora ( ducharse antes de ir a trabajar).

Mark only one oval per row.

|    | Consumo puntual 1 min/pers | Varios consumos puntuales 3 min/pers | Consumo moderado 7 min/pers | Consumo elevado 10 min/pers | Nulo (por defecto si no seleccionada nada lo considero nulo) |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 0  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 1  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 2  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 3  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 4  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 5  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 6  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 7  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 8  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 9  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 10 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 11 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 12 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 13 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 14 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 15 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 16 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 17 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 18 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 19 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 20 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 21 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 22 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 23 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |

B. Formulario para el estudio de la demanda de ACS en el ámbito doméstico

6. Perfil aproximado de consumo - VACIONAL REDUCIDO

Piensa sobre las costumbres del uso del agua caliente en tu casa durante el periodo vacacional y determina a qué horas es utilizado comúnmente el agua caliente. Por ejemplo, marca la fila de las 7 y consumo moderado si suele haber demanda a dicha hora ( ducharse antes de ir a trabajar).

Mark only one oval per row.

|    | Consumo puntual 1 min/pers | Varios consumos puntuales 3 min/pers | Consumo moderado 7 min/pers | Consumo elevado 10 min/pers | Nulo (por defecto si no seleccionada nada lo considero nulo) |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 0  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 1  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 2  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 3  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 4  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 5  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 6  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 7  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 8  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 9  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 10 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 11 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 12 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 13 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 14 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 15 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 16 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 17 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 18 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 19 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 20 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 21 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 22 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 23 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |

7. Perfil aproximado de consumo - OTRO PERFIL SIN CATEGORÍA

Aclara este perfil en la siguiente cuestión. Piensa sobre las costumbres del uso del agua caliente en tu casa con otro perfil específico y determina a qué horas es utilizado comúnmente el agua caliente. Por ejemplo, marca la fila de las 7 y consumo moderado si suele haber demanda a dicha hora ( ducharse antes de ir a trabajar).

Mark only one oval per row.

|    | Consumo puntual 1 min/pers | Varios consumos puntuales 3 min/pers | Consumo moderado 7 min/pers | Consumo elevado 10 min/pers | Nulo (por defecto si no seleccionada nada lo considero nulo) |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 0  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 1  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 2  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 3  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 4  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 5  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 6  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 7  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 8  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 9  | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 10 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 11 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 12 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 13 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 14 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 15 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 16 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 17 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 18 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 19 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 20 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 21 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 22 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |
| 23 | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>  |

*B. Formulario para el estudio de la demanda de ACS en el ámbito doméstico*

**8. Detalles del perfil de demanda**

Detalla un poco más los perfiles de demanda de ACS de las cuestiones anteriores

---

---

---

---

---

**9. Comentarios y aportaciones**

El cuestionario está abierto a las aportaciones de los participantes. Por favor si tienes comentario u observación que lo pueda mejorar, exponla a continuación.

---

---

---

---

---

---

Powered by





# C **Librería Soltermica**

En este Apéndice se muestra la documentación de la librería Soltermica tal como ha sido generada por Dymola. También se puede encontrar la documentación completa en formato HTML y el código de la librería en formato digital adjunto al presente trabajo. Además a fecha de la entrega del presente documento se pueden encontrar la librería y documentación asociada en el siguiente repositorio:

<https://www.github.com/gheralb/Soltermica>

Este repositorio permitirá una gestión continua de las actualizaciones y modificaciones de la librería, estando accesible para todo aquel interesado en la librería.

## Soltermica

Libreria de Modelica para la simulacion de sistemas solares termicos

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">Acumuladores</a>       | Paquete de depositos acumuladores de agua caliente                      |
|  <a href="#">Bombas</a>             | Paquete que contiene equipos que bombean liquidos                       |
|  <a href="#">Calderas</a>           | Paquete de calderas   |
|  <a href="#">ClasesBasicas</a>      | Clases Basicas  |
|  <a href="#">ColectoresSolares</a>  | Colectores solares  |
|  <a href="#">Controladores</a>      | Controladores especificos para instalaciones solares                    |
|  <a href="#">Ejemplos</a>           | Ejemplos y configuraciones de instalaciones solares termicas            |
|  <a href="#">Intercambiadores</a> | Paquete de intercambiadores de calor en general                         |
|  <a href="#">Media</a>            | Paquete donde incorporar nuevos fluidos de trabajo                      |
|  <a href="#">Valvulas</a>         | Paquete que engloba las valvulas en general independientemente del tipo |

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:05 2014.

## [Soltermica.Acumuladores](#)

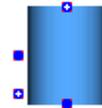
Paquete de depositos acumuladores de agua caliente

### Package Content

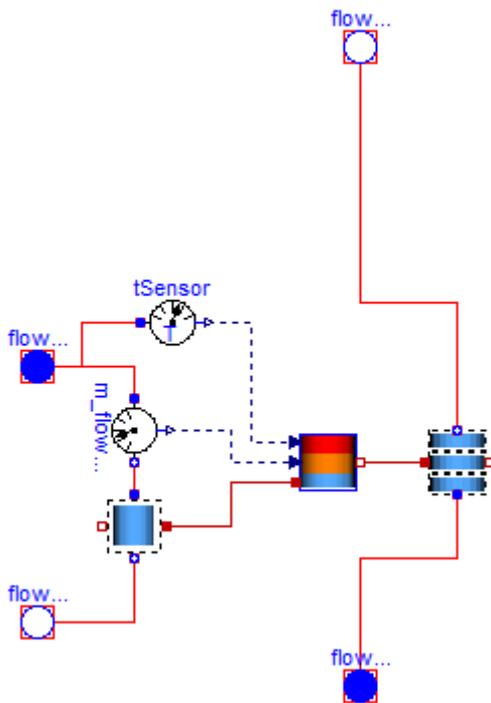
| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">Acumulador Orden</a> | Deposito acumulador cerrado. Estratificacion mediante ordenamiento de carga |
|  <a href="#">CatalogoEquipos</a>  | Catalogo con las especificaciones de distintos depositos acumuladores       |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <a href="#">Ejemplos</a>          | Ejemplos de funcionamiento de depositos acumuladores de agua caliente   |
| <a href="#">Interacumuladores</a> | Deposito acumulador de agua caliente con intercambiador integrado. Estratificacion mediante mezcla de volúmenes |

## Soltermica.Acumuladores.Acumulador\_Orden



Deposito acumulador cerrado. Estratificacion mediante ordenamiento de carga



### Parameters

| Type                             | Name   | Default                         | Description   |
|----------------------------------|--------|---------------------------------|---|
| Integer                          | n      | 2                               | Numero de segmentos que se divide el volumen de control |
| <a href="#">Medium</a>           | medium | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Fluido contenido en el deposito                         |
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec  | Soltermica.Acumuladores.Cata... | Especificaciones del equipo                             |

|                        |       |        |   |
|------------------------|-------|--------|---|
| <a href="#">Temp_K</a> | T_ini | 293.15 | Temperatura inicial de todo el deposito [K] |
|------------------------|-------|--------|---|

## Connectors

| Type                       | Name        | Description                                 |
|----------------------------|-------------|---|
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a  | Entrada de agua fria de red                 |
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b  | Salida de agua caliente para consumo        |
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a1 | Entrada de agua caliente intercambiada      |
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b1 | Salida de agua menos caliente intercambiada |

## Modelica definition

```

model Acumulador_Orden
  "Deposito acumulador cerrado. Estratificacion mediante ordenamiento
  de carga"

  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a(
    final medium=medium) "Entrada de agua fria de red";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b(
    final medium=medium) "Salida de agua caliente para consumo";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a1(
    final medium=medium) "Entrada de agua caliente intercambiada";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b1(
    final medium=medium) "Salida de agua menos caliente
  intercambiada";
  Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenControlUnico
  volumenControl(
    final Volumen=0,
    final dP_nom=espec.dp_nom,
    final cV_nom=espec.V_flow_nom,
    final medium=medium);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.m\_flowSensor m_flowSensor(
    final medium=medium);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.TSensor tSensor(
    final medium=medium);
  Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_Acumulador\_Orden
  ControlEstratificacion(
    final medium=medium,
    final n=n,
    final volumen=espec.volumen,
    final altura=espec.altura);
  Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenesControl1D
  volumenesControl1D(
    final n=n,
    final medium=medium,
    final volumen=espec.volumen,
    final longitud=espec.altura,
    final dp_nom=espec.dp_nom,
    final V_flow_nom=espec.V_flow_nom,
    final T_ini=T_ini);
  parameter Integer n(min=2)=2

```

```

    "Numero de segmentos que se divide el volumen de control";
    parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
    "Fluido contenido en el deposito";
    parameter Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones
espec = Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones()
    "Especificaciones del equipo";
    parameter Modelica.SIunits.Temp\_K T_ini=293.15
    "Temperatura inicial de todo el deposito";
equation
    connect(flowPort_a1, m_flowSensor.flowPort_a);
    connect(m_flowSensor.flowPort_b, volumenControl.flowPort_a);
    connect(volumenControl.flowPort_b, flowPort_b1);
    connect(tSensor.flowPort, flowPort_a1);
    connect(tSensor.y, ControlEstratificacion.T_in);
    connect(m_flowSensor.y, ControlEstratificacion.m_flow);
    connect(volumenControl.puertoInt, ControlEstratificacion.port_a);
    connect(volumenesControl1D.flowPort_a, flowPort_a);
    connect(volumenesControl1D.flowPort_b, flowPort_b);
    connect(ControlEstratificacion.puertoInt,
volumenesControl1D.puertoInt);
end Acumulador_Orden;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:05 2014.

## [Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos](#)

Catalogo con las especificaciones de distintos depositos acumuladores

### Package Content

| Name   | Description  |
|--|--|
|  <a href="#">Especificaciones</a> | Clase record donde se incluyen las especificaciones de los depositos de acumulacion de agua caliente |
|  <a href="#">IDROGAS CV200SR</a>  |  |
|  <a href="#">IDROGAS CV300SR</a>  |  |



## [Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones](#)

Clase record donde se incluyen las especificaciones de los depositos de acumulacion de agua caliente

## Parameters

| Type                           | Name       | Default | Description  |
|--------------------------------|------------|---------|--|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom | 1       | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento [m3/s] |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom     | 1       | Caída de presión para condiciones nominales de funcionamiento [Pa]     |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen    | 1       | Volumen de acumulación del depósito [m3]                               |
| <a href="#">Length</a>         | altura     | 1       | Altura del depósito de acumulación [m]                                 |

## Modelica definition

```

record Especificaciones
  "Clase record donde se incluyen las especificaciones de los
  depositos de acumulacion de agua caliente"
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalogoEquipo;
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom=1
    "Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom=1
    "Caída de presión para condiciones nominales de funcionamiento";
  parameter Modelica.SIunits.Volume volumen=1
    "Volumen de acumulación del depósito";
  parameter Modelica.SIunits.Length altura=1
    "Altura del depósito de acumulación";
end Especificaciones;

```



## [Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.IDROGAS\\_CV200SR](#)

### Parameters

| Type                           | Name       | Default | Description  |
|--------------------------------|------------|---------|--|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom | 0.0001  | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento [m3/s] |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom     | 1000    | Caída de presión para condiciones nominales de funcionamiento [Pa]     |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen    | 0.2     | Volumen de acumulación del depósito [m3]                               |

|                        |        |                |                                       |
|------------------------|--------|----------------|---------------------------------------|
| <a href="#">Length</a> | altura | 1.205 -<br>0.2 | Altura del deposito de acumulacon [m] |
|------------------------|--------|----------------|---------------------------------------|

## Modelica definition

```
record IDROGAS_CV200SR =
  Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    V_flow_nom=0.0001, dp_nom=1000, volumen=0.2, altura=1.205-0.2);
```



## [Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.IDROGAS\\_CV300SR](#)

### Parameters

| Type                           | Name       | Default        | Description  |
|--------------------------------|------------|----------------|--|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom | 0.0001         | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento [m3/s] |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom     | 1000           | Caída de presión para condiciones nominales de funcionamiento [Pa]     |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen    | 0.3            | Volumen de acumulacion del deposito [m3]                               |
| <a href="#">Length</a>         | altura     | 1.685 -<br>0.2 | Altura del deposito de acumulacon [m]                                  |

## Modelica definition

```
record IDROGAS_CV300SR =
  Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    V_flow_nom=0.0001 "Generica", dp_nom=1000
    "Generica", volumen=0.3, altura=1.685-0.2);
```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:05 2014.

## [Soltermica.Acumuladores.Ejemplos](#)

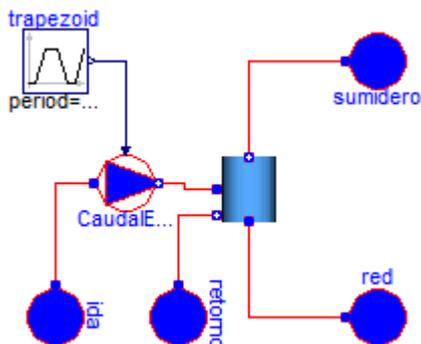
### Ejemplos de funcionamiento de depositos acumuladores de agua caliente

## Package Content

| Name  | Description   |
|---|---|
| <a href="#">Validacion_Carga_Acumulador_Orden</a>         | Modelo que muestra el comportamiento basico del acumulador cuando se carga de energía     |
| <a href="#">Validacion_CargaDescarga_Acumulador_Orden</a> | Modelo que muestra el comportamiento del acumulador cuando se carga y descarga de energía |

## [Soltermica.Acumuladores.Ejemplos.Validacion\\_Carga\\_Acumulador\\_Orden](#)

Modelo que muestra el comportamiento basico del acumulador cuando se carga de energía



### Modelica definition

```

model Validacion_Carga_Acumulador_Orden
  "Modelo que muestra el comportamiento basico del acumulador cuando
  se carga de energía"
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
  CaudalEntrada (
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water (), m=0.1);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ida (
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water (),
    p_Ambient=101300,
    T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from\_degC (70));
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient retorno (medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water (),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient red (medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water (),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid (
    amplitude=0.0002,
  
```

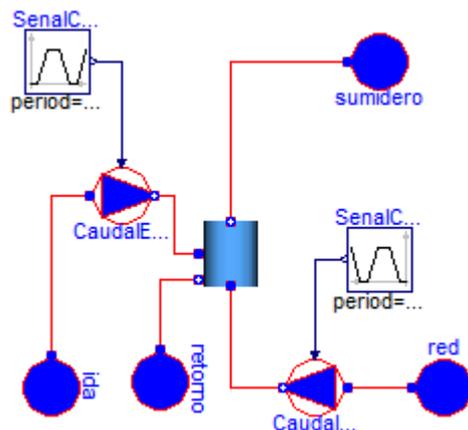
```

    rising=10,
    falling=10,
    startTime=10,
    period=86400,
    width=1000,
    offset=0);
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(medium=
        Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
    p_Ambient=101300);
    Acumulador Orden acumulador_Orden(
        n=4,
        medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
        espec=Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.IDROGAS\_CV200SR(),
        T_ini=293.15);
    equation
    connect(ida.flowPort, CaudalEntrada.flowPort_a);
    connect(trapezoid.y, CaudalEntrada.VolumeFlow);
    connect(CaudalEntrada.flowPort_b, acumulador_Orden.flowPort_a1);
    connect(retorno.flowPort, acumulador_Orden.flowPort_b1);
    connect(red.flowPort, acumulador_Orden.flowPort_a);
    connect(acumulador_Orden.flowPort_b, sumidero.flowPort);
    end Validacion_Carga_Acumulador_Orden;

```

## [Soltermica.Acumuladores.Ejemplos.Validacion\\_CargaDescarga\\_Acumulador\\_Orden](#)

**Modelo que muestra el comportamiento del acumulador cuando se carga y descarga de energía**



### Modelica definition

```

model Validacion_CargaDescarga_Acumulador_Orden
    "Modelo que muestra el comportamiento del acumulador cuando se carga
    y descarga de energía"
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
    CaudalEntrada(
        medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(), m=0.1);
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ida(
        medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
        p_Ambient=101300,
        T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from\_degC(70));
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient retorno(medium=

```

### C. Librería Soltermica

```

    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient red(
    medium=
      Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalCarga(
    amplitude=0.0002,
    rising=10,
    falling=10,
    startTime=10,
    period=86400,
    width=1000,
    offset=0);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(
    medium=
      Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
CaudalConsumo(
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(), m=0.1);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalConsumo(
    amplitude=0.0002,
    rising=10,
    falling=10,
    offset=0.0000001,
    period=86400,
    width=600,
    startTime=1000);
  Acumulador_Orden acumulador_Orden(
    n=4,
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    espec=Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.IDROGAS_CV200SR(),
    T_ini=293.15);
equation
  connect(ida.flowPort, CaudalEntrada.flowPort_a);
  connect(SenalCarga.y, CaudalEntrada.VolumeFlow);
  connect(SenalConsumo.y, CaudalConsumo.VolumeFlow);
  connect(CaudalConsumo.flowPort_a, red.flowPort);
  connect(CaudalEntrada.flowPort_b, acumulador_Orden.flowPort_a1);
  connect(acumulador_Orden.flowPort_b1, retorno.flowPort);
  connect(acumulador_Orden.flowPort_a, CaudalConsumo.flowPort_b);
  connect(acumulador_Orden.flowPort_b, sumidero.flowPort);
end Validacion_CargaDescarga_Acumulador_Orden;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:06 2014.

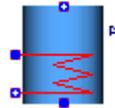
## Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores

**Deposito acumulador de agua caliente con intercambiador integrado.  
Estratificacion mediante mezcla de volumenes**

### Package Content

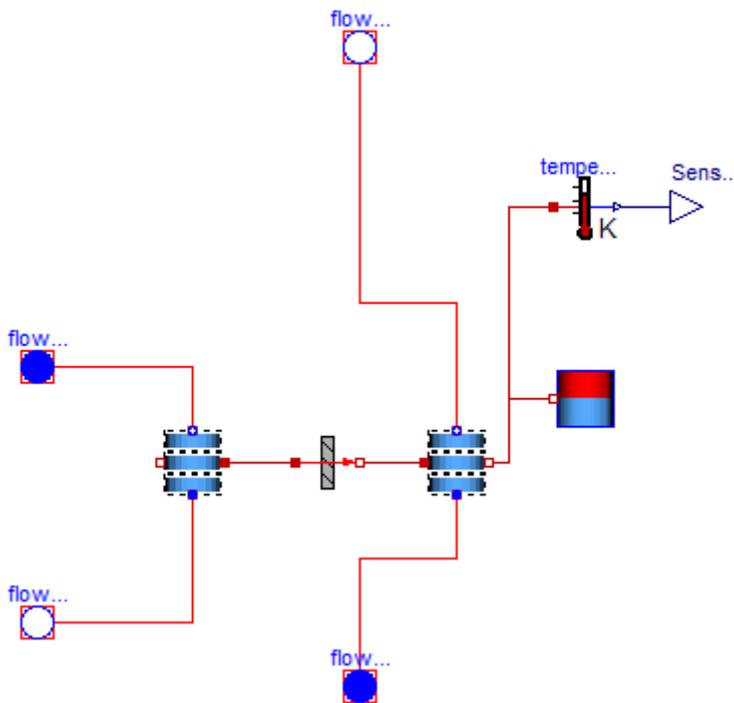
| Name | Description |
|------|-------------|
|------|-------------|

|  |  |
|--|--|
|  <a href="#">CatalogoEquipos</a>        | Catalogo con las especificaciones de distintos interacumuladores                         |
|  <a href="#">Ejemplos</a>               | Ejemplos de funcionamiento y verificacion de intercaumuladores                           |
|  <a href="#">Interacumulador Mezcla</a> | Modelo de deposito interacumulador cerrado. Estratificacion mediante mezcla de volúmenes |



## Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Interacumulador\_Mezcla

Modelo de deposito interacumulador cerrado. Estratificacion mediante mezcla de volúmenes



### Parameters

| Type    | Name | Default | Description                        |
|---------|------|---------|------------------------------------|
| Integer | n    | 3       | Numero de volúmenes de control del |

|                                  |                |                                |   |
|----------------------------------|----------------|--------------------------------|---|
|                                  |                |                                | deposito.<br>Minimo 3   |
| Integer                          | n_int          | 2                              | Numero de volúmenes de control del intercambiador. Minimo 2 y siempre menor que n |
| Integer                          | n_aux          | div(n, n_int)                  | Parametro auxiliar  |
| <a href="#">Medium</a>           | medium         | Modelica.Thermal.FluidHeatFl.. | Fluido contenido en el deposito   |
| <a href="#">Medium</a>           | medium_in<br>t | Modelica.Thermal.FluidHeatFl.. | Fluido circulante por el intercambiador   |
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec          | Soltermica.Acumuladores.Inte.. | Especificaciones del equipo   |
| <a href="#">Temp_K</a>           | T_ini          | 293.15                         | Tempertura inicial del conjunto [K]   |

## Connectors

| Type                              | Name              | Description                          |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| <a href="#">FlowPort_a</a>        | flowPort_a        | Entrada de agua fria de red          |
| <a href="#">FlowPort_b</a>        | flowPort_b        | Salida de agua caliente para consumo |
| <a href="#">FlowPort_a</a>        | flowPort_a1       | Entrada de fluido del intercambiador |
| <a href="#">FlowPort_b</a>        | flowPort_b1       | Salida de fluido del intercambiador  |
| output <a href="#">RealOutput</a> | SensorTemperatura |                                      |

## Modelica definition

```

model Interacumulador_Mezcla
  "Modelo de deposito interacumulador cerrado. Estratificacion
  mediante mezcla de volúmenes"

  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a(
    final medium=medium) "Entrada de agua fria de red";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b(
    final medium=medium) "Salida de agua caliente para consumo";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a1(

```

```

    final medium=medium_int) "Entrada de fluido del intercambiador";
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort_b flowPort_b1(
    final medium=medium_int) "Salida de fluido del intercambiador";
Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenesControl1D
volumenesControl1D(
    final n=n,
    final medium=medium,
    final volumen=espec.volumen,
    final longitud=espec.altura,
    final dp_nom=espec.dp_nom,
    final V_flow_nom=espec.V_flow_nom,
    final T_ini=T_ini);
Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D
transmisionCalor1D[n_int](
    each final A=espec.S_int/n_int,
    each final U=espec.U_int);
Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenesControl1D
volumenesControl1D_int(
    final n=n_int,
    final volumen=espec.volumen_int,
    final
longitud=(espec.S_int^2/(4*Modelica.Constants.pi*espec.volumen_int)),
    final dp_nom=espec.dp_nom_int,
    final V_flow_nom=espec.V_flow_nom_int,
    final T_ini=T_ini,
    final medium=medium_int);

Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control_Interacumulador_Mezc
la
    control_Interacumulador_Mezcla(
        final n=n,
        final medium=medium,
        final volumen=espec.volumen,
        final altura=espec.altura,
        cteTiempo=0.3);
Modelica.Thermal.HeatTransfer.TemperatureSensor temperatureSensor;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput SensorTemperatura;
Modelica.SIunits.Power PotenciaTotalIntercambida
    "Potencia total suministrada por el intercambiador";
parameter Integer n(min=3)=3
    "Numero de volúmenes de control del depósito. Mínimo 3";
parameter Integer n_int(min=2)=2
    "Numero de volúmenes de control del intercambiador. Mínimo 2 y
siempre menor que n";
parameter Integer n_aux=div(n,n_int) "Parametro auxiliar";
parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
    "Fluido contenido en el depósito";
parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium_int=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
    "Fluido circulante por el intercambiador";
parameter
Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.CatalogoEquipos.Especificaci
ones
espec=Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.CatalogoEquipos.Especi
ficaciones()
    "Especificaciones del equipo";
parameter Modelica.SIunits.Temp_K T_ini=293.15
    "Temperatura inicial del conjunto";
equation

```

```
connect(volumenesControl1D.flowPort_a, flowPort_a);
connect(volumenesControl1D.flowPort_b, flowPort_b);
connect(transmisionCalor1D[1:n_int].port_b,
volumenesControl1D.puertoInt[(n_aux+1):(n_aux+n_int)]);
connect(flowPort_a1, volumenesControl1D_int.flowPort_b);
connect(flowPort_b1, volumenesControl1D_int.flowPort_a);
connect(volumenesControl1D_int.puertoInt,
transmisionCalor1D.port_a);
connect(control_Interacumulador_Mezcla.puertoInt,
volumenesControl1D.puertoExt);
connect(volumenesControl1D.puertoExt[1], temperatureSensor.port);
connect(temperatureSensor.T, SensorTemperatura);
PotenciaTotalIntercambiada=sum(transmisionCalor1D[i].port_a.Q_flow
for i in 1:n_int);
//Potencia total intercambiada como suma de las potencias
intercambiadas por los distintos segmentos
end Interacumulador_Mezcla;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:06 2014.

## [Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Catalogo Equipos](#)

Catalogo con las especificaciones de distintos interacumuladores

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">Especificaciones</a> | Clase record donde se incluyen las especificaciones de los interacumuladores de agua caliente |
|  <a href="#">LAPESA CV 80 M1S</a> |   |



## [Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Catalogo Equipos.Especificaciones](#)

Clase record donde se incluyen las especificaciones de los interacumuladores de agua caliente

### Parameters

| Type | Name | Default | Description |
|------|------|---------|-------------|
|------|------|---------|-------------|

|                                |                |   |   |
|--------------------------------|----------------|---|---|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom     | 1 | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento [m3/s]                      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom         | 1 | Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento [Pa]                          |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen        | 1 | Volumen de acumulacion del deposito [m3]  |
| <a href="#">Length</a>         | altura         | 1 | Altura del deposito de acumulacon [m]   |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen_int    | 1 | volumen del intercambiador [m3]   |
| <a href="#">Area</a>           | S_int          | 1 | Superficie efectiva de intercambio [m2]   |
| Real                           | U_int          | 1 | Coefficiente global de intercambio de calor   |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_int | 1 | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento en el intercambiador [m3/s] |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_int     | 1 | Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento en el intercambiador [Pa]     |

## Modelica definition

```

record Especificaciones
  "Clase record donde se incluyen las especificaciones de los
  interacumuladores de agua caliente"
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalogoEquipo;
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom=1
    "Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom=1
    "Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento";
  parameter Modelica.SIunits.Volume volumen=1
    "Volumen de acumulacion del deposito";
  parameter Modelica.SIunits.Length altura=1
    "Altura del deposito de acumulacon";
  parameter Modelica.SIunits.Volume volumen_int=1 "volumen del
  intercambiador";
  parameter Modelica.SIunits.Area S_int=1 "Superficie efectiva de
  intercambio";
  parameter Real U_int=1 "Coefficiente global de intercambio de calor";
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom_int=1
    "Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento
  en el intercambiador";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom_int=1
    "Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento en
  el intercambiador";
end Especificaciones;

```



## Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Catalogo Equipos.LAPESA\_CV\_80\_M1S

### Parameters

| Type                           | Name           | Default   | Description   |
|--------------------------------|----------------|-----------|---|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom     | 1         | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento [m3/s]                      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom         | 1         | Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento [Pa]                          |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen        | 80/1000   | Volumen de acumulacion del deposito [m3]  |
| <a href="#">Length</a>         | altura         | 0.8       | Altura del deposito de acumulacon [m]   |
| <a href="#">Volume</a>         | volumen_int    | 0.001445  | volumen del intercambiador [m3]   |
| <a href="#">Area</a>           | S_int          | 0.3       | Superficie efectiva de intercambio [m2]   |
| Real                           | U_int          | 1000      | Coefficiente global de intercambio de calor   |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_int | 0.0001388 | Caudal volumetrico para condiciones nominales de funcionamiento en el intercambiador [m3/s] |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_int     | 400       | Caida de presion para condiciones nominales de funcionamiento en el intercambiador [Pa]     |

### Modelica definition

```
record LAPESA_CV_80_M1S =
```

```
Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones
```

```
(
  V_flow_nom=1,
  dp_nom=1,
  volumen=80/1000,
  altura=0.8,
  volumen_int=0.001445,
  S_int=0.3,
  U_int=1000,
  V_flow_nom_int=0.0001388,
  dp_nom_int=400);
```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:06 2014.

## Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Ejemplos

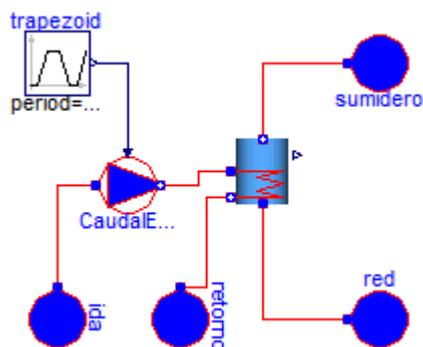
Ejemplos de funcionamiento y verificación de intercaumuladores

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
| <a href="#">Validacion_Interacumulador_02_01</a> | Modelo que muestra el comportamiento basico de un interacumulador |

## Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Ejemplos. Validacion\_Interacumulador\_02\_01

Modelo que muestra el comportamiento basico de un interacumulador



### Modelica definition

```
model Validacion_Interacumulador_02_01
  "Modelo que muestra el comportamiento basico de un interacumulador"
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
  CaudalEntrada (
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(), m=0.1);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ida (
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
```

### C. Librería Soltermica

```
p_Ambient=101300,
T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(80));
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient retorno(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
p_Ambient=101300);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient red(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
p_Ambient=101300);
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid(
    rising=10,
    falling=10,
    startTime=10,
    offset=0,
    amplitude=0.0001388,
    width=3600,
    period=10000);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
p_Ambient=101300);
Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.Interacumulador_Mezcla
interacumulador_Mezcla(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    espec=

Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.CatalogoEquipos.LAPESA_CV_80
_M1S(),
    T_ini=293.15,
    n=6,
    n_int=3);

equation
    connect(ida.flowPort,CaudalEntrada.flowPort_a);
    connect(trapezoid.y,CaudalEntrada.VolumeFlow);
    connect(CaudalEntrada.flowPort_b,
interacumulador_Mezcla.flowPort_a1);
    connect(retorno.flowPort,interacumulador_Mezcla.flowPort_b1);
    connect(interacumulador_Mezcla.flowPort_a,red.flowPort);
    connect(interacumulador_Mezcla.flowPort_b,sumidero.flowPort);
end Validacion_Interacumulador_02_01;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:07 2014.

## [Soltermica](#).Bombas

Paquete que contiene equipos que bombean liquidos

### Package Content

| Name   | Description                                     |
|--|---|
|  <a href="#">Circuladores</a> | Circuladores hidraulicos para sistemas cerrados |

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:07 2014.

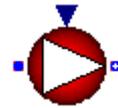
## Soltermica.Bombas.Circuladores

Circuladores hidraulicos para sistemas cerrados

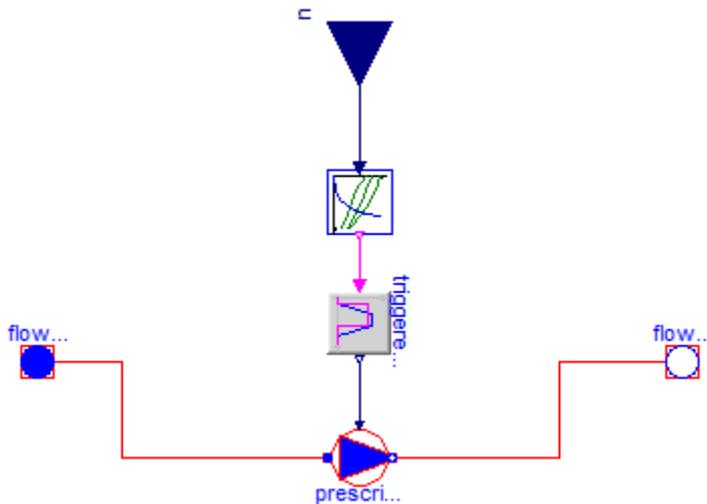
### Package Content

| Name  | Description   |
|---|---|
|  <a href="#">CatalogoEquipos</a> | Catalogo con las especificaciones de distintos circuladores       |
|  <a href="#">Circulador</a>      | Modelo de circulador como fuente de un determinado caudal nominal |
|  <a href="#">Ejemplos</a>        | Ejemplos de funcionamiento de circuladores                        |

## Soltermica.Bombas.Circuladores.Circulador



Modelo de circulador como fuente de un determinado caudal nominal



### Information

Modelo muy sencillo de circulador hidráulico. Basicamente es una fuente de caudal constante independiente de aspectos relacionados con el resto de la instalación. En las especificaciones hay que indicar las características nominales (en condiciones que se consideren próximas a la que va a trabajar)

### Parameters

| Type | Name | Default | Description |
|------|------|---------|-------------|
|------|------|---------|-------------|

|                                  |        |                                 |                                    |
|----------------------------------|--------|---------------------------------|------------------------------------|
| <a href="#">Medium</a>           | medium | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Fluido que bombea el circulador    |
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec  | Soltermica.Bombas.Circulador... | especificaciones del equipo        |
| <a href="#">Temperature</a>      | T_ini  | 293.15                          | Temperatura inicial del equipo [K] |

## Connectors

| Type                            | Name       | Description                       |
|---------------------------------|------------|-----------------------------------|
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | flowPort_a | Aspiracion del circulador         |
| <a href="#">FlowPort_b</a>      | flowPort_b | Descarga del circulador           |
| input <a href="#">RealInput</a> | u          | Senal de encendido del circulador |

## Modelica definition

```

model Circulador
  "Modelo de circulador como fuente de un determinado caudal nominal"
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
    prescribedVolumeFlow(
      final medium=medium,
      final T0=T_ini,
      final m=espec.V_circ*medium.rho);
  Modelica.Blocks.Logical.TriggeredTrapezoid triggeredTrapezoid(
    final amplitud=espec.V_flow_nom,
    rising=5,
    offset=0.00000001);
  Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_Circulador
    control_Circulador(final pot_elec_nom=espec.Pot_elec_nom);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a(
    final medium=medium) "Aspiracion del circulador";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b(
    final medium=medium) "Descarga del circulador";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput u "Senal de encendido del
  circulador";
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
    "Fluido que bombea el circulador";
  parameter
  Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones
    espec =
  Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones()
    "especificaciones del equipo";
  parameter Modelica.SIunits.Temperature T_ini=293.15
    "Temperatura inicial del equipo";

equation
  connect(triggeredTrapezoid.y, prescribedVolumeFlow.VolumeFlow);
  connect(control_Circulador.y, triggeredTrapezoid.u);
  connect(flowPort_a, prescribedVolumeFlow.flowPort_a);
  connect(prescribedVolumeFlow.flowPort_b, flowPort_b);

```

```

connect(control_Circulador.SenalEntrada, u);
end Circulador;

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:07 2014.

## [Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos](#)

Catalogo con las especificaciones de distintos circuladores

### Package Content

| Name  | Description                          |
|---|--------------------------------------|
|  <a href="#">Especificaciones</a>    | Especificaciones de los circuladores |
|  <a href="#">GRUNDFOS UPS 25 120</a> |                                      |



## [Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones](#)

Especificaciones de los circuladores

### Parameters

| Type                           | Name         | Default | Description   |
|--------------------------------|--------------|---------|---|
| <a href="#">Volume</a>         | V_circ       | 1       | Volumen de líquido que contiene el circulador [m3]  |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom   | 1       | Caudal impulsado por el circulador en condiciones nominales [m3/s]  |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom       | 1       | Aumento de presión producido entre la aspiración y la descarga del circulador en condiciones nominales [Pa] |
| <a href="#">Power</a>          | Pot_elec_nom | 1       | Potencia eléctrica consumida por el circulador en condiciones nominales [W]                                 |

## Modelica definition

```

record Especificaciones "Especificaciones de los circuladores"
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalogoEquipo;
  parameter Modelica.SIunits.Volume V_circ=1
    "Volumen de líquido que contiene el circulador";
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom=1
    "Caudal impulsado por el circulador en condiciones nominales";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom=1
    "Aumento de presión producido entre la aspiración y la descarga
del circulador en condiciones nominales";
  parameter Modelica.SIunits.Power Pot_elec_nom=1
    "Potencia eléctrica consumida por el circulador en condiciones
nominales";
end Especificaciones;

```



## Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.GR UNDFOS\_UPS\_25\_120

### Parameters

| Type                           | Name         | Default  | Description   |
|--------------------------------|--------------|----------|---|
| <a href="#">Volume</a>         | V_circ       | 0.001    | Volumen de líquido que contiene el circulador [m3]  |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom   | 2.5/3600 | Caudal impulsado por el circulador en condiciones nominales [m3/s]  |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom       | 6*9810   | Aumento de presión producido entre la aspiración y la descarga del circulador en condiciones nominales [Pa] |
| <a href="#">Power</a>          | Pot_elec_nom | 80       | Potencia eléctrica consumida por el circulador en condiciones nominales [W]                                 |

## Modelica definition

```

record GRUNDFOS_UPS_25_120 =
  Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    V_circ=0.001,
    V_flow_nom=2.5/3600,
    dp_nom=6*9810,
    Pot_elec_nom=80);

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:07 2014.

## [Soltermica.Bombas.Circuladores.Ejemplos](#)

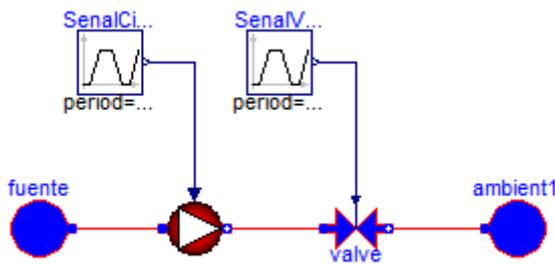
Ejemplos de funcionamiento de circuladores

### Package Content

| Name                          | Description                      |
|-------------------------------|----------------------------------|
| <a href="#">Validacion_01</a> | Validacion basica del circulador |

## [Soltermica.Bombas.Circuladores.Ejemplos.Validacion\\_01](#)

Validacion basica del circulador



### Information

Este modelo de validación representa el ensayo común para obtener la curva de una bomba.

Como actualmente el modelo del circulador está muy simplificado esta validación no resulta definitiva.

### Modelica definition

```

model Validacion_01 "Validacion basica del circulador"
  Circulador circulador(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    espec=Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.GRUNDFOS_UPS_25_1
    20(),
    T_ini=293.15);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Components.Valve valve(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    y1=1,
    Kv1=0.0002,
    kv0=0.00001,

```

## C. Librería Soltermica

```
dp0=151300,  
rho0=995.6);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient fuente(medium=  
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water() ,  
p_Ambient=101300);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambient1(medium=  
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water() ,  
p_Ambient=101300);  
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalCirculador(  
  rising=0.01,  
  width=120,  
  falling=0.01,  
  period=3600,  
  startTime=10);  
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalValvula(  
  amplitude=0.5,  
  rising=2,  
  width=10,  
  falling=2,  
  period=3600,  
  startTime=60);  
equation  
  connect(valve.flowPort_b, ambient1.flowPort);  
  connect(circulador.flowPort_b, valve.flowPort_a);  
  connect(fuente.flowPort, circulador.flowPort_a);  
  connect(SenalCirculador.y, circulador.u);  
  connect(SenalValvula.y, valve.y);  
end Validacion_01;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:07 2014.

## [Soltermica.Calderas](#)

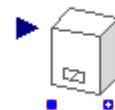
### Paquete de calderas

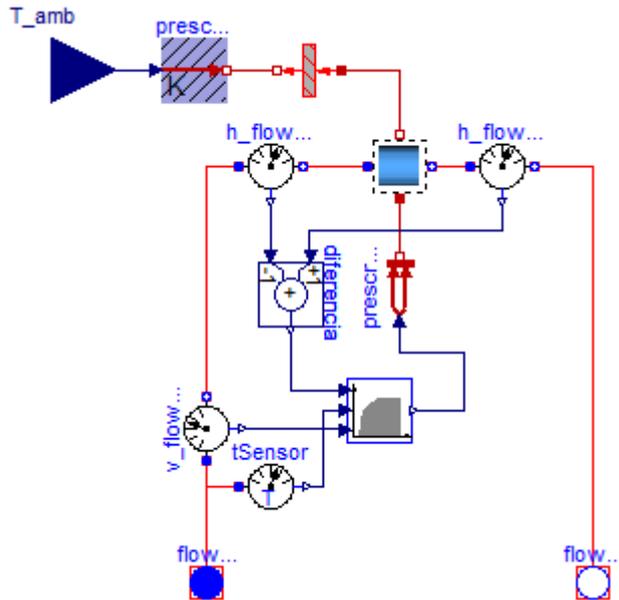
### Package Content

| Name  | Description   |
|---|---|
|  <a href="#">Caldera</a>         | Modelo de caledra simplificado                          |
|  <a href="#">CatalogoEquipos</a> | Catalogo con las especificaciones de distintas calderas |
|  <a href="#">Ejemplos</a>        | Ejemplos de funcionamiento de calderas                  |

## [Soltermica.Calderas.Caldera](#)

### Modelo de caledra simplificado





## Parameters

| Type                               | Name    | Default                             | Description  |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|--|
| <a href="#">Especificaciones</a>   | espec   | Soltermica.Calderas.Catalogo.<br>.. | Especificaciones del equipo                            |
| <a href="#">Medium</a>             | medium  | Modelica.Thermal.FluidHeatFl.<br>.. | Fluido de trabajo                                      |
| <a href="#">CelsiusTemperature</a> | TempReg | 40                                  | Temperatura de consigna de salida de la caldera [degC] |
| <a href="#">Temp_K</a>             | T_ini   | 293.15                              | Temperatura inicial del conjunto de la caldera [K]     |

## Connectors

| Type                            | Name       | Description                                  |
|---------------------------------|------------|--|
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | flowPort_a | Entrada de agua fria                         |
| <a href="#">FlowPort_b</a>      | flowPort_b | Salida de agua caliente                      |
| input <a href="#">RealInput</a> | T_amb      | Temperatura ambiental que rodea a la caldera |

## Modelica definition

```
model Caldera "Modelo de caldera simplificado"
```

### C. Librería Soltermica

```
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort_a flowPort_a(  
  final medium=medium) "Entrada de agua fria";  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort_b flowPort_b(  
  final medium=medium) "Salida de agua caliente";  
Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenControlUnico  
volumenControlUnico(  
  final medium=medium,  
  final T_ini=T_ini,  
  final dP_nom=espec.dp_nom,  
  final cV_nom=espec.V_flow_nom,  
  final Volumen=espec.V_cald);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.V_flowSensor v_flowSensor(  
  final medium=medium);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.TSensor tSensor(  
  final medium=medium);  
Modelica.Thermal.HeatTransfer.PrescribedHeatFlow  
prescribedHeatFlow1;  
Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control_Caldera  
control_Caldera(  
  final medium=medium,  
  final caudalMinACS=espec.V_flow_min,  
  final rendimientoInstantaneo=espec.RendimientoInstantaneo,  
  final GradoModulacionMin=espec.ModulacionMinima,  
  final PotenciaNominal=espec.PotenciaNominal,  
  final PCCombustible=espec.PCCombustible,  
  final TempRegulacion=TempReg);  
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T_amb  
"Temperatura ambiental que rodea a la caldera";  
parameter Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.Especificaciones  
espec=Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.Especificaciones()  
"Especificaciones del equipo";  
parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium  
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()  
"Fluido de trabajo";  
parameter Modelica.SIunits.CelsiusTemperature TempReg=40  
"Temperatura de consigna de salida de la caldera";  
parameter Modelica.SIunits.Temp_K T_ini=293.15  
"Temperatura inicial del conjunto de la caldera";  
  
Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D MasaTer  
mica  
transmisionCalor1D_MasaTermica(  
  U_a=5000 "Coeficiente estimado conveccion liquido",  
  final A=espec.S_cald,  
  final C=espec.CapacidadTermicaVacio,  
  U_b=20 "Coeficiente estimado de conveccion natural con el  
ambiente");  
Modelica.Thermal.HeatTransfer.PrescribedTemperature  
prescribedTemperature;  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.H_flowSensor h_flowSensor_in(  
  final medium=medium);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.H_flowSensor  
h_flowSensor_out(  
  final medium=medium);  
Modelica.Blocks.Math.Add diferencia(k2=-1);  
equation  
connect(flowPort_a, v_flowSensor.flowPort_a);  
connect(flowPort_a, tSensor.flowPort);  
connect(prescribedHeatFlow1.port, volumenControlUnico.puertoInt);  
connect(v_flowSensor.y, control_Caldera.V_flow_in);  
connect(tSensor.y, control_Caldera.T_in);
```

```

connect(T_amb, prescribedTemperature.T);
connect(prescribedTemperature.port,
transmisionCalor1D_MasaTermica.port_b);
connect(transmisionCalor1D_MasaTermica.port_a,
volumenControlUnico.puertoExt);
connect(control_Caldera.potenciaTeorica,
prescribedHeatFlow1.Q_flow);
connect(h_flowSensor_in.flowPort_b, volumenControlUnico.flowPort_a);
connect(v_flowSensor.flowPort_b, h_flowSensor_in.flowPort_a);
connect(volumenControlUnico.flowPort_b,
h_flowSensor_out.flowPort_a);
connect(h_flowSensor_out.flowPort_b, flowPort_b);
connect(h_flowSensor_out.y, diferencia.u1);
connect(h_flowSensor_in.y, diferencia.u2);
connect(diferencia.y, control_Caldera.Pot_Real);
end Caldera;

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:08 2014.

## [Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos](#)

Catalogo con las especificaciones de distintas calderas

### Package Content

| Name  | Description                      |
|---|----------------------------------|
|  <a href="#">BAXI PLATINIUM 24 24F</a> |                                  |
|  <a href="#">Especificaciones</a>      | Especificaciones de las calderas |



## [Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.BAXI\\_PLATINIUM\\_24\\_24F](#)

### Parameters

| Type                   | Name   | Default       | Description                                     |
|------------------------|--------|---------------|---|
| <a href="#">Volume</a> | V_cald | 0.008 + 0.002 | Volumen de líquido que contiene la caldera [m3] |

|                                |                        |                                 |   |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom             | 0.0002                          | Caudal en condiciones nominales [m3/s]                                |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom                 | 1000                            | Caida de presion en condiciones nominales [Pa]                        |
| <a href="#">HeatCapacity</a>   | CapacidadTermicaVacio  | 42*150                          | Capacidad térmica de la caldera sin contar el fluido de trabajo [J/K] |
| Real                           | RendimientoInstantaneo | 0.92                            | Rendimiento instantáneo en condiciones nominales máximas              |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_min             | 2/(60*1000)                     | Caudal mínimo de ACS que hace encender la caldera [m3/s]              |
| Real                           | ModulacionMinima       | (4100/24000)                    | Grado de modulación mínima que soporta la caldera                     |
| <a href="#">HeatFlowRate</a>   | PotenciaNominal        | 24000                           | Potencia nominal máxima de la caldera [W]                             |
| Real                           | PCCombustible          | (44000 + 39900)/2               | Poder calorifico del combustible utilizado                            |
| <a href="#">Area</a>           | S_cald                 | (0.345*0.763)*2 + (0.345*0.4... | Superficie de la caldera expuesta al ambiente [m2]                    |

## Modelica definition

```

record BAXI_PLATINIUM_24_24F =
  Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    V_cald=0.008+0.002,
    V_flow_nom=0.0002,
    dp_nom=1000,
    CapacidadTermicaVacio=42*150,
    RendimientoInstantaneo=0.92,
    V_flow_min=2/(60*1000),

```

$ModulacionMinima = (4100/24000),$   
 $PotenciaNominal = 24000,$   
 $PCCombustible = (44000 + 39900) / 2,$   
 $S\_cald = (0.345 * 0.763) * 2 + (0.345 * 0.450) * 2 + (0.450 * 0.763) * 1;$



## Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.Especificaciones

### Especificaciones de las calderas

#### Parameters

| Type                           | Name                   | Default | Description   |
|--------------------------------|------------------------|---------|---|
| <a href="#">Volume</a>         | V_cald                 | 1       | Volumen de líquido que contiene la caldera [m3]                       |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom             | 1       | Caudal en condiciones nominales [m3/s]                                |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom                 | 1       | Caida de presión en condiciones nominales [Pa]                        |
| <a href="#">HeatCapacity</a>   | CapacidadTermicaVacio  | 1       | Capacidad térmica de la caldera sin contar el fluido de trabajo [J/K] |
| Real                           | RendimientoInstantaneo | 1       | Rendimiento instantáneo en condiciones nominales máximas              |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_min             | 1       | Caudal mínimo de ACS que hace encender la caldera [m3/s]              |
| Real                           | ModulacionMinima       | 1       | Grado de modulación mínima que soporta la caldera                     |
| <a href="#">HeatFlowRate</a>   | PotenciaNominal        | 1       | Potencia nominal máxima de la caldera [W]                             |
| Real                           | PCCombustible          | 1       | Poder calorífico del combustible utilizado                            |
| <a href="#">Area</a>           | S_cald                 | 1       | Superficie de la caldera expuesta al ambiente [m2]                    |

## Modelica definition

```
record Especificaciones "Especificaciones de las calderas"  
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalagoEquipo;  
  parameter Modelica.SIunits.Volume V_cald=1  
    "Volumen de líquido que contiene la caldera";  
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom=1  
    "Caudal en condiciones nominales";  
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom=1  
    "Caída de presión en condiciones nominales";  
  parameter Modelica.SIunits.HeatCapacity CapacidadTermicaVacio=1  
    "Capacidad térmica de la caldera sin contar el fluido de trabajo";  
  parameter Real RendimientoInstantaneo=1  
    "Rendimiento instantáneo en condiciones nominales máximas";  
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_min=1  
    "Caudal mínimo de ACS que hace encender la caldera";  
  parameter Real ModulacionMinima=1  
    "Grado de modulación mínima que soporta la caldera";  
  parameter Modelica.SIunits.HeatFlowRate PotenciaNominal=1  
    "Potencia nominal máxima de la caldera";  
  parameter Real PCCombustible=1 "Poder calorífico del combustible  
  utilizado";  
  parameter Modelica.SIunits.Area S_cald=1  
    "Superficie de la caldera expuesta al ambiente";  
  
end Especificaciones;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:08 2014.

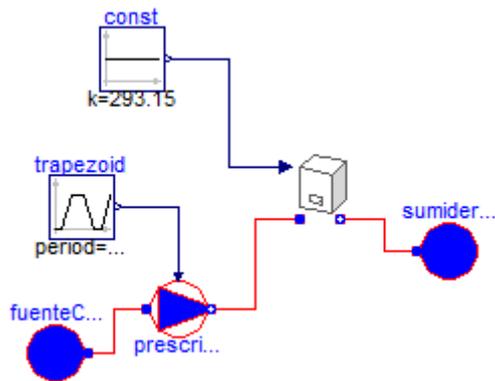
## [Soltermica.Calderas.Ejemplos](#)

### Ejemplos de funcionamiento de calderas

#### Package Content

| Name                                  | Description |
|---------------------------------------|-------------|
| <a href="#">Validacion Caldera 01</a> |             |

## Soltermica.Calderas.Ejemplos.Validacion\_Caldera\_01



### Modelica definition

```

model Validacion_Caldera_01
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
  prescribedVolumeFlow(medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water
    (),
    m=0.1);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient fuenteCaudal(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300,
    T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from\_degC(20));
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient
  sumideroCaudal(medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Blocks.Sources.Constant const(k=293.15);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid(
    amplitude=0.0002,
    rising=10,
    falling=10,
    offset=0.0000001,
    startTime=10,
    width=3600,
    period=7200);
  Caldera caldera(
    espec=Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.BAXI\_PLATINIUM\_24\_24F(),
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    T_ini=293.15,
    TempReg=50);
equation
  connect(fuenteCaudal.flowPort, prescribedVolumeFlow.flowPort_a);
  connect(trapezoid.y, prescribedVolumeFlow.VolumeFlow);
  connect(const.y, caldera.T_amb);
  connect(prescribedVolumeFlow.flowPort_b, caldera.flowPort_a);
  connect(caldera.flowPort_b, sumideroCaudal.flowPort);
end Validacion_Caldera_01;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:08 2014.

## Soltermica.ClasesBasicas

### Clases Basicas

#### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">ControlesEquipos</a>   | Paquete que incluye los modelos de control de los fenomenos de los equipos      |
|  <a href="#">Iconos</a>             | Paquete que incluye icono especificicos de la libreria                          |
|  <a href="#">TransferenciaCalor</a> | Paquete con modelos simplificados del fenomeno de tranferencias de calor        |
|  <a href="#">VolumenesControl</a>   | Paquete que incluye las definiciones de los modelos de los volumenes de control |

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:09 2014.

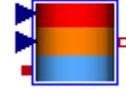
## Soltermica.ClasesBasicas.Control

Paquete que incluye los modelos de control de los fenomenos de los equipos

#### Package Content

| Name   | Description  |
|--|--|
|  <a href="#">Control_Acumulador_Orden</a>       | Bloque que controla el balance de energia a nivel interno en un volumen de fluido. Modela el fenomeno de estratificacion por ordenamiento de carga |
|  <a href="#">Control_Caldera</a>                | Bloque de control de la caldera  |
|  <a href="#">Control_Circulador</a>             | Bloque de control del circulador   |
|  <a href="#">Control_Colector</a>               | Bloque de control del colector o caprador solar  |
|  <a href="#">Control_Interacumulador_Mezcla</a> | Bloque que controla el balance de energia a nivel interno en un volumen de fluido. Modela el fenomeno de estratificacion por mezcla de volumenes   |

|   |  |
|---|--|
|  <a href="#">Control Monomando</a> | Bloque que controla la regulacion de la griferia monomando |
|---|--|



## [Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\\_A](#) cumulador\_Orden

Bloque que controla el balance de energia a nivel interno en un volumen de fluido. Modela el fenomeno de estratificacion por ordenamiento de carga



### Parameters

| Type                   | Name    | Default                         | Description                                |
|------------------------|---------|---------------------------------|--|
| <a href="#">Medium</a> | medium  | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Medio del volumen de control a controlar   |
| Integer                | n       | 3                               | Numero de segmentos del volumen de control |
| Real                   | volumen | 1                               | Volumen del volumen de control             |
| Real                   | altura  | 1                               | Altura o longitud del volumen de control   |

### Connectors

| Type                             | Name         | Description |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| input <a href="#">ReallInput</a> | T_in         |             |
| input <a href="#">ReallInput</a> | m_flow       |             |
| <a href="#">HeatPort_a</a>       | port_a       |             |
| <a href="#">HeatPort_b</a>       | puertoInt[n] |             |

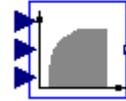
## Modelica definition

```

model Control_Acumulador_Orden
  "Bloque que controla el balance de energia a nivel interno en un
  volumen de fluido. Modela el fenomeno de estratificacion por
  ordenamiento de carga"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T_in;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput m_flow;
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort a port_a;
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
  "Medio del volumen de control a controlar";
  parameter Integer n=3 "Numero de segmentos del volumen de control";
  parameter Real volumen=1 "Volumen del volumen de control";
  parameter Real altura=1 "Altura o longitud del volumen de control";
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort b puertoInt[n];
  Real Q_int
  "Flujo de calor intercambiador con medio exteriores al volumen de
  control";
  Real Q_in[n] "Flujo de calor entrante en cada volumen";
  Real Q_cond[n]
  "Flujo de calor intercambiado por conduccion entre capas vecinas";
  Real Q_netto[n] "Flujo de calor neto recibido por cada volumen de
  control";
equation
//Balance de energía neta que entra en el volumen
Q_int=noEvent(if m_flow>0.0001 then m_flow*medium.cp*(T_in-
puertoInt[n].T) else 0);
port_a.Q_flow=Q_int;
//Determinacion flujo de calor por los puertos del deposito
//Flujo de calor entrante desde el exterior
Q_in[1]=noEvent(if (T_in>=puertoInt[1].T) then -Q_int else 0);
for i in 2:n loop
  Q_in[i]=noEvent(if (T_in>=puertoInt[i].T and puertoInt[i-1].T>T_in)
then -Q_int else 0);
end for;
//Flujo de calor por el fenomeno de conduccion de calor
Q_cond[1]=-(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[1+1].T-
puertoInt[1].T))/(altura/n));
for i in 2:n-1 loop
  Q_cond[i]=-(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[i-1].T-
puertoInt[i].T))/(altura/n)+
((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[i+1].T-
puertoInt[i].T))/(altura/n));
end for;
Q_cond[n]=-(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[n-1].T-
puertoInt[n].T))/(altura/n));
//Balance de todos los flujos de calor
Q_netto[1]=Q_in[1]+Q_cond[1];
for i in 2:n loop
  Q_netto[i]=Q_in[i]+Q_cond[i];
end for;
//Flujo calor neto en cada elemento
for i in 1:n loop
  puertoInt[i].Q_flow=Q_netto[i];
end for;
end Control_Acumulador_Orden;

```

---



## Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_Caldera

Bloque de control de la caldera



### Parameters

| Type                   | Name                   | Default | Description                     |
|------------------------|------------------------|---------|---------------------------------|
| Real                   | caudalMinACS           | 1       |                                 |
| Real                   | rendimientoInstantaneo | 1       |                                 |
| Real                   | GradoModulacionMin     | 1       |                                 |
| Real                   | PotenciaNominal        | 1       |                                 |
| Real                   | PCCombustible          | 1       |                                 |
| Real                   | TempRegulacion         | 1       |                                 |
| <a href="#">Medium</a> | medium                 |         | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... |

### Connectors

| Type                              | Name            | Description |
|-----------------------------------|-----------------|-------------|
| input <a href="#">RealInput</a>   | T_in            |             |
| output <a href="#">RealOutput</a> | potenciaTeorica |             |
| input <a href="#">RealInput</a>   | V_flow_in       |             |
| input <a href="#">RealInput</a>   | Pot_Real        |             |

### Modelica definition

```
model Control_Caldera "Bloque de control de la caldera"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T_in;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput potenciaTeorica;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput V_flow_in;
```

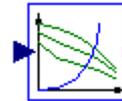
```

Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Pot_Real;
Real encendido
  "Variable que determina si existe el caudal minima para que la
caldera se encienda";
Real gastoInstantaneoCombustible "Gasto de combustible";
//Parametros para el control. Se tienen que definir en las
especificaciones
parameter Real caudalMinACS=1;
parameter Real rendimientoInstantaneo=1;
parameter Real GradoModulacionMin=1;
parameter Real PotenciaNominal=1;
parameter Real PCCombustible=1;
parameter Real TempRegulacion=1;
parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium();

equation
encendido=noEvent(if (V_flow_in>caudalMinACS) then 1 else 0);
//Energia aportada al fluido
potenciaTeorica=noEvent(
  if T_in<273.15+20 then PotenciaNominal*encendido else
  if (T_in>=273.15+TempRegulacion-30 and T_in<273.15+TempRegulacion-
15) then PotenciaNominal*((1-
GradoModulacionMin)/2)+GradoModulacionMin)*encendido else
  if (T_in>=273.15+TempRegulacion-15 and T_in<273.15+TempRegulacion)
then PotenciaNominal*GradoModulacionMin*encendido else
  0);
//Gasto combustible
gastoInstantaneoCombustible=(potenciaTeorica/(rendimientoInstantaneo*P
CCombustible));

end Control_Caldera;

```



## Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_C irculador

### Bloque de control del circulador



### Parameters

| Type                  | Name         | Default | Description   |
|-----------------------|--------------|---------|---|
| <a href="#">Power</a> | pot_elec_nom |         | Potencia electrica consumida en condiciones nominales [W] |

## Connectors

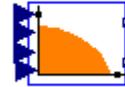
| Type                                 | Name         | Description |
|--------------------------------------|--------------|-------------|
| input <a href="#">RealInput</a>      | SenalEntrada |             |
| output <a href="#">BooleanOutput</a> | y            |             |

## Modelica definition

```

model Control_Circulador "Bloque de control del circulador"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput SenalEntrada;
  Modelica.SIunits.Power cons_elec "Consumo electrico instantaneo";
  parameter Modelica.SIunits.Power pot_elec_nom
    "Potencia electrica consumida en condiciones nominales";
  Modelica.Blocks.Interfaces.BooleanOutput y;
equation
  //control salida booleana
  y=if SenalEntrada>0 then true else false;
  cons_elec=noEvent(if SenalEntrada>0 then pot_elec_nom else 0);
end Control_Circulador;

```



## [Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos](#).Control\_Colector

Bloque de control del colector o captador solar



## Parameters

| Type                             | Name  | Default                        | Description                                 |
|----------------------------------|-------|--------------------------------|---|
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec | Soltermica.ColetoresSolares... | Especificaciones propias del captador solar |

## Connectors

| Type | Name | Description |
|------|------|-------------|
|------|------|-------------|

|                                      |                          |  |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | senalIrradiacion         | Senal de irradiacion solar incidente   |
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | senalTemperaturaAmbiente | Senal de temperatura ambiental exterior  |
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | senalTemperaturaCaptador | Senal de la temperatura del captador. Utilizada para el control                            |
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | factorSombras            | Factor de 1 a 0 que representa el porcentaje de perdidas por sombras arrojadas al captador |
| output<br><a href="#">RealOutput</a> | ganancias                | ganancia de calor debidas a la radiacion incidente   |
| output<br><a href="#">RealOutput</a> | perdidas                 | perdidas de calor debidas a la conveccion con el exterior (cuendo este esta mas frio)      |

## Modelica definition

```

model Control_Colector
  "Bloque de control del colector o caprador solar"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput senalIrradiacion
  "Senal de irradiacion solar incidente";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput senalTemperaturaAmbiente
  "Senal de temperatura ambiental exterior";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput senalTemperaturaCaptador
  "Senal de la temperatura del captador. Utilizada para el control";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput factorSombras
  "Factor de 1 a 0 que representa el porcentaje de perdidas por
  sombras arrojadas al captador";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput ganancias
  "ganancia de calor debidas a la radiacion incidente";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput perdidas
  "perdidas de calor debidas a la conveccion con el exterior (cuendo
  este esta mas frio)";
  Real Rend_captador(min=0,max=1)
  "Rendimiento instantáneo del captador. Mirar como se define de 0 a
  1";
  Real T_corregida
  "Variable comunmente utilizada en la documentacion tecnica. Es la
  diferencia entre la temperatura del captador y la del ambiente partido
  por la irradiacion";
  parameter
  Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones espec
    = Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones()
    "Especificaciones propias del captador solar";

equation
  //Ganancia solar

ganancias=espec.A_apertura*senalIrradiacion*espec.Rend_optico*espec.IA
M_50*(1-factorSombras);
  //Perdidas ambiente

```

```

perdidas=noEvent(if
senalTemperaturaCaptador>senalTemperaturaAmbiente then -
espec.A_apertura*(espec.Ccoef_perdidas_1*(senalTemperaturaCaptador-
senalTemperaturaAmbiente)+espec.Ccoef_perdidas_2*(senalTemperaturaCapta
dor-senalTemperaturaAmbiente)^2) else 0);
//Temperatura corregida
T_corregida=noEvent(if
senalTemperaturaCaptador>senalTemperaturaAmbiente then
(senalTemperaturaCaptador-senalTemperaturaAmbiente)/senalIrradiacion
else 0);
//Rendimiento captador
Rend_captador=noEvent(if (senalIrradiacion>1 and T_corregida>0 and
abs(perdidas)<ganancias) then espec.Rend_optico-
espec.Ccoef_perdidas_1*T_corregida-
espec.Ccoef_perdidas_2*(T_corregida^2)/senalIrradiacion else 0);
//and abs(perdidas)<ganancias
end Control_Colector;

```



## Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_In teracumulador\_Mezcla

Bloque que controla el balance de energía a nivel interno en un volumen de fluido. Modela el fenómeno de estratificación por mezcla de volúmenes

□

### Parameters

| Type                   | Name      | Default                         | Description  |
|------------------------|-----------|---------------------------------|--|
| <a href="#">Medium</a> | medium    | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... |  |
| Integer                | n         | 3                               |  |
| Real                   | volumen   | 1                               |  |
| Real                   | altura    | 1                               |  |
| Real                   | cteTiempo | 1                               | Constante de tiempo para el fenómeno de inversión de temperatura |

### Connectors

| Type                       | Name         | Description |
|----------------------------|--------------|-------------|
| <a href="#">HeatPort_b</a> | puertoInt[n] |             |

## Modelica definition

```

model Control_Interacumulador_Mezcla
  "Bloque que controla el balance de energia a nivel interno en un
  volumen de fluido. Modela el fenomeno de estratificacion por mezcla de
  volúmenes"
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort b puertoInt[n];
  Real Q_cond[n]
    "Flujo de calor intercambiado por conduccion entre capas vecinas";
  Real Q_invTemp[n] "Flujo de calor producido por inversion de
  temperaturas";
  Real Q_netto[n] "Flujo de calor neto recibido por cada volumen de
  control";
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium();
  parameter Integer n=3;
  parameter Real volumen=1;
  parameter Real altura=1;
  parameter Real cteTiempo=1
    "Constante de tiempo para el fenomeno de inversion de
  temperatura";
  equation
  //Determinacion flujo de calor por los puertos del deposito
  //Flujo de calor por el fenomeno de conduccion de calor
  Q_cond[1]=(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[1+1].T-
  puertoInt[1].T))/(altura/n));
  for i in 2:n-1 loop
    Q_cond[i]=(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[i-1].T-
  puertoInt[i].T))/(altura/n)+
  ((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[i+1].T-
  puertoInt[i].T))/(altura/n));
  end for;
  Q_cond[n]=(((volumen/altura)*medium.lamda*(puertoInt[n-1].T-
  puertoInt[n].T))/(altura/n));

  //Flujo de calor por el fenomeno de inversion de temperatura
  for i in 1:n-1 loop
    Q_invTemp[i]=noEvent(if puertoInt[i+1].T-puertoInt[i].T>0 then
  ((volumen/altura)*medium.cp*((puertoInt[i+1].T+puertoInt[i].T)/2)-
  puertoInt[i].T)/cteTiempo else 0);
  end for;
  Q_invTemp[n]=0;

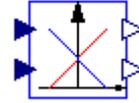
  //Balance de todos los flujos de calor
  Q_netto[1]=Q_cond[1]+Q_invTemp[1];
  for i in 2:n loop
    Q_netto[i]=Q_cond[i]+Q_invTemp[i]-Q_invTemp[i-1];
  end for;

  //Flujo calor neto en cada elemento
  for i in 1:n loop
    puertoInt[i].Q_flow=-Q_netto[i];
  end for;

end Control_Interacumulador_Mezcla;

```

---



## Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_Monomando

Bloque que controla la regulacion de la griferia monomando



### Connectors

| Type                                 | Name             | Description   |
|--------------------------------------|------------------|---|
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | SenalCaudal      | Senal de caudal entre 0 y 1. Corresponde al porcentaje de apertura total de grifo   |
| input<br><a href="#">RealInput</a>   | SenalTemperatura | Senal de temperatura entre 1 y -1. Corresponde al porcentaje de caudal de agua caliente (positiva) y agua fria (negativa) |
| output<br><a href="#">RealOutput</a> | SenalCaliente    | Senal de apertura del agua caliente   |
| output<br><a href="#">RealOutput</a> | SenalFria        | Senal de apertura del agua fria   |

### Modelica definition

```

model Control_Monomando
  "Bloque que controla la regulacion de la griferia monomando"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput SenalCaudal
    "Senal de caudal entre 0 y 1. Corresponde al porcentaje de
  apertura total de grifo";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput SenalTemperatura
    "Senal de temperatura entre 1 y -1. Corresponde al porcentaje de
  caudal de agua caliente (positiva) y agua fria (negativa)";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput SenalCaliente
    "Senal de apertura del agua caliente";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput SenalFria
    "Senal de apertura del agua fria";

  equation
    SenalCaliente=SenalCaudal*(0.5*SenalTemperatura+0.5);
    SenalFria=SenalCaudal*(-0.5*SenalTemperatura+0.5);

end Control_Monomando;

```

## [Soltermica.ClasesBasicas](#).Iconos

Paquete que incluye icono especificos de la libreria

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">Icono_CatalagoEquipo</a> | Icono para los record de los catalogos de los equipos |



## [Soltermica.ClasesBasicas.Iconos](#).Icono\_CatalagoEquip o

Icono para los record de los catalogos de los equipos

### Modelica definition

```
partial record Icono_CatalagoEquipo
  "Icono para los record de los catalogos de los equipos"
end Icono_CatalagoEquipo;
```

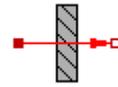
## [Soltermica.ClasesBasicas](#).TransferenciaCalor

Paquete con modelos simplificados del fenomeno de tranferencias de calor

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">TransmisionCalor1D</a> | Modelo transferencia de calor glogal. Desprecia la masa térmica de las capas. |

|  |   |
|--|---|
|  <a href="#">TransmisionCalor1D MasaTermica</a> | Modelo transferencia de calor glogal. Tienen en cuenta la inercia termica medio material separador. |
|--|---|



## [Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor](#).Transmis ionCalor1D

Modelo transferencia de calor glogal. Desprecia la masa térmica de las capas.

■ □

### Parameters

| Type                 | Name | Default | Description                                 |
|----------------------|------|---------|---|
| Real                 | U    | 1       | Coefficiente global de intercambio de calor |
| <a href="#">Area</a> | A    | 1       | Superficie de intercambio efectiva [m2]     |

### Connectors

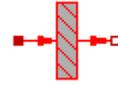
| Type                       | Name   | Description |
|----------------------------|--------|-------------|
| <a href="#">HeatPort_a</a> | port_a |             |
| <a href="#">HeatPort_b</a> | port_b |             |

### Modelica definition

```

model TransmisionCalor1D
  "Modelo transferencia de calor glogal. Desprecia la masa térmica de
  las capas."
  extends Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.Element1D;
  parameter Real U=1 "Coeficiente global de intercambio de calor";
  parameter Modelica.SIunits.Area A=1 "Superficie de intercambio
  efectiva";
  equation
    Q_flow=A*U*dT;
end TransmisionCalor1D;

```



## Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D\_MasaTermica

Modelo transferencia de calor global. Tienen en cuenta la inercia termica medio material separador.



### Parameters

| Type                 | Name | Default | Description  |
|----------------------|------|---------|--|
| Real                 | U_a  | 1       | Coefficiente global de intercambio de calor para el lado a |
| Real                 | U_b  | 1       | Coefficiente global de intercambio de calor para el lado b |
| <a href="#">Area</a> | A    | 1       | Superficie de intercambio efectiva [m2]                    |
| Real                 | C    | 1       | Capacidad calorifica de la masa                            |

### Connectors

| Type                       | Name   | Description |
|----------------------------|--------|-------------|
| <a href="#">HeatPort_a</a> | port_a |             |
| <a href="#">HeatPort_b</a> | port_b |             |

### Modelica definition

```

model TransmisionCalor1D_MasaTermica
  "Modelo transferencia de calor global. Tienen en cuenta la inercia
  termica medio material separador."
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort\_a port_a;
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort\_b port_b;
  Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D
    transmisionCalor1D(
      final A=A,
      final U=U_a);
  Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D
    transmisionCalor1D1(
      final U=U_b,
      final A=A);
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.HeatCapacitor masaTermica(
    final C=C);

```

```

parameter Real U_a=1
  "Coeficiente global de intercambio de calor para el lado a";
parameter Real U_b=1
  "Coeficiente global de intercambio de calor para el lado b";
parameter Modelica.SIunits.Area A=1 "Superficie de intercambio
efectiva";
parameter Real C=1 "Capacidad calorifica de la masa";
equation
  connect(port_a, transmisionCalor1D.port_a);
  connect(transmisionCalor1D.port_b, masaTermica.port);
  connect(masaTermica.port, transmisionCalor1D1.port_a);
  connect(transmisionCalor1D1.port_b, port_b);
  connect(port_b, port_b);
end TransmisionCalor1D_MasaTermica;

```

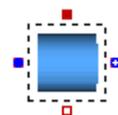
HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:09 2014.

## [Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl](#)

Paquete que incluye las definiciones de los modelos de los volúmenes de control

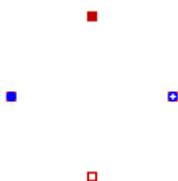
### Package Content

| Name  | Description   |
|---|---|
|  <a href="#">VolumenControlUnico</a> | Volumen de control un solo elemento                                     |
|  <a href="#">VolumenesControl1D</a>  | Volumen de control divisible en n elemento. Distribucion unidimensional |



## [Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenControlUnico](#)

Volumen de control un solo elemento



## Parameters

| Type                           | Name    | Default                      | Description  |
|--------------------------------|---------|------------------------------|--|
| <a href="#">Medium</a>         | medium  | FluidHeatFlow.Media.Medium() |  |
| <a href="#">Mass</a>           | m       | Volumen*medium.rho           | mass of medium [kg]                                |
| <a href="#">Temperature</a>    | T0      | T_ini                        | initial temperature of medium [K]                  |
| <a href="#">Volume</a>         | Volumen | 1                            | Volumen del sistema [m3]                           |
| <a href="#">Pressure</a>       | dP_nom  | 1                            | Caida de presion en condiciones nominales [Pa]     |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | cV_nom  | 1                            | Caudal volumetrico en condiciones nominales [m3/s] |
| <a href="#">Temp_K</a>         | T_ini   | 273.15                       | Temperatura inicial del volumen de control [K]     |

## Connectors

| Type                       | Name       | Description                            |
|----------------------------|------------|--|
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a |  |
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b |  |
| <a href="#">HeatPort_a</a> | puertoInt  | Puerto de intercambio de calor interno |
| <a href="#">HeatPort_b</a> | puertoExt  | Puerto de intercambio de calor externo |

## Modelica definition

```

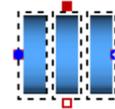
model VolumenControlUnico "Volumen de control un solo elemento"
  extends
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.Partial.TwoPort (m=Volumen*m
    edium.rho, T0=T_ini,T(start=T_ini));
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort_a puertoInt
    "Puerto de intercambio de calor interno";
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort_b puertoExt
    "Puerto de intercambio de calor externo";
  Modelica.SIunits.HeatFlowRate Q_flow_int
    "Intercambio de calor con elementos internos";
  Modelica.SIunits.HeatFlowRate Q_flow_ext

```

```

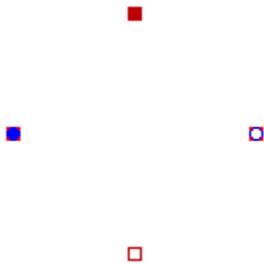
    "Intercambio de calor con el ambiente";
parameter Modelica.SIunits.Volume Volumen=1 "Volumen del sistema";
parameter Modelica.SIunits.Pressure dP_nom=1
    "Caida de presion en condiciones nominales";
parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate cV_nom=1
    "Caudal volumetrico en condiciones nominales";
parameter Modelica.SIunits.Temp_K T_ini=273.15
    "Temperatura inicial del volumen de control";
equation
//Modelo de friccion en el volumen de control
dp = -dP_nom * (flowPort_a.m_flow^2) / ((cV_nom*medium.rho)^2);
//Definicion de las variables en el interfaz de intercambio de calor
puertoInt.Q_flow=Q_flow_int;
puertoInt.T=T;
puertoExt.Q_flow=Q_flow_ext;
puertoExt.T=T;
//Flujo de calor neto en el volumen de control
Q_flow=Q_flow_int+Q_flow_ext;
end VolumenControlUnico;

```



## Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.Volumen esControl1D

Volumen de control divisible en n elemento. Distribucion unidimensional



### Parameters

| Type                   | Name   | Default                         | Description  |
|------------------------|--------|---------------------------------|--|
| Integer                | n      | 2                               | Numero de volúmenes de control incluidos en el sistema                     |
| <a href="#">Medium</a> | medium | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Medio fluido representativo de los volúmenes de control. Igual para todos. |

|                        |            |        |  |
|------------------------|------------|--------|--|
| Real                   | volumen    | 1      | Volumen total en del sistema   |
| Real                   | longitud   | 1      | Longitud total del conjunto en el eje principal de estudio                               |
| Real                   | dp_nom     | 1      | Caida de presion en condiciones nominales en los volúmenes de control. Igual para todos  |
| Real                   | V_flow_nom | 1      | Caudal circulante en condiciones nominales en los volúmenes de control. Igual para todos |
| <a href="#">Temp_K</a> | T_ini      | 273.15 | Tempertura inicial de todos los volúmenes de control [K]                                 |

## Connectors

| Type                       | Name         | Description  |
|----------------------------|--------------|--|
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a   | Puerto de entrada de caudal al sistema global de volúmenes desde el entorno          |
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b   | Puerto de salida de caudal al sistema global de volúmenes desde el entorno           |
| <a href="#">HeatPort_a</a> | puertoInt[n] | Puertos de intercambio de calor entre elementos internos al sistema                  |
| <a href="#">HeatPort_b</a> | puertoExt[n] | Puertos de intercambio de calor entre elementos externos al sistema como el ambiente |

## Modelica definition

```

model VolumenesControl1D
  "Volumen de control divisible en n elemento. Distribucion
  unidimensional"
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a(
    final medium=medium)
    "Puerto de entrada de caudal al sistema global de volúmenes desde
    el entorno";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b(
    final medium=medium)
    "Puerto de salida de caudal al sistema global de volúmenes desde
    el entorno";
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort\_a puertoInt[n]

```

```

    "Puertos de intercambio de calor entre elementos internos al
sistema";
    Modelica.Thermal.HeatTransfer.Interfaces.HeatPort b puertoExt[n]
    "Puertos de intercambio de calor entre elementos externos al
sistema como el ambiente";
    Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenControlUnico
volumenControl[n](
    each Volumen=volumen/n,
    each dP_nom=dp_nom,
    each cV_nom=V_flow_nom,
    each medium=medium,
    each T_ini=T_ini);
    parameter Integer n(min=1)=2
    "Numero de volumenes de control incluidos en el sistema";
    parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
    "Medio fluido representativo de los volumenes de control. Igual
para todos.";

    parameter Real volumen=1 "Volumen total en del sistema";
    parameter Real longitud=1
    "Longitud total del conjunto en el eje principal de estudio";
    parameter Real dp_nom=1
    "Caida de presión en condiciones nominales en los volumenes de
control. Igual para todos";
    parameter Real V_flow_nom=1
    "Caudal circulante en condiciones nominales en los volumenes de
control. Igual para todos";
    parameter Modelica.SIunits.Temp\_K T_ini=273.15
    "Tempertura inicial de todos los volumenes de control";
equation
connect(flowPort_b,volumenControl[1].flowPort_a);
//conexion de los volumenes de control. Uno detrás de otro
(unidimensional)
for i in 1:n-1 loop

connect(volumenControl[i].flowPort_b,volumenControl[i+1].flowPort_a);
end for;
connect(flowPort_a,volumenControl[n].flowPort_b);
for i in 1:n loop
    connect(volumenControl[i].puertoInt,puertoInt[i]);
    connect(volumenControl[i].puertoExt,puertoExt[i]);
end for;
end VolumenesControl1D;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:09 2014.

## [Soltermica](#).ColectoresSolares

### Colectores solares

#### Package Content

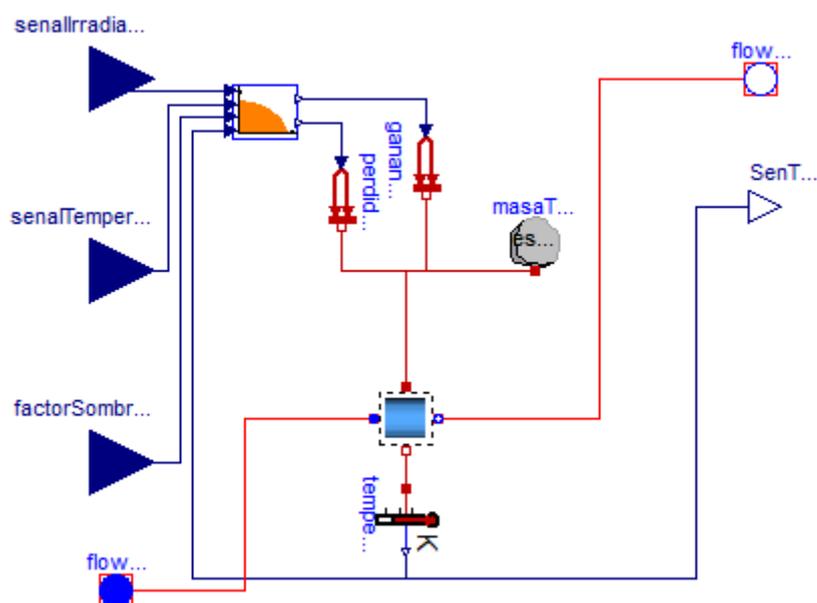
| Name | Description |
|------|-------------|
|------|-------------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <a href="#">CatalogoEquipos</a> | Especificaciones de los distintos captadores solares |
| <a href="#">ColectorSolar</a>   | Modelo de colector o captador solar                  |
| <a href="#">Ejemplos</a>        | Ejemplos de funcionamiento de captadores solares     |

## Soltermica.ColectoresSolares.ColectorSolar



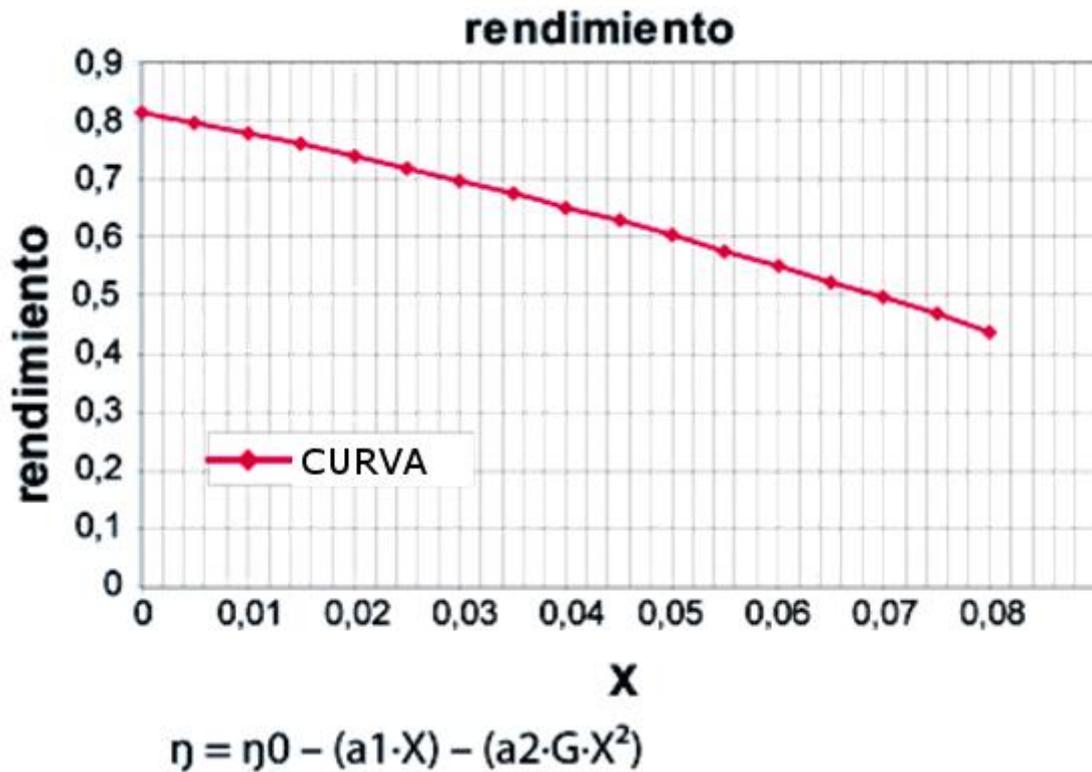
### Modelo de colector o captador solar



### Information

Modelo de captador solar que implementa la curva de rendimiento según la norma UNE-EN 12975.

Este modelo considera que el equipo alcanza condiciones estacionarias.



### Parameters

| Type                             | Name   | Default                         | Description                      |
|----------------------------------|--------|---------------------------------|----------------------------------|
| <a href="#">Medium</a>           | medium | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Fluido de trabajo                |
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec  | ColectoresSolares.CatalogoEq... | Especificaciones del equipo      |
| Real                             | T_ini  | 293.15                          | Temperatura inicial del captador |

### Connectors

| Type                              | Name             | Description                              |
|-----------------------------------|------------------|--|
| input <a href="#">RealInput</a>   | senalIrradiacion |  |
| <a href="#">FlowPort_a</a>        | flowPort_a       | Entrada de fluido de trabajo al captador |
| <a href="#">FlowPort_b</a>        | flowPort_b       | Salida de fluido de trabajo del captador |
| output <a href="#">RealOutput</a> | SenTemp          |  |
| input <a href="#">RealInput</a>   | senalTemperatura |  |
| input <a href="#">RealInput</a>   | factorSombras    |  |

## Modelica definition

```

model ColectorSolar "Modelo de colector o captador solar"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput senalIrradiacion;
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a flowPort_a(
    final medium=medium) "Entrada de fluido de trabajo al captador";
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b flowPort_b(
    final medium=medium) "Salida de fluido de trabajo del captador";
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput SenTemp;
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.HeatCapacitor masaTermica(
    final C=espec.CapacidadTermicaVacio);
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.PrescribedHeatFlow gananciaSolar;
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.PrescribedHeatFlow perdidasAmbiente;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput senalTemperatura;
  Soltermica.ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control\_Colector
control_Colector(
  final espec=espec);
  Modelica.Thermal.HeatTransfer.TemperatureSensor temperatureSensor;
  Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenControlUnico
volumenControlUnico1(
  final medium=medium,
  final Volumen=espec.V_col,
  final dP_nom=espec.dp_nom,
  final cV_nom=espec.V_flow_nom,
  final T_ini=T_ini);
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput factorSombras;

  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()
  "Fluido de trabajo";
  parameter ColectoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones
espec=ColectoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones()
  "Especificaciones del equipo";
  parameter Real T_ini=293.15 "Temperatura inicial del captador";

equation
  connect(control_Colector.ganancias, gananciaSolar.Q_flow);
  connect(control_Colector.perdidas, perdidasAmbiente.Q_flow);
  connect(senalTemperatura,
control_Colector.senalTemperaturaAmbiente);
  connect(senalIrradiacion, control_Colector.senalIrradiacion);
  connect(temperatureSensor.T, SenTemp);
  connect(control_Colector.senalTemperaturaCaptador,
temperatureSensor.T);
  connect(volumenControlUnico1.puertoExt, temperatureSensor.port);
  connect(flowPort_a, volumenControlUnico1.flowPort_a);
  connect(volumenControlUnico1.flowPort_b, flowPort_b);
  connect(masaTermica.port, volumenControlUnico1.puertoInt);
  connect(gananciaSolar.port, volumenControlUnico1.puertoInt);
  connect(perdidasAmbiente.port, volumenControlUnico1.puertoInt);
  connect(factorSombras, control_Colector.factorSombras);
end ColectorSolar;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:10 2014.

## Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos

Especificaciones de los distintos captadores solares

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">BAXIROCA_PS_2_0</a>  |   |
|  <a href="#">Especificaciones</a> | Especificaciones de los captadores solares termicos |



## Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos.BAXIROCA\_PS\_2\_0

### Parameters

| Type                           | Name                  | Default                 | Description |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| <a href="#">Volume</a>         | V_col                 | 0.00152                 | [m3]        |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom            | $100*(1/3600)*(1/1000)$ | [m3/s]      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom                | 13*9.81                 | [Pa]        |
| <a href="#">Area</a>           | A_apertura            | 1.92                    | [m2]        |
| <a href="#">HeatCapacity</a>   | CapacidadTermicaVacio | 13624                   | [J/K]       |
| Real                           | Rend_optico           | 0.76                    |             |
| Real                           | Coef_perdidas_1       | 3.191                   |             |
| Real                           | Coef_perdidas_2       | 0.025                   |             |
| Real                           | IAM_50                | 0.988                   |             |

### Modelica definition

```
record BAXIROCA_PS_2_0 =
  ColectoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    V_col=0.00152,
```

```
V_flow_nom=100*(1/3600)*(1/1000),
dp_nom=13*9.81,
A_apertura=1.92,
CapacidadTermicaVacio=13624,
Rend_optico=0.76,
Coef_perdidas_1=3.191,
Coef_perdidas_2=0.025,
IAM_50=0.988);
```



## Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos.Especificaciones

### Especificaciones de los captadores solares termicos

#### Parameters

| Type                           | Name                  | Default | Description |
|--------------------------------|-----------------------|---------|-------------|
| <a href="#">Volume</a>         | V_col                 | 1       | [m3]        |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom            | 1       | [m3/s]      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom                | 1       | [Pa]        |
| <a href="#">Area</a>           | A_apertura            | 1       | [m2]        |
| <a href="#">HeatCapacity</a>   | CapacidadTermicaVacio | 1       | [J/K]       |
| Real                           | Rend_optico           | 1       |             |
| Real                           | Coef_perdidas_1       | 1       |             |
| Real                           | Coef_perdidas_2       | 1       |             |
| Real                           | IAM_50                | 1       |             |

#### Modelica definition

```
record Especificaciones
  "Especificaciones de los captadores solares termicos"
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalogoEquipo;
  parameter Modelica.SIunits.Volume V_col=1;
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom=1;
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom=1;
  parameter Modelica.SIunits.Area A_apertura=1;
  parameter Modelica.SIunits.HeatCapacity CapacidadTermicaVacio=1;
  parameter Real Rend_optico=1;
  parameter Real Coef_perdidas_1=1;
  parameter Real Coef_perdidas_2=1;
```

```

parameter Real IAM_50=1;
end Especificaciones;

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:10 2014.

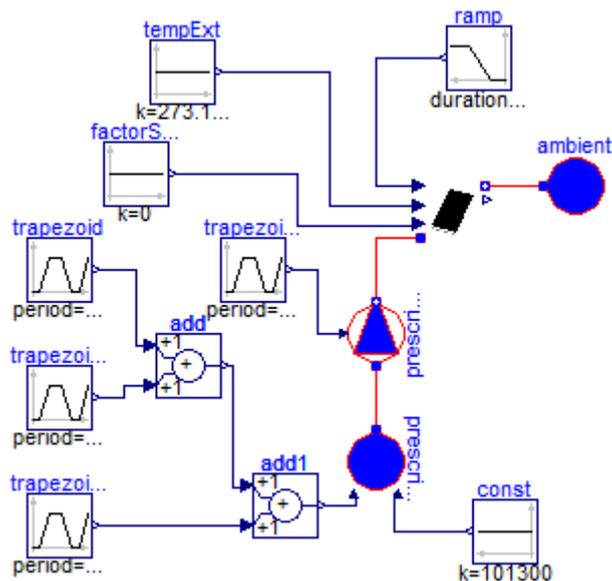
## [Soltermica.ColetoresSolares.Ejemplos](#)

Ejemplos de funcionamiento de captadores solares

### Package Content

| Name  | Description |
|---|-------------|
| <a href="#">Validacion_ColectorSolar_01</a> |             |

## [Soltermica.ColetoresSolares.Ejemplos.Validacion\\_ColectorSolar\\_01](#)



### Modelica definition

```

model Validacion_ColectorSolar_01
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid(
    amplitude=29,
    rising=60,
    falling=60,
    offset=273.15,
    startTime=300,
    width=3600,
    period=14400);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid1(

```

### C. Librería Soltermica

```
    amplitude=16,
    rising=10,
    falling=10,
    width=3600,
    offset=0,
    startTime=1200,
    period=14400);
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid2(
    amplitude=29,
    rising=10,
    width=3600,
    falling=10,
    startTime=2400,
    period=14400);
Soltermica.ColetoresSolares.ColectorSolar colectorSolar(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),

espec=Soltermica.ColetoresSolares.CatalogoEquipos.BAXIROCA\_PS\_2\_0(),
    T_ini=288.15);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambient(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water()),
p_Ambient=101300);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
prescribedVolumeFlow(medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water
    ()), m=
    0.1);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient
prescribedAmbient(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water());
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid3(
    amplitude=0.00011,
    rising=5,
    width=7200,
    falling=5,
    offset=0,
    startTime=2,
    period=25000);
Modelica.Blocks.Sources.Constant const(k=101300);
Modelica.Blocks.Sources.Constant tempExt(k=273.15 + 30);
Modelica.Blocks.Math.Add add;
Modelica.Blocks.Math.Add add1;
Modelica.Blocks.Sources.Ramp ramp(
    duration=10,
    offset=883,
    height=-882,
    startTime=10800);
Modelica.Blocks.Sources.Constant factorSombras(k=0);
equation
    connect(colectorSolar.flowPort_b, ambient.flowPort);
    connect(prescribedVolumeFlow.flowPort_b, colectorSolar.flowPort_a);
    connect(prescribedAmbient.flowPort,
prescribedVolumeFlow.flowPort_a);
    connect(trapezoid3.y, prescribedVolumeFlow.VolumeFlow);
    connect(const.y, prescribedAmbient.p_Ambient);
    connect(tempExt.y, colectorSolar.senalTemperatura);
    connect(trapezoid.y, add.u1);
    connect(trapezoid1.y, add.u2);
    connect(trapezoid2.y, add1.u2);
    connect(add.y, add1.u1);
    connect(add1.y, prescribedAmbient.T_Ambient);
```

```

connect(ramp.y, colectorSolar.senalIrradiacion);
connect(factorSombras.y, colectorSolar.factorSombras);
end Validacion_ColectorSolar_01;

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:11 2014.

## Soltermica.Controladores

### Controladores especificos para instalaciones solares

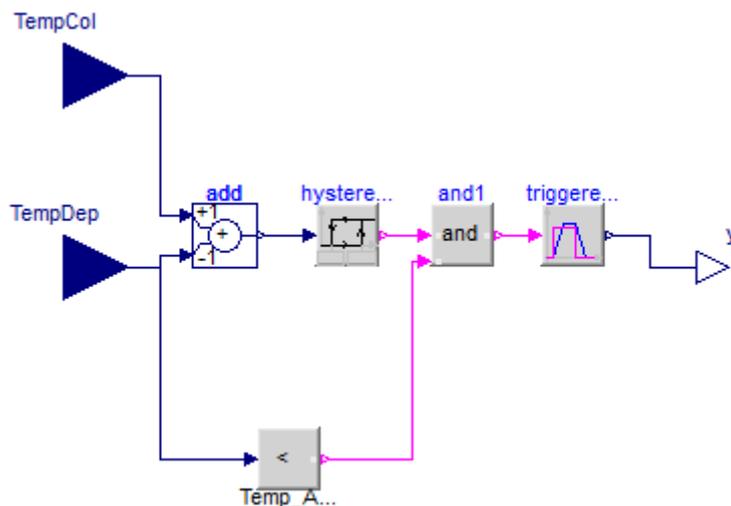
#### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">ControladorSolar</a> | Controlador solar sencillo. Termostato diferencial          |
|  <a href="#">Ejemplos</a>         | Ejemplos y modelos de verificacion de controladores solares |

## Soltermica.Controladores.ControladorSolar

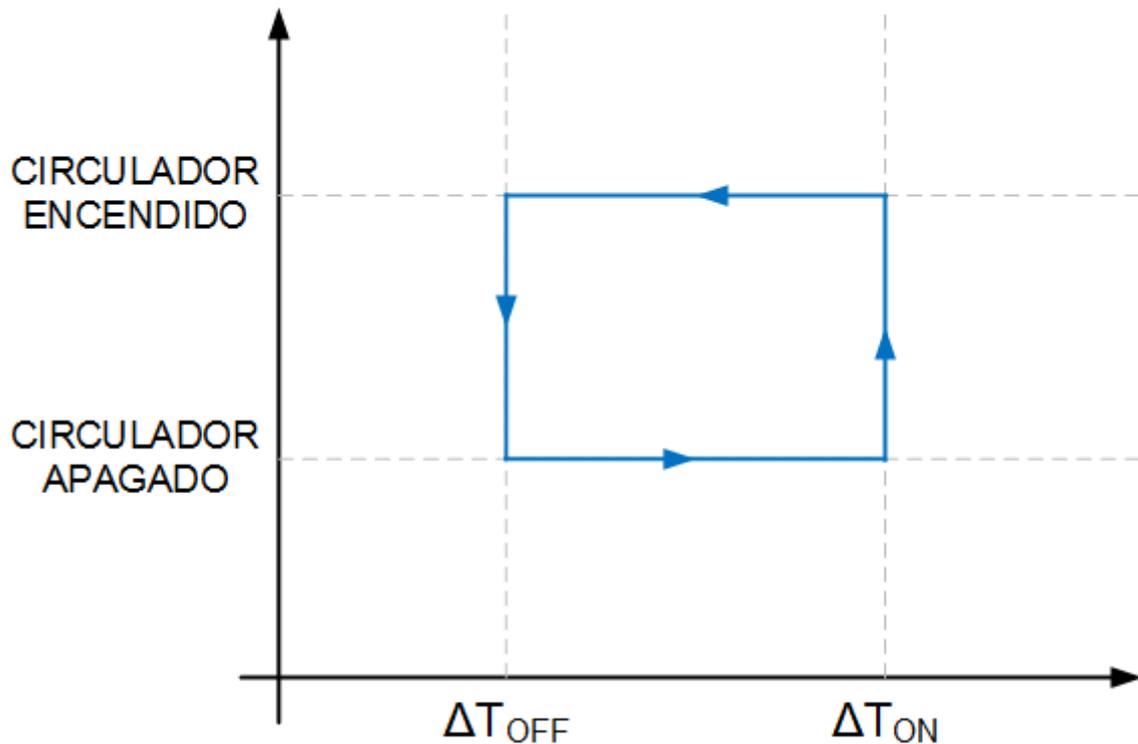


### Controlador solar sencillo. Termostato diferencial



### Information

Centralita solar. Funcionamiento de los más simples como termostato diferencial.



## Parameters

| Type                                  | Name       | Default | Description   |
|---------------------------------------|------------|---------|---|
| <a href="#">TemperatureDifference</a> | DeltaT_on  |         | Diferencia temperatura para el arranque del circulator [K]  |
| <a href="#">TemperatureDifference</a> | DeltaT_off |         | Diferencia de temperatura para la parada del circulator [K] |
| <a href="#">CelsiusTemperature</a>    | Temp_Acum  |         | Temperatura de consigna del acumulador [degC]               |

## Connectors

| Type                              | Name    | Description                       |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|
| input <a href="#">RealInput</a>   | TempCol | Senal de temperatura del colector |
| input <a href="#">RealInput</a>   | TempDep | Senal de temperatura del deposito |
| output <a href="#">RealOutput</a> | y       | Senal de control del circulator   |

## Modelica definition

```

model ControladorSolar
  "Controlador solar sencillo. Termostato diferencial"
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput TempCol
    "Senal de temperatura del colector";

```

```

Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput TempDep
  "Senal de temperatura del deposito";
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput y "Senal de control del
circulador";
Modelica.Blocks.Logical.TriggeredTrapezoid triggeredTrapezoid(
  amplitude=1,
  rising=0.1,
  offset=0);
Modelica.Blocks.Math.Add add(k1=+1, k2=-1);
Modelica.Blocks.Logical.Hysteresis hysteresis(
  uLow=DeltaT_off,
  uHigh=DeltaT_on);
Modelica.Blocks.Logical.And and1;
Modelica.Blocks.Logical.LessThreshold TempAcu(threshold=Temp_Acum);
parameter Modelica.SIunits.TemperatureDifference DeltaT_on
  "Diferencia tempertura para el arranque del circulador";
parameter Modelica.SIunits.TemperatureDifference DeltaT_off
  "Diferencia de temperatura para la parada del circulador";
parameter Modelica.SIunits.CelsiusTemperature Temp_Acum
  "Temperatura de consigna del acumulador";

equation
  connect(triggeredTrapezoid.y, y);
  connect(add.u1, TempCol);
  connect(add.u2, TempDep);
  connect(add.y, hysteresis.u);
  connect(hysteresis.y, and1.u1);
  connect(and1.y, triggeredTrapezoid.u);
  connect(TempAcu.y, and1.u2);
  connect(TempDep, TempAcu.u);
end ControladorSolar;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:11 2014.

## [Soltermica.Controladores.Ejemplos](#)

### Ejemplos y modelos de verificacion de controladores solares

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:11 2014.

## [Soltermica.Ejemplos](#)

### Ejemplos y configuraciones de instalaciones solares termicas

#### Package Content

| Name                                | Description   |
|-------------------------------------|---|
| <a href="#">CondicionesContorno</a> | Modelo de pruebas de adquisicion de distintas condiciones de contorno |

|   |   |
|---|---|
| <a href="#">DemandaValvulaDeposito</a>    | Modelo que integra una instalacion de suministro de ACS |
| <a href="#">InstalacionSolarDomestica</a> | Modelo de instalacion solare termica basica             |

## Soltermica.Ejemplos.CondicionesContorno

### Modelo de pruebas de adquisicion de distintas condiciones de contorno



### Modelica definition

```

model CondicionesContorno
  "Modelo de pruebas de adquisicion de distintas condiciones de
  contorno"
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable consumoACS(
    tableOnFile=true,
    offset={0},
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.LinearSegments,
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
    tableName="perfilAnual_1",
    fileName="CondicionesContorno\\perfilConsumoAnual.mat");
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable irradiacion(
    tableOnFile=true,
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    offset={1},
    tableName="IrradAnual",
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.LastTwoPoints,
    fileName="CondicionesContorno\\D3pen_Irrad_39_20.mat");
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable temperaturaRed(
    tableOnFile=true,
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    tableName="Ciudad_Real",
    offset={273.15},
    fileName="CondicionesContorno\\temperaturasRed.mat");
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable temperaturaSeca(
    tableOnFile=true,
    offset={0},
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,

```

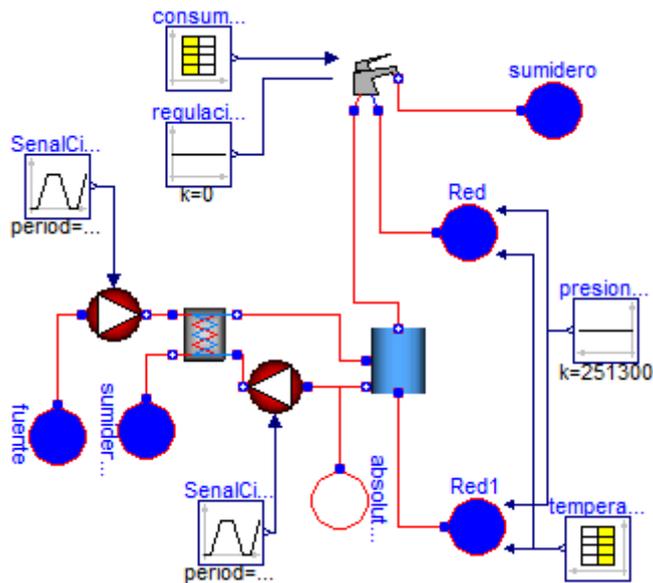
```

smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
fileName="CondicionesContorno\\TemperaturasSeca.mat",
tableName="D3_TempSec");
end CondicionesContorno;

```

## Soltermica.Ejemplos.DemandaValvulaDeposito

### Modelo que integra una instalacion de suministro de ACS



### Modelica definition

```

model DemandaValvulaDeposito
  "Modelo que integra una instalacion de suministro de ACS"
  Acumuladores.Acumulador Orden acumulador_Orden(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    T_ini=343.15,
    espec=Soltermica.Acumuladores.CatalogoEquipos.IDROGAS_CV200SR(),
    n=5);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero2(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient Red(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water());
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient
  Red1(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water());
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable temperaturaRed(
    tableOnFile=true,
    tableName="Ciudad_Real",
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    offset={273.15},
    fileName="CondicionesContorno\\temperaturasRed.mat");
  Modelica.Blocks.Sources.Constant presionRed(k=251300);
  Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable consumoACS(

```

### C. Librería Soltermica

```
tableOnFile=true,
offset={0},
smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.LinearSegments,
extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
tableName="perfilAnual_1",
fileName="CondicionesContorno\\perfilConsumoAnual.mat");
Valvulas.Griferia.Monomando monomando (
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
  dp_grifo=251300,
  Kv_grifo=0.0002);
Modelica.Blocks.Sources.Constant regulacionTemperatura(k=0);
Intercambiadores.Placas.IntercambiadorPlacas (
  n=4,
  medium_1=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
  medium_2=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),

espec=Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Fagor_IP_50()
',
  T_ini=293.15);
Bombas.Circuladores.Circulador (
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),

espec=Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.GRUNDFOS_UPS_25_1
20(),
  T_ini=293.15);
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalCirculador (
  rising=0.01,
  width=120,
  falling=0.01,
  period=3600,
  startTime=10);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient fuente (medium=
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300);
Bombas.Circuladores.Circulador (
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),

espec=Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.GRUNDFOS_UPS_25_1
20(),
  T_ini=293.15);

Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid SenalCirculadorCarga (
  rising=0.01,
  width=120,
  falling=0.01,
  period=3600,
  startTime=10);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.AbsolutePressure
absolutePressure (
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(), p=101300);
equation
  connect(Red1.flowPort, acumulador_Orden.flowPort_a);
  connect(temperaturaRed.y[1], Red1.T_Ambient);
  connect(temperaturaRed.y[1], Red.T_Ambient);
  connect(presionRed.y, Red.p_Ambient);
  connect(presionRed.y, Red1.p_Ambient);
  connect(acumulador_Orden.flowPort_b, monomando.caliente);
  connect(monomando.fria, Red.flowPort);
  connect(monomando.flowPort_b, sumidero.flowPort);
  connect(consumoACS.y[1], monomando.caudal);
  connect(regulacionTemperatura.y, monomando.temperatura);
```

```

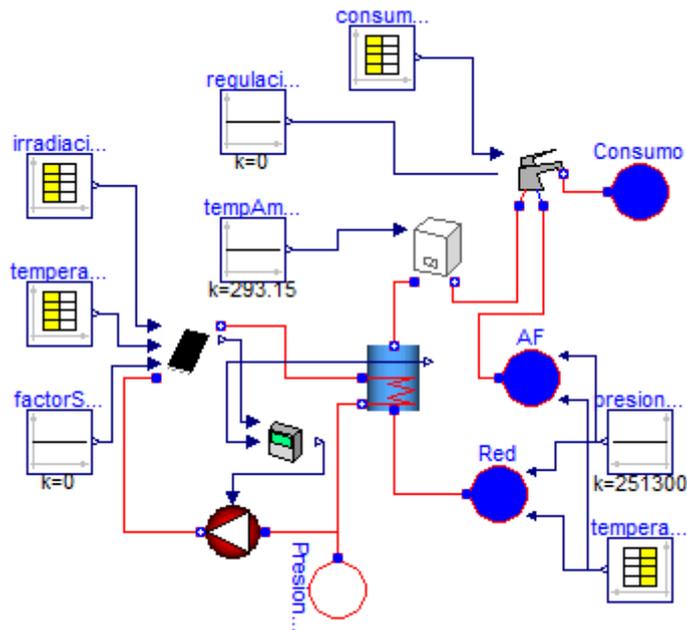
connect(intercambiadorPlacas.flowPort_b_2,
acumulador_Orden.flowPort_a1);
connect(sumidero2.flowPort, intercambiadorPlacas.flowPort_b_1);
connect(SenalCirculador.y, circulador.u);
connect(fuente.flowPort, circulador.flowPort_a);
connect(circulador.flowPort_b, intercambiadorPlacas.flowPort_a_1);
connect(circuladorCarga.flowPort_b,
intercambiadorPlacas.flowPort_a_2);
connect(circuladorCarga.flowPort_a, acumulador_Orden.flowPort_b1);
connect(SenalCirculadorCarga.y, circuladorCarga.u);
connect(absolutePressure.flowPort, circuladorCarga.flowPort_a);
end DemandaValvulaDeposito;

```

---

## Soltermica.Ejemplos.InstalacionSolarDomestica

### Modelo de instalacion solare termica basica



### Modelica definition

```

model InstalacionSolarDomestica
  "Modelo de instalacion solare termica basica"
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient Consumo(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300,
    T_Ambient=293.15);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.AbsolutePressure
  PresionReferencia(
    medium=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25(),
    p=251300);
  Acumuladores.Interacumuladores.Interacumulador_Mezcla
  interacumulador_Mezcla(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    medium_int=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25(),
    espec=

```

### C. Librería Soltermica

```
Soltermica.Acumuladores.Interacumuladores.CatalogoEquipos.LAPESA_CV_80
_MIS(),
    T_ini=293.15,
    n_int=2,
    n=5);

ColectoresSolares.ColeccionSolar coleccionSolar(
    medium=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25(),

espec=Soltermica.ColeccionSolares.CatalogoEquipos.BAXIROCA_PS_2_0(),
    T_ini=293.15);
Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable consumoACS(
    tableOnFile=true,
    offset={0},
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.LinearSegments,
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
    tableName="perfilAnual_1",
    fileName="CondicionesContorno\\perfilConsumoAnual.mat");
Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable irradiacion(
    tableOnFile=true,
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    offset={1},
    tableName="IrradAnual",
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.LastTwoPoints,
    fileName="CondicionesContorno\\D3pen_Irrad_39_20.mat");
Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable temperaturaSeca(
    tableOnFile=true,
    offset={0},
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    tableName="D3_TempSec",
    fileName="CondicionesContorno\\TemperaturasSeca.mat");
Modelica.Blocks.Sources.CombiTimeTable temperaturaRed(
    tableOnFile=true,
    extrapolation=Modelica.Blocks.Types.Extrapolation.HoldLastPoint,
    smoothness=Modelica.Blocks.Types.Smoothness.ContinuousDerivative,
    tableName="Ciudad_Real",
    offset={273.15},
    fileName="CondicionesContorno\\temperaturasRed.mat");
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient Red(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water());
Modelica.Blocks.Sources.Constant presionRed(k=251300);
Bombas.Circuladores.Circulador circulador(
    medium=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25(),

espec=Soltermica.Bombas.Circuladores.CatalogoEquipos.GRUNDFOS_UPS_25_1
20(),
    T_ini=293.15);

Controladores.ControladorSolar controladorSolar(
    Temp_Acum=333,
    DeltaT_on=4,
    DeltaT_off=2);
Calderas.Caldera caldera(
    espec=Soltermica.Calderas.CatalogoEquipos.BAXI_PLATINIUM_24_24F(),
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    T_ini=293.15,
    TempReg=50);
Modelica.Blocks.Sources.Constant tempAmbInt(k=293.15);
Valvulas.Griferia.Monomando monomando(
```

```

medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
dp_grifo=251300,
Kv_grifo=0.0002);
Modelica.Blocks.Sources.Constant regulacionTempertura(k=0);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient AF(medium=
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water());
Modelica.Blocks.Sources.Constant factorSombras(k=0);
equation
  connect(colectorSolar.flowPort_b,
interacumulador_Mezcla.flowPort_al);
  connect(temperaturaSeca.y[1], colectorSolar.senalTemperatura);
  connect(irradiacion.y[1], colectorSolar.senalIrradiacion);
  connect(Red.flowPort, interacumulador_Mezcla.flowPort_a);
  connect(temperaturaRed.y[1], Red.T_Ambient);
  connect(presionRed.y, Red.p_Ambient);
  connect(circulador.flowPort_b, colectorSolar.flowPort_a);
  connect(circulador.flowPort_a, interacumulador_Mezcla.flowPort_b1);
  connect(colectorSolar.SenTemp, controladorSolar.TempCol);
  connect(interacumulador_Mezcla.SensorTemperatura,
controladorSolar.TempDep);
  connect(PresionReferencia.flowPort, circulador.flowPort_a);
  connect(interacumulador_Mezcla.flowPort_b, caldera.flowPort_a);
  connect(tempAmbInt.y, caldera.T_amb);
  connect(monomando.flowPort_b, Consumo.flowPort);
  connect(caldera.flowPort_b, monomando.caliente);
  connect(consumoACS.y[1], monomando.caudal);
  connect(controladorSolar.y, circulador.u);
  connect(regulacionTempertura.y, monomando.temperatura);
  connect(AF.p_Ambient, presionRed.y);
  connect(AF.T_Ambient, temperaturaRed.y[1]);
  connect(AF.flowPort, monomando.fria);
  connect(factorSombras.y, colectorSolar.factorSombras);
end InstalacionSolarDomestica;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:13 2014.

## [Soltermica](#).Intercambiadores

### Paquete de intercambiadores de calor en general

#### Package Content

| Name  | Description                                    |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> <a href="#">Placas</a> | Paquete de intercambiadores de calor de placas |

---

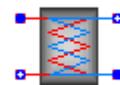
HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:13 2014.

## [Soltermica](#).Intercambiadores.Placas

### Paquete de intercambiadores de calor de placas

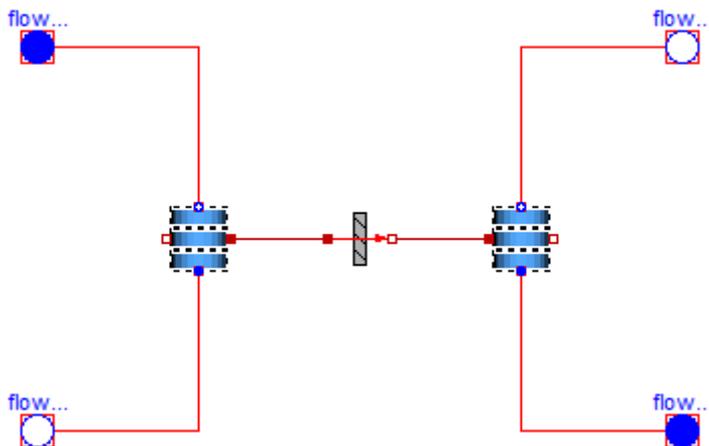
## Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">CatalogoEquipos</a>      | Catalogo de equipos (intercambiadores de placas) con las especificaciones de los fabricantes. |
|  <a href="#">Ejemplos</a>             | Ejemplos y modelos de verificacion de intercambiadores de calor de placas                     |
|  <a href="#">IntercambiadorPlacas</a> | Modelo de intercambiador de placas  |



## [Soltermica.Intercambiadores.Placas](#).IntercambiadorPlacas

### Modelo de intercambiador de placas



### Parameters

| Type                             | Name     | Default                         | Description |
|----------------------------------|----------|---------------------------------|-------------|
| Integer                          | n        | 1                               |             |
| <a href="#">Medium</a>           | medium_1 | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... |             |
| <a href="#">Medium</a>           | medium_2 | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... |             |
| <a href="#">Especificaciones</a> | espec    | Soltermica.Intercambiadores.... |             |
| <a href="#">Temp_K</a>           | T_ini    |                                 | [K]         |

## Connectors

| Type                       | Name         | Description |
|----------------------------|--------------|-------------|
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b_1 |             |
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a_2 |             |
| <a href="#">FlowPort_b</a> | flowPort_b_2 |             |
| <a href="#">FlowPort_a</a> | flowPort_a_1 |             |

## Modelica definition

```

model IntercambiadorPlacas "Modelo de intercambiador de placas"

  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b
  flowPort_b_1(final
    medium = medium_1);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a
  flowPort_a_2(final
    medium=medium_2);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b
  flowPort_b_2(final
    medium=medium_2);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a
  flowPort_a_1(final
    medium=medium_1);
  Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenesControl1D
  volumenesControl1D_1(
    final n=n,
    final volumen=espec.V_1,
    final longitud=espec.L_int,
    final dp_nom=espec.dp_nom_1,
    final V_flow_nom=espec.V_flow_nom_1,
    final medium=medium_1,
    T_ini=T_ini);
  Soltermica.ClasesBasicas.VolumenesControl.VolumenesControl1D
  volumenesControl1D_2(
    final n=n,
    final volumen=espec.V_2,
    final longitud=espec.L_int,
    final dp_nom=espec.dp_nom_2,
    final V_flow_nom=espec.V_flow_nom_2,
    final medium=medium_2,
    T_ini=T_ini);
  Soltermica.ClasesBasicas.TransferenciaCalor.TransmisionCalor1D
  transmisionCalor1D[
    each U=espec.U_int,
    each A=(espec.S_int/n)];
  Modelica.SIunits.Power potTotInter;

  parameter Integer n=1;
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
  medium_1=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium();
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
  medium_2=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium();

```

```
parameter
Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Especificaciones
  espec =
Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Especificaciones ();

parameter Modelica.SIunits.Temp_K T_ini;

equation
//Definición de la potencia total intercambiada
potTotInter=sum(transmisionCalor1D[i].port_a.Q_flow for i in 1:n);
connect(flowPort_a_1, volumenControl1D_1.flowPort_b);
connect(flowPort_b_1, volumenControl1D_1.flowPort_a);
connect(flowPort_a_2, volumenControl1D_2.flowPort_a);
connect(volumenControl1D_2.flowPort_b, flowPort_b_2);
connect(volumenControl1D_1.puertoInt, transmisionCalor1D.port_a);
connect(transmisionCalor1D.port_b, volumenControl1D_2.puertoInt);
end IntercambiadorPlacas;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:13 2014.

## [Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos](#)

Catalogo de equipos (intercambiadores de placas) con las especificaciones de los fabricantes.

### Package Content

| Name   | Description   |
|--|---|
|  <a href="#">Especificaciones</a> | Clase record donde se incluyen las especificaciones de los intercambiadores de placas |
|  <a href="#">Fagor IP 120</a>     |   |
|  <a href="#">Fagor IP 50</a>      |   |



## [Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Especificaciones](#)

Clase record donde se incluyen las especificaciones de los intercambiadores de placas

## Parameters

| Type                           | Name         | Default | Description   |
|--------------------------------|--------------|---------|---|
| <a href="#">Power</a>          | P_nom        | 1       | Potencia nominal [W]  |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_1 | 1       | Caudal volumetrico nominal en el primario [m3/s]                        |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_1     | 1       | Caida de presion nominal en el primario [Pa]                            |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_2 | 1       | Caudal volumetrico nominal en el secundario [m3/s]                      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_2     | 1       | Caida de presion nominal en el secundario [Pa]                          |
| Real                           | U_int        | 1       | Coefficiente global de trasferencia de calor (en condiciones nominales) |
| <a href="#">Volume</a>         | V_1          | 1       | Volumen primario [m3]   |
| <a href="#">Volume</a>         | V_2          | 1       | Volumen secundario [m3]   |
| <a href="#">Length</a>         | S_int        | 1       | Superficie de intercambio [m]   |
| <a href="#">Length</a>         | L_int        | 1       | Longitud del intercambiador en el eje principal de intercambio [m]      |
| Integer                        | n_placas     | 1       | Numero de placas  |

## Modelica definition

```

record Especificaciones
  "Clase record donde se incluyen las especificaciones de los
  intercambiadores de placas"
  extends Soltermica.ClasesBasicas.Iconos.Icono_CatalogoEquipo;
  parameter Modelica.SIunits.Power P_nom=1 "Potencia nominal";
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom_1=1
    "Caudal volumetrico nominal en el primario";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom_1=1
    "Caida de presion nominal en el primario";
  parameter Modelica.SIunits.VolumeFlowRate V_flow_nom_2=1
    "Caudal volumetrico nominal en el secundario";
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_nom_2=1
    "Caida de presion nominal en el secundario";
  parameter Real U_int=1
    "Coeficiente global de trasferencia de calor (en condiciones
    nominales)";
  parameter Modelica.SIunits.Volume V_1=1 "Volumen primario";
  parameter Modelica.SIunits.Volume V_2=1 "Volumen secundario";
  parameter Modelica.SIunits.Length S_int=1 "Superficie de
  intercambio";
  parameter Modelica.SIunits.Length L_int=1
    "Longitud del intercambiador en el eje principal de intercambio";

```

```
parameter Integer n_placas=1 "Numero de placas";
end Especificaciones;
```



## Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Fagor\_IP\_120

### Parameters

| Type                           | Name         | Default   | Description   |
|--------------------------------|--------------|-----------|---|
| <a href="#">Power</a>          | P_nom        | 97520     | Potencia nominal [W]  |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_1 | 5590/3600 | Caudal volumetrico nominal en el primario [m3/s]                        |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_1     | 14700     | Caida de presion nominal en el primario [Pa]                            |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_2 | 5327/3600 | Caudal volumetrico nominal en el secundario [m3/s]                      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_2     | 16000     | Caida de presion nominal en el secundario [Pa]                          |
| Real                           | U_int        | 5018      | Coefficiente global de trasferencia de calor (en condiciones nominales) |
| <a href="#">Volume</a>         | V_1          | 0.002314  | Volumen primario [m3]   |
| <a href="#">Volume</a>         | V_2          | 0.002314  | Volumen secundario [m3]   |
| <a href="#">Length</a>         | S_int        | 2.4       | Superficie de intercambio [m]   |
| <a href="#">Length</a>         | L_int        | 0.5       | Longitud del intercambiador en el eje principal de intercambio [m]      |
| Integer                        | n_placas     | 50        | Numero de placas  |

### Modelica definition

```
record Fagor_IP_120 =
```

```
  Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Especificaciones (
    S_int=2.4, L_int=0.5, n_placas=50, P_nom=97520,
    V_flow_nom_1=5590/3600, dp_nom_1=14700, V_flow_nom_2=5327/3600,
    dp_nom_2=16000, U_int=5018, V_1=0.002314, V_2=0.002314);
```



## [Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Fagor\\_IP\\_50](#)

### Parameters

| Type                           | Name         | Default   | Description   |
|--------------------------------|--------------|-----------|---|
| <a href="#">Power</a>          | P_nom        | 44310     | Potencia nominal [W]  |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_1 | 2540/3600 | Caudal volumetrico nominal en el primario [m3/s]                        |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_1     | 16900     | Caida de presion nominal en el primario [Pa]                            |
| <a href="#">VolumeFlowRate</a> | V_flow_nom_2 | 2421/3600 | Caudal volumetrico nominal en el secundario [m3/s]                      |
| <a href="#">Pressure</a>       | dp_nom_2     | 18600     | Caida de presion nominal en el secundario [Pa]                          |
| Real                           | U_int        | 5527      | Coefficiente global de trasferencia de calor (en condiciones nominales) |
| <a href="#">Volume</a>         | V_1          | 0.0009    | Volumen primario [m3]   |
| <a href="#">Volume</a>         | V_2          | 0.0008    | Volumen secundario [m3]   |
| <a href="#">Length</a>         | S_int        | 0.9       | Superficie de intercambio [m]   |
| <a href="#">Length</a>         | L_int        | 0.5       | Longitud del intercambiador en el eje principal de intercambio [m]      |
| Integer                        | n_placas     | 20        | Numero de placas  |

### Modelica definition

```
record Fagor_IP_50 =
```

```

Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Especificaciones (
  S_int=0.9, L_int=0.5, n_placas=20, P_nom=44310,
  V_flow_nom_1=2540/3600, dp_nom_1=16900, V_flow_nom_2=2421/3600,
  dp_nom_2=18600, U_int=5527, V_1=0.0009, V_2=0.0008);

```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:13 2014.

## Soltermica.Intercambiadores.Placas.Ejemplos

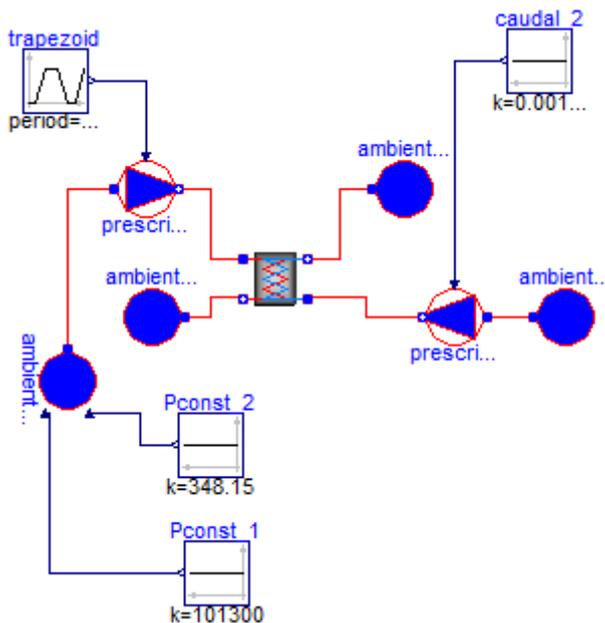
Ejemplos y modelos de verificación de intercambiadores de calor de placas

### Package Content

| Name                          | Description   |
|-------------------------------|---|
| <a href="#">Validacion_01</a> | Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del intercambiador de placas 0.5           |
| <a href="#">Validacion_02</a> | Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del intercambiador de placas a contraflujo |

## Soltermica.Intercambiadores.Placas.Ejemplos.Validacion\_01

Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del intercambiador de placas 0.5



### Modelica definition

```
model Validacion_01
```

```
"Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del
intercambiador de placas 0.5"
```

```
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
```

```
prescribedVolumeFlow_1(
  m=0.1,
```

```

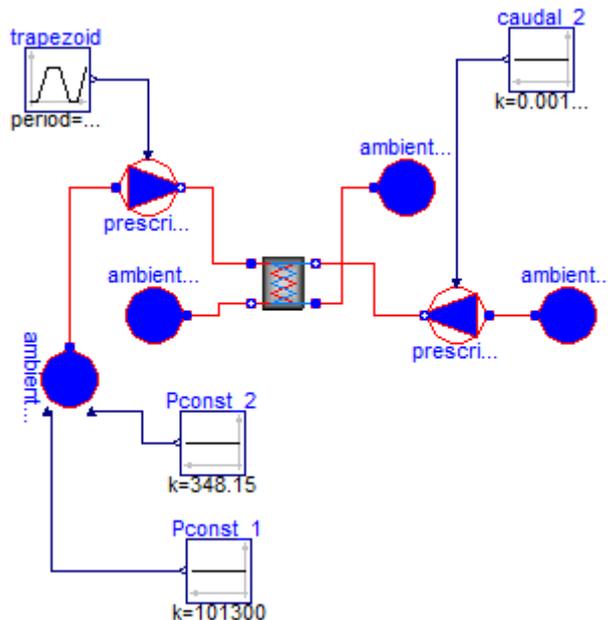
T0=348.15,
medium=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25();
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
prescribedVolumeFlow_2(medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Wat
er(),
m=0.1,
T0=323.15);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_a_2(
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300,
T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(50));
Modelica.Blocks.Sources.Constant caudal_2(k=0.00148)
"Caudal masico consigna secundario";
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_b_1(
p_Ambient=101300,
T_Ambient=293.15,
medium=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25());
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_b_2(
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
p_Ambient=101300,
T_Ambient=293.15);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient
ambiente_a_1(medium=
Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25());
Modelica.Blocks.Sources.Constant Pconst_1(k=101300);
Modelica.Blocks.Sources.Constant Pconst_2(k=348.15);
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid(
amplitude=0.001553,
rising=60,
falling=60,
period=600,
startTime=10,
width=500);
IntercambiadorPlacas intercambiadorPlacas(
n=5,
medium_1=Soltermica.Media.Propilenglicol_30_25(),
medium_2=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
espec=Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Fagor_IP_50()
,
T_ini=293.15);
equation
connect(ambiente_a_2.flowPort,
prescribedVolumeFlow_2.flowPort_a);
connect(Pconst_1.y, ambiente_a_1.p_Ambient);
connect(ambiente_a_1.flowPort,
prescribedVolumeFlow_1.flowPort_a);
connect(caudal_2.y, prescribedVolumeFlow_2.VolumeFlow);
connect(ambiente_a_1.T_Ambient, Pconst_2.y);
connect(trapezoid.y, prescribedVolumeFlow_1.VolumeFlow);
connect(prescribedVolumeFlow_1.flowPort_b,
intercambiadorPlacas.flowPort_a_1);
connect(ambiente_b_1.flowPort, intercambiadorPlacas.flowPort_b_1);
connect(intercambiadorPlacas.flowPort_a_2,
prescribedVolumeFlow_2.flowPort_b);
connect(intercambiadorPlacas.flowPort_b_2, ambiente_b_2.flowPort);
end Validacion_01;

```

---

## Soltermica.Intercambiadores.Placas.Ejemplos.Validacion\_02

### Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del intercambiador de placas a contraflujo



### Modelica definition

```
model Validacion_02
```

```
"Pruebas de verificación de funcionamiento del modelo del
intercambiador de placas a contraflujo"
```

```
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
prescribedVolumeFlow_1(
  m=0.1,
  T0=348.15,
  medium=Soltermica.Medias.Propilenglicol_40_25());
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedVolumeFlow
```

```
prescribedVolumeFlow_2(medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Medias.Water
er(),
  m=0.1,
  T0=323.15);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_a_2(
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Medias.Water(),
  p_Ambient=101300,
  T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(50));
Modelica.Blocks.Sources.Constant caudal_2(k=0.00148)
"Caudal masico consigna secundario";
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_b_1(
  p_Ambient=101300,
  T_Ambient=293.15,
  medium=Soltermica.Medias.Propilenglicol_40_25());
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ambiente_b_2(
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Medias.Water(),
  p_Ambient=101300,
  T_Ambient=293.15);
```

```

Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.PrescribedAmbient
ambiente_a_1(medium=
  Soltermica.Media.Propilenglicol\_40\_25\(\));
Modelica.Blocks.Sources.Constant Pconst_1(k=101300);
Soltermica.Intercambiadores.Placas.IntercambiadorPlacas
intercambiadorMulti(
  medium_2=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water\(\),

espec=Soltermica.Intercambiadores.Placas.CatalogoEquipos.Fagor\_IP\_50\(\)
,
  T0=348.15,
  medium_1=Soltermica.Media.Propilenglicol\_40\_25\(\),
  n=4);
Modelica.Blocks.Sources.Constant Pconst_2(k=348.15);
Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid(
  amplitud=0.001553,
  rising=60,
  width=300,
  falling=60,
  period=600,
  startTime=10);
equation
  connect(ambiente_a_2.flowPort,
prescribedVolumeFlow_2.flowPort_a);
  connect(Pconst_1.y, ambiente_a_1.p_Ambient);
  connect(ambiente_a_1.flowPort,
prescribedVolumeFlow_1.flowPort_a);
  connect(caudal_2.y, prescribedVolumeFlow_2.VolumeFlow);
  connect(prescribedVolumeFlow_1.flowPort_b,
intercambiadorMulti.flowPort_a_1);
  connect(ambiente_b_1.flowPort, intercambiadorMulti.flowPort_b_1);
  connect(ambiente_a_1.T_Ambient, Pconst_2.y);
  connect(trapezoid.y, prescribedVolumeFlow_1.VolumeFlow);
  connect(ambiente_b_2.flowPort, intercambiadorMulti.flowPort_a_2);
  connect(prescribedVolumeFlow_2.flowPort_b,
intercambiadorMulti.flowPort_b_2);
end Validacion_02;

```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:14 2014.

## [Soltermica](#).Media

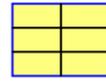
Paquete donde incorporar nuevos fluidos de trabajo

### Package Content

| Name   | Description  |
|--|--|
|  <a href="#">Agua</a>                 |  |
|  <a href="#">Propilenglicol_30_25</a> | Mezcla de agua y propilenglicol al 30% a 25 grados C |
|  <a href="#">Propilenglicol_40_25</a> | Mezcla de agua y propilenglicol al 40% a 25 grados C |

---

## Soltermica.Media.Agua



### Parameters

| Type                                 | Name  | Default | Description  |
|--------------------------------------|-------|---------|--|
| <a href="#">Density</a>              | rho   | 995.6   | density [kg/m3]  |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cp    | 4177    | specific heat capacity at constant pressure [J/(kg.K)] |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cv    | 4177    | specific heat capacity at constant volume [J/(kg.K)]   |
| <a href="#">ThermalConductivity</a>  | lamda | 0.615   | thermal conductivity [W/(m.K)]                         |
| <a href="#">KinematicViscosity</a>   | nue   | 0.8E-6  | kinematic viscosity [m2/s]                             |

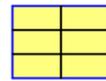
### Modelica definition

```

record Agua
extends Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium(
  rho=995.6,
  cp=4177,
  cv=4177,
  lamda=0.615,
  nue=0.8E-6);
end Agua;

```

## Soltermica.Media.Propilenglicol\_30\_25



Mezcla de agua y propilenglicol al 30% a 25 grados C

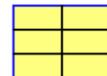
### Parameters

| Type                                 | Name  | Default | Description  |
|--------------------------------------|-------|---------|--|
| <a href="#">Density</a>              | rho   | 1020    | density [kg/m3]  |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cp    | 3850    | specific heat capacity at constant pressure [J/(kg.K)] |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cv    | 3850    | specific heat capacity at constant volume [J/(kg.K)]   |
| <a href="#">ThermalConductivity</a>  | lamda | 0.47    | thermal conductivity [W/(m.K)]                         |
| <a href="#">KinematicViscosity</a>   | nue   | 2.75E-6 | kinematic viscosity [m2/s]                             |

## Modelica definition

```
record Propilenglicol_30_25
  "Mezcla de agua y propilenglicol al 30% a 25 grados C"
  extends Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium(
    rho=1020,
    cp=3850,
    cv=3850,
    lamda=0.47,
    nue=2.75E-6);
end Propilenglicol_30_25;
```

## Soltermica.Media.Propilenglicol\_40\_25



Mezcla de agua y propilenglicol al 40% a 25 grados C

### Parameters

| Type                                 | Name  | Default | Description  |
|--------------------------------------|-------|---------|--|
| <a href="#">Density</a>              | rho   | 1040    | density [kg/m3]  |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cp    | 3700    | specific heat capacity at constant pressure [J/(kg.K)] |
| <a href="#">SpecificHeatCapacity</a> | cv    | 3700    | specific heat capacity at constant volume [J/(kg.K)]   |
| <a href="#">ThermalConductivity</a>  | lamda | 0.47    | thermal conductivity [W/(m.K)]                         |
| <a href="#">KinematicViscosity</a>   | nue   | 2.75E-6 | kinematic viscosity [m2/s]                             |

## Modelica definition

```
record Propilenglicol_40_25
  "Mezcla de agua y propilenglicol al 40% a 25 grados C"
  extends Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium(
    rho=1040,
    cp=3700,
    cv=3700,
    lamda=0.47,
    nue=2.75E-6);
    //Comprobar
    //Comprobar
end Propilenglicol_40_25;
```

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:14 2014.

## Soltermica.Valvulas

Paquete que engloba las valvulas en general independientemente del tipo

### Package Content

| Name   | Description  |
|--|--|
|  <a href="#">Griferia</a> | Paquete que incluye modelos de griferia de uso sanitario |

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:14 2014.

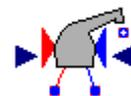
## Soltermica.Valvulas.Griferia

Paquete que incluye modelos de griferia de uso sanitario

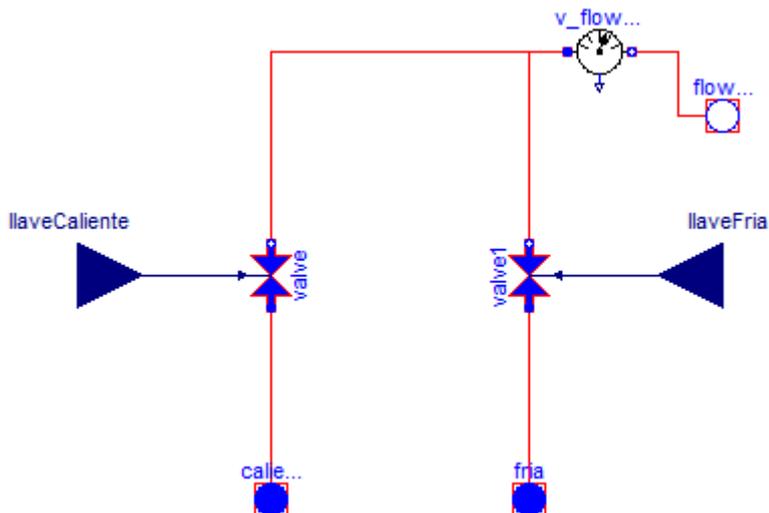
### Package Content

| Name  | Description  |
|---|--|
|  <a href="#">Ejemplos</a>  | Ejemplos y modelos de verificacion de los distintos tipos de griferias |
|  <a href="#">Monoblock</a> | Modelo de griferia tradicional monoblock                               |
|  <a href="#">Monomando</a> | Modelo de griferia monomando   |

## Soltermica.Valvulas.Griferia.Monoblock



Modelo de griferia tradicional monoblock



## Parameters

| Type                     | Name           | Default                         | Description |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|-------------|
| <a href="#">Medium</a>   | medium         | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... |             |
| <a href="#">Pressure</a> | dp_grifo       | 1                               | [Pa]        |
| Real                     | Kv_grifo       | 1                               |             |
| <a href="#">Density</a>  | rho_referencia | 995.6                           | [kg/m3]     |

## Connectors

| Type                            | Name          | Description |
|---------------------------------|---------------|-------------|
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | caliente      |             |
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | fria          |             |
| input <a href="#">RealInput</a> | llaveCaliente |             |
| input <a href="#">RealInput</a> | llaveFria     |             |
| <a href="#">FlowPort_b</a>      | flowPort_b    |             |

## Modelica definition

```

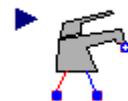
model Monoblock "Modelo de griferia tradicional monoblock"

  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a caliente(final
medium=
  medium);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_a fria(final
medium=medium);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Components.Valve valve(
    final medium=medium,
    final Kv1=Kv_grifo,
    final dp0=dp_grifo,
    final rho0=rho_referencia,
    kv0=0.00001);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Components.Valve valve1(
    final medium=medium,
    final Kv1=Kv_grifo,
    final dp0=dp_grifo,
    final rho0=rho_referencia,
    kv0=0.00001);
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput llaveCaliente;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput llaveFria;
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort\_b
flowPort_b(final medium=
  medium);
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium();
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_grifo=1;
  parameter Real Kv_grifo=1;

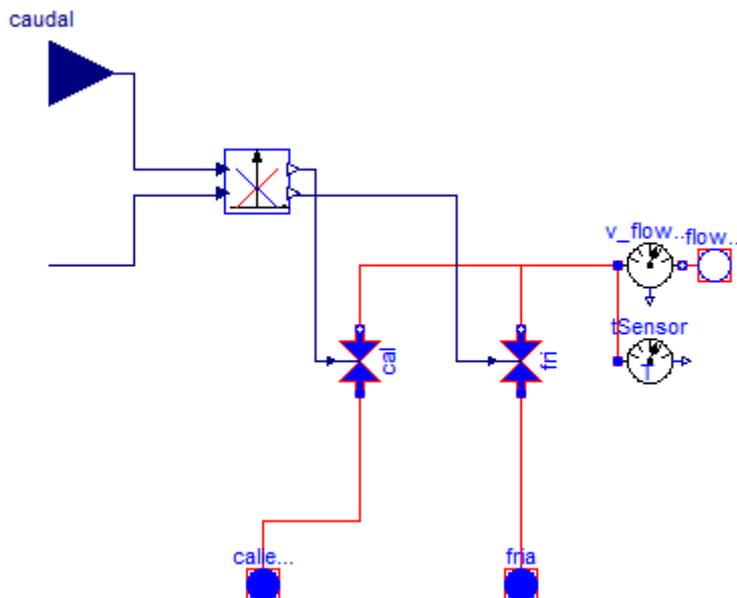
```

```
parameter Modelica.SIunits.Density rho_referencia=995.6;
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.V_flowSensor
v_flowSensor(final medium
              =medium);
equation
connect(llaveCaliente, valve.y);
connect(caliente, valve.flowPort_a);
connect(fria, valve1.flowPort_a);
connect(llaveFria, valve1.y);
connect(valve.flowPort_b, v_flowSensor.flowPort_a);
connect(valve1.flowPort_b, v_flowSensor.flowPort_a);
connect(v_flowSensor.flowPort_b, flowPort_b);
connect(flowPort_b, flowPort_b);
end Monoblock;
```

## Soltermica.Valvulas.Griferia.Monomando



### Modelo de grifería monomando



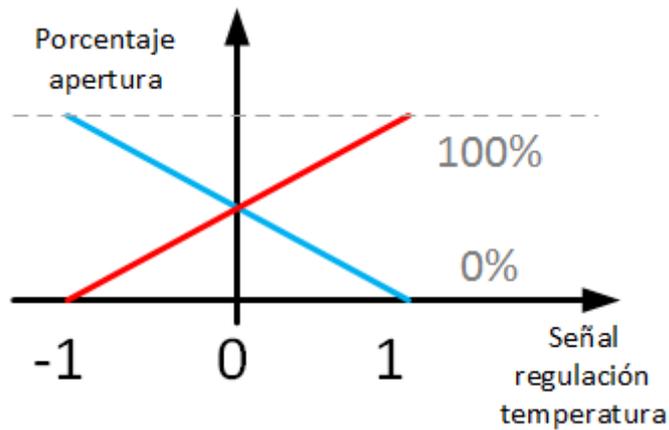
### Information

La grifería monomando dispone de dos entradas de caudal, una de agua caliente y otra de agua fría, y una salida a consumo.

El modelo incluye dos señales de entrada correspondiente al porcentaje de caudal y a la regulación de temperatura.

La señal de caudal tiene un rango 0 a 1. La señal de temperatura tiene un rango de 1 a -1, correspondiendo los valores positivos a un mayor porcentaje de agua caliente y viceversa.

El siguiente gráfico explica de manera ilustrativa como varían los porcentajes de ambos caudales en función de la señal de temperatura:



## Parameters

| Type                     | Name           | Default                         | Description   |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|---|
| <a href="#">Medium</a>   | medium         | Modelica.Thermal.FluidHeatFl... | Fluido de trabajo   |
| <a href="#">Pressure</a> | dp_grifo       | 1                               | Caida de presion nominal [Pa]   |
| Real                     | Kv_grifo       | 1                               | Coeficiente de caudal de la valvula. Caudal para una determinada caida de presion nominal |
| <a href="#">Density</a>  | rho_referencia | 995.6                           | Densidad de referencia para el calculo de caudal [kg/m3]                                  |

## Connectors

| Type                            | Name        | Description                                   |
|---------------------------------|-------------|---|
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | caliente    | Entrada de agua caliente                      |
| <a href="#">FlowPort_a</a>      | fria        | Entrada de agua fria de red                   |
| <a href="#">FlowPort_b</a>      | flowPort_b  | Salida a consumo                              |
| input <a href="#">RealInput</a> | caudal      | Senal de entrada de regulacion de cuadal      |
| input <a href="#">RealInput</a> | temperatura | Senal de entrada de regulacion de temperatura |

## Modelica definition

```
model Monomando "Modelo de griferia monomando"
```

```
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort a caliente(  
  final medium=medium) "Entrada de agua caliente";  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort a fria(  
  final medium=medium) "Entrada de agua fria de red";  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Interfaces.FlowPort b flowPort_b(  
  final medium=medium) "Salida a consumo";  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Components.Valve cal(  
  final medium=medium,  
  final Kv1=Kv_grifo,  
  final dp0=dp_grifo,  
  final rho0=rho_referencia,  
  kv0=0.00001);  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Components.Valve fri(  
  final medium=medium,  
  final Kv1=Kv_grifo,  
  final dp0=dp_grifo,  
  final rho0=rho_referencia,  
  kv0=0.00001);  
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput caudal  
  "Senal de entrada de regulacion de cuadal";  
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput temperatura  
  "Senal de entrada de regulacion de temperatura";  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.V_flowSensor v_flowSensor(  
  final medium=medium);  
ClasesBasicas.ControlesEquipos.Control Monomando control_Monomando;  
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sensors.TSensor tSensor(final  
medium=medium);  
  parameter Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium  
medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Medium()  
  "Fluido de trabajo";  
  parameter Modelica.SIunits.Pressure dp_grifo=1 "Caida de presion  
nominal";  
  parameter Real Kv_grifo=1  
  "Coeficiente de caudal de la valvula. Caudal para una determinada  
caida de presion nominal";  
  parameter Modelica.SIunits.Density rho_referencia=995.6  
  "Densidad de referencia para el calculo de caudal";  
  
equation  
  connect(caliente, cal.flowPort_a);  
  connect(fria, fri.flowPort_a);  
  connect(v_flowSensor.flowPort_b, flowPort_b);  
  connect(cal.flowPort_b, v_flowSensor.flowPort_a);  
  connect(fri.flowPort_b, v_flowSensor.flowPort_a);  
  connect(control_Monomando.SenalCaliente, cal.y);  
  connect(control_Monomando.SenalFria, fri.y);  
  connect(tSensor.flowPort, v_flowSensor.flowPort_a);  
  connect(caudal, control_Monomando.SenalCaudal);  
  connect(temperatura, control_Monomando.SenalTemperatura);  
end Monomando;
```

---

HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:16 2014.

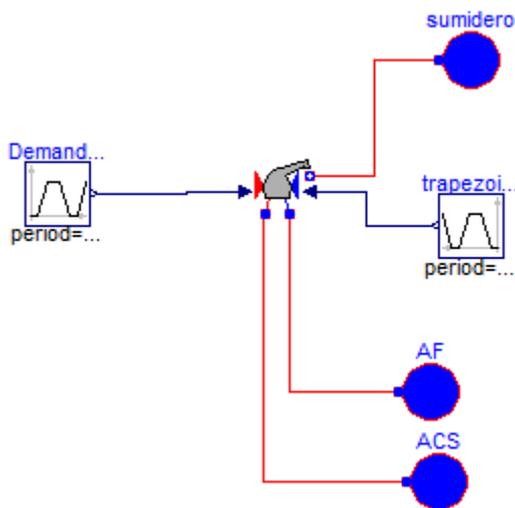
## **Soltermica.Valvulas.Griferia.Ejemplos**

### **Ejemplos y modelos de verificacion de los distintos tipos de griferias**

## Package Content

| Name                                    | Description |
|---|-------------|
| <a href="#">Validacion_Monoblock_01</a> |             |
| <a href="#">Validacion_Monomando_02</a> |             |

## [Soltermica.Valvulas.Griferia.Ejemplos.Validacion\\_Monoblock\\_01](#)



## Modelica definition

```

model Validacion_Monoblock_01
  Soltermica.Valvulas.Griferia.Monoblock monoblock(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    dp_grifo=200000,
    Kv_grifo=0.0001);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid DemandaCaliente(
    rising=3,
    width=60,
    falling=3,
    startTime=10,
    period=1000,
    amplitude=0.5);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid trapezoid1(
    rising=3,
    width=100,
    falling=3,
    period=1000,
    startTime=50);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient AF(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=301300,

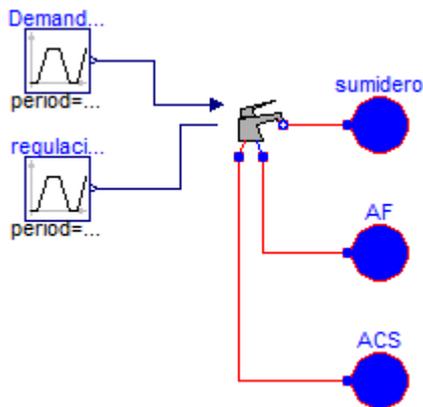
```

```

T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(10);
Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ACS(
  medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
  p_Ambient=301300,
  T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(60));
equation
  connect(monoblock.flowPort_b, sumidero.flowPort);
  connect(monoblock.fria, AF.flowPort);
  connect(ACS.flowPort, monoblock.caliente);
  connect(DemandaCaliente.y, monoblock.llaveCaliente);
  connect(trapezoid1.y, monoblock.llaveFria);
end Validacion_Monoblock_01;

```

## Soltermica.Valvulas.Griferia.Ejemplos.Validacion\_Monomando\_02



### Modelica definition

```

model Validacion_Monomando_02
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid DemandaCaudal(
    rising=3,
    falling=3,
    startTime=10,
    period=1000,
    amplitude=1,
    width=120);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient sumidero(medium=
    Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    p_Ambient=101300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient AF(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(10),
    p_Ambient=251300);
  Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Sources.Ambient ACS(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    T_Ambient=Modelica.SIunits.Conversions.from_degC(60),
    p_Ambient=251300);
  Monomando monomando(
    medium=Modelica.Thermal.FluidHeatFlow.Media.Water(),
    dp_grifo=150000,
    Kv_grifo=0.0002);
  Modelica.Blocks.Sources.Trapezoid regulacionTempertura(
    period=1000,

```

```
    amplitude=1,  
    rising=5,  
    width=60,  
    falling=5,  
    startTime=40);  
equation  
  connect(monomando.flowPort_b, sumidero.flowPort);  
  connect(AF.flowPort, monomando.fria);  
  connect(ACS.flowPort, monomando.caliente);  
  connect(DemandaCaudal.y, monomando.caudal);  
  connect(regulacionTempertura.y, monomando.temperatura);  
end Validacion_Monomando_02;
```

---

*HTML-documentation generated by [Dymola](#) Mon Jun 09 02:33:17 2014.*