

INSTALACIONES DE  
PRODUCCIÓN DE CALOR

**U.D. 3** INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR  
RADIADORES Y PRODUCCIÓN DE AGUA  
CALIENTE SANITARIA

UD 3



## ÍNDICE

Introducción.....	119
Objetivos .....	121
1. Datos de partida.....	123
1.1. Plano de la vivienda .....	123
1.2. Demanda de la carga térmica en las dependencias .....	123
1.3. Puntos de consumo de ACS y demanda prevista .....	126
2. Tuberías.....	129
2.1. Materiales para tuberías.....	129
2.2. Instalación de tuberías para conducción de agua caliente.....	134
3. Situación de los elementos de la instalación .....	136
3.1. Grupo térmico y acumulador de ACS.....	136
3.2. Depósito de gasóleo .....	136
3.3. Chimenea .....	138
3.4. Radiadores .....	138
4. Selección y dimensionado de los emisores (radiadores) .....	140
4.1. Tipos de radiadores .....	140
4.2. Dimensionado de los radiadores.....	142
4.3. Dimensionado de radiadores para el ejemplo propuesto.....	144
5. Distribución y dimensionado de tuberías de calefacción .....	146
5.1. Tipos básicos de instalación .....	146
5.2. Dimensionado de la red de tuberías.....	147
6. Distribución y dimensionado de las tuberías de ACS.....	160
6.1. Tipos de instalación .....	160
6.2. Dimensionado de las tuberías de ACS.....	160
7. Puesta en marcha de la instalación .....	166
8. Operaciones de mantenimiento de la instalación .....	167
Resumen .....	169
Actividades complementarias .....	171
Bibliografía .....	173



## INTRODUCCIÓN

Para elevar la temperatura de una vivienda se emplean varios sistemas de calefacción. Aparte del generador de calor, que en nuestro caso será una caldera de pie gasóleo, necesitamos un circulador que mueva el agua calentada en el generador o agua de primario hacia la instalación a calefactar. Ya en el local calefactado necesitamos unos emisores de calor que transmitan el calor del agua calentada o de primario procedente del generador al local.

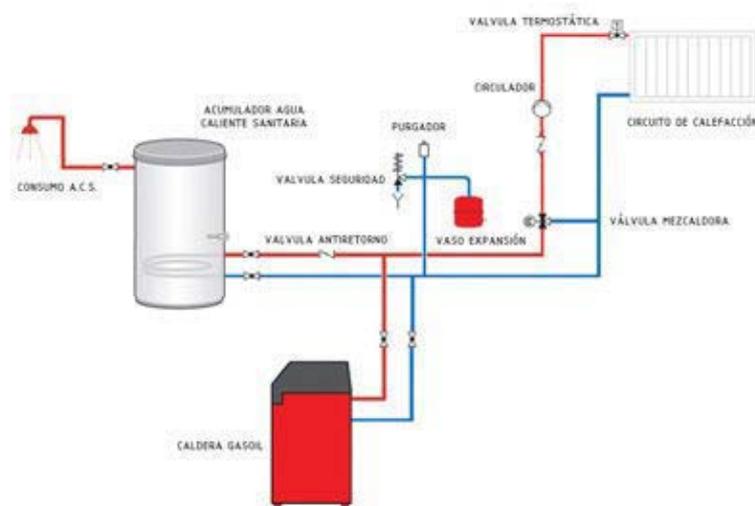
El sistema de calefacción por radiadores es comúnmente utilizado y aprovecha la transmisión de calor por convección, siendo los elementos disipadores radiadores.

Habría que comentar que los radiadores del sistema de calefacción se localizan en determinados puntos del local a calefactar, trabajando a temperaturas medias que en ningún caso deben superar los  $80^{\circ}\text{C}$ , produciendo un efecto de circulación del aire en la estancia por convección, al calentarse éste en la proximidad del radiador y comenzar un ascenso a las zonas altas de la estancia.

Al enfriarse en su recorrido, baja nuevamente el aire volviendo a pasar por el radiador. Cuanta más superficie emisora de calor, mayor confort tendremos con este sistema.

En esta unidad se proyectará una instalación de calefacción y agua caliente sanitaria para una vivienda unifamiliar, estudiando todos los elementos que la componen y su funcionamiento.

La instalación a proyectar, seguirá el esquema de la figura:



Como se ha comentado, se utilizará como generador una caldera de gasoil que proporcionará agua caliente para el sistema de calefacción por radiadores y para el acumulador de agua caliente sanitaria. La distribución de agua caliente para los dos suministros se proyectará con tubo de cobre rígido, convenientemente aislada cuando sea necesario con coquillas aislantes tipo armaflex.

## OBJETIVOS

Entre los objetivos de esta unidad se encuentran la descripción de los elementos propios de una instalación de calefacción por radiadores y la producción de agua caliente sanitaria, utilizando como generador una caldera que utiliza gasoil como combustible.

Igualmente se establecerán los criterios para la selección y dimensionado de los elementos que componen la instalación, según el esquema presentado anteriormente.



## 1. DATOS DE PARTIDA

Para dimensionar una instalación de calefacción y agua caliente sanitaria, ofreciendo el resultado que resulte más favorable al usuario final desde el punto de vista técnico y económico, es necesario disponer de una serie de datos que nos permitan realizar tanto los estudios previos necesarios para determinar las características generales de la instalación (tipo de instalación, materiales a emplear, trazados de tuberías,...) como los cálculos necesarios para realizar un correcto dimensionado.

Entre los datos y documentación necesarios más relevantes, podemos enumerar los siguientes:

- Planos del edificio.
- Materiales de construcción empleados.
- Uso a que está destinado el edificio.
- Temperaturas interiores y exteriores.
- Tipo de instalación.
- Combustible a emplear.

### 1.1. Plano de la vivienda

En esta unidad se realizará el diseño de un sistema de calefacción por radiadores y de producción de agua caliente sanitaria para una vivienda unifamiliar. El plano que utilizaremos a lo largo de toda la esta unidad es el Plano 1.

La vivienda en cuestión consideraremos que está situada en la provincia de Valencia, próxima a la costa.

### 1.2. Demanda de la carga térmica en las dependencias

La instalación de calefacción de un edificio debe suministrar toda la potencia calorífica necesaria para compensar todas las pérdidas de calor que se producen, a través de las paredes o por infiltraciones o aire necesario para la ventilación.



Plano 1



Estas pérdidas de calor están condicionadas básicamente por tres factores:

- Temperatura interior del edificio, que para el caso de viviendas oscila entre 20° C y 23° C.
- Zona climática en que se encuentra el edificio y las inclemencias del tiempo a que se verá sometido.
- Características propias del edificio (materiales empleados en la construcción y calidades de los mismos).

Para conocer la demanda total de calefacción del edificio deberíamos calcular las pérdidas de calor a través de los cerramientos del mismo, a partir de datos como los coeficientes de transmisión térmica y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. Este cálculo resulta laborioso y no aporta nada al contenido de este módulo, por ser materia correspondiente a otras asignaturas de este mismo ciclo formativo, por ello, para realizar los cálculos de manera aproximada y que nos permita desarrollar de una forma más o menos precisa el proyecto propuesto en esta unidad se expone un método de cálculo estimativo, que con ayuda de tablas nos permite obtener unos resultados aproximados, válidos para la realización de estudios y anteproyectos.

En la tabla siguiente podemos obtener las pérdidas de calor de cada estancia de la vivienda en función de su volumen:

DEMANDA POR HABITACIÓN	TEMPERATURA INTERIOR RECOMENDABLE (°C)	DEMANDA DE CALOR kW/h · m <sup>3</sup>	DEMANDA DE CALOR Kcal/h · m <sup>3</sup>
Salas de estar	22° C	0.0588	50.6
Dormitorios	21° C	0.0536	46.0
Cocinas	20° C	0.0480	41.4
Baños	21° C	0.0536	46.0
Pasillos	18° C	0.0400	34.5

Los resultados obtenidos de esta tabla deben multiplicarse por una serie de factores que dependen de la zona climática donde se encuentre, y de la orientación de las distintas habitaciones de la vivienda.



ZONA CLIMÁTICA	FACTOR C
A	0.7
B	0.8
C	0.9
D	1.0
E	1.15

ORIENTACION	FACTOR O
Zonas de montaña	1.2
Orientación Norte	1.15
Otras	1

### 1.2.1. Cálculo de demandas de calefacción para el ejemplo propuesto

Los cálculos que debemos realizar, empleando el método simplificado anteriormente, para determinar cuál será la demanda de energía para la calefacción de la vivienda se resumen en la tabla de la página siguiente.

Para el cálculo de la volumetría se ha considerado una altura de 2,5 m para todas las estancias, y que la vivienda está situada en una zona climática B.

Las superficies de las habitaciones se han calculado con ayuda de la escala indicada en el plano de la vivienda, al igual que la orientación de la misma.

Estancia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Factor de zona climática	Factor de orientación	Demanda de calor (Kcal/h·m <sup>3</sup> )	Demanda total de calor (Kcal/h)
Dormitorio 1	12.25	30.625	0.8	1.15	46.0	1296,05
Dormitorio 2	10.5	26.25	0.8	1.15	46.0	1110,09
Dormitorio 3	11.05	27.625	0.8	1	46.0	1010,60
Salón comedor	27.36	68.4	0.8	1	50.6	2768,80
Cocina	9.25	23.125	0.8	1	41.4	765,90
Aseo 1	2.55	6.375	0.8	1	46.0	234,60
Aseo 2	3.5	8.75	0.8	1	46.0	322,00
Pasillo	10.38	25.95	0.8	1	34.5	716.22

TOTALES	8323,75
---------	---------

### 1.3. Puntos de consumo de ACS y demanda prevista

El propósito del sistema de producción de agua caliente sanitaria es suministrar a cada aparato de consumo el caudal de agua caliente que demanda, a la temperatura adecuada y en el momento preciso, teniendo en cuenta que ésta se mezcla habitualmente con agua fría.

Para usos sanitarios, es necesario calentar el agua fría procedente de la red, que llega a una temperatura que oscila entre los 6 y los 14° C, dependiendo de la zona y la época del año, hasta los 40 ó 45° C, que es la temperatura de uso.

El consumo diario de agua caliente depende de multitud de factores. Entre ellos podemos destacar el uso a que se destina el edificio, las costumbres de sus habitantes, la época del año, incluso el día de la semana. Por este motivo, los valores que se utilizan a continuación para realizar el cálculo de la demanda prevista son orientativos.

Para determinar el consumo de agua caliente sanitaria para el caso de una vivienda, en la que se prevé la instalación de un acumulador nos basaremos en la tabla de consumos diarios en litros para los distintos puntos de consumo, que nos servirán de orientación.

PUNTOS DE CONSUMO	CONSUMO (l)	TEMPERATURA DE USO (°C)	CONSUMO A 40°C (l)
Lavabo	9	35	7,5
Fregadero	25	45	29,2
Bañera	150	40	150
Ducha	40	40	40
Bidé	5	38	4,7

El cálculo se realiza teniendo en cuenta que la temperatura dentro del acumulador es de 60° C.

Una vez conocidos los puntos de consumo que debemos alimentar, el procedimiento a seguir consistirá en sumar todas las demandas de ACS a la temperatura de 40° C, que coinciden con las indicadas en la última columna de la tabla informativa anterior, y aplicarles un coeficiente de simultaneidad, que dependerá del confort que se quiera conseguir:

**Confort reducido**      **K = 0.5**

**Confort medio**        **K = 0.7**

**Confort elevado**      **K = 0.9**

### 1.3.1. Cálculo de la demanda de ACS para el ejemplo propuesto

Aplicando el método de cálculo propuesto, a la vivienda que estamos utilizando como ejemplo, tendremos que para los puntos de consumo de la misma, la demanda de agua caliente sanitaria a 40° C será la siguiente:

PUNTO DE CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO A 40° C
Fregadero	1	29,2
Lavabo	2	15
Bidet	1	4,7
Bañera	1	150
Ducha	1	40

<b>TOTAL</b>	238,9 litros
--------------	--------------

Si queremos tener un grado de confort medio, tendremos que multiplicar el resultado obtenido por 0,7, obteniendo que la demanda prevista de agua caliente sanitaria a 40° C será de 167,23 litros diarios.

La potencia calorífica necesaria para la producción del agua caliente sanitaria se puede calcular aplicando la fórmula siguiente:

$$P = \frac{V \cdot P_e \cdot c_e \cdot \Delta T}{t}$$

Donde:

V = volumen del acumulador (m<sup>3</sup>)

P<sub>e</sub> = peso específico del agua caliente en (kg/l)

C<sub>e</sub> = calor específico del agua (kcal/kg °C)

ΔT = salto térmico entre el agua de entrada y de salida (°C)

t = tiempo necesario para la puesta en servicio (horas)

Considerando valores habituales para viviendas, con un salto térmico de 50° C y tiempo para puesta en servicio de 2 horas, podemos calcular la potencia calorífica requerida para la instalación propuesta como ejemplo, obteniendo:

$$P = \frac{167,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 50}{2} = 4180,75 \text{ kcal / h}$$

## 2. TUBERÍAS

### 2.1. Materiales para tuberías

#### 2.1.2. Cobre

Los tubos de cobre son de los más utilizados para la fabricación de tuberías. En el comercio se pueden encontrar dos calidades:

- **Cobre duro:** tubería rígida que se suministra en barras de 5 ó 6 metros de longitud, apropiada para la ejecución de instalaciones vistas por su resistencia mecánica.
- **Cobre recocido:** después de aplicarle el tratamiento térmico adecuado, se consigue un material más maleable, que conserva el resto de sus características intactas. Comercialmente se presenta en rollos, cuya longitud depende del diámetro del tubo, lo que lo hace apto para instalaciones sinuosas con tramos de gran longitud, por la facilidad del mismo para adaptarse a cualquier trazado.

El cobre en general presenta una serie de características que lo hacen especialmente apto para realizar instalaciones de fontanería, calefacción, conducción de gases, etc. Sus características más destacables son:

- Gran resistencia a la corrosión.
- Interior totalmente liso (provoca pequeñas pérdidas de carga e impide las incrustaciones).
- Fácil de instalar y manipular, pudiéndose cortar y soldar fácilmente por capilaridad.

Los inconvenientes que presenta su utilización son su elevado coste en comparación con otros materiales y el elevado coeficiente de dilatación, que obliga a tomar algunas precauciones cuando se utiliza en instalaciones de agua caliente y calefacción.

Para la ejecución de instalaciones con tubería de cobre hay disponibles en el mercado gran variedad de accesorios, preparados para su unión mediante soldadura por capilaridad o con manguitos mecánicos de compresión, ofreciendo todas estas uniones gran confiabilidad.

Comercialmente, los tubos de cobre se denominan por su diámetro exterior y el espesor del tubo.

El mayor problema que puede presentar la utilización de tuberías de cobre aparecerá cuando se realicen instalaciones mixtas en las que se utilizan tuberías de cobre y de acero, ya que se forma una pila elemental

<b>DIMENSIONES TUBERÍAS DE COBRE.</b>				
<b>DIÁMETRO</b>	<b>ESPEORES (mm)</b>			
	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>
<b>EXTERIOR</b>	<b>DIÁMETRO INTERIOR (mm)</b>			
<b>(mm)</b>				
<b>6</b>	4,5	4,0	--	--
<b>8</b>	6,5	6,0	--	--
<b>10</b>	8,5	8,0	--	--
<b>12</b>	10,5	10,0	--	--
<b>15</b>	13,5	13,0	--	--
<b>18</b>	16,5	16,0	--	--
<b>22</b>	--	20,0	19,6	19,0
<b>28</b>	--	26,0	25,6	25,0
<b>35</b>	--	33,0	32,6	32,0
<b>42</b>	--	40,0	39,6	30,0
<b>54</b>	--	--	51,6	51,0

que provoca la oxidación y picado de la tubería de hierro. Para evitar la aparición de este fenómeno, hay que tomar las precauciones que se indican a continuación:

- Montar un manguito de plástico que sirva de aislante en el punto de unión de los dos materiales.
- Procurar, siempre que sea posible, que la tubería de hierro esté situada antes que la de cobre en el sentido de la circulación del agua.
- Utilizar ánodos de sacrificio que protejan las tuberías de hierro.

### 2.1.2. Acero galvanizado

Son tuberías que se construyen con acero de bajo contenido en carbono que se galvaniza posteriormente para aumentar su resistencia a la corrosión.

Este tipo de tuberías son de elevada resistencia mecánica y permiten realizar las uniones por soldadura, con accesorios roscados o con bridas.

Tienen el inconveniente de presentar una superficie interior rugosa, que además de facilitar los depósitos de cal aumenta las pérdidas de presión.

Su uso en instalaciones de tipo residencial está siendo desplazado por otros tipos de materiales más duraderos, higiénicos y fáciles de instalar.

Comercialmente se presenta en barras de 5 ó 6 metros de longitud en una gama de diámetros en pulgadas.

<b>DIMENSIONES DE TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO NORMA ISO</b>			
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro nominal (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (mm)
3/8	10	1,8	13,15
1/2	15	2	17,75
3/4	20	2,35	22,05
1	25	2,65	28,20
1 1/4	32	2,65	36,95
1 1/2	40	2,90	42,45
2	50	2,90	54,20
2 1/2	65	3,25	69,00
3	80	3,25	81,75

### 2.1.3. Acero inoxidable

El acero inoxidable se considera un material higiénico, como se demuestra en la mayoría de las aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica. Entre las características más destacables para su utilización en instalaciones de agua caliente sanitaria y calefacción, podríamos destacar su resistencia frente a los agentes externos, que lo hacen resistente a la corrosión, evita las incrustaciones y provoca una mínima pérdida de carga, obteniéndose mayores velocidades del fluido.

También permite obtener excelente acabado decorativo evitando costos adicionales de pinturas o protecciones exteriores. También presenta menor conductividad térmica que otros materiales.

Los principales inconvenientes de uso de los aceros inoxidables son el coste de los materiales, que resultan mucho más caros que otros, y la dificultad de manipulación, mecanizado y soldadura, por su gran resistencia

y especial cuidado que hay que tener para evitar que pierda sus características al someterlos a procesos de soldadura.

Para las instalaciones sanitarias y en viviendas se han desarrollado gamas de tubos y accesorios, para soldadura por capilaridad o uniones prensadas con los que se consiguen abaratar los costes de mano de obra en la ejecución de instalaciones con tubos de acero inoxidable.

#### 2.1.4. Materiales plásticos

Dentro de la gran variedad de materiales plásticos que podemos encontrar en el mercado, los que se utilizan más comúnmente en la fabricación de tuberías son el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno (PE) y el polipropileno (PP).

Cada uno de estos materiales tienen unas características diferenciadas, pero en general todas las tuberías de materiales plásticos se caracterizan porque:

- Son ligeras y muy resistentes a los agentes externos (salvo a los hidrocarburos, que pueden deteriorarlas).
- Son aislantes térmicos y eléctricos.
- Son fáciles de manipular, pudiéndose modelar y soldar al aplicarles calor.
- Tienen un interior muy liso, por lo que provocan pocas pérdidas de presión y difícilmente se producen incrustaciones.

Como inconvenientes, podemos resaltar los siguientes:

- Elevado coeficiente de dilatación térmica.
- Presión de trabajo limitada a un máximo de 25 bar.
- Envejecen en presencia del aire y de la luz solar.

##### 2.1.4.1. PVC y polietileno

Son tubos rígidos que se presentan comercialmente en barras de hasta 5 m, en una gama de presiones que va desde los 4 kg/cm<sup>2</sup> a los 16 kg/cm<sup>2</sup>.

Hay disponibles para este tipo de material gran variedad de accesorios. Las uniones se realizan por un acoplamiento cilíndrico machihembrado que se puede encolar o soldar por fusión.

En el caso del polietileno, también se presenta en tubos flexibles que se pueden unir con acoplamientos elásticos o con accesorios prensados de latón.

Estos tubos son muy resistentes a los materiales de obra y tampoco se ven afectados por la corrosión, como ocurre con los materiales metálicos.

<b>DIMENSIONES TUBERÍAS DE PRESIÓN DE PVC.</b>				
<b>DIÁMETRO EXTERIOR (mm)</b>	<b>PRESIÓN DE SERVICIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>16</b>
	<b>ESPESOR (mm)</b>			
<b>16</b>	---	---	---	1,2
<b>20</b>	---	---	---	1,5
<b>25</b>	---	---	1,5	1,9
<b>32</b>	---	---	1,8	2,4
<b>40</b>	---	1,8	2,0	3,0
<b>50</b>	---	1,8	2,4	3,7
<b>63</b>	---	1,9	3,0	---

<b>DIMENSIONES TUBERÍAS DE PRESIÓN DE PE.</b>			
<b>DIÁMETRO EXTERIOR (mm)</b>	<b>PRESIÓN DE SERVICIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
	<b>ESPESOR (mm)</b>		
<b>10</b>			2,0
<b>12</b>			2,0
<b>16</b>	---	---	2,0
<b>20</b>	---	---	2,0
<b>25</b>	---	2,0	2,3
<b>32</b>	---	2,0	2,9
<b>40</b>	2,0	2,3	3,6
<b>50</b>	2,0	2,8	4,5
<b>63</b>	2,4	3,6	5,7

### 2.1.5. Materiales multicapa

Son materiales plásticos sometidos a un proceso de fabricación especial que permite mejorar sus características resistentes, sobre todo aumentando su resistencia al calor.

El más extendido es el polietileno reticulado. Tienen la ventaja de presentarse en tubos flexibles de gran longitud, lo que permite realizar largas tiradas de tubería sin empalmes ni uniones.

Estos tubos están especialmente indicados para la realización de instalaciones de agua caliente sanitaria y calefacción.

Las uniones se realizan por medio de accesorios de latón prensados.

## 2.2. Instalación de tuberías para conducción de agua caliente

Las tuberías deben dar un servicio continuo y duradero, por lo que deben instalarse tomando las precauciones necesarias, siguiendo unas sencillas reglas.

En principio, las tuberías pueden montarse vistas o empotradas en obra. En general, es aconsejable que las tuberías no entren en contacto con los materiales de la obra, por lo que en caso de tuberías empotradas es conveniente protegerlas con recubrimientos apropiados.

Para evitar la formación de bolsas de aire que dificulten la circulación del agua, hay que prestar especial atención al trazado de las tuberías, evitando recorridos zigzagueantes y cambios de altura. Es recomendable montar los tubos con una pequeña pendiente del 2% para favorecer la evacuación de burbujas de aire, colocando en el punto más alto del circuito un purgador automático de aire.

Deben disponerse los apoyos necesarios para las tuberías, situados, dependiendo del material y del diámetro de la tubería, cada dos o tres metros. Estos apoyos se fijarán siempre sobre el tubo y no sobre los accesorios o soldaduras. En el caso de utilizar tubos de cobre, se fijarán a las paredes o techos con abrazaderas de latón o cobre, de las que existen en el mercado a tal efecto.

Las tuberías no deben entrar nunca en contacto con instalaciones eléctricas o de telecomunicaciones para evitar la corrosión o las posibles derivaciones eléctricas.

Cuando se realizan instalaciones de tuberías para la distribución de agua caliente, bien sea para uso sanitario o para sistemas de calefacción, es necesario tomar precauciones para garantizar un adecuado suministro, para evitar problemas derivados de los fenómenos de contracción y

dilatación de los tubos como consecuencia de los cambios de temperatura a que se ven sometidos, y para evitar las pérdidas de calor.

Con carácter general, deberemos tener en cuenta las normas siguientes:

- La distancia entre las tuberías de agua caliente y agua fría debe ser como mínimo de 4 cm, situándose la de agua caliente por encima de la de agua fría.
- Las tuberías de agua caliente deberán estar aisladas térmicamente para evitar pérdidas de calor, especialmente las tuberías del sistema de calefacción que circulen por el exterior del edificio o por locales no calefactados.
- En los tramos rectos de tubería, deberá colocarse un compensador de dilatación cada 25 metros como mínimo. Así mismo, los soportes del tubo se colocarán lejos de los cambios de dirección (esquinas), situados siempre sobre tramos rectos para permitir la dilatación de las tuberías y evitar la aparición de tensiones sobre los accesorios.
- Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la formación de bolsas de aire, bien dando a la tubería la pendiente adecuada o montando purgadores automáticos de aire.
- El paso de tabiques o forjados se realizará con manguitos pasamuros holgados (mínimo 10 mm), que se sellarán con materiales aislantes flexibles.
- Como norma general, se evitará el uso de materiales plásticos en las tuberías de agua caliente.

## 3. SITUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

### 3.1. Grupo térmico y acumulador de ACS

El grupo térmico y el acumulador de ACS quedarán ubicados en una sala especialmente prevista para su colocación, junto con el depósito de gasóleo. Esta sala no tendrá la consideración de sala de máquinas según el RITE por no superar la potencia de la caldera los 70 kW.

Se tomará la precaución de situar dos rejillas de ventilación cuya dimensión mínima debe ser de 5 cm<sup>2</sup> por kW instalado. Se situarán una en la parte baja del local, a 10 cm del suelo, y otra en la parte superior, a 20 cm del techo. De esta forma se asegura el aporte de aire necesario para realizar la combustión del gasóleo en el hogar de la caldera.

Tanto la caldera como el acumulador se conectarán utilizando los racores de conexión proporcionados por el fabricante. Se conducirán a un punto de desagüe tanto las válvulas de vaciado como las de seguridad, procurando que el paso de agua en estos casos resulte visible.

### 3.2. Depósito de gasóleo

El depósito para almacenamiento de combustible tendrá una capacidad tal que garantice el funcionamiento de la instalación durante un periodo de 30 días.

Existen diversas posibilidades para la instalación del depósito de combustible; enterrados en interior o exterior, se superficie interiores o a la intemperie, en posición horizontal o vertical, depósitos de chapa de acero o de polietileno,...

Para la instalación proyectada en esta unidad se propone la instalación de un depósito de polietileno, apto para almacenar productos petrolíferos con punto de inflamación superior a los 55° C, instalado en el interior y con una capacidad de 1.000 litros de gasóleo.

Para la correcta instalación del depósito de polietileno, se utilizarán los accesorios siguientes:

- Cubeta de seguridad para evitar derrames de combustible en caso de que se produzcan fugas o roturas accidentales del mismo. Esta cubeta se instalará con una pendiente del 2% hacia un lado que permita la inspección visual de la misma. No dispondrá de sumidero ya que está prohibido el vertido de hidrocarburos a través de la red de saneamiento.

- Conducto de respiración o venteo. Esta tubería tendrá un diámetro de 30 mm para depósitos de 1000 litros; se evitarán codos y tramos horizontales donde pueda quedar acumulado combustible y entrarán dentro del depósito más de 30 mm.
- Tubería de carga o llenado. Para depósitos de 1000 litros, debe tener un diámetro de 3" y llegar hasta el fondo del depósito. Tendrá una longitud máxima de 25 m y una pendiente del 5% para que el combustible fluya hacia el depósito.
- Válvula de corte en el conducto de salida del depósito y válvula de vaciado del mismo.

El local donde quede ubicado el depósito de combustible deberá cumplir con las condiciones siguientes:

- Deberá estar aislado del resto del edificio con paredes resistentes al fuego (RF-120), y ubicado en la planta más baja, con puerta de acceso con apertura hacia el exterior y convenientemente señalizada.
- Deberá disponer de un sistema de ventilación natural o forzada. Esta ventilación será independiente de la requerida para la caldera. En este caso se instalarán rejillas para ventilación natural cuya superficie será de 100 cm<sup>2</sup> por cada 10 kW. de potencia instalada.
- Alrededor del depósito se dejará un espacio suficiente para poder inspeccionarlo cómodamente (mínimo 40 cm). Del mismo modo es recomendable que el depósito quede instalado a una altura de 0,5 metros del suelo.
- El depósito de combustible no podrá quedar ubicado en el mismo local que la caldera salvo en el caso de que su capacidad sea como máximo de 1000 litros y la distancia a la caldera sea superior a 3 metros.

Para llevar el combustible hasta el quemador de la caldera, se instalará un circuito de transporte. La alimentación de combustible puede hacerse por gravedad, siempre que el depósito esté situado por encima del quemador y la bomba del combustible del mismo sea capaz de aspirar el gasóleo. En caso contrario, será necesario realizar una alimentación forzada, con ayuda de un grupo de presión auxiliar.

En el proyecto que nos ocupa se alimentará el quemador por gravedad, con una instalación ejecutada con tuberías de cobre rígido y que estará compuesta por una doble línea, para alimentación y retorno. Ambas tuberías deben contar con válvulas de corte en sus extremos para permitir aislar el depósito y el quemador para facilitar las posibles operaciones de limpieza o mantenimiento.

A la entrada del quemador se instalará un filtro de gasoil para evitar la llegada de impurezas al mismo, y a la salida una válvula antirretorno que impida el retroceso del combustible hacia el quemador.

### 3.3. Chimenea

Para garantizar el correcto funcionamiento de la caldera es necesario que la instalación de la chimenea se realice adecuadamente, situando el conducto vertical de la misma lo más cerca posible de la salida de humos de la caldera y limitando en lo posible la presencia de codos, o tramos horizontales que favorecen las pérdidas de carga y la acumulación de suciedad, con la consiguiente pérdida de tiro.

La chimenea a utilizar debe estar aislada térmicamente con lana de roca para evitar condensaciones por enfriamiento de los humos.

Por tratarse de un uso residencial y estar instalada a la intemperie, el material elegido para los tubos que conforman la chimenea es el acero inoxidable, que es resistente a la corrosión, al tiempo que ofrece un aspecto decorativo.

Para evitar molestias provocadas por los humos resultantes de la combustión, la chimenea deberá tener una altura tal, que supere en 3 metros la altura de la vivienda.

### 3.4. Radiadores

Como se verá más adelante, los radiadores son los elementos que van a ceder calor a la habitación.

Para obtener una temperatura uniforme en todo el local, los emisores deben emplazarse, siempre que sea posible, en la pared más fría de la estancia o en los puntos de entrada de corrientes de frío, evitando siempre que sea posible que queden ubicados dentro de nichos o debajo de repisas, ya que esto provoca la pérdida de potencia calorífica de los mismos. El lugar más adecuado para su instalación es debajo de las ventanas que pueda tener la habitación.

Los radiadores deben quedar fijados con soportes específicos y manteniendo las distancias al suelo y a la pared adecuadas.

En el caso de los radiadores elegidos para la instalación ejemplo, deberán quedar situados a 10 cm sobre el suelo y a 4 cm de la pared, de forma que se deje suficiente espacio para la correcta circulación de aire.

En el proyecto que se está desarrollando como ejemplo, los radiadores se han situado debajo de las ventanas en los dormitorios. En el pasillo se ha optado por colocar uno en cada extremo, donde están las puertas. Los aseos no tienen una pared especialmente fría, por lo que se han

instalado junto a las puertas, donde había espacio disponible. En el salón comedor, hay una gran ventana, pero por la distribución del mobiliario y las características de la ventana mirador, se ha optado por dividir el radiador en dos módulos iguales y situarlos uno a cada lado de la puerta, por ser el único espacio que quedaba libre.

## 4. SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE LOS EMISORES (RADIADORES)

### 4.1. Tipos de radiadores

Los radiadores son los elementos de la instalación que proporcionarán el calor necesario a cada estancia del edificio para mantener unas condiciones de confort preestablecidas. Los radiadores permiten la cesión del calor desde el fluido caloportador al ambiente por convección y por radiación.

Los tipos de radiadores más utilizados en las instalaciones de calefacción de viviendas son los siguientes:

- **Radiadores de hierro fundido:**

Son el tipo de radiador más tradicional, está compuesto por varios módulos que se acoplan entre sí.

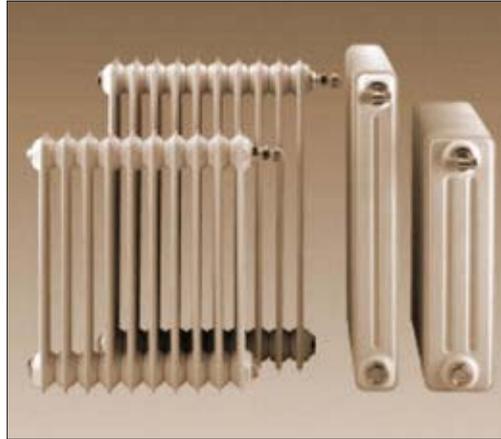
Tienen la ventaja de ser muy duraderos. Debido al material con que están contruidos y a la gran cantidad de agua que contienen, son emisores con mucha inercia térmica, es decir, que tardan mucho tiempo en calentarse y en enfriarse, por lo que son especialmente apropiados para ser utilizados en instalaciones de funcionamiento continuo.



El principal inconveniente que plantea el uso de estos radiadores es la baja capacidad de emisión de cada módulo, lo que implica el uso de radiadores de gran tamaño. Además es necesario someterlos a operaciones periódicas de mantenimiento, sobre todo pintura y eliminación de óxido para mantenerlos en buen estado.

- **Radiadores de aluminio inyectado:**

Al igual que los radiadores de hierro fundido están formados por varios módulos que se unen entre si para formar el radiador del tamaño deseado.



El uso de este tipo de radiadores está muy extendido por las ventajas que presenta frente a los anteriores: poco peso, mayor rendimiento térmico, facilidad de montaje y mantenimiento. También tiene una inercia térmica reducida.

- **Radiadores de chapa de acero:**

Están formados por módulos de chapa de acero estampado soldados entre sí, por lo que no es posible desmontarlos ni ampliar su tamaño. Son aparatos de poca inercia térmica y pueden tener una vida útil muy larga si se montan y mantienen correctamente.



- **Paneles de chapa de acero:**

Como los anteriores, están contruidos con chapa de acero, y no son modulares. Son elementos planos con una superficie de emisión plana y muy grande. Son de reducido tamaño, lo que permite montarlos en lugares donde el espacio disponible es reducido.



- **Radiadores para baño (toalleros):**

Son radiadores que se construyen con tubos de acero o de aluminio y que están especialmente diseñados para se instalados en cuartos de baño y ser utilizados para secar o calentar las toallas.



## 4.2. Dimensionado de los radiadores

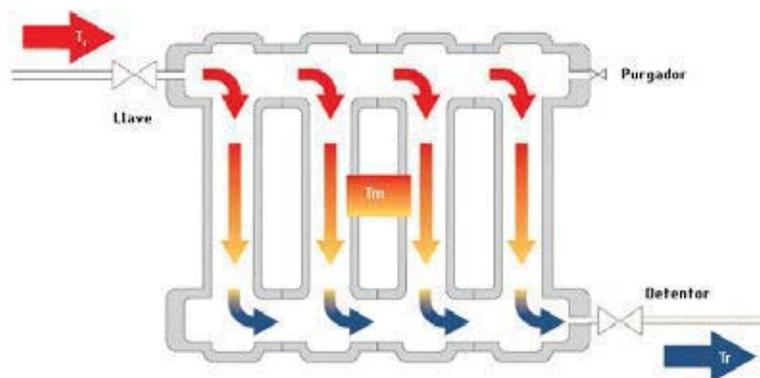
El dimensionado de los radiadores que se colocarán en cada estancia de la vivienda consistirá en determinar el número de módulos que deben componer cada uno de los emisores.

Como paso previo a la selección de los radiadores, deberemos tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de la instalación, es decir, la temperatura de llegada del agua al radiador, la temperatura de salida del mismo y el salto térmico.

Generalmente, el dimensionado del emisor se realiza para un salto térmico de 50° C con temperatura de entrada del agua al radiador de 80° C y temperatura de salida de 60° C.

El tipo de radiador utilizado también será determinante, ya que la potencia de emisión de cada uno de ellos es diferente. A modo de orientación se puede ver en la siguiente tabla informativa, la potencia emitida por los distintos tipos de radiador que podemos encontrar en el mercado, en función de sus dimensiones y para las condiciones de funcionamiento establecidas anteriormente ( $\Delta T = 50^{\circ}C$ ).

Tipo de emisor		Tamaño		
		45 cm	60 cm	75 cm
<b>HIERRO FUNDIDO</b>	2 columnas	50	69	87
	3 columnas	72	94	116
<b>ALUMINIO</b>	Liso	109	143	184
	Aberturas	113	148	190
<b>ACERO</b>	2 columnas	50	58	83
	3 columnas	73	93	117
<b>PANEL ACERO</b>	Por metro de ancho	1.560	1.810	2.300
<b>POTENCIA EMITIDA POR ELEMENTO EN Kcal/h</b>				



En el supuesto probable de que las condiciones de trabajo de los radiadores difieran de las establecidas anteriormente, los valores que se ofrecen en la tabla anterior no serán válidos y deberán recalcularse.

Para ello utilizaremos las fórmulas siguientes:

$$\text{Temperatura media del radiador: } T_m = \frac{T_{\text{entrada}} - T_{\text{salida}}}{2}$$

$$\text{Salto térmico: } \Delta T = T_{\text{media}} - T_{\text{ambiente}}$$

$$\text{Potencia para un salto térmico distinto a } 50^\circ \text{ C: } P = P_{50} \left( \frac{\Delta T}{50} \right)^n$$

Donde:

P es la potencia para un salto térmico distinto de  $50^\circ \text{ C}$

$P_{50}$  es la potencia facilitada en tablas para un salto térmico de  $50^\circ \text{ C}$

$\Delta T$  es el salto térmico

n es un número característico del emisor y que proporciona el fabricante.

Para el correcto funcionamiento de los todos los emisores de la instalación será necesario regular el caudal de agua que atraviesa cada uno de ellos, permitiendo así el ajuste de la transmisión de calor en cada uno de ellos.

Esto se consigue con la utilización de válvulas que convenientemente taradas permiten distribuir de forma uniforme todo el caudal de agua caliente disponible en la instalación, entre todos los radiadores. Estas válvulas se denominan detentores.

Además de los detentores es necesario montar purgadores manuales o automáticos que permiten eliminar el aire del circuito de calefacción.

También será necesario colocar un purgador en cada radiador, teniendo en cuenta que en el caso de radiadores de aluminio es necesario instalar purgadores automáticos especiales, para eliminar la posible formación de hidrógeno gaseoso en la instalación, como resultado del proceso de oxidación de los radiadores nuevos.

### 4.3. Dimensionado de radiadores para el ejemplo propuesto

Para la vivienda unifamiliar que es objeto de este estudio, se pretenden utilizar radiadores de aluminio con aberturas para todas las habitaciones, salvo para los dos baños donde sería conveniente instalar radiadores de tipo toallero.

El tamaño, o más bien la altura del radiador dependerá del lugar donde pretenda montarse. Los radiadores que están situados debajo de una ventana serán de 45 cm de altura, ya que en estos casos hay menos espacio disponible. El resto serán todos de 60 cm de alto, que resultan menos voluminosos.

En la tabla siguiente se resumen los cálculos necesarios para determinar los módulos que deberá tener el radiador que se monte en cada estancia, así como la potencia instalada realmente como consecuencia de los redondeos.

Estancia	Demanda de calor (Kcal/h)	Altura del radiador (cm)	Nº teórico de módulos	Nº de módulos	Potencia instalada (Kcal/h)
Dormitorio 1	1296.05	45	11.47	12	1356
Dormitorio 2	1110.09	45	9.80	10	1130
Dormitorio 3	1010.6	45	8.99	9	1017
Salón	2768.8	60	18.70	20	2960
Cocina	765.9	60	5.17	6	888
Aseo 1	234.6	60	1.58	2	740
Aseo 2	322.0	60	2.17	3	444
Pasillo	716.22	60	4.84	6	740

Los módulos de que se compone cada radiador se han redondeado a un número par, por si es necesario dividirlo en dos partes, bien por la forma y dimensiones del local donde van a situarse (como es el caso del pasillo) o por ser un radiador muy grande y ser más conveniente para su montaje (como ocurre en el salón).

## 5. DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIONADO DE TUBERÍAS DE CALEFACCIÓN

### 5.1. Tipos básicos de instalación

#### 5.1.1. Instalación monotubular

En la instalación monotubo los emisores quedan instalados en serie, formando un circuito en forma de anillo que sale y retorna a la caldera. La temperatura del agua que entra a cada radiador es diferente, por lo que es necesario sobredimensionar los últimos emisores de la instalación para compensar estas pérdidas de temperatura del agua que entra a los radiadores. Según el RITE no pueden instalarse más de cinco radiadores en cada anillo.



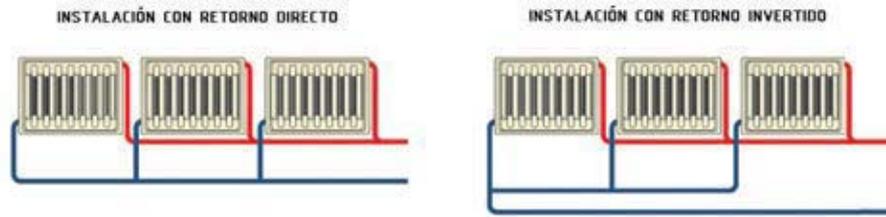
Para este tipo de instalaciones deben utilizarse llaves específicas que realizan la función de detentor y mezclador. Desvían parte del agua que llega al próximo emisor.

Por tratarse de un circuito en serie, el caudal de agua caliente que llega de la bomba circuladora debe recorrer toda la tubería, por lo que no es posible hacer reducciones de sección en el circuito hidráulico, montándose todas las tuberías del mismo diámetro.

#### 5.1.2. Instalación bitubular

La instalación bitubular es un sistema de distribución que consiste en la utilización de dos tuberías, una de ida y otra de retorno donde se conectan los emisores. La conexión de los radiadores siempre se realiza de forma que la entrada del agua se efectúa por la parte superior del mismo y la salida por la inferior.

Con este tipo de instalación se consigue que la temperatura de entrada del agua a cada radiador sea prácticamente la misma.



La instalación bitubular permite realizar el retorno a la caldera de forma directa, con lo que la longitud de la tubería a emplear será menor o se puede realizar un retorno invertido, el que necesitaremos más metros de tubo para completar la instalación, pero a cambio conseguiremos un circuito mejor equilibrado en los aspectos térmicos e hidráulicos.

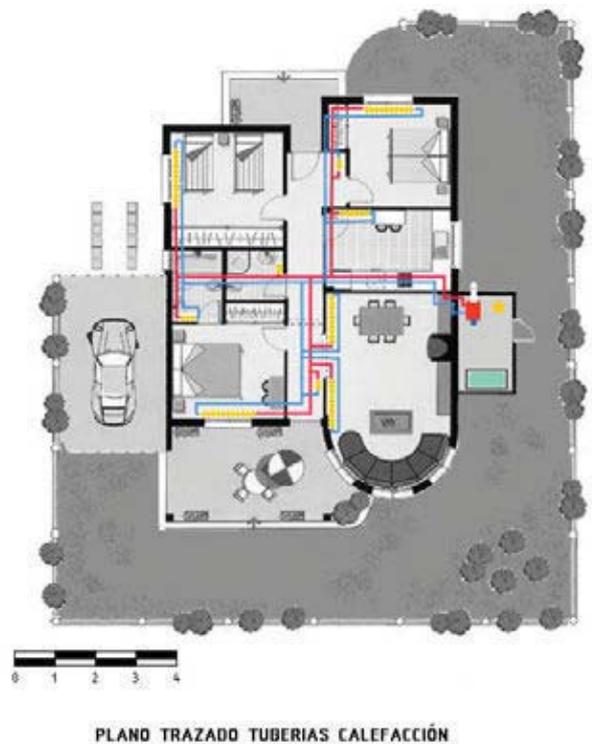
La solución adoptada para la instalación que estamos utilizando como ejemplo es una instalación bitubular de retorno directo, con lo que las tuberías de alimentación y retorno serán paralelas.

## 5.2. Dimensionado de la red de tuberías

### 5.2.1. Trazado sobre el plano

El trazado de la instalación sobre el plano nos permitirá seleccionar el trazado óptimo de las mismas y nos servirá posteriormente para obtener las longitudes de tuberías necesarias para realizar los cálculos hidráulicos de la instalación.

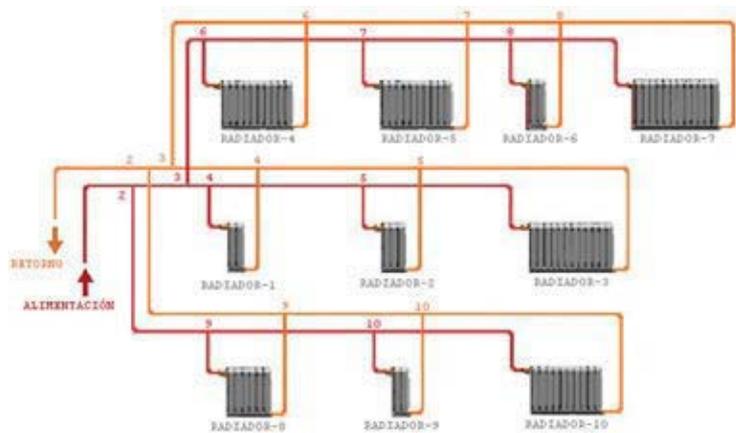
El trazado de las tuberías se realiza cuando ya tenemos ubicados el resto de los componentes de la instalación, (caldera, acumulador, radiadores,...) teniendo en cuenta, que en la mayoría de los casos éstas circulan sobre el falso techo de la vivienda, pero fijadas sobre los muros, por lo que es conveniente que sigan paralelas a lo mismos, lo que facilitará las posteriores bajadas a los radiadores.



### 5.2.2. Esquema de la instalación y numeración de los tramos

Con el trazado de las tuberías sobre el plano, tenemos perfectamente ubicadas las tuberías y demás elementos que componen la instalación. Esto nos permite obtener las longitudes de tubo a escala por medida directa sobre el plano, pero complica la comprensión del circuito hidráulico así como los cálculos posteriores que debemos realizar.

Por todo esto es conveniente realizar un esquema numerado, de forma que podamos identificar a primer golpe de vista cada tramo, su recorrido y caudal circulante.



En este esquema se representan con diferentes colores las tuberías de ida y retorno, así como todos los radiadores de la instalación. Para facilitar la identificación de cada tramo de tubería y de cada elemento de ha optado por numerarlos.

A cada radiador de la instalación se le ha asignado un número de orden y se ha numerado también el inicio y cada bifurcación que se produce en la tubería. Esto nos permitirá identificar cada tramo de tubería por el número del punto de inicio y el número del punto final del mismo.

También se puede anotar en el esquema la longitud de cada tramo y el caudal que circula por el mismo.

En la tabla siguiente se hace un resumen de todos los tramos, con su identificación y longitud (para obtener las longitudes de tubería del plano hay que tener en cuenta que los ramales principales circulan por el falso techo y las conexiones de los radiadores deben llegar hasta ellas. Consideraremos en este caso que el techo de la vivienda está a 2,5 metros del suelo).

<b>TABLA DE TRAMOS Y LONGITUDES DE TUBERIA</b>			
<b>Tuberías de alimentación:</b>		<b>Tuberías de retorno:</b>	
<b>1 - 2</b>	9	<b>1 - 2</b>	9
<b>2 - 3</b>	1	<b>2 - 3</b>	1
<b>3 - 4</b>	1,5	<b>3 - 4</b>	1,5
<b>4 - RADIADOR 1</b>	2	<b>4 - RADIADOR 1</b>	2,5
<b>4 - 5</b>	4,2	<b>4 - 5</b>	4,2
<b>5 - RADIADOR 2</b>	4	<b>5 - RADIADOR 2</b>	4,5
<b>5 - RADIADOR 3</b>	5	<b>5 - RADIADOR 3</b>	7
<b>2 - 6</b>	3	<b>2 - 6</b>	3
<b>6 - RADIADOR 4</b>	3	<b>6 - RADIADOR 4</b>	5
<b>6 - 7</b>	1	<b>6 - 7</b>	1
<b>7 - RADIADOR 5</b>	4	<b>7 - RADIADOR 5</b>	6
<b>7 - 8</b>	1	<b>7 - 8</b>	1
<b>8 - RADIADOR 6</b>	3	<b>8 - RADIADOR 6</b>	3,5
<b>8 - RADIADOR 7</b>	6	<b>8 - RADIADOR 7</b>	8
<b>3 - 9</b>	3	<b>3 - 9</b>	3
<b>3 - RADIADOR 8</b>	2,5	<b>3 - RADIADOR 8</b>	4,5
<b>9 - 10</b>	1,5	<b>9 - 10</b>	1,5
<b>10 - RADIADOR 9</b>	2,5	<b>10 - RADIADOR 9</b>	3
<b>10 - RADIADOR 10</b>	6,5	<b>10 - RADIADOR 10</b>	8,5

### 5.2.3. Caudales circulantes en cada tramo

El caudal que circula por cada tramo de tubería debe ser el suficiente para garantizar el correcto funcionamiento del radiador al que alimenta.

Se calcula dividiendo la potencia calorífica del radiador por el salto térmico. Para sistemas de calefacción que utilicen agua como fluido térmico, tendremos que:

$$Q = \frac{P_u}{\Delta T}$$

Aplicando la fórmula anterior con la potencia calorífica expresada en kcal/h y el salto térmico en grados centígrados, se obtiene el caudal expresado en l/h.

Para sistemas que utilicen un fluido térmico distinto del agua, el resultado obtenido lo dividiremos por el calor específico del fluido utilizado.

En la tabla siguiente se muestra el caudal requerido por cada uno de los radiadores instalados:

Estancia	Potencia (Kcal/h)	Nº de módulos	Caudal (l/h)
Dormitorio 1	1356	12	67,80
Dormitorio 2	1130	10	56,50
Dormitorio 3	1017	9	50,85
Salón	2960	10x2	74,00x2
Cocina	888	6	44,40
Aseo 1	740	2	37,00
Aseo 2	444	3	22,20
Pasillo	740	3x2	18,50x2

El caudal que circula por cada tramo debe ser el suficiente para alimentar todos los radiadores que tenga aguas abajo.

En la instalación de nuestro ejemplo el caudal de agua que circula por cada tramo de tubería será el que se indica en la tabla resumen siguiente:

<b>TABLA DE TRAMOS Y CAUDALES CIRCULANTES</b>			
Tuberías de alimentación:		Tuberías de retorno:	
TRAMO	Q (l/h)	TRAMO	Q (l/h)
<b>1 - 2</b>	463,75	<b>1 - 2</b>	463,75
<b>2 - 3</b>	333,05	<b>2 - 3</b>	333,05
<b>3 - 4</b>	115,70	<b>3 - 4</b>	115,70
<b>4 - RADIADOR 1</b>	37,00	<b>4 - RADIADOR 1</b>	37,00
<b>4 - 5</b>	78,70	<b>4 - 5</b>	78,70
<b>5 - RADIADOR 2</b>	22,20	<b>5 - RADIADOR 2</b>	22,20
<b>5 - RADIADOR 3</b>	56,50	<b>5 - RADIADOR 3</b>	56,50
<b>2 - 6</b>	217,35	<b>2 - 6</b>	217,35
<b>6 - RADIADOR 4</b>	74,00	<b>6 - RADIADOR 4</b>	74,00
<b>6 - 7</b>	143,35	<b>6 - 7</b>	143,35
<b>7 - RADIADOR 5</b>	74,00	<b>7 - RADIADOR 5</b>	74,00
<b>7 - 8</b>	69,35	<b>7 - 8</b>	69,35
<b>8 - RADIADOR 6</b>	18,50	<b>8 - RADIADOR 6</b>	18,50
<b>8 - RADIADOR 7</b>	50,85	<b>8 - RADIADOR 7</b>	50,85
<b>3 - 9</b>	130,70	<b>3 - 9</b>	130,70
<b>3 - RADIADOR 8</b>	44,40	<b>3 - RADIADOR 8</b>	44,40
<b>9 - 10</b>	86,30	<b>9 - 10</b>	86,30
<b>10 - RADIADOR 9</b>	18,50	<b>10 - RADIADOR 9</b>	18,50
<b>10 - RADIADOR 10</b>	67,80	<b>10 - RADIADOR 10</b>	67,80

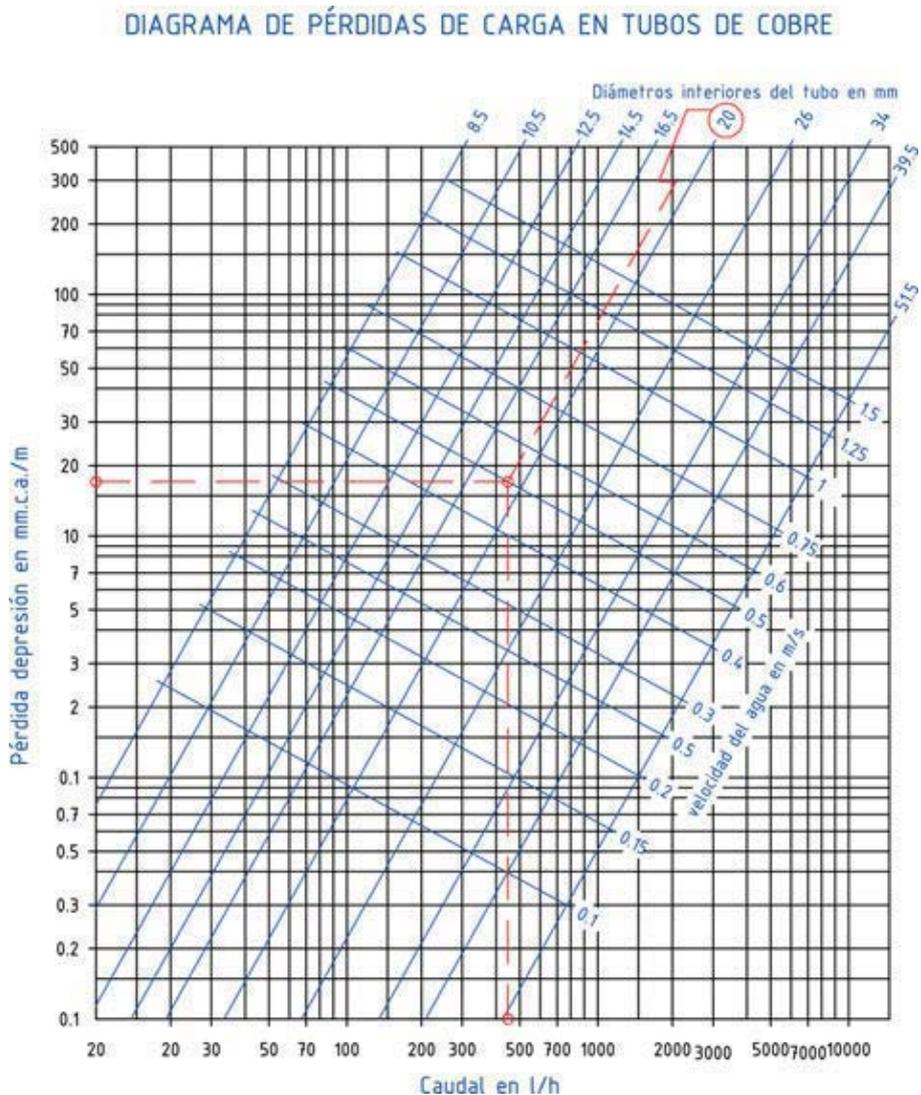
Podemos observar, que por tratarse de un sistema de distribución con retorno directo, con el trazado paralelo de tuberías, los caudales que circulan en tramos homólogos de ida y retorno son iguales.

### 5.2.4. Selección del diámetro de las tuberías

La selección del diámetro de los tubos que debemos utilizar, se realiza atendiendo a dos criterios, siempre partiendo de que sabemos el tipo de tubería que vamos a utilizar.

En primer lugar, debemos limitar la velocidad de circulación del agua dentro de las tuberías, que no debe superar los 2 m/s para evitar ruidos. Generalmente se utilizan velocidades comprendidas entre 0,5 y 1,5 m/s.

En segundo lugar, debemos tener en cuenta que las pérdidas de presión por metro de tubería no superen un valor máximo de 40 mm.c.a., fijado por normativa. Generalmente se toman valores de diámetro de tubo de forma que las pérdidas estén alrededor de 15 mm.c.a.



La forma más sencilla de seleccionar el diámetro de la tubería es utilizando tablas de doble entrada, en las que a partir del caudal circulante y la velocidad de circulación del agua podemos determinar el diámetro de la tubería a utilizar y al mismo tiempo comprobar la pérdidas de presión que tendremos con este diámetro de tubo.

Sobre la tabla se ha dibujado (línea roja discontinua) un ejemplo para que sirva de guía para poder calcular los diámetros de todas las tuberías de la instalación. Se ha representado la forma de recalcular el diámetro de la tubería para el tramo 1-2 de ida, por la que debe circular un caudal de agua de 463,73 litros/hora.

En la tabla se entra con el valor del caudal en l/h. Se traza una recta vertical a partir de este punto, que debe prolongarse hasta que corte a la línea oblicua de la velocidad de circulación de agua que hemos establecido. Ahora ya podemos obtener en la parte superior de la tabla el diámetro interior del tubo, y trazando una recta horizontal podemos comprobar cuál será la pérdida de presión por metro de tubería.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Caudal:	463,73 l/h
Velocidad:	0,5 m/s
Diámetro tubo:	20 mm
Pérdidas presión:	17 mm.c.a./m

Aplicando esto a nuestro ejemplo, teniendo en cuenta que vamos a realizar la instalación con tubería de cobre recocido, podemos utilizar la tabla adjunta para calcular el diámetro de las tuberías que debemos utilizar.

#### 5.2.5. Pérdidas de carga en las tuberías. Selección de la bomba de circulación

La función de la bomba de circulación es la de hacer circular el agua calentada en la caldera hacia los elementos emisores. El caudal que debe mover la bomba ya lo hemos calculado en los apartados anteriores.

También necesitaremos calcular las pérdidas de presión totales de la instalación para poder seleccionar el circulador más adecuado.

Las pérdidas de carga totales de la instalación, se calculan sumando a las pérdidas de presión que se producen en las tuberías las pérdidas locales debidas a los accesorios de la tubería (codos, tes, reducciones,...), a las válvulas, a los emisores,...

TABLA DE TRAMOS, DIÁMETROS Y PÉRDIDAS.							
Tuberías de alimentación:				Tuberías de retorno:			
TRAMO	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\Delta P$ (mm.c.a.)	TRAMO	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\Delta P$ (mm.c.a.)
1 – 2	463,75	20	17	1 – 2	463,75	20	17
2 – 3	333,05	16,5	10	2 - 3	333,05	16,5	10
3 – 4	115,70	12,5	10	3 - 4	115,70	12,5	10
4 - RADIADOR 1	37,00	8,5	10	4 - RADIADOR 1	37,00	8,5	10
4 – 5	78,70	10	12	4 - 5	78,70	10	12
5 - RADIADOR 2	22,20	8,5	3	5 - RADIADOR 2	22,20	8,5	3
5 – RADIADOR 3	56,50	8,5	15	5 – RADIADOR 3	56,50	8,5	15
2 – 6	217,35	14,5	15	2 – 6	217,35	14,5	15
6 – RADIADOR 4	74,00	10	12	6 – RADIADOR 4	74,00	10	12
6 – 7	143,35	12,5	15	6 – 7	143,35	12,5	15
7 – RADIADOR 5	74,00	10	12	7 – RADIADOR 5	74,00	10	12
7 – 8	69,35	10	12	7 – 8	69,35	10	12
8 – RADIADOR 6	18,50	8,5	3	8 – RADIADOR 6	18,50	8,5	3
8 – RADIADOR 7	50,85	8,5	15	8 – RADIADOR 7	50,85	8,5	15
3 – 9	130,70	12,5	16	3 – 9	130,70	12,5	16
3 – RADIADOR 8	44,40	8,5	12	3 – RADIADOR 8	44,40	8,5	12
9 – 10	86,30	10	16	9 – 10	86,30	10	16
10 – RADIADOR 9	18,50	8,5	3	10 – RADIADOR 9	18,50	8,5	3
10 – RADIADOR 10	67,80	10	11	10 – RADIADOR 10	67,80	10	11

Existen diversos métodos para calcular las pérdidas de presión locales. En este texto proponemos utilizar el método de la longitud equivalente, que consiste en asignar a cada accesorio una longitud equivalente de tubería que provoca las mismas pérdidas de presión que el propio accesorio. Este dato lo podemos obtener en tablas informativas elaboradas a tal efecto, como la que se muestra a continuación:

LONGITUDES EQUIVALENTES DE DIVERSOS ACCESORIOS.								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm
<b>Cono de reducción</b>	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00
<b>Codo 90</b>	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,48
<b>Codo o Curva 45</b>	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00
<b>Curva 90</b>	0,18	0,33	0,4	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48
<b>Te 45</b>	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20
<b>Te recta</b>	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50
<b>Válvula de retención</b>	0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65
<b>Válvula de compuerta</b>	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69
<b>Válvula de asiento</b>	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,3	5,51
<b>Intercambiador</b>	---	---	---	2,10	5,00	12,5	13,4	14,2
<b>Radiador</b>	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50
<b>Radiador con Valvulería</b>	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,1
<b>Caldera</b>	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50

Como en el apartado anterior hemos calculado el diámetro de todas las tuberías de la instalación y al mismo tiempo las pérdidas de presión por metro de tubería, si a cada tramo de tubería le añadimos la longitud equivalente de todos los accesorios montados sobre ella, podemos calcular fácilmente la caída de presión en ese tramo.

Aplicando esto a la instalación de nuestro ejemplo, podemos elaborar una tabla para el ramal más desfavorable de la instalación (el ramal más desfavorable, coincide habitualmente con el más largo, ya que al tener más metros de tubo, las pérdidas de presión son mayores):

Cálculo pérdidas de presión en tubería de ida.										
TRAMO	CAUDAL	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	CODOS	DERIVACIONES	REDUCCIONES	EMISOR	LONGITUD EQUIVALENTE (m)	PÉRDIDA POR METRO (mm.c.a.)	PERDIDA TOTAL (mm.c.a.)
1-2	463,75	20	9	6x0,70	1x1,1	--	--	14,3	17	243,10
2-6	217,35	14,5	3	--	1x0,80	--	--	3,8	15	57,00
6-RADIADOR 4	74,00	10	3	2x0,50	--	1x0,20	1x3,75	7,95	12	95,4
6-7	143,35	12,5	1	--	1x0,75	1x0,25	--	2	15	30,00
7-RADIADOR 5	74,00	10	4	3x0,50	--	1x0,20	1x3,75	9,45	12	113,40
7-8	69,35	10	1	--	1x0,70	1x0,20	--	1,9	12	22,8
8-RADIADOR 6	18,50	8,5	3	3x0,40	--	1x0,15	1x3,75	5,23	3	15,69
8-RADIADOR 7	50,85	8,5	6	3x0,40	--	1x0,15	1x3,75	8,23	15	123,45

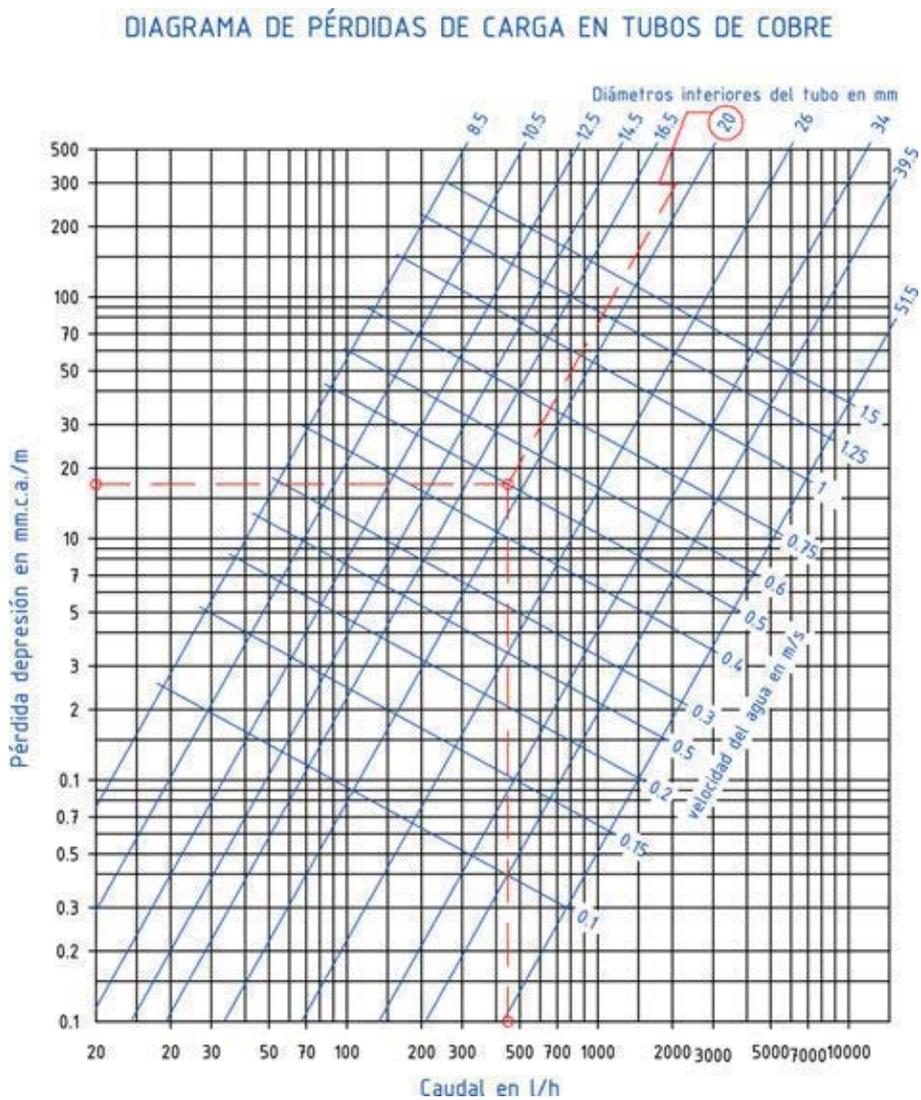
TOTAL	700,84
-------	--------

Cálculo pérdidas de presión en tubería de retorno.										
TRAMO	CAUDAL	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	CODOS	DERIVACIONES	REDUCCIONES	EMISOR	LONGITUD EQUIVALENTE (m)	PÉRDIDA POR METRO (mm.c.a.)	PERDIDA TOTAL (mm.c.a.)
1-2	463,75	20	9	6x0,70	1x1,1	--	--	14,3	17	243,10
2-6	217,35	14,5	3	--	1x0,80	--	--	3,8	15	57,00
6-RADIADOR 4	74,00	10	5	2x0,50	--	1x0,20	1x3,75	9,95	12	119,4
6-7	143,35	12,5	1	--	1x0,75	1x0,25	--	2	15	30,00
7-RADIADOR 5	74,00	10	6	3x0,50	--	1x0,20	1x3,75	11,45	12	137,40
7-8	69,35	10	1	--	1x0,70	1x0,20	--	1,9	12	22,8
8-RADIADOR 6	18,50	8,5	3,5	3x0,40	--	1x0,15	1x3,75	5,73	3	17,69
8-RADIADOR 7	50,85	8,5	8	3x0,40	--	1x0,15	1x3,75	10,23	15	153,45

TOTAL	780,85
-------	--------

Con los datos de caudal que debe impulsar la bomba y la caída de presión en el tramo más desfavorable, podemos seleccionar la bomba que necesitamos, ayudándonos con la curva característica del circulador que proporciona el fabricante.

A continuación se muestra cómo utilizar el gráfico, entrando con los datos del ejemplo propuesto, caudal de 463,75 l/h y pérdida de presión de 1481,69 mm.c.a.



El fabricante de los circuladores proporciona un gráfico como el anterior, en el que se representa el campo de trabajo de los modelos de circulador que nos ofrece. Trazando las líneas de caudal y de presión sobre esta gráfica podemos obtener el punto de funcionamiento del circulador de

la instalación. En el ejemplo propuesto, podemos ver que este punto se encuentra dentro del campo de trabajo de la bomba tipo 1, que es la que se ajusta a nuestra instalación y la que debemos por tanto instalar.

### 5.2.6. Equilibrado hidráulico de la instalación

Una vez que se ha ejecutado la instalación del sistema de calefacción por radiadores, es posible que algunos parámetros de funcionamiento de la misma no sean los previstos en el cálculo teórico. Por este motivo es necesario disponer en la instalación de componentes de regulación que nos permitan ajustar el sistema de transmisión de energía calorífica a los radiadores, regulando el caudal de agua caliente que circula a través de cada uno de ellos.

Es posible que dentro de una misma instalación nos encontremos con radiadores que se calientan más y más rápidamente que otros, que incluso pueden llegar a no calentarse. Esto es debido a que el caudal que impulsa la bomba tiende a circular por aquellos tramos del circuito que tienen menos pérdidas de presión, con lo que el caudal de agua caliente que circula por los tramos con mayores pérdidas de carga es menor, con el consiguiente defecto de aporte calorífico.

Para compensar estas diferencias entre unos emisores y otros es necesario utilizar una válvula o detentor que permita aumentar las pérdidas de presión en los radiadores más favorecidos para compensar hidráulicamente la instalación.

El detentor se monta a la salida del radiador, en caso de instalaciones bitubulares, o en la propia válvula de regulación, en el caso de instalaciones monotubulares.

Con el equilibrado hidráulico de la instalación, podremos conseguir que cada emisor funcione según lo previsto.

Para realizar el equilibrado, procederemos del modo siguiente:

En primer lugar abriremos al máximo el detentor del radiador que está en posición más desfavorable, para ir cerrando progresivamente el de los demás radiadores, quedando más cerrado el del radiador que esté más próximo a la caldera.

Posteriormente comprobaremos que la regulación ha sido efectiva poniendo en marcha el sistema de calefacción y comprobando que el salto térmico en cada radiador es correcto y se mantiene constante.

A la vista de los resultados de la comprobación se procederá a corregir el funcionamiento de la instalación abriendo o cerrando los detentores de aquellos emisores que no funcionen correctamente.

Este proceso puede resultar engorroso y complicado en instalaciones complejas, pudiendo resultar más conveniente el uso de reguladores de caudal que regulen el flujo de agua caliente en cada rama.

## 6. DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS DE ACS

### 6.1. Tipos de instalación

Existen dos sistemas para el abastecimiento de agua caliente en el interior de una vivienda: la distribución directa o la distribución en anillo, con recirculación de agua caliente.

La solución que se adopta generalmente es la distribución directa, por ser un sistema de instalación más sencillo, que requiere el uso de menos metros de tubería y no necesita la instalación de una bomba de recirculación. Si se utiliza este sistema será necesario vaciar el agua fría de las tuberías antes de poder disponer de agua caliente en el grifo.

Este sistema de distribución de agua caliente se utiliza en instalaciones cortas, es decir, que el acumulador de agua caliente no está demasiado lejos de los puntos de consumo, máximo 12 metros, como suele ocurrir en el caso de viviendas con suministro individual.

La distribución en anillo supone la instalación de una bomba de recirculación que mantiene en movimiento el agua caliente dentro de un circuito de tuberías en el que está incluido el acumulador, con lo que está más cerca de los puntos de consumo y su disponibilidad en el grifo es inmediata. Por la complejidad de este tipo de instalación, solamente se utiliza en edificios singulares (colegios, centros deportivos, hoteles,...) o en edificios de viviendas con suministro colectivo de agua caliente sanitaria.

### 6.2. Dimensionado de las tuberías de ACS

#### 6.2.1. Trazado sobre el plano

El trazado de la red de tuberías para distribución de ACS sobre el plano nos permitirá seleccionar el trazado óptimo de las mismas y nos servirá posteriormente para obtener las longitudes de tuberías.

En el plano facilitado de la vivienda, están representados los puntos de consumo de agua caliente. Trazaremos la red de tuberías necesaria para llevar el agua caliente desde el acumulador hasta los puntos de consumo, que para el ejemplo que estamos desarrollando a lo largo de este capítulo, se encuentran en la cocina, en un aseo y en un cuarto de baño.

Como en el caso de la red de tuberías del sistema de calefacción, en el trazado de las tuberías se recomienda seguir las líneas de los muros de la vivienda.

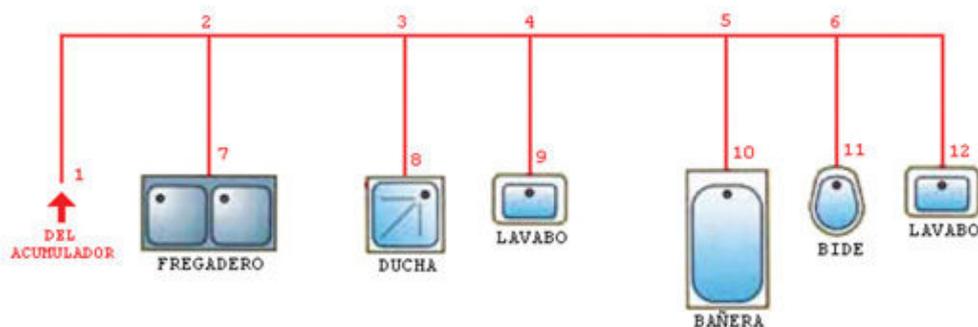


### 6.2.2. Esquema y numeración de tramos

En el plano de la instalación, queda perfectamente representado el recorrido de las tuberías para el suministro de ACS a los distintos puntos de consumo. Con objeto de facilitar el proceso de cálculo para dimensionado de la tuberías es conveniente elaborar un esquema simplificado donde sea fácil identificar los distintos ramales de distribución, así como sus puntos de partida y llegada, para asignarles el caudal circulante, longitudes, etc.

Para poder trabajar con mayor facilidad, el esquema se numerará para poder hacer referencia a los distintos tramos por el número del punto de inicio y el número del punto final del mismo. El proceso de numeración consistirá en asignar números correlativos a todos los puntos de consumo de la red y a todas las derivaciones de la misma.

En la figura siguiente se muestra el esquema numerado correspondiente a nuestra instalación.



Sobre este esquema también es conveniente indicar las longitudes de los tramos de tubería, los caudales circulantes y otros datos que puedan resultar de interés para el proceso de dimensionado de la red.

### 6.2.3. Cálculo de longitudes

El cálculo de longitudes de tubos debe realizarse como se ha indicado para las instalaciones de calefacción. Se toman medidas sobre el plano a escala del edificio, teniendo en cuenta que la instalación de las tuberías se ha realizado por el falso techo de la vivienda, por lo que será necesario añadir a las medidas obtenidas la longitud de tubo necesaria para llegar desde el falso techo hasta el punto de consumo. Para el ejemplo que estamos desarrollando podemos considerar que esta bajante tiene una longitud aproximada de 2 metros.

Para el cálculo de las pérdidas de carga añadiremos a estas longitudes, la longitud equivalente de los accesorios utilizados para realizar la instalación, como se ha expuesto anteriormente.

### 6.2.4. Caudales de cada tramo

Los caudales que circulan por cada tramo se determinarán a partir del gasto de cada aparato sanitario y teniendo en cuenta que cada ramal deberá abastecer a todos los aparatos que estén situados aguas abajo. En la tabla siguiente se indica el gasto de los aparatos sanitarios más comunes en viviendas:

<b>GASTO EN APARATOS SANITARIOS</b>	
<b>Puntos de consumo</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Lavabo	0,10
Ducha	0,20
Bidé	0,10
Bañera	0,30
Fregadero	0,20

Como resulta improbable que se utilicen al mismo tiempo todos los aparatos sanitarios de un edificio, deberemos aplicar coeficientes de simultaneidad para aminorar el caudal que circula por cada tramo.

En el caso de viviendas como la que nos ocupa, consideraremos que sólo se utilizan simultáneamente un sanitario por cada estancia, siendo éste el de mayor consumo.

En la vivienda considerada en el ejemplo, tenemos tres habitaciones con suministro de ACS, la cocina, un aseo y baño. Por tanto, el máximo consumo simultáneo lo tendremos cuando se utilicen al mismo tiempo el fregadero, la ducha y la bañera.

El caudal que circula por cada tramo se resume en la tabla siguiente:

CAUDAL CIRCULANTE POR TRAMOS		
TRAMO	PUNTOS CONSUMO SIMULTANEO	CAUDAL (l/s)
1 – 2	fregadero-ducha-bañera	0,7
2 – 7	fregadero	0,2
2 – 3	ducha - bañera	0,5
3 – 8	ducha	0,2
3 – 4	bañera	0,3
4 – 9	lavabo	0,1
4 – 5	bañera	0,3
5 – 10	bañera	0,3
5 – 6	lavabo	0,1
6 – 11	bidé	0,1
6 - 12	lavabo	0,1

### 6.2.5. Velocidades de circulación y pérdidas de carga

Las velocidades de circulación y las pérdidas de carga, al igual que ocurre con las tuberías del sistema de calefacción, se establecen a partir de valores recomendados.

La pérdida de carga en tuberías no deberá superar en ningún caso los 40 mm.c.a./m, aunque para realizar los cálculos de dimensionado de tuberías se procura mantener el valor de la pérdidas de presión alrededor de los 15 mm.c.a./m.

La velocidad de circulación del agua caliente por dentro de las tuberías debe mantenerse siempre por debajo de los 2 m/s para evitar que se produzcan ruidos. Como valores aconsejables de diseño, se recomienda tomar como velocidad máxima 1,5 m/s, para evitar vibraciones de los tubos y como velocidad mínima 0,5 m/s, con objeto de evitar que se produzcan depósitos de cal o arenilla en el interior de los tubos.

### 6.2.6. Selección del diámetro de los tubos

Los diámetros de los tubos que componen la red de distribución de agua caliente sanitaria pueden dimensionarse de igual modo que las tuberías del sistema de calefacción.

Los diámetros de los ramales que alimentan cada aparato sanitario no es necesario calcularlos, ya que se pueden fijar a partir de datos establecidos en tablas informativas y que indican valores que por la experiencia práctica garantizan un buen funcionamiento.

<b>DIÁMETROS DE RAMALES PARA ALIMENTACIÓN DE SANITARIOS</b>		
<b>PUNTO DE CONSUMO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Ø INTERIOR DE TUBO (mm)</b>
Fregadero	2 – 7	15
Ducha	3 – 8	15
Lavabo	4 – 9	15
Bañera	5 -10	20
Bidé	6 – 11	15
Lavabo	6 -12	15

El resultado obtenido para el resto de los tramos será el siguiente:

<b>DIAMETROS DE TUBERÍAS</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>Ø INTERIOR DE TUBO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>PÉRDIDAS (mm.c.a./m)</b>
1 – 2	34	0,65	15
2 – 3	34	0,6	13
3 – 4	26	0,55	15
4 – 5	26	0,55	15
5 - 6	16,5	0,50	20

## 7. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

Antes de proceder a la puesta en marcha de la instalación, deberemos asegurarnos de que todos los componentes de la instalación se encuentran en disposición de prestar servicio. Para poner en servicio equipos e instalaciones, realizaremos en primer lugar las siguientes operaciones:

- **Llenado del circuito de calefacción:**

En primer lugar se abrirán los purgadores de todos los emisores de calor (radiadores) y se procederá a abrir la llave de llenado de agua fría de la caldera.

Cuando empiece a salir agua por los purgadores, se irán cerrando progresivamente, y al final se cerrará la válvula de llenado, cuando podemos comprobar en el manómetro de la caldera que la presión en el interior del circuito es de 1 bar.

Una vez que el circuito está lleno y presurizado procederemos a poner en marcha la bomba de circulación, asegurándonos de que no gira en seco, lo que podría provocar que se averiase.

Con la bomba en marcha, procederemos a purgar de nuevo el circuito de calefacción, y una vez finalizada esta operación se restituye la presión del circuito abriendo de nuevo la válvula de llenado de la caldera.

Una vez finalizado el proceso, deberemos comprobar que no hay fugas de agua en el circuito.

- **Llenado del circuito de ACS:**

Para llenar el circuito de ACS se procederá primeramente a abrir los grifos, y se abrirá la entrada de agua. Los grifos se cerrarán cuando salga agua por ellos de forma continua, asegurándonos de este modo que quedan llenas las tuberías y el acumulador de agua caliente sanitaria.

Cuando esté el circuito lleno, se procederá a comprobar que no hay fugas de agua en la instalación.

- **Llenado del circuito de gasoil:**

Antes de proceder a llenar las tuberías de alimentación de gasoil al quemador, nos aseguraremos que el depósito de combustible está lleno, a continuación se procederá a abrir la llave de salida de gasoil del depósito, y se comprobará la ausencia de fugas en toda la conducción, tanto en la ida como en el retorno.

Tras comprobar que el filtro está limpio y correctamente instalado, se procederá a purgar la tubería de combustible.

Una vez realizadas estas operaciones con éxito, la instalación estará lista para ponerla en funcionamiento. La puesta en marcha se realizará, comprobando antes que hay alimentación eléctrica, accionando el interruptor general de puesta en marcha de la caldera.

En este momento el quemador se pone en marcha y comienza la producción de agua caliente sanitaria, que quedará almacenada en el acumulador. El quemador se parará automáticamente cuando la temperatura del agua dentro del acumulador alcance el valor prefijado (entre 35 y 60° C). No volverá a ponerse en marcha hasta que por consumo o por pérdidas de calor, la temperatura del agua dentro del acumulador descienda.

El sistema de calefacción se activa desde el panel de control que estará situado dentro de la vivienda y que permite seleccionar la temperatura ambiente además de conectar y desconectar la calefacción. Al accionar el interruptor de puesta en marcha, la caldera se pone en funcionamiento, junto con el circulador para enviar agua caliente a los emisores. La temperatura del agua se puede regular entre 60 y 85° C. El termostato controla la parada y puesta en marcha del quemador en función de la temperatura del agua en el circuito de calefacción.

La parada de la caldera se efectúa desde el interruptor general. Si se procede a parar la caldera, deberemos cerrar la salida del depósito de combustible como medida de precaución.

## 8. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Para mantener la instalación en buenas condiciones de funcionamiento es necesario realizar una serie de operaciones periódicas de mantenimiento preventivo y correctivo, que nos permitirán garantizar que todos los componentes de la instalación se conservan en buen estado.

Para este tipo de instalaciones, y como norma general, el mantenimiento debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante de los equipos.

El mantenimiento preventivo de este tipo de instalaciones se realizará anualmente y consistirá en la realización de las siguientes operaciones:

- Comprobar que la presión del circuito en frío se encuentra dentro de los límites establecidos (entre 1 y 1,2 bar).
- Revisar y limpiar el filtro de gasoil.
- Revisar el correcto funcionamiento del termostato de calefacción.
- Revisar el correcto funcionamiento del termostato de agua caliente sanitaria.
- Limpiar el interior de la caldera y el quemador.
- Comprobar que la presión del vaso de expansión es de 1 bar.
- Comprobar la estanqueidad de las tuberías de agua y gasoil.
- Limpiar la chimenea.
- Comprobar el buen estado de los sensores de temperatura.
- Comprobar el caudal de gas y la presión del mismo.
- Comprobar el funcionamiento de la bomba de recirculación.
- Accionar la válvula de seguridad y comprobar su funcionamiento.
- Revisar el estado general de la caldera y el acumulador de ACS.
- Comprobar el estado de los emisores.
- Purgar el aire de la instalación, si no se han instalado purgadores automáticos.

La frecuencia de las revisiones que se efectúan a los distintos componentes de la instalación, puede ser modificada en función de las características de la misma, localización, intensidad de uso,...

El mantenimiento correctivo tiene la función de realizar las reparaciones y correcciones, de los defectos observados durante el mantenimiento preventivo o de los daños por averías ocasionales.



## RESUMEN

En este tipo de instalaciones es importante, en primer lugar conocer las cargas térmicas del edificio que se desea calefactar, así como el consumo previsto de ACS para que la instalación diseñada sea capaz de cubrir las necesidades del usuario.

A continuación, debe tenerse en cuenta una correcta ubicación de todos los componentes de la instalación, así como los puntos de consumo de agua caliente, para posteriormente ocuparse del trazado de las tuberías.

Por último, debemos tener en cuenta las condiciones que se deben cumplir para la ubicación de la caldera en la sala de máquinas y el almacenamiento del combustible.

Todos estos pasos deben llevarse a cabo concienzudamente para obtener como resultado una instalación con un funcionamiento óptimo.



## ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

A partir de el plano de una vivienda unifamiliar de varias plantas (vivienda adosada o pareada tipo duplex, con sótano, y dos plantas) desarrollar el proyecto para la instalación de calefacción por radiadores siguiendo los pasos establecidos en esta unidad.

Utilizar para la selección de todos los componentes de la instalación información recopilada a partir de catálogos de fabricantes (emisores, calderas, valvulería, chimeneas,...), obtenidos directamente a través de Internet, de forma que el resultado obtenido se ajuste en la medida de lo posible a una instalación real

Elaborar a partir de la información recopilada, una lista de componentes, instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación.