

# 3. CONCEPCIONES DE LA INSTALACIÓN

## 3.1 Modos de funcionamiento

La bomba de calor consta de un ciclo primario recorrido por el refrigerante, en este caso CO<sub>2</sub>, y de dos ciclos secundarios: un ciclo del lado de alta, que es que el recorre el enfriador de gas; y un ciclo de baja, que recorre el evaporador. En el presente trabajo el fluido en ciclo secundario de alta es agua. El agua se calienta en el enfriador de gas, es llevada por una bomba al acumulador estratificado donde ocupará un nivel determinado en función de la temperatura a la que se encuentre, y a partir de ese mismo acumulador, el agua en la zona inferior del tanque será llevada a la entrada del enfriador de gas.

En cuanto al ciclo secundario de baja, serán consideradas dos posibilidades. En el primer caso, bomba de calor Agua/Agua, el fluido considerado será agua corriente. En este caso, la temperatura no varía significativamente a lo largo del año y en este trabajo será considerada constante con un valor de 10°C. En el caso de la bomba de calor Agua/Aire, es aire el fluido que recorre el ciclo secundario del lado del evaporador. En este caso hay que tener en cuenta la variación de la temperatura en cada ciudad a lo largo del año.

Además de estudiar las diferentes posibilidades en cuanto a fluido en el ciclo secundario de baja, se tendrán en cuenta en este trabajo diferentes posibilidades en cuanto a la producción de A.C.S. y calefacción. Como muestra la siguiente figura 3.1, se llevará a cabo el estudio del funcionamiento de la bomba de calor en tres instalaciones distintas, tal y como se explicó en la introducción. En cuanto a la producción de A.C.S. se considerará la posibilidad de producir agua a una temperatura de 60°C. En este caso se cumplen los requerimientos legales de temperatura mínima para evitar problemas como la legionela. La producción de agua a esta temperatura supone sin embargo, una pérdida en la eficiencia de la instalación, ya que produciendo A.C.S. a una temperatura de 55°C es posible cubrir las necesidades de energía llevando a cabo el proceso con una eficiencia superior al caso anterior. Por este motivo, las Instalaciones 2 y 3 producirán A.C.S. a esta temperatura.

En cuanto a la calefacción, el uso de suelo radiante permite un mejor aprovechamiento de la energía siendo suficiente una temperatura de 35°C en la producción del agua caliente utilizada para calefacción de los distintos espacios. Este sistema será considerado tanto en la Instalación 1 como en la instalación 2. En la Instalación 3 se considera un sistema convencional de calefacción con convectores de aire, donde es necesaria la producción de agua a una temperatura de 55°C.

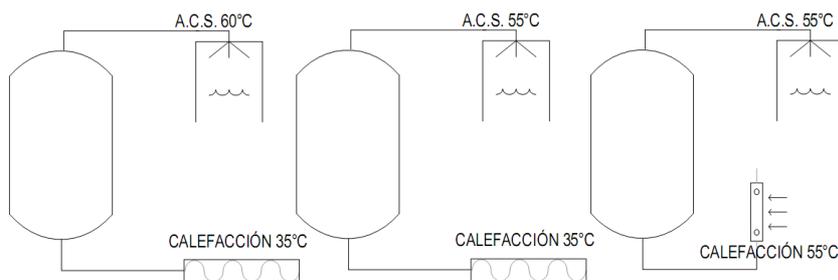


Figura 3.1: Distintos modos de funcionamiento de la instalación

### 3.2 Componentes de la Instalación

En el presente proyecto han sido considerados como componentes de la instalación los presentados en un proyecto anterior, donde se llevó a cabo el estudio de las diferentes opciones para la construcción del prototipo de bomba de calor que se encuentra en el Instituto de Termodinámica de Braunschweig.

#### Evaporador

En el caso del evaporador hay que distinguir entre la bomba de calor Agua/Agua y Agua/Aire. En el primer caso, los datos geométricos introducidos en el programa de simulación corresponden a un intercambiador de flujo contracorriente de tubos de cobre. En la tabla 3.1 están representados los valores de las variables introducidas en el programa:

Descripción		Unidad
Disposición de los tubos	Coaxial	
Material	Cobre	
Espesor	1	[mm]
Longitud	8	[m]
Diámetro hidráulico (CO <sub>2</sub> )	4	[mm]
Diámetro hidráulico (H <sub>2</sub> O)	8	[mm]
Temperatura de entrada del agua	10	[°C]
Caudal (H <sub>2</sub> O)	390	[l/h]
Sobrecalentamiento (CO <sub>2</sub> )	4	[K]

Tabla 3.1: Características principales del Evaporador CO<sub>2</sub>-Agua

En el caso de la bomba de calor Agua/Aire es necesario implementar los valores de otro intercambiador, ya que el fluido que se pone en contacto con el CO<sub>2</sub> en este caso es aire en lugar de agua. Debido a esto se utilizará un intercambiador de placas y tubos. La figura 3.2 muestra dicho intercambiador. En la tabla 3.2 se especifican los datos más importantes del evaporador usado en este caso.

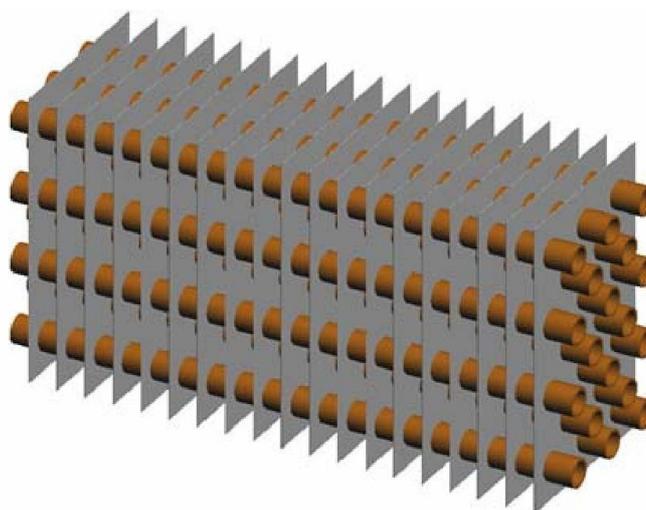


Figura 3.2 : Evaporador de placas y tubos. Bomba de calor Agua/Aire

Descripción		Unidad
Longitud	400	[mm]
Anchura	176	[mm]
Altura	330	[mm]
Distancia entre placas	2,5	[mm]
Espesor de placa	0,15	[mm]
Diámetro de tubo	8,1	[mm]
Planos horizontales de tubos	13	[-]
Planos verticales de tubos	8	[l-]
Distancia horizontal entre placas	22	[mm]
Distancia vertical entre placas	25	[mm]
Caudal de aire	1200	[m <sup>3</sup> /h]

Tabla 3.2: Características principales del Evaporador CO<sub>2</sub>-Aire

### Compresor

En el caso del compresor, será usado el mismo modelo para ambos casos. Se trata de un compresor alternativo de la marca DANFOSS. Es un compresor especial para CO<sub>2</sub> que está dimensionado para el orden de presiones que tienen lugar en un ciclo de CO<sub>2</sub>.



Figura 3.3: Compresor de CO<sub>2</sub> de la marca DANFOSS

Medida	Compresor DANFOSS	Unidad
Volumen de carrera	2,5	[ccm]
Número de revoluciones	50	[Hz]
máx. presión de aspiración	60	[bar]
máx. presión de alta	130	[bar]

Tabla 3.3: Características del compresor

Además de lo anterior, en el programa de simulación deben ser introducidos los datos de rendimiento isentrópico, el rendimiento efectivo isentrópico y el rendimiento volumétrico. La

determinación de la expresión de dichos rendimientos en función de la relación de presiones fue llevada a cabo en un trabajo anterior y usada en este proyecto, teniendo en cuenta las diferencias entre dichas expresiones en el caso de la bomba de calor Agua/Agua y Agua/Aire.

#### Enfriador de Gas

En enfriador de gas utilizado se trata de un intercambiador en contracorriente en forma de espiral con tubos de cobre.

Descripción		Unidad
Disposición de los tubos	Coaxial	
Material	Cobre	
Espesor	1	[mm]
Longitud	12	[m]
Diámetro hidráulico (CO <sub>2</sub> )	8	[mm]
Diámetro hidráulico (H <sub>2</sub> O)	8	[mm]
Temperatura de entrada del agua	25	[°C]
Temperatura de salida del agua	35 ó 55/60	[l/h]

Tabla 3.4: Características del enfriador de gas

En el enfriador de gas tiene lugar el intercambio de calor entre el CO<sub>2</sub> y el agua. Según la demanda, una bomba de regulación se encargará de variar el volumen de agua para obtener a la salida del intercambiador agua a 35°C, o a 55/60°C según el caso. El agua será llevada al acumulador, donde según su densidad ocupará un nivel determinado del mismo.

#### Válvula de Expansión

La válvula de expansión se encarga de devolver el refrigerante al comienzo del ciclo. El área de apertura es variable de manera que se puede regular el caudal másico de CO<sub>2</sub> para asegurar un sobrecalentamiento a la salida del evaporador que evite fluido a la entrada del compresor y así posibles daños en éste.

#### Equipos supletorios

Tanto en la bomba de calor Agua/Agua como en la bomba de calor Agua/Aire serán considerados unos equipos adicionales con un consumo total de 85 W de potencia. Se trata de dos bombas para la circulación del agua en los ciclos secundarios en la bomba de calor Agua/Agua; y de una bomba y un ventilador en la caso de la bomba de calor Agua/Aire.

### **3.3 Refrigeración**

Para el estudio cualitativo de la bomba de calor se considerará, como indica la figura 3.4 la inversión del ciclo de la bomba de calor, de manera que en el anteriormente llamado enfriador de gas tendrá lugar la transmisión de calor por parte del agua al CO<sub>2</sub>, enfriándose el agua y pudiendo ser utilizada para la refrigeración de los diferentes locales.

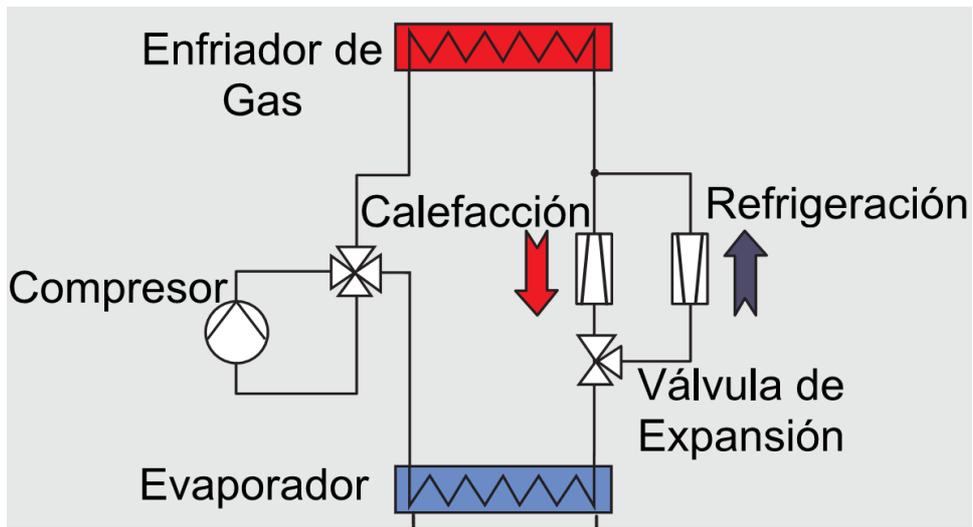


Figura 3.4: Esquema de funcionamiento con válvula de tres vías para invertir el ciclo