



Madrid
Ahorra
con Energía



La Suma de Todos



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

Madrid, 2014



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 7409-2014

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores

Mariano Garrido

Businnes Development y Project Manager. Jaga España

José Vicente Zamora

Jefe Departamento Técnico. Jaga España.

Israel Ortega

Director Uponor Academy España y Portugal. Uponor Iberia.

Iván Rogelio Castaño

Product Manager Indoor Climate. Uponor Iberia.



Índice

PRESENTACIÓN	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA Y MARCO EUROPEO	13
3. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	15
4. ¿QUÉ ES CONFORT?	21
5. ¿QUÉ ES CALEFACCIÓN?	25
6. IMPORTANCIA DE LA CALEFACCIÓN A BAJA TEMPERATURA DE AGUA	27
7. RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA	29
7.1. Diseño óptimo de la instalación	29
7.1.1. Diseño de la instalación hidráulica	35
7.1.2. Cálculo de caudales	36
7.1.3. Equilibrado de la instalación	37
7.2. Tipos de emisores	38
7.2.1. ¿Cómo es un radiador para baja temperatura?	40
7.3. Reacciones, confort, regulación y reducciones de consumo con emisores eficientes	43
7.4. Conclusiones	46
8. SUELO RADIANTE	49
8.1. Principio de funcionamiento	49
8.2. Clasificación de los sistemas de climatización invisible por suelo radiante	56
8.2.1. Obra nueva	58
8.2.2. Reforma	70
8.3. Regulación y control en instalaciones de suelo radiante	71
8.3.1. Regulación de la temperatura interior	73
8.3.2. Regulación de la temperatura exterior y de impulsión de agua	76
8.4. Conclusiones	78



P RESENTACIÓN

El sector de la climatización es de gran importancia en España, por los volúmenes económicos que genera, por el empleo que proporciona y por las implicaciones sociales y medioambientales que conlleva.

La climatización, o lo que es lo mismo, conseguir unas condiciones de temperatura y humedad del aire que permiten alcanzar un confort adecuado de las estancias habitadas, ha sido siempre un objetivo fundamental de la sociedad. Ya sea en el puesto de trabajo, en el hogar o en el centro de ocio, siempre se requiere un ambiente adecuado a las circunstancias de cada momento. Sin embargo, la buena climatización de una estancia depende de una larga lista de factores, en los que algunos de ellos pueden ser muy variables, como el factor humano, y otros dependen de las características tecnológicas de los equipos utilizados, como es el tipo de emisor instalado, el cual, si es capaz de funcionar con agua a baja temperatura, conducirá, indudablemente, a ahorros energéticos.

Los sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) son los mayores consumidores de energía dentro de los edificios, llegando a representar hasta el 50 por ciento de la factura energética. El sector residencial consume, aproximadamente, la cuarta parte de toda la energía demandada, estimándose que el potencial de ahorro está entre el 20% y el 40%.

Así, para garantizar un buen uso de los recursos energéticos es fundamental pensar en la eficiencia energética. La eficiencia de los sistemas de climatización no sólo depende de lo innovador de los mismos, sino que influyen otros parámetros, como son mantenimiento y el correcto uso que de ella se haga. Por ello, es preciso buscar un equilibrio entre todos aquellos factores que influyen a la hora de encontrar la forma de climatización más eficiente en un espacio concreto.

Con la publicación de esta Guía sobre Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua, se pretende aportar de forma sencilla y útil los beneficios energéticos y económicos que proporciona la utilización de este tipo de emisores en la climatización de edificios de viviendas..

D. Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
Comunidad de Madrid



1

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el ser humano ha venido desarrollando la mayor parte de su actividad diaria en el interior de edificios: trabajando (escuelas, oficinas, centros de producción, hospitales, etc.), disfrutando del tiempo libre (polideportivos, teatros, centros comerciales, etc.) y residiendo en viviendas. Esto ha provocado que el concepto de confort, orientado a la edificación, haya pasado de ser un criterio secundario a convertirse en prioritario a la hora de diseñar un edificio.

Se entiende por confort la sensación que produce bienestar y comodidad. En un edificio, son las instalaciones las encargadas de proporcionarlo. Éstas atienden a criterios que propician ambientes bien iluminados, ventilados, climatizados y accesibles, recogidos a través de diferentes marcos normativos en el ámbito europeo y que exigen unas determinadas condiciones mínimas de confort.

Las instalaciones de climatización tienen una especial importancia al ser las encargadas de proporcionar la sensación de confort térmico, ya que permiten conseguir la temperatura ideal a la que los usuarios podrán desarrollar su actividad más cómodamente, tal y como se describe en la UNE EN ISO 7730 (Condiciones para el confort térmico).

En la actualidad, debido al incremento continuo del precio de la energía primaria, nuevos criterios como la eficiencia energética y la sostenibilidad se suman a los anteriores. Esto permite diseñar edificios que proporcionen altos niveles de confort con el menor consumo de energía y respetuosos con el medio ambiente.

Los conceptos anteriormente citados: confort, ahorro energético y sostenibilidad, toman su mayor expresión utilizando sistemas de climatización eficientes.



2 EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA Y MARCO EUROPEO



En las últimas décadas, los materiales de construcción han evolucionado hacia una mejora de los aislamientos del exterior, tanto en muros y fachadas, como en cerramientos y ventanas.

Este movimiento se ha visto impulsado por los objetivos europeos del «20-20-20»: reducir un 20% el consumo de energía primaria, reducción vinculante del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y presencia de un 20% de energías renovables para 2020.

Cada país de la Unión Europea ha tenido que definir su propio plan de ruta para conseguir una convergencia hacia los objetivos comunes.

Dentro de este marco, en España aparecen los nuevos Código Técnico de la Edificación (CTE) y Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) como exigencias básicas tanto para las nuevas construcciones como para las rehabilitaciones en busca del bienestar y la seguridad de quien usa las instalaciones, pero con una base principal: eficiencia y ahorro energético de las mismas.

En este punto se quiere alentar a los instaladores que «Cumplir el RITE» no es hacer todo exactamente igual a lo que marca la normativa. El RITE es una base normativa de los «mínimos exigidos» para evitar que se hagan instalaciones por debajo de un determinado nivel de calidad.

Un buen instalador profesional debería exigirse a sí mismo las siguientes pautas:

- Buscar un nivel de instalación que supere las mínimas condiciones de la normativa.
- Adelantarse a las nuevas directrices para el año 2020, tendiendo a unas viviendas prácticamente autosuficientes.



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

- Explicar al cliente final las posibles diferencias entre presupuestos económicos, el ahorro alcanzable según la instalación y el ahorro económico que supone la anticipación a las constantes nuevas exigencias al no tener que actualizar su instalación en poco tiempo para mejorar su clasificación energética.

Con estas premisas, uno de los puntos más significativos en cuanto a la morfología y funcionamiento de la nueva vivienda ha sido una mejora sustancial en los niveles de aislamiento, de calidad de las envolventes generales de los edificios y de los niveles de confort térmico del usuario.



Foto 2.1. La mejora de la calidad de los sistemas constructivos aporta un importante ahorro energético y una nueva perspectiva para la calefacción.

Gracias a estas mejoras se consigue una menor demanda térmica por transmisiones y una mayor hermeticidad de la vivienda. Pero, al mismo tiempo, tiene como consecuencia que sea necesario un sistema que asegure la calidad de aire interior, y como se va a ver, también cambia la forma en que la vivienda necesita que funcionen los emisores de calor para mantener el nivel de confort en el punto óptimo.

Se ha de considerar que en las nuevas viviendas, como se ha comentado, se ha conseguido bajar sensiblemente la demanda de calefacción, mientras que las fuentes de calor gratuitas, como las aportaciones solares o el calor que desprenden electrodomésticos y personas, permanecen apenas inalterables. Estos aportes pasan a tener una importancia significativa dentro de la carga térmica, incluso, en viviendas como las «passive haus», las aportaciones gratuitas pueden llegar a ser superiores a la propia carga térmica en muchos momentos del día.

La manera de aprovechar al máximo esta ventaja que se nos ofrece, es utilizar el emisor y la regulación capaces de conseguir adaptarse a esta nueva vivienda para conseguir nuestros objetivos de confort.

3

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN



De forma paralela al desarrollo en la forma de construir las viviendas, ha habido una evolución, quizá menos notoria, en la morfología de los emisores de calefacción. Desde las antiguas estufas y radiadores de hierro fundido, con enormes cantidades de masa en material y un gran contenido en agua, ha habido un progresivo desarrollo de los emisores con los paneles radiantes, los elementos de aluminio y, por último, los convectores estáticos y dinámicos, que marcan una tendencia hacia los modernos emisores que disponen cada vez menos masa y menor contenido en agua.



Foto 3.1. Radiador Jaga Low-H₂O de baja masa y bajo contenido en agua, integrado en el diseño de una vivienda moderna.

Analizando por qué se ha producido esta transformación, se observa que el origen de la misma viene casi impuesto por las características



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

de la nueva vivienda o sistemas de construcción. En una vivienda con malos aislamientos e importantes pérdidas por deficientes cerramientos, era necesario contar con calor acumulado y un porcentaje muy alto de emisión por radiación para que ofreciera una buena sensación de confort. Con los nuevos aislamientos y mejora de los cerramientos, se necesita un mejor reparto del calor y cada vez mayor porcentaje de convección proveniente de unos emisores con menos masa y radiación.

Si la demanda de calor de la vivienda se ha reducido y las aportaciones gratuitas siguen manteniéndose e incluso favoreciéndose con las nuevas formas o sistemas constructivos bioclimáticos, el aporte de los radiadores puede estar por encima de la demanda puntual real de la edificación, por lo que es necesario que los emisores reaccionen inmediatamente ante las posibles variaciones de demanda.

Es más eficiente tener que invertir poca cantidad de energía en un arranque rápido y, a posteriori, poder frenarlo de inmediato para mantener la temperatura del ambiente constante, que gastar mucha energía en un arranque lento y no poder ajustar su emisión lo más rápido posible. Sobre todo si contamos con que en un país como España, que se dan constantes fluctuaciones de las temperaturas exteriores, más las variaciones internas por aportes gratuitos.

Con un sistema ligero y rápido, con una buena regulación se puede ahorrar una gran cantidad de emisiones de CO₂ a la atmósfera y, no menos importante, costes al usuario (hasta una tonelada menos de CO₂ al ambiente por vivienda/año con el uso de emisores eficientes frente a emisores tradicionales).

Sirva como ejemplo una estancia de 20 m² con un emisor que cubre su demanda térmica que está a pleno rendimiento, y, en un momento dado, esta estancia recibe un aporte de calor gratuito, por ejemplo, sol que entra por un ventanal que tiene 3 m², este aporte puede suponer hasta 400 W/m², por lo que se tiene un aporte de 1.200 W a la estancia.

Se puede analizar cómo reaccionaría esta misma estancia en dos tipos de construcción diferente.

En primer lugar, se supone una vivienda sin aislamientos y posibles fugas de aire por baja estanqueidad de los cerramientos. Es posible que la carga térmica por transmisiones esté en torno a los 120 W/m², lo que proporciona un total de 2.400 W para poder calefactar esta estancia.

En un momento determinado se recibe el aporte gratuito de 1.200 W, por lo que la temperatura de la estancia va a tender a subir, y el sistema de control, ya sea por un termostato o por cabezales termostáticos, va a cortar el paso de más agua caliente hacia el emisor. La demanda de calefacción bajará a 1.200 W. Los emisores utilizados tradicionalmente, con gran inercia térmica, seguirán emitiendo la energía acumulada, aunque la llave termostática haya cortado el suministro de agua caliente, por lo que se aprecia que esta energía es necesaria para poder mantener el nivel de confort, sobre todo debido a las grandes pérdidas por las corrientes de aire que se generan por el mal aislamiento.

Si el mismo caso se estudia en una vivienda con un buen nivel de aislamiento, esta misma estancia puede bajar la demanda a unos 60 W/m², lo que dará una carga total de 1.200 W. Al recibir el mismo aporte gratuito de 1.200 W, es necesario que los emisores detengan su emisión lo más rápidamente posible para evitar que la estancia alcance temperaturas superiores a la deseada, y, por tanto, falta confort, ya que sólo con los aportes gratuitos se cumple con las necesidades térmicas de la estancia.

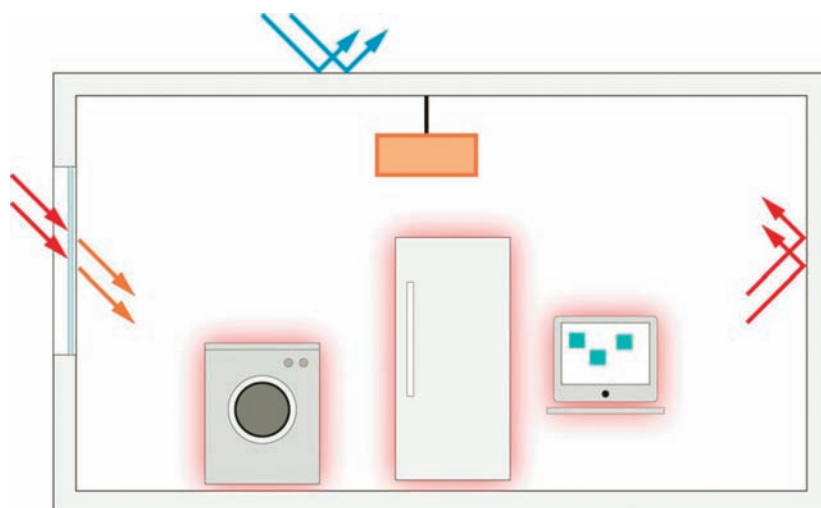


Figura 3.1. Las fuentes de calor gratuitas suponen un aporte muy importante en una vivienda bien aislada.

Como conclusión del funcionamiento de emisores de calefacción en las viviendas modernas, cada vez mejor aisladas, vemos que la lenta reacción en la respuesta de los radiadores de alta inercia térmica



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

hace que en el arranque del sistema se tarde más tiempo en alcanzar la temperatura objetivo, por lo que, reduciendo la masa de los emisores, se puede reducir el periodo de arranque ajustándolo según la hora a la que se necesita que la temperatura esté a nivel de confort. En la práctica se ha observado que en viviendas bien aisladas, la calefacción sólo tiene tres arranques al día durante periodos de unas de pocas horas.

Gracias a la disminución de la carga térmica en las viviendas, la influencia de las fuentes de calor gratuitas ha cobrado una gran importancia porcentual en el total de los aportes que recibe la vivienda, por lo que es necesario que los emisores reaccionen lo más rápidamente posible. Esto sólo se consigue con emisores de muy baja inercia térmica, que no acumulen energía y que puedan equilibrar su emisión con los aportes de calor gratuitos que reciba la vivienda. Además, es necesario que el sistema de control de la calefacción y los radiadores sea también lo más exacto posible para que la reacción global del sistema sea lo más precisa posible.

Las nuevas tecnologías en cuanto a control pueden mejorar la eficiencia del sistema de calefacción, y por ejemplo, la incorporación de sistemas predictivos de programación, tipo PID, que aprenden cuál va a ser la reacción de la temperatura interior en base a las condiciones exteriores e interiores en las que se encuentra la instalación, pueden incrementar los ahorros energéticos en torno al 30%. Pero, nuevamente, es necesario contar con sistemas de rápida reacción a la demanda o frenado de la emisión para aprovechar los beneficios que puede aportar un control más exacto.

Antiguamente, en casas mal aisladas, se necesitaban altas temperaturas de agua y mucha radiación para conseguir una sensación como estar al sol en la nieve. Pero el confort era deficiente, ya que había corrientes de aire dentro de la casa que se creaban por las diferencias de temperatura entre una zona de menor temperatura (20 °C de la estancia), y cerca una zona a alta temperatura (el radiador a muy alta temperatura 90 °C), con una diferencia de 70 °C. Del mismo modo, el viento meteorológico también aparece por diferencias de temperatura entre distintas zonas (el mar y tierra). Con el suelo radiante se tiene un emisor gigantesco, pero a menor temperatura (28 °C), con una diferencia en temperatura menor (de sólo 7 °C), y, por lo tanto, se generan muchas menos corrientes desagradables.

Evolución de los sistemas de calefacción

Las nuevas exigencias de sistemas a baja temperatura con los radiadores modernos hacen que la diferencia entre estas dos temperaturas se hayan aproximado al funcionamiento del suelo radiante, consiguiendo un importante incremento en confort.



4

¿QUÉ ES CONFORT?



El confort es el estado en que se tiene bienestar y comodidad. Pero el confort depende de distintos parámetros, que se pueden clasificar en dos grupos:

- Los parámetros personales, que vienen dados por el metabolismo de las personas y el factor Clo, que es el factor por el que se mide el grado de vestimenta de una persona. Estos dos factores son difícilmente controlables, ya que dependen de los usuarios en sí, y pueden variar de una a otra persona sobre la base de las mismas condiciones interiores.
- Los parámetros externos, que pueden influir unos en otros y que para conseguir un confort óptimo hay que contar con todos ellos al mismo tiempo. Estos valores son (ver Fig. 4.1):

- Temperatura del aire (seca), T_{air}
- Presión de vapor de agua, p_v
- Velocidad relativa del aire, V_{rel}
- Temperatura radiante, T_{rad}
- Temperatura de contacto, T_{contact}

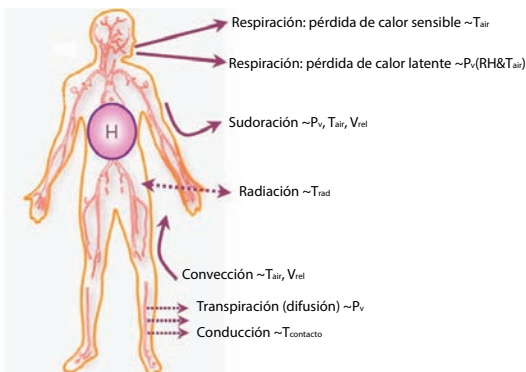


Figura 4.1. Parámetros personales que influyen en el confort.

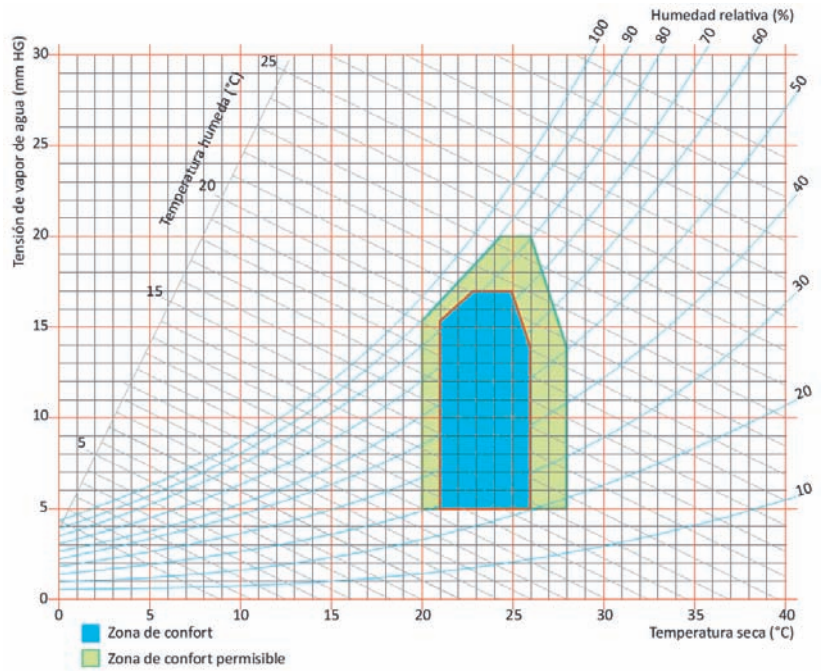


Figura 4.2. Gráfico de parámetros externos de confort.

Como se observa en la Fig. 4.2., la zona de confort viene definida por distintos parámetros y se encuentra entre los 21 °C y los 26 °C de temperatura seca o temperatura ambiente normal, del 30% al 70% de humedad relativa, y entre 5 y 17 mm de mercurio de tensión de vapor de agua.

Pero lo más importante es que se puede actuar sobre estos parámetros externos para conseguir situarse en la zona de confort deseada.

De forma resumida, y como medida de ahorro energético, en la UNE-EN ISO 7730 (ver Tabla 4.1) vienen descritas las horquillas de las condiciones básicas, tanto de temperaturas como de velocidad de aire, humedad relativa y factor Clo determinados para conseguir confort térmico, que se define como una sensación neutra del individuo respecto al ambiente térmico.

Es importante que el usuario tome conciencia de cuál debe ser la ropa, factor Clo, en cada momento del año para evitar llevar mucha ropa en verano y ropa ligera en invierno.

Tabla 4.1. UNE-EN ISO 7730

PARÁMETROS	INVIERNO	VERANO
Temperatura operativa	21 °C - 23 °C	23 °C - 25 °C
Velocidad del aire	<0,15 m/s	<0,15 m/s
Humedad relativa	50%	50%
Factor clo (vestido)	1 clo	0,5 clo



5

¿QUÉ ES CALEFACCIÓN?



Según la Real Academia Española de la Lengua, la palabra calefacción tiene dos acepciones:

1. f. Acción y efecto de calentar o calentarse.
2. f. Conjunto de aparatos destinados a calentar un edificio o parte de él.

Por lo que se podría decir que, por un lado, son las acciones que se pueden llevar a cabo sobre el clima interior, o como se ha visto, los parámetros externos a las personas para alcanzar un determinado nivel de confort, y, por otro lado, la calefacción es el conjunto de medios que se disponen para alcanzar dicho nivel de confort.

Actualmente, se ha de tomar esta descripción más al pie de la letra que nunca, y ver la calefacción como un «conjunto» de elementos que forman parte de un todo, porque, cada vez más, todos los elementos de un sistema de calefacción dependen del funcionamiento y el control de los demás. Es necesario que desde el proyecto hasta el instalador y el usuario final sepan, dentro de su ámbito, cuál es la mejor forma de combinar cada uno de los factores que aportan al sistema, además de saber de qué manera se puede alcanzar la máxima eficiencia del conjunto.

Por este motivo, el instalador necesita de una actualización constante de conocimientos, ya que es el responsable final del funcionamiento de la calefacción, y ha de ser capaz de integrar todos los elementos necesarios para alcanzar los mejores rendimientos de la instalación.

Se ha de diferenciar entre las instalaciones EFICACES que se estaban haciendo hasta ahora, es decir, las que hacen lo que se les pide: emi-



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

tir calefacción; y las instalaciones EFICIENTES, que son las que hacen aquello para lo que están diseñadas pero con el menor consumo de recursos posibles.

6

IMPORTANCIA DE LA CALEFACCIÓN A BAJA TEMPERATURA DE AGUA



El rendimiento de los generadores de calor, como calderas de condensación, aerotermia, etc. dependen en gran medida de la selección del tipo y dimensionado de los emisores. Cuanto mayor sea la capacidad del emisor, mejor va a trabajar a baja temperatura, va a exigir menos consumo del generador de calor, y se van a reducir las pérdidas en la instalación y depósitos de inercia.

La tendencia para ahorrar energía es reducir al máximo la diferencia de temperatura entre el agua y la temperatura ambiente.

En las Figs. 6.1 y 6.2 se puede observar la mejora en eficiencia energética de la caldera de condensación y la bomba de calor de aerotermia a medida que se baja la temperatura de trabajo.

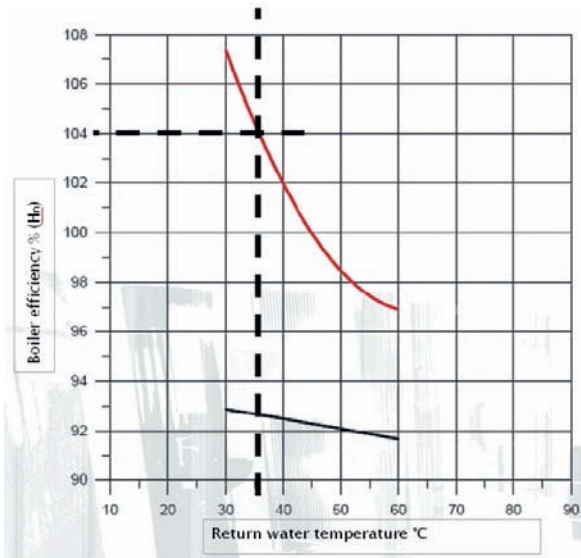


Figura 6.1. Eficiencia de una caldera de condensación respecto a la temperatura del agua de retorno.



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

Según la experiencia recogida en el norte de Europa con las temperaturas de agua en las calderas de condensación, se ha llegado a la conclusión que calcular los emisores para una temperatura de impulsión de 55 °C y 45 °C de retorno para el día más frío del año, garantiza que la caldera estará a máximo rendimiento prácticamente toda la temporada de calefacción. Este rendimiento máximo garantiza los mayores ahorros energéticos posibles, por encima incluso del 50% frente a instalaciones tradicionales.

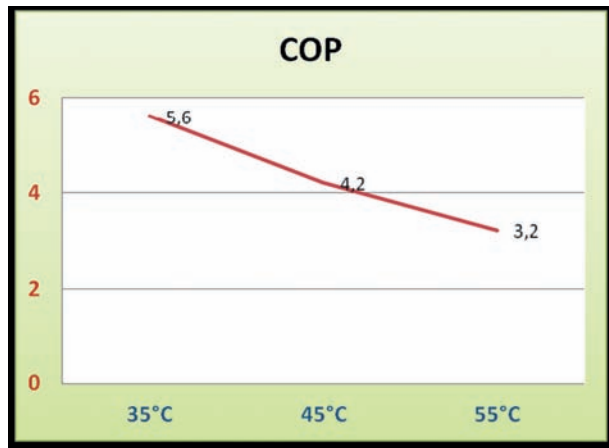


Figura 6.2. Eficiencia de una bomba de calor respecto a la temperatura del agua de impulsión.

En las bombas de calor se tiene una reacción similar cuando se baja la temperatura de trabajo. Calcular los emisores para una temperatura de impulsión de ≤ 45 °C para el día más frío del año, garantiza que la bomba de calor aire-agua ofrecerá el máximo rendimiento prácticamente toda la temporada de calefacción, obteniendo igualmente ahorros energéticos por encima del 50% frente a instalaciones tradicionales.

Dimensionar los emisores a mayores temperaturas reducirá el coste de la inversión, pero aumentará los gastos en consumo del generador de calor. Tal como se ha visto anteriormente, es tarea del instalador aconsejar al cliente final en cuanto a las ventajas en el diseño a baja temperatura para buscar la máxima eficiencia de la instalación.

Cabe por tanto pensar cuánto se puede ahorrar en consumos y que éstos se consideren en la inversión con el fin de ser muy eficientes a lo largo de la vida útil de un sistema, lo que permitirá reducir consumos durante años y amortizar rápidamente la inversión.

7

RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA



7.1. DISEÑO ÓPTIMO DE LA INSTALACIÓN

Con la mejora de las calidades de construcción y la reducción de las temperaturas operativas del agua para la calefacción, es necesario hacer un detallado estudio de la calefacción en las nuevas viviendas. Cada vez se aíslan mejor las viviendas, como consecuencia, la carga térmica por transmisiones se reduce, pero al mismo tiempo con estos niveles de aislamiento las viviendas son cada vez más herméticas y se hace necesaria una renovación de aire eficiente, y la ventilación supone un incremento en la demanda de calefacción que no se está acostumbrado a incluir en los cálculos de viviendas.

Hasta el momento, las emisiones de los radiadores descritas en los catálogos y hojas técnicas han venido dadas según la norma Europea EN-442, que fija la medición de las emisiones de radiadores y convectores en base a una diferencia de temperatura entre la media de temperatura en el radiador y el ambiente de 50 °C (ΔT 50 °C), que sitúa la temperatura de impulsión en torno a los 75 °C (75 °C de impulsión, 65 °C de retorno y 20 °C de temperatura ambiente). Sin embargo, como consecuencia de la reducción de las temperaturas de impulsión, tanto por el cambio en las normativas como por la inclusión de nuevos sistemas de generación de calor, como bombas de calor, geotermia o solar, ha producido que las emisiones de los radiadores vengán definidas por normativas que marcan el ΔT máximo de trabajo de las calderas en 40 °C, estableciendo las temperaturas en 65 °C de impulsión, 55 °C de retorno y 20 °C de temperatura ambiente.

Por este motivo, si no vienen detalladas las emisiones a las temperaturas de trabajo reales, no se pueden tomar las emisiones en los catálogos sin antes hacer una conversión contando con la temperatura a la que se va a realizar la instalación:



- Diferencia de temperatura entre el radiador y el ambiente (ΔT):

$$\Delta T = \left(\frac{T_l + T_r}{2} \right) - T_a$$

Donde:

T_l temperatura de impulsión

T_r temperatura de retorno

T_a temperatura ambiente

- Temperatura de cálculo EN-442:

$$\Delta T \text{ 50 }^\circ\text{C} = \left(\frac{75 \text{ }^\circ\text{C} + 65 \text{ }^\circ\text{C}}{2} \right) - 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Temperaturas de trabajo según RITE:

$$\Delta T \text{ 40 }^\circ\text{C} = \left(\frac{65 \text{ }^\circ\text{C} + 55 \text{ }^\circ\text{C}}{2} \right) - 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

En esta conversión entra a tener gran importancia el exponente "n" característico de cada emisor y que también viene definido por la prueba de certificación EN-442 de cada emisor. El exponente "n" define la curva de la variación de emisión de un radiador a distintas temperaturas de trabajo, y sirve para calcular con precisión cuál va a ser la emisión a distintas temperaturas de un radiador en concreto.

Los cálculos con exponente "n" revelan la importancia que van a tener los sistemas dinámicos en un futuro inmediato, ya que, a temperaturas muy bajas de impulsión, la emisión es hasta tres veces mayor en un emisor dinámico con exponente "n" igual a 1, que en el mismo emisor en modo estático con "n" $\pm 1,35$ (ver Fig. 7.1). Este efecto reduce el tamaño final de los emisores, que es el gran problema de los sistemas a muy bajas temperaturas de trabajo.

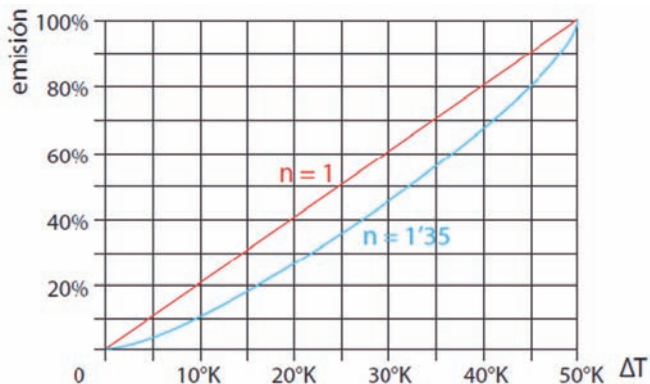


Figura 7.1. Diferencia de rendimiento entre emisor estático y dinámico con exponente "n" = 1



A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo a distintas temperaturas con la fórmula simplificada de cálculo. Citar que para temperaturas inferiores a 55 °C de impulsión, existe una fórmula oficial completa de cálculo según la norma EN-442, pero las diferencias finales son muy reducidas, por lo que, a nivel práctico, no se va a considerar.

- Cálculo de la emisión (P) a otras temperaturas (fórmula simplificada):

$$P = P_{\Delta T50} \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_{50}} \right)^n$$

Donde:

P emisión a ΔT

ΔT salto de temperaturas de trabajo

$P_{\Delta T50}$ emisión en vatios (W) a $\Delta T50$ K 75/65/20 °C EN-442

n exponente "n"

- Cálculo de emisión a ΔT 40 K 65/55/20 °C según Real Decreto 238/2013

Emisión a ΔT 50 K = 1.200 W

Exponente n del radiador = 1,35

$$P = P_{\Delta T50} \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_{50}} \right)^n = 1.200 \left(\frac{40}{50} \right)^{1,35} = 898 \text{ W}$$

- Cálculo de emisión a ΔT 30 °C 55/45/20 °C para mejorar más el rendimiento de las calderas de condensación

$$P = P_{\Delta T50} \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_{50}} \right)^n = 1.200 \left(\frac{30}{50} \right)^{1,35} = 602 \text{ W}$$

Como se observa en el ejemplo, la emisión de un radiador de 1.200 W a ΔT 50 °C según su hoja técnica, se reduce un 25,2% a ΔT 40 °C y pasa a ser un 50% a ΔT 30 °C.

Si el emisor analizado fuera dinámico, es decir, dispone de algún tipo de ventilador para potenciar su emisión, entonces el exponente sería «1», por lo que la variación de la potencia no sería una curva, sino que sería una variación lineal, dando potencias de un 120% superiores a la potencia del emisor estático de las mismas características a ΔT 50 °C.



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

Los fabricantes de radiadores pueden aportar tablas de emisiones de los distintos modelos de radiadores a distintas temperaturas de trabajo, o tablas de corrección para calcular la emisión con distintas temperaturas respecto de la potencia base a ΔT 50 °C.

Tabla 7.1. Promedio de factores de corrección de acuerdo con EN 442 – 75/65/20 °C.

Ti	Ta	Tr > 20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
90	20	0.62	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93	1.00	1.07	1.14	1.21	1.28	1.36	1.43	1.50
	24	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.83	0.89	0.96	1.03	1.10	1.17	1.24	1.31	1.38
85	20	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93	1.00	1.07	1.14	1.21	1.28	1.36	
	24	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.83	0.89	0.96	1.03	1.10	1.17	1.24	
80	20	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93	1.00	1.07	1.14	1.21		
	24	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.83	0.89	0.96	1.03	1.10		
75	20	0.44	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93	1.00	1.07			
	24	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.83	0.89	0.96			
70	20	0.39	0.44	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93				
	24	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.83				
65	20	0.34	0.39	0.44	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80					
	24	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70					
60	20	0.29	0.34	0.39	0.44	0.50	0.56	0.62	0.68						
	24	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58						
55	20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.50	0.56							
	24	0.17	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47							
50	20	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44								
	24	0.13	0.17	0.21	0.26	0.31	0.36								
45	20	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34									
	24	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26									
40	20	0.11	0.15	0.19	0.24										
	24	0.06	0.09	0.13	0.17										
35	20	0.08	0.11	0.15											
	24	0.03	0.06	0.09											
30	20	0.04	0.08												
	24	0.00	0.03												

Ejemplo

Las emisiones indicadas con ΔT 50 y ΔT 42.5 son valores exactos. ΔT 50 medido según la EN442. ΔT 42.5 emisión calculada según EN442. Para el resto de ΔT , esta tabla indica un factor de corrección medio, aplicable para todas las dimensiones.

Estos factores de corrección habrán de ser tenidos muy en cuenta si lo que se pretende es ser eficiente y ahorrar el máximo de energía posible para reducir los consumos finales. Así, frente a los emisores tradicionales, los emisores eficientes específicos para baja temperatura de impulsión serán en todo caso hasta dos o tres veces más pequeños, por lo que el resultado final de la inversión deberá cuestionar los siguientes objetivos:

- Coste de la inversión final total.
- Ahorros energéticos finales.
- Tamaño de los emisores (el doble o el triple de un emisor tradicional frente a un emisor eficiente).
- Vida útil estimada del conjunto (20 años, 25 años, 30 años).
- Amortización rápida por ahorros energéticos.

Una vez que se dispone de la carga térmica real, se han de dimensionar los emisores de acuerdo a las temperaturas de trabajo, pero se obtienen emisores de mayor tamaño por las bajas temperaturas de impulsión, y se ha de tener en cuenta cómo integrarlos en los espacios que se van a calefactar de la forma más ergonómica y, a la vez, más eficiente posible.

En este punto hay dos opciones: contar con criterios únicamente en términos energéticos o tener en cuenta los niveles de confort en el espacio de ocupación. Obviamente, si una instalación de calefacción busca alcanzar el confort dentro de un edificio, se ha de intentar que el gasto energético sea el mínimo, pero que sea el suficiente como para alcanzar los objetivos marcados a priori.

Los estudios de Jury Tabunschikov presentados en el Congreso del Clima de Moscú (Clima 2000 Congress), confirman los modelos numéricos en cuanto a cuál es la mínima energía necesaria para calentar un edificio.

Los dos resultados obtenidos fueron:

- En primer lugar, que situar los emisores en la zona de máxima capacidad calorífica, que es la zona interior y que no dispone de ventanas permite un menor consumo para conseguir la temperatura de consigna, pero la mejora en el ahorro energético no compensa la falta de confort debida a la asimetría térmica que se produce con las paredes y cerramientos que dan al exterior.

Pensando en términos de cálculos de calefacción, la aportación principal que necesita una estancia para ser calefactada es para compensar las pérdidas de calor por transmisiones, por lo que si se sitúan los emisores en la zona de mayor pérdida, es decir, en los muros que dan a fachada y por debajo de los cerramientos, se consigue compensar la entrada de frío en la misma zona donde se produce, compensando la pérdida con la emisión. Y anulada la carga térmica, el espacio interior pasa a encontrarse en una situación neutra, sin asimetrías térmicas que puedan generar corrientes y movimientos de aire indeseados, y con un nivel de confort óptimo.

- Y en segundo lugar, la conclusión que más importancia tiene de cara a una aplicación práctica es que el mínimo consumo de energía para calentar un edificio se consigue cuando el tiempo transcurrido en el cambio entre las temperaturas inicial y final en el edificio es mínimo (método de «máxima acción rápida»: a mayor rapidez de reacción de los emisores, menor consumo). Esto quiere decir que los edificios





deberán calentarse usando la máxima potencia de los dispositivos calefactores disponibles, y, por tanto, sobredimensionar los emisores y que éstos reaccionen lo más rápido posible repercute directamente en la disminución del consumo de energía, con diferencias de hasta un 42% de ahorro en los arranques entre emisores eficientes y emisores tradicionales.

Estos datos reiteran que los radiadores ideales para una instalación actual han de disponer de una gran superficie de intercambio y no tanta superficie de radiación, pero con la mínima masa y contenido de agua posibles, lo que sitúa a los convectores mediante intercambiadores de calor como los emisores más rápidos y, por lo tanto, los más adecuados.

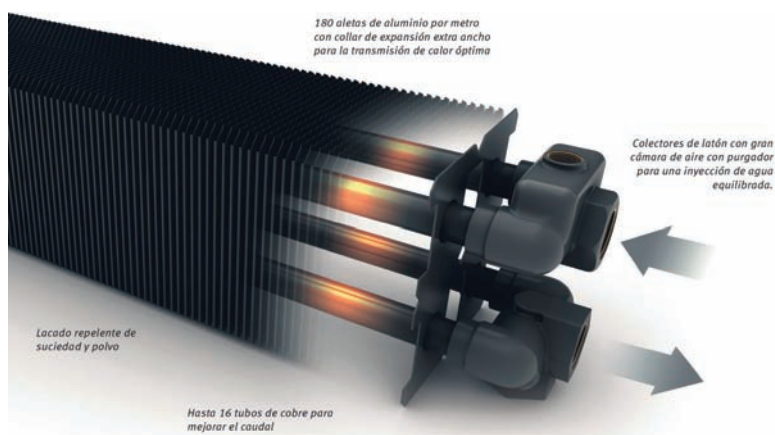


Figura 7.2. Intercambiador de calor Jaga Low-H₂O de baja masa y bajo contenido en agua con una gran superficie de intercambio.

Otra corriente cada vez más presente en el mercado, favorecida por la incorporación de las bombas de calor aire-agua, que alcanzan sus mejores rendimientos a muy bajas temperaturas de impulsión y ofrecen la posibilidad de dar refrigeración en las temporadas estivales, es la aparición de emisores dinámicos que, lejos del concepto de los antiguos fancoils, están diseñados para ser mucho más silenciosos, ofrecer un mejor nivel de confort y excelente rendimiento, dentro de unos diseños en línea con la vivienda moderna. Parte de estas ventajas se obtienen gracias a la incorporación de los modernos motores EC, que reducen enormemente el consumo y el nivel sonoro con un importante aumento en el rendimiento, ofreciendo también regulación de 0 a 10 Voltios que permite un ajuste mucho más exacto de las velocidades frente a las tradicionales 3 velocidades.



Foto 7.1. Moderno fancoil con motor EC ideal para trabajar a baja temperatura y para climatización.



7.1.1. Diseño de la instalación hidráulica

Una vez se conozcan las cargas térmicas de cada estancia y qué emisor se va a utilizar, se ha de realizar un correcto dimensionado del sistema de distribución del agua de calefacción, calculando tanto las secciones necesarias como las pérdidas de carga de la instalación, incluidos los emisores para poder dimensionar la bomba de circulación.

En la Tabla 7.2 se muestran las secciones mínimas de tubería con las que se pueden dimensionar fácilmente las secciones en una instalación convencional o para transportar el agua desde la fuente de calor hasta el colector de distribución.

Tabla 7.2. Secciones mínimas de tubería para calefacción.

TUBERÍA DE ACERO NEGRO			TUBERÍA DE COBRE		
	W	Ø TUBERÍA		W	Ø TUBERÍA
Hasta	1.745	3/8"	Hasta	1.745	12 mm
Hasta	5.350	1/2"	Hasta	2.908	14 mm
Hasta	12.212	3/4"	Hasta	3.605	15 mm
Hasta	22.679	1"	Hasta	4.303	16 mm
Hasta	48.613	1 1/4"	Hasta	5.931	18 mm
Hasta	71.641	1 1/2"	Hasta	11.049	22 mm
			Hasta	20.469	28 mm
			Hasta	38.379	35 mm
			Hasta	65.128	42 mm

En este punto se ha de seleccionar el tipo de instalación que se va a realizar. Es aconsejable que se eviten las instalaciones monotubo de-



bido a su facilidad para provocar desequilibrios en la instalación, dejando zonas con calefacción insuficiente, por lo que se recomienda que se realicen instalaciones bitubo y, en especial, la instalación por medio de colectores de distribución, ya que se puede tener un control del equilibrado de la instalación totalmente seguro y un conocimiento exacto de los caudales por medio de caudalímetros individuales.



Foto 7.2. Instalación por colectores.

7.1.2. Cálculo de caudales

Según el salto térmico en el emisor y la potencia de diseño del mismo a las temperaturas de trabajo, nos sirven para calcular cuál es el caudal necesario y la pérdida de carga dentro de la instalación. Con estos datos se puede dimensionar tanto la bomba de circulación como el vaso de expansión.

$$\text{Cálculo de caudales: } P = C_{p \text{ agua}} \times (T_i - T_r) \times \dot{m}$$

$$\text{Entonces: } \dot{m} = \frac{P}{C_{p \text{ agua}} \times (T_i - T_r)}$$

Donde:

- \dot{m} caudal en kg/s
- $C_{p \text{ agua}}$ capacidad calorífica del agua = 4.186 J/kg K
- P emisión del radiador en vatios (W)
- T_i temperatura de impulsión
- T_r Temperatura de retorno

Cálculo de caudal a ΔT 40 K 65/55/20 °C

Emisión a ΔT 40 K = 898 W

$$\dot{m} = \frac{898 \text{ W}}{4.186 \times (65 \text{ °C} - 55 \text{ °C})} = 0,0214 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 77,04 \text{ kg/h}$$

7.1.3. Equilibrado de la instalación

Conociendo las pérdidas de carga de la instalación con todos sus componentes y el caudal de agua necesario en cada radiador, también se realizará un equilibrado de la instalación. Es muy importante equilibrar la instalación para que todos los radiadores reciban la cantidad de energía necesaria para poder emitir el calor para el que se han diseñado.

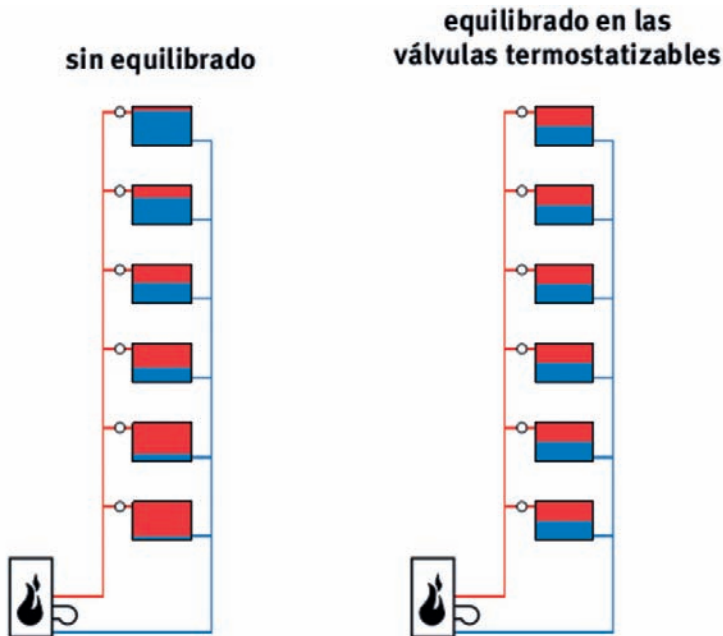


Figura 7.3. Problemas de una instalación sin un correcto equilibrado.

El equilibrado se venía haciendo modificando la apertura de los detenedores con criterios subjetivos, pero este método es poco fiable y necesita de observación directa del arranque de los radiadores y de su funcionamiento para ir ajustando el paso de agua en cada uno de ellos y después realizar correcciones, ya que es muy fácil cometer errores.

Pero con la aparición de las válvulas de doble reglaje se puede hacer un pre-ajuste de las pérdidas de carga de la válvula con un valor exacto según los cálculos obtenidos, con lo que el resultado del equilibrado es mucho más fiable desde el primer momento. Se aconseja que se realicen estos cálculos en aquellas obras que vengan respaldadas por una ingeniería.

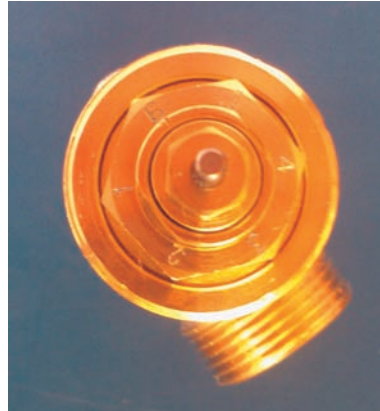


Foto 7.3. Válvula de doble reglaje. Detalle de regulación de equilibrado.



Foto 7.4. Válvula de doble reglaje.

Tabla 7.3. Ejemplo de tabla de reglaje para equilibrado en una válvula.

PRE-SETTING	1	2	3	4	5	6	KvS
KV: $M^3/H/\Delta P=1 \text{ BAR}$ KV (T=2K)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
two pipe							

Una instalación con un correcto equilibrado, reparte el calor homogéneamente en la vivienda, aumenta y modula su régimen y temperaturas de una forma paralela con las necesidades de la instalación. Así mismo, limita los periodos de máxima demanda de la caldera y redonda en un funcionamiento más lineal que reduce el consumo e iguala el confort en todas las estancias de la vivienda.

7.2. TIPOS DE EMISORES

Desde la incorporación de los sistemas de calefacción en las viviendas, los emisores han evolucionado paralelamente a ellas, aunque en rea-

lidad, hoy en día, siguen coexistiendo prácticamente todos ellos. Pero sí que se puede observar una tendencia histórica hacia los radiadores de menor masa y una nueva tendencia hacia los sistemas dinámicos.

EVOLUCIÓN HACIA UN PESO INFERIOR

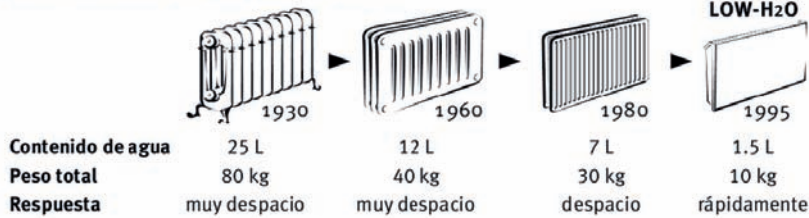


Figura 7.4. Evolución de los emisores hacia una reducción de la masa y el contenido de agua.

Los nuevos radiadores inteligentes, que permiten un arranque dinámico en los momentos en los que se necesita la máxima potencia del emisor, ofrecen una importante reducción del consumo al conseguir del emisor la máxima eficiencia, pero que cuando se necesita mantener la temperatura, funciona en modo estático, entregando el calor de forma mucho más suave, y con el confort más elevado.

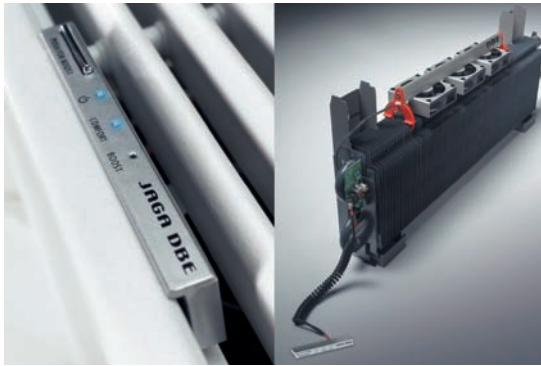


Figura 7.5. Intercambiador con sistema dinámico inteligente que aumenta el rendimiento cuando es necesario y trabaja en estático para ofrecer el mejor confort.

Gracias a la innovación y tecnología, hoy en día los radiadores modernos trabajan perfectamente a baja temperatura, es decir, una gran emisión con una regulación mucho más exacta para aprovechar ganancias internas de calor. Un estudio de la Universidad de Eindhoven a petición del gobierno holandés para saber desde qué temperatura un radiador de baja temperatura podría emitir, reveló que con temperaturas de agua a partir de 25 °C de impulsión, con 21 °C de ambiente ya se produce emisión.





7.2.1. ¿Cómo es un radiador para baja temperatura?

Como se ha visto con anterioridad, cualquier emisor se puede dimensionar para trabajar a baja temperatura. La diferencia de los radiadores para baja temperatura es la posibilidad de conseguir la potencia necesaria para una estancia con el mínimo tamaño de emisor. En este sentido, los convectores con intercambiadores de calor consiguen los mejores resultados de dimensionado, ya que en muy poco espacio disponen de una gran superficie de intercambio, además de la posibilidad de transformarlos en dinámicos fácilmente para aumentar su emisión y poder garantizar las potencias para cubrir las cargas térmicas con tamaños de emisor similares a los que se obtendrían con radiadores convencionales a alta temperatura.

Este tipo de emisores también ofrecen un bajo contenido en agua y una baja masa en material del propio intercambiador, por lo que ofrecen una alta velocidad de reacción a las demandas de arranque o detención de la emisión de los mismos.

En la práctica, se ha comprobado cómo viviendas que han cambiado su sistema completo de calefacción a una caldera de condensación con radiadores por medio de intercambiadores de calor a baja temperatura, han conseguido ahorros en consumo de la caldera en torno al 35%.

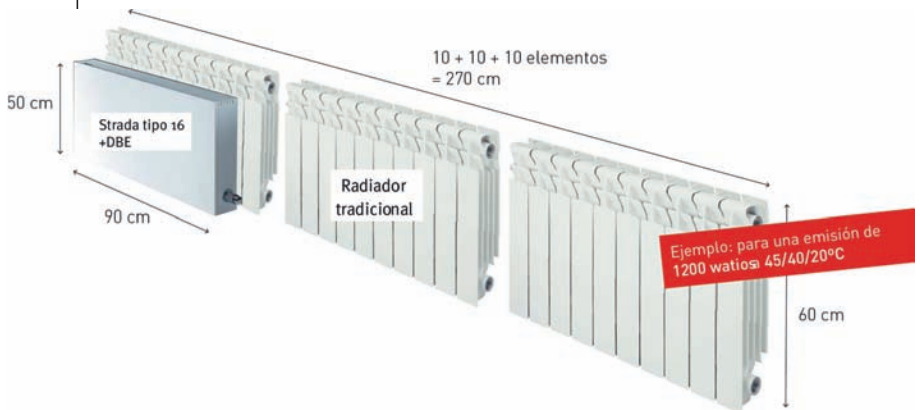


Figura 7.6. Comparativa entre un radiador tradicional y radiador para baja temperatura.

Contando con esta solución en radiadores, también se pueden instalar sistemas de suelo radiante en el salón y comedor que no

completan la necesidad de la estancia en calefacción, y apoyado por un radiador adicional a baja temperatura, de baja masa y bajo contenido de agua, para que reaccione muy rápido complementando la necesidad de calefacción de la vivienda, y frenando cuando no sea necesario más calor (por repentinos aportes de energía gratuita).

Los radiadores de baja temperatura reaccionan rápidamente completando la necesidad de calefacción de la vivienda, compensando las pérdidas de calor y frenando su emisión cuando no sea necesario más aporte de calor.



Foto 7.5. Radiador Jaga empotrado en suelo.

De esta manera se alcanzan los mejores niveles de confort al no haber diferencias de temperatura entre distintas zonas de una estancia. Además, el rendimiento de los sistemas, como las bombas de calor o calderas de condensación, puede mantenerse muy alto, ya que es posible trabajar con temperaturas de impulsión muy bajas.

Según los últimos estudios del VDI de Alemania para marcar las directrices de las nuevas instalaciones de calefacción, se han obtenidos importantes mejoras en los consumos estacionales, y principalmente se observan importantes diferencias entre los consumos de emisores cuando la carga térmica de las viviendas es menor.

En las pruebas también se puede observar una reducción del consumo cuando el diseño de la instalación se hace a baja temperatura.



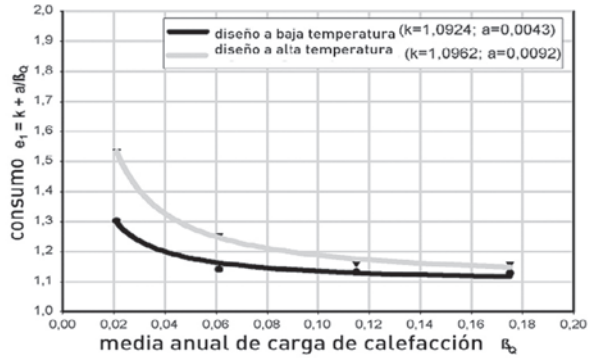


Figura 7.7. Consumo de radiador ligero a dos temperaturas de diseño.

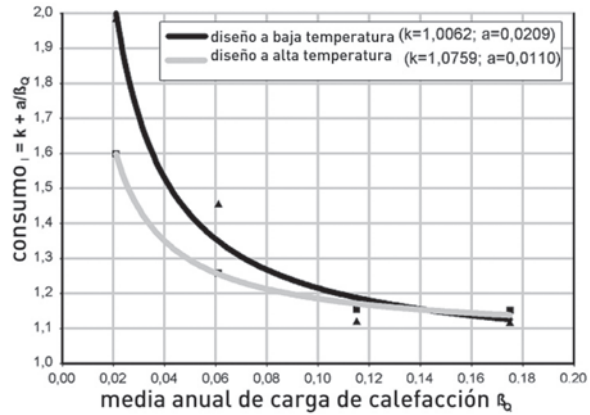


Figura 7.8. Consumo de radiador pesado a dos temperaturas.

Esta tendencia de emisores rápidos también apoya la aparición de sistemas de emisores mixtos que puedan funcionar tanto en modo estático como dinámico en un mismo emisor, de forma que entreguen la potencia en forma dinámica cuando se precise de la máxima potencia, y en estático cuando sólo se necesite mantener el nivel de confort. Esto significa que aparecen los radiadores inteligentes, capaces de cambiar su funcionamiento en base a las necesidades instantáneas de cada estancia, y una nueva generación de fancoils, que reducen las emisiones al nivel de las necesidades actuales; pero, a cambio, ofrecen mejores prestaciones energéticas, niveles sonoros más bajos, regulaciones basadas en 0..10V para una modulación de la emisión más suave, consumos eléctricos de los motores de alta eficiencia muy reducidos, y también una estética más contemporánea de acuerdo con la vivienda actual.

7.3. REACCIONES, CONFORT, REGULACIÓN Y REDUCCIONES DE CONSUMO CON EMISORES EFICIENTES

En este nuevo escenario en el que existen viviendas mucho más sensibles a los cambios y emisores con reacciones mucho más rápidas, es obvio que se necesita una comunicación más fluida entre todas las partes, y además, el conocimiento de los factores externos que van a influir en el funcionamiento instantáneo de la instalación.

Esto va a provocar que las instalaciones sean cada vez más especializadas, y exigen del instalador de calefacción y climatización un conocimiento mucho más amplio de cada uno de los tres subsistemas que definen la eficiencia real de todo el sistema de calefacción:

1. Emisores.
2. Control y distribución.
3. Generador de calor.

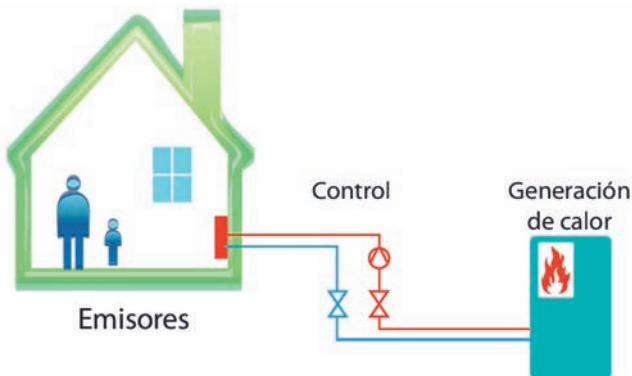


Figura 7.9. Subsistemas de una instalación de calefacción.

Se van a tratar dos ejemplos de control de los generadores de calor más habituales, que se van a imponer cada vez más debido a las nuevas normativas, como el Real Decreto 238/2013 de modificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

En primer lugar, se va a estudiar el funcionamiento de una caldera de condensación con un sensor de temperatura externo. Este sensor gestiona la temperatura a la que la caldera impulsa el agua al circuito de calefacción en base a la temperatura exterior para adaptarse a las ne-





Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

cesidades reales de la vivienda. Para que la caldera sepa a qué temperatura impulsar, se le puede definir una curva de funcionamiento que dependerá de las características propias de la vivienda, clima, etc.

Estos sensores pueden ir asociados a la propia caldera, a una centralita de regulación o a un sistema domótico que pueda dar múltiples opciones y funcionalidades para la gestión del clima interior, como crono-termostato o calendarios, cambiar parámetros, detectar fallos, etc.

Sin embargo, los radiadores rápidos de baja masa se puedan adaptar a la perfección a la línea de demanda de calefacción del usuario, tomando también como referencia la temperatura interior. A diferencia de la temperatura exterior, la interior puede cambiar constantemente, debido a la influencia de los aportes gratuitos o necesidades individuales, por lo que la centralita pueda calcular una temperatura de agua inferior, ahorrando más energía. Para conseguir esta regulación tan exacta, habrá que cumplir 2 parámetros:

- El sistema de control ha de tener la posibilidad de 2 entradas (sensores de temperatura exterior e interior).
- El instalador tiene que entrar en el 2º nivel de programación, activando el parámetro del sensor interior.

Como caso práctico de este tipo de funcionamiento, se va a analizar una regulación con dos sensores en una vivienda unifamiliar de 100 años, donde se ha realizado una mejora básica de la envolvente actuando sobre aislamiento y ventanas, quedando con estanquidad a un nivel estándar.

Se sustituye una caldera de gasoil por una de gas natural de condensación. Los cálculos se realizan para temperatura exterior de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y radiadores eficientes de tecnología de intercambiador de calor dimensionados a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ de impulsión, $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ de retorno y temperatura ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (55/45/20).

El resultado medio de funcionamiento de la instalación sería:

- Arranque por la mañana a $60/50/20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 25 minutos.
- Bajada automática de la temperatura del agua durante un periodo de 2 horas a $35/30/20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se mantiene esta temperatura prác-

ticamente constante, subiendo ocasionalmente durante algunos minutos debido a la apertura de puertas.

- Como resultado de la prueba, se obtienen reducciones del gasto del 50% frente a una instalación estándar de emisores tradicionales.

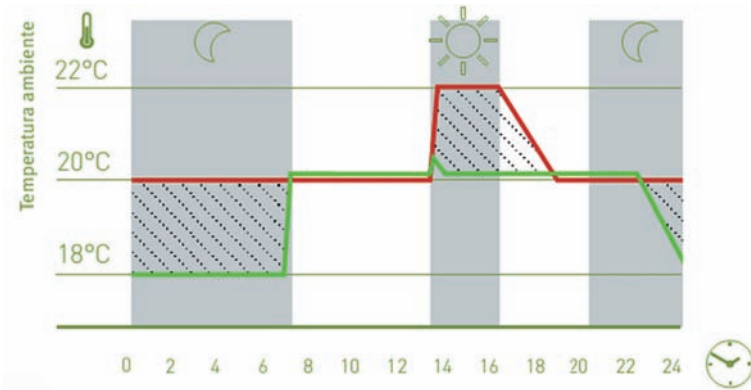


Figura 7.10. Mejor control de la temperatura de un sistema de calefacción de baja masa.

En segundo lugar, se va a estudiar la disposición de una bomba de calor que no tiene la capacidad total de potencia para el momento de mayor carga térmica de la vivienda. Estos momentos suelen ser periodos limitados, y sobre todo de madrugada, cuando baja sustancialmente la temperatura exterior, pero también cuando la temperatura de confort interior es inferior a la del día.

Para este caso, la mejor opción será instalar un depósito de inercia que permita almacenar la energía en los momentos de menor carga térmica, o de tarifas más económicas de energía, y liberarla cuando la demanda sea mayor. Con este sistema se alargan los periodos de funcionamiento continuo y se limita el número de arranques, por lo que se prolonga la vida de la bomba y, al hacerla trabajar en periodos más largos, trabaja en modo estacionario, que es como se alcanzan los mejores rendimientos (COP). Las pérdidas de energía del depósito de inercia por transmisión son despreciables trabajando a bajas temperaturas, y otra ventaja es que, al poder ser la bomba de calor de menor potencia, y aun teniendo en cuenta el depósito de inercia, el coste de la instalación también es menor, así como la potencia eléctrica a contratar en la vivienda para alimentar dicha bomba o, en su caso, el sistema primario de generación de electricidad proveniente de energías renovables.





Foto 7.6. Depósito de inercia.

7.4. CONCLUSIONES

Las principales ventajas de la calefacción a baja temperatura son las siguientes:

- Menor consumo de los generadores de calor.
- Utilización de nuevos tipos de generadores de calor: caldera de condensación, bombas de calor, geotermia, etc.
- Menores pérdidas en la instalación.
- Menores asimetrías térmicas en las estancias.
- Mejor nivel de confort.

Por otro lado, la mayor desventaja de la calefacción a baja temperatura es:

- Dimensionado mayor de los emisores, principalmente si se aplica a emisores tradicionales.

Por lo tanto, se puede decir que las instalaciones son más eficientes si funcionan a baja temperatura de agua, aumentando considerablemente también el nivel de confort.

Según el RITE actual, se exigen cálculos con temperaturas máximas de agua a 65 °C de impulsión, 55 °C de retorno y 20 °C de temperatura ambiente (dT 40). Las calderas de condensación obtendrán así un mejor rendimiento que con la temperatura de agua tradicional de 75 °C de impulsión. El principal hándicap de las nuevas temperaturas de impulsión de 65 °C es el aumento al menos en un 33% del tamaño de los emisores tradicionales.

No obstante, si se bajan más las temperaturas de impulsión y se dimensionan los emisores para esta nueva temperatura, se subirá el rendimiento de la caldera.

Es el técnico, junto con el cliente final, quienes determinan cuál es el nivel de eficiencia de la instalación, analizando el mejor equilibrio entre la inversión a realizar y el resultado deseado del sistema de calefacción.

Siempre será aconsejable diseñar la instalación con temperaturas inferiores a 65 °C, por ejemplo 55-45-20 °C (dT 30), para obtener una mejor eficiencia energética.

Las bombas de calor aire-agua y similares mejorarán considerablemente el rendimiento, calculando los radiadores a menos de 55 °C de impulsión, por ejemplo a 45 °C. Los radiadores tradicionales serán de mayores dimensiones (x2 o x3) debido a la corrección de la emisión a baja temperatura.

Transformando los emisores en dinámicos, incluso de forma parcial, en caso de calcular a temperaturas inferiores a 55 °C de impulsión hace que prácticamente no sea necesario aumentar el tamaño del emisor, obteniendo tamaños frente a los emisores tradicionales de hasta 3 veces más pequeños.

Un correcto dimensionado de los emisores a baja temperatura y la selección del tipo de radiador, es el factor determinante para que la fuente de calor sea eficiente o no.



8

SUELO RADIANTE



8.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio básico del sistema de calefacción y refrigeración mediante superficies radiantes, consiste en la impulsión de agua a media temperatura (en torno a los 40 °C en invierno y a los 16 °C en verano) a través de circuitos de tuberías de polietileno reticulado por el método Engel y con barrera antidifusión de oxígeno.

En el sistema de suelo radiante, estos circuitos se embeben en una capa de mortero de cemento, sobre la que se coloca un pavimento final de tipo cerámico, piedra, parquet o cualquier otro tipo (consultar características técnicas al fabricante).

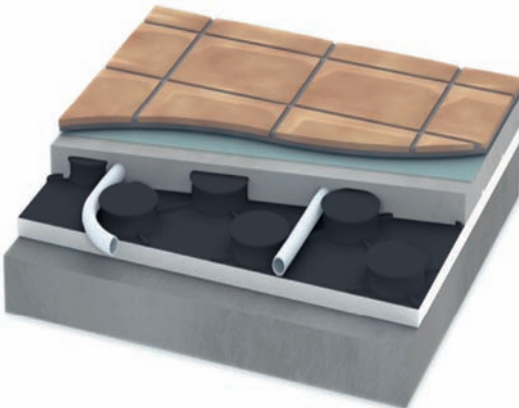


Figura 8.1. Perfil de un suelo radiante.

En invierno, funcionando en modo calefacción, el calor contenido en el agua que circula por las tuberías es cedido al ambiente a través de la capa de mortero y pavimento mediante radiación, conducción y, en menor grado, convección natural.



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

En cambio, en verano, funcionando en modo refrigeración, el exceso de calor contenido en la estancia se absorbe a través del pavimento y de la capa de mortero que contiene las tuberías por las que circula agua fría, disipándolo hacia el exterior del edificio.

Una segunda variante utilizando el suelo como elemento radiante, consiste en sustituir la capa de mortero por difusores, siendo este sistema únicamente recomendado para funcionar en modo calefacción.

Siguiendo el mismo principio de funcionamiento anteriormente descrito, existen soluciones que utilizan el techo como elemento radiante, tanto en modo calefacción como en modo refrigeración.

En el sistema con difusores por suelo radiante para calefacción, las tuberías emisoras se insertan en unas placas de aluminio (difusores), siendo éstas las que ceden la energía precisa al pavimento del local a calefactar. Los sistemas de reforma por suelo radiante para calefacción se aplican en aquellos casos donde existe una limitación de altura dentro de la vivienda o cuando la estructura del edificio no permite una sobrecarga de peso sobre los forjados. Las características de estos sistemas son su reducida altura y su reducido peso.

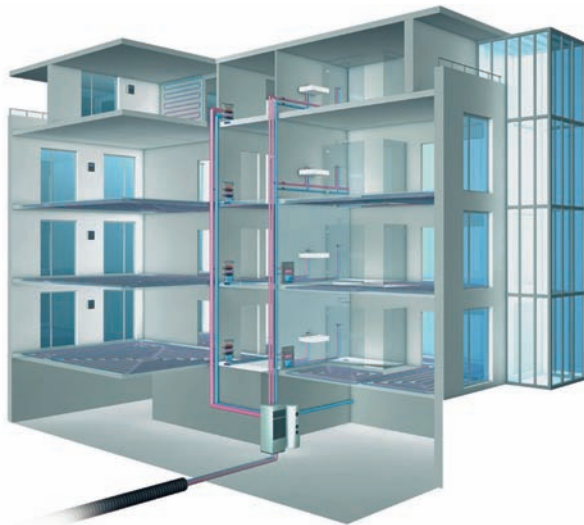


Figura 8.2. Edificio activado con soluciones de calefacción y refrigeración radiantes.

esta manera las demandas del edificio en calefacción y, preferentemente, en refrigeración de espacios mediante el acondicionamiento térmico de las superficies.

Los sistemas de regulación y control para los sistemas de calefacción y refrigeración mediante superficies radiantes permiten impulsar el agua a la temperatura deseada y controlar de forma independiente la temperatura ambiente de cada uno de los locales climatizados.

Las grandes ventajas de este tipo de sistemas son:

- Mayor confort térmico.
- Reducción del consumo de energía.
- Reducción de las emisiones de CO₂.
- Mejora de la certificación energética.
- Homogeneidad de temperatura.
- Ausencia de corrientes de aire.
- Ausencia de polvo y ácaros.
- Mayor espacio útil en la vivienda.
- Libertad de decoración.

Confort durante todo el año

Los sistemas radiantes se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano por radiación, convección y conducción.

La sensación de temperatura de las personas no se corresponde con la temperatura de aire, sino que equivale a la temperatura de confort, denominada también temperatura operativa. De forma práctica, se puede decir que la temperatura operativa en el interior de los edificios equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes, puertas, ventanas, etc.). Si en invierno se desea mantener una temperatura de confort determinada, se podría influir sobre la temperatura del aire o la temperatura radiante de las superficies de la habitación, teniendo en cuenta el concepto de temperatura operativa mencionado anteriormente. Por tratarse de un sistema radiante, bastaría con mantener la temperatura del aire y au-





Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

mentar la temperatura radiante media de la habitación para lograr la temperatura de confort deseada. Si el sistema radiante está funcionando en modo de refrigeración en verano, bastaría con mantener la temperatura del aire y disminuir la temperatura radiante media de la habitación para lograr de nuevo la temperatura de confort.

Perfil óptimo de temperatura

Distintas investigaciones demuestran que la distribución vertical de la temperatura en una habitación varía como se muestra en la Fig. 8.3.

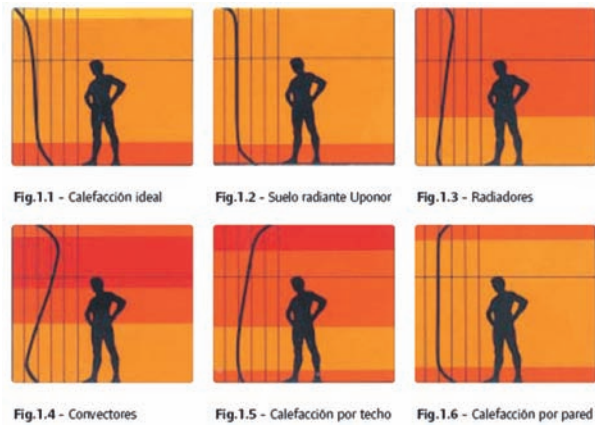


Figura 8.3. Curvas de confort térmico.

Inercia térmica

La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la demanda en calefacción y refrigeración del edificio para conseguir condiciones de confort térmico.

La inercia térmica o capacidad de almacenar energía de un material depende de su masa, su densidad y su calor específico. Edificios de gran inercia térmica tienen mayor estabilidad térmica, ya que el calor acumulado durante el día se libera en el período nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica.

La inercia térmica es un concepto clave en las técnicas bioclimáticas, ya que permite utilizar los elementos constructivos que conforman el edificio, como masa inercial para acumular y disipar la

energía en forma de calor, proporcionando condiciones de confort térmico constantes a lo largo de todo el año que minimizan el consumo de energía.

Mediante el uso de la inercia térmica se producen dos fenómenos, uno de ellos es el de la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior.

Un ejemplo de gran inercia térmica es el suelo, cuyo efecto climático puede ser utilizado ya que amortigua y retarda la variación de temperatura que se produce entre el día y la noche. El semi-enterramiento de edificios puede llegar a aprovechar la capacidad de acumulación calorífica del suelo. En este caso, el propio terreno actuaría como fuente de energía geotérmica en una aplicación de muy baja entalpía.

En los edificios modernos se presentan grandes variaciones de la temperatura interior debido a la influencia de factores externos, por ejemplo, radiación solar, frío radiante, aire frío, aire caliente, etc. La principal causa de este problema es el bajo nivel de aislamiento térmico (incluyendo puertas y ventanas) y del alto nivel de infiltraciones de aire en los edificios.

Una forma de minimizar este efecto es el aprovechamiento de los elementos constructivos del edificio (suelo, techo, paredes) como elementos acumuladores de energía (inercia térmica). Cuanta más energía se pueda acumular en estos elementos, menos influirán las condiciones climáticas externas, manteniéndose temperaturas interiores muy estables durante los 365 días del año.

Por esta misma razón, los sistemas de climatización radiante requieren menos energía que otros sistemas para mantener las condiciones de confort, y en especial durante las horas de máximo consumo energético en invierno y en verano.

Emisión y absorción térmica uniforme

La unidad terminal del sistema es todo el suelo del área climatizada. Esto da lugar a que el intercambio térmico sea uniforme en toda la superficie. Este fenómeno se contrapone al de «zonas calientes» y «zonas frías» que se obtiene con otros sistemas de climatización.





Climatización sin movimientos de aire

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Una de las causas que generan este fenómeno es la presencia de focos muy calientes.

En una vivienda con climatización por suelo radiante, las diferencias de temperatura entre las superficies de los elementos constructivos (suelo, techo, paredes) y el aire son mínimas tanto en invierno como en verano, por lo que el movimiento de aire por convección es imperceptible.

La ausencia de movimiento de aire produce a su vez menor movimiento de polvo y, como consecuencia, también un entorno más higiénico y saludable.

Ahorro energético

Se ha comentado anteriormente que la sensación térmica de las personas no corresponde a la temperatura del aire, sino a la denominada temperatura operativa en el interior de los edificios y que equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes). Por tanto, si en invierno se desea mantener una temperatura operativa o de confort determinada, se puede disminuir la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante media. En cambio, en verano, se puede aumentar la temperatura del aire y disminuir la temperatura radiante media. Por esta razón, al ser menores las diferencias de temperatura entre el aire interior y exterior del local, en invierno y verano, también son menores las pérdidas o ganancias energéticas (por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que éstas son proporcionales a dichas diferencias de temperaturas.

Otro importante factor de ahorro energético lo constituye la disminución de pérdidas o ganancias de calor en sala de máquinas y en las conducciones hasta colectores debido a que la temperatura del agua es más moderada durante todo el año. Por otra parte, habrá que tener en cuenta que uno de los componentes del sistema de climatización es la plancha de aislamiento, elemento con el que no cuentan otros sistemas de climatización y que contribuye a mejorar el aislamiento térmico del edificio.

Medios eficientes de intercambio de calor

El intercambio de calor por radiación es muy eficiente al bastar con que los cuerpos estén uno frente a otro y a distintas temperaturas sin necesidad de estar en contacto, ni de que exista un fluido intermedio, como sucede con los sistemas de aire que utilizan un medio de transporte de energía térmica.

El intercambio energético por radiación depende de la cuarta potencia de las temperaturas absolutas de los cuerpos. Aumentar o disminuir en un grado la temperatura de la superficie radiante, significa un factor multiplicador que no se alcanza si se varía la temperatura del aire en un grado.

Compatible con energías renovables

La moderada temperatura de impulsión del agua que necesita el sistema hace que éste sea compatible con casi cualquier fuente energética (electricidad, combustibles derivados del petróleo, energía solar, energía geotérmica, carbón, gas natural, etc.).

En particular, es el único sistema de climatización que puede ser alimentado a través de fuentes de energía renovables para obtener un máximo rendimiento, como pueden ser: energía solar térmica, energía geotérmica, absorción, microgeneración, etc.

Invisible

Es un sistema de climatización que ofrece una total libertad de decoración de interiores, ya que los emisores de calor o frío no son visibles.

El espacio habitable útil es mayor al no existir dentro de éste elementos visibles.

Compatible con cualquier tipo de suelos

El sistema es compatible con cualquier tipo de pavimento: pétreos, madera, plásticos, etc. Pero si el sistema se va a utilizar como sistema de refrigeración en verano se recomienda el uso de recubrimientos pétreos, como cerámica, mármol, etc.

Habrà que tener en cuenta las diferencias de funcionamiento del sistema debido a las distintas resistencias térmicas de los materiales de recubrimiento habituales.





Saludable

El alto caudal en sistemas de climatización por aire hace que éste alcance altas velocidades en las habitaciones. Estas corrientes de aire, en combinación con su alta/baja temperatura, frecuentemente producen enfermedades reumáticas y respiratorias. El porcentaje de personas insatisfechas debido a las corrientes de aire viene definido en la norma ISO 7730.

Sin olvidar que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura de aire entre el interior y exterior de la vivienda, mayor será el efecto negativo de choque térmico sobre las personas cuando entran o salen de la vivienda.

Ausencia de ruido

Los altos caudales en los sistemas de aire producen usualmente ruidos molestos que tienen efectos negativos en la comunicación y el confort de las personas. Este problema no existe con los sistemas por suelo radiante.

Bajos costes de mantenimiento

Se minimizan los costes de mantenimiento frente a los sistemas convencionales.

Cumplimiento del CTE

El conjunto plancha aislante-mortero de cemento se comporta como un suelo flotante, aportando al conjunto del forjado una reducción de ruido de impacto, por tanto el sistema de suelo radiante puede ayudar a cumplir con las exigencias del CTE en cuanto a reducción de ruido en la edificación.

8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN POR SUELO RADIANTE

Los sistemas de climatización por suelo radiante se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios, tipología de obra, componentes que los conforman o incluso según la metodología de instalación.

El más común consiste en clasificar este tipo de sistemas en función del tipo de obra para la cual han sido desarrollados.

Esta clasificación parte de sistemas con diferentes tipos de elementos constructivos integrados en el suelo. No obstante, todos los sistemas tienen un conjunto de elementos comunes, como son los grupos de impulsión, las tuberías de distribución, los colectores de impulsión y retorno, y los elementos de regulación termostática.



OBRA NUEVA	
Tipo de sistema	Modo
Sistema de suelo radiante tradicional	Calefacción y Refrigeración
Sistema de suelo radiante con difusores	Calefacción
REFORMA	
Tipo de sistema	Modo
Sistema de suelo radiante de bajo perfil	Calefacción y Refrigeración
Sistema de suelo radiante de medio perfil	Calefacción y Refrigeración

Figura 8.4. Aplicaciones del suelo radiante en obra nueva y reforma.



8.2.1. Obra nueva

- **Sistema de suelo radiante tradicional (calefacción y refrigeración)**

Es el sistema estándar de calefacción y refrigeración por suelo radiante.

Se caracteriza por estar constituido por los siguientes elementos:

Film antihumedad: es una barrera entre el suelo base y la superficie emisora de suelo radiante. Se coloca encima del forjado, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades. Se recomienda su uso a menos que el forjado integre un elemento similar. El film está fabricado en polietileno y se presenta en formato de rollo.



Foto 8.1. Film antihumedad.

Zócalo perimetral: es una banda de espuma de polietileno, cuya misión principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento que se coloca sobre los tubos emisores. Estas dilataciones se producirán durante su calentamiento y enfriamiento.



Foto 8.2. Zócalo perimetral.

Asimismo, produce un beneficioso efecto de aislamiento lateral del sistema, tanto térmico como acústico.

Se debe asegurar que el forjado y tabiques del local no estén en contacto con el suelo radiante para asegurar que dicha losa se pueda contraer y dilatar de forma libre con las variaciones de temperatura. De este modo, se evita que se produzca algún tipo de grieta en la losa. Se puede adherir a la base de las paredes del área a climatizar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento. El faldón del zócalo se pegará al panel, asegurándose así que el mortero no penetre a través de él y la cara adhesiva de la espuma de polietileno quede unida al tabique.

Panel aislante: la función del panel es la de portar los circuitos de suelo radiante y aislar térmicamente la instalación. Existen diferentes tipos de paneles que se clasifican en función de su diseño, pudiendo ser liso o de tetones. En ambos casos suelen fabricarse en poliestireno expandido (EPS) debido a su menor coste, aunque en ocasiones puede utilizarse poliestireno extruido (XPS).



Foto 8.3. Panel aislante.

Las características técnicas principales a tener en cuenta en un panel se recogen en la normativa sobre instalaciones de suelo radiante UNE EN 1264 y son las siguientes:

- Resistencia térmica ($\text{m}^2 \text{K/W}$): en función del coeficiente térmico y del espesor.
- Resistencia a la compresión (kPa).





Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

- Resistencia a la flexión (kPa).
- Aislamiento acústico frente a ruido por impacto (dB).

Los paneles lisos tienen como principal ventaja una libertad total a la hora de proyectar los circuitos de suelo radiante, al permitir salvar cualquier tipo de obstáculo en las superficies en las que se integra (bajantes, columnas, desagües, etc.), e independientemente de la geometría de la estancia.

Actualmente existen paneles lisos que permiten fijar la tubería sin necesidad del uso de grapas que perforen el panel.

Por otro lado, los paneles con tetones se caracterizan por tener una mayor resistencia a la compresión, debido a la distribución de cargas homogéneas que permiten los tetones.



Foto 8.4 Panel aislante con tetones.

Estos paneles pueden incorporar un recubrimiento superior de poliestireno termoconformado (PE), que permite la unión de los paneles mediante machihembrado en sus extremos, mejorando sus características técnicas.

Tubería: es el elemento por el que circula el agua a distintas temperaturas en función del modo de uso, ya sea calefacción o refrigeración. Normalmente suelen utilizarse tuberías de polietileno reticulado PEX de forma estándar para este tipo de instalaciones. La norma UNE-EN-ISO 15875 clasifica los diferentes tipos de PEX en función del grado de reticulación, siendo el PEX-a el de mayor grado de reticulación y, por

tanto, el de mejores características técnicas. Además, la gran flexibilidad de este tipo de tuberías facilita su instalación, permitiendo salvar cualquier tipo de obstáculo y adaptándose a diferentes diseños en función de la superficie a climatizar.



Foto 8.5. Tubería.

Para evitar la corrosión y oxidación de la instalación a lo largo del tiempo, la normativa UNE EN 1264 de suelo radiante indica la necesidad de que las tuberías de la instalación cuenten con una barrera antidifusión de oxígeno.

En el caso del PEX, suele utilizarse como barrera un compuesto de EVAL (Etil-vinil-alcohol).

De forma estándar se suelen utilizar dos dimensiones de tuberías en función del tipo de edificio: 16 x 1,8 mm en edificios residenciales y pequeño terciario, y 20 x 1,9 mm en gran terciario. Para las tuberías de distribución se pueden emplear tuberías cuyos diámetros se presenten entre 25 y 90 mm.

En cuanto a la configuración de los circuitos, ésta debe ser tal que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra en todos los tramos del circuito. De esta manera, se homogeneizará la temperatura superficial del pavimento. Para ello se recomienda el trazado en doble serpentin o en espiral. En general, se debe prestar atención a dirigir el caudal de impulsión hacia paredes externas o hacia otras áreas externas.

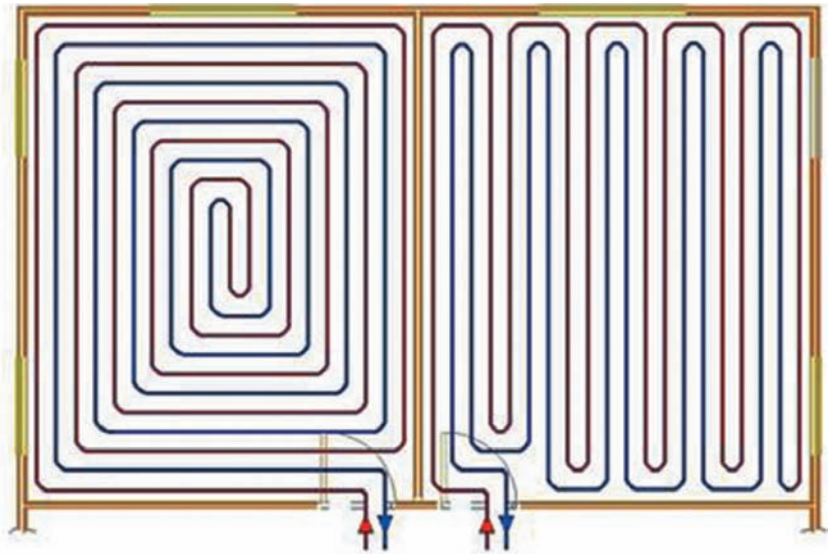


Figura 8.5. Configuración de circuitos: Espiral / Doble serpentin.

En la Tabla 8.1. se muestra una relación entre la separación de tuberías, el modo de funcionamiento y la dimensión de la misma.

Tabla 8.1. Separación entre tuberías en función de su dimensión y del modo de funcionamiento.

DIMENSIÓN DE LA TUBERÍA (mm)	MODO DE FUNCIONAMIENTO	PASO (cm)
16 x 1,8	Sólo calefacción	20
	Calefacción y refrigeración	15
20 x 1,9	Sólo calefacción	25
	Calefacción y refrigeración	20

Colectores: los colectores son los elementos de la instalación a través de los cuales se conectan las tuberías de distribución procedentes de la fuente de energía, a los diferentes circuitos integrados en el suelo radiante.



Foto 8.6. Colectores.

Sus funciones principales son:

- Equilibrar hidráulicamente la instalación.
- Permitir un control termostático independiente en cada estancia.

Están compuestos por dos cuerpos que se corresponden con la impulsión y el retorno. Normalmente, cada uno de los cuerpos cuenta con:

- Termómetro: encargado de indicar la temperatura del agua en la impulsión y el retorno.
- Purgador automático: permite extraer el aire acumulado en la instalación.
- Llave de apertura y cierre: controla el paso del agua de la fuente de energía a los propios colectores.
- Llave de llenado y vaciado: elemento que permite la carga y descarga del agua de los circuitos durante la puesta en marcha de la instalación y/o tareas de mantenimiento.

Cada uno de los circuitos integrados en el suelo radiante quedará conectado al cuerpo de impulsión y al de retorno.





Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

El cuerpo de impulsión, además de los elementos descritos anteriormente, cuenta con detentores para cada uno de los circuitos conectados. La misión de dichos detentores es la de permitir realizar el correcto equilibrado hidráulico de la instalación. De esta forma se puede ajustar el caudal de agua de cada circuito en función de su longitud. La operación de equilibrado hidráulico se realizará únicamente en la puesta en marcha inicial de la instalación.

El cuerpo de retorno cuenta con cabezales electro térmicos colocados en aquellos circuitos de cada estancia en los que se desee controlar la temperatura operativa. Como se verá más adelante, estos cabezales irán conectados al sistema de regulación termostático.



Foto 8.7. Cabezal electro térmico.

Los colectores se localizan en el interior de una caja registrable que se ubicará en un punto lo más equidistante a cada una de las estancias. Los colectores siempre han de situarse por encima de la línea del suelo para evitar una posible acumulación de aire en el interior de las tuberías. Las válvulas de equilibrado de los circuitos siempre deben ir montadas en la impulsión de los circuitos. Dependiendo de la posición de las líneas de distribución, las válvulas de equilibrado deben coincidir con la línea de impulsión (ida), mientras que los cabezales electro térmicos han de coincidir con la línea de retorno (vuelta).



Foto 8.8. Caja registrable.

Este tipo de colectores pueden ser metálicos o plásticos. Si bien es cierto que tradicionalmente se han utilizado los primeros, los colectores plásticos se están convirtiendo en la opción preferente. Esto es debido a las grandes ventajas que presentan frente a los metálicos, como, por ejemplo:

- Ausencia de corrosión y oxidación.
- Ausencia de ruido.
- Disminución de las pérdidas energéticas.

Mortero de cemento: una vez colocados los circuitos, hecho el llenado de la instalación y realizada la prueba de presión pertinente (UNE EN 1264), se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie a climatizar. La función de dicho mortero es la de dotar al sistema de una inercia térmica que permita gestionar la emisión del calor necesario según las necesidades de cada estancia.





Foto 8.9. Mortero de cemento.

El espesor recomendable dependerá del tipo de mortero aplicado:

- Mortero tradicional.
- Mortero autonivelante.

De esta forma, en el caso de utilizar morteros tradicionales, hay que utilizar en la mezcla de fabricación del mortero aditivos fluidificantes en base acuosa. El fin es lograr un perfecto contacto entre el mortero y las tuberías emisoras una vez que la losa de mortero de cemento ha secado y evitar así posibles inclusiones de aire que aumentarían la resistencia térmica del sistema y dificultarían la transmisión de calor.

Para este tipo de morteros se recomiendan espesores a partir de 4 cm a partir de la generatriz superior de la tubería.

A modo orientativo, la proporción adecuada de la mezcla será la siguiente:

- 50 kg de cemento.
- 220 kg de arena lavada.
- 20-25 litros de agua de amasado (aprox.).
- 0,3 kg de aditivo.



Foto 8.10. Aditivo fluidificante.



A diferencia de los morteros tradicionales, los morteros autonivelantes permiten utilizar espesores muy reducidos. Esto es debido al aumento considerable de la resistencia a la compresión y la carga máxima soportada.

Además, el rendimiento del sistema con este tipo de morteros aumenta, puesto que el coeficiente de conductividad térmica es mayor, debido a ser morteros mucho más compactos. Este tipo de morteros permiten utilizar espesores a partir de 1,5 cm.

Una de las posibles clasificaciones para los morteros autonivelantes atiende a su composición, siendo los más habituales los que utilizan base cementosa o de anhídrita.

En conclusión, el espesor recomendable del mortero dependerá del tipo de mortero a utilizar y de las condiciones exteriores. En el caso de que las condiciones exteriores se mantengan constantes durante las épocas de calefacción y refrigeración, se recomienda utilizar espesores de mortero mayores, confiriendo así al sistema una mayor inercia térmica. Sin embargo, en condiciones exteriores cambiantes, se recomienda utilizar espesores reducidos de mortero, con el fin de reducir los tiempos de respuesta.

Un elemento necesario a instalar previo al vertido del mortero son las juntas de dilatación cuya función es la de absorber posibles deformaciones de la losa de mortero.



Foto 8.11. Junta de dilatación.

Se deben prever juntas de dilatación según los siguientes criterios:

- Para seccionar superficies de área superior a 40 m², con una longitud máxima de 8 m.
- Se debe prever una junta cuando un lado de un local presenta una longitud superior a 8 m.

Se recomienda la colocación de las juntas de dilatación desde los rincones, por ejemplo en pilares, es decir, en puntos donde se produce una dilatación o un estrechamiento de la superficie de la placa.

En el caso de utilizar morteros autonivelantes, las juntas de dilatación se deben situar de acuerdo con las instrucciones del fabricante del mismo.

Pavimento: los sistemas de suelo radiante son compatibles con todo tipo de pavimento, ya sean de origen mineral, como el mármol o el granito, cerámicos de tipo porcelánico o sintéticos como los vinílicos.

Cuando el pavimento a instalar es de madera y aunque en la mayoría de los casos no existe contraindicación alguna, la Federación Española de Pavimentos de Madera propone tener en cuenta la normativa sobre suelos de madera UNE 56810:2010 (colocación y especificaciones), donde se hace referencia a las características mínimas que ha de tener dicho pavimento para garantizar así un

perfecto funcionamiento de la instalación y disfrutar así de todas sus bondades:

- Contenido en humedad de entre un 8-12%.
- Resistencia térmica máxima de $0,015 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.
- Densidad de, al menos, 550 kg/m^3 .

• Sistema de suelo radiante con difusores (calefacción)

Este sistema ha sido diseñado para instalaciones en las que no se desea aplicar la losa de mortero húmedo como elemento de intercambio térmico entre las tuberías y el pavimento.

Se recomienda su instalación en aquellos casos en los que, por ejemplo, existen limitaciones de altura entre plantas o se desea aligerar la carga sobre el forjado.

Los elementos diferenciadores respecto de un sistema de suelo radiante tradicional son:

Panel aislante: su función es la de aislar térmicamente y servir de soporte a los difusores de aluminio.



Foto 8.12. Panel aislante.

Difusores de aluminio: gracias a su forma de omega (Ω), la tubería puede encajarse en los difusores con el fin de optimizar la transmisión de calor desde la tubería a la losa de mortero seco o pavimento, según el caso.





8.2.2. Reforma

• **Sistema de suelo radiante tradicional de bajo perfil (calefacción y refrigeración)**

Este sistema tiene especial aplicación cuando se da alguno de los siguientes casos:

- Existen limitaciones de altura entre forjados.
- La estructura de la vivienda no se puede sobrecargar (vigas de madera).
- Se desea realizar la instalación sobre el pavimento antiguo.

Este sistema de muy bajo perfil permite aprovechar todas las ventajas de un suelo radiante.

Para la estructura del suelo hay que tener en cuenta los requisitos del aislamiento térmico y acústico. Los elementos principales de este sistema son:

- Zócalo perimetral.
- Panel portatubos.
- Tubería de PEX de diámetro 9,9 x 1,1 mm con barrera antidifusión de oxígeno.

Estos paneles cuentan con orificios perforados en los tetones y espacios intermedios que sirven para que, una vez colocado el tubo, el mortero autonivelante penetre bien y se adhiera directamente al sustrato. Además, suelen estar provistos de una capa adhesiva, lo que también permite pegar el sistema al sustrato durante la instalación. Para un sellado seguro en la unión con la pared se utiliza el zócalo perimetral.

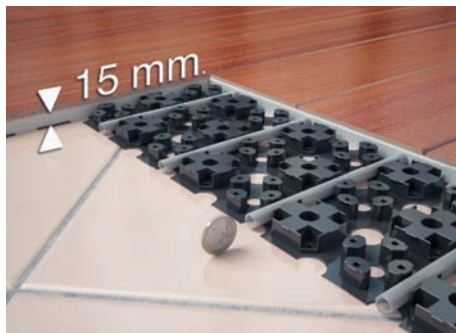


Figura 8.6. Suelo de bajo perfil Uponor MiniTec.

La capa de nivelación se aplica justo hasta cubrir los tetones, de manera que la altura de la instalación resultante es de sólo 15 mm. Tras un corto periodo de secado, se puede colocar encima el pavimento definitivo que se desee directamente.

Debido a la cercanía entre el tubo y el revestimiento, el tiempo de calentamiento o enfriamiento es muy corto, lo que permite una rápida regulación.

Además, estos sistemas permiten realizar reformas parciales en una vivienda, de forma que puedan convivir el antiguo sistema de radiadores con el sistema de suelo radiante. Como se aprecia en la Fig. 8.7, se conectará el sistema de suelo radiante de aquellas estancias donde se ha instalado, a un pequeño grupo de impulsión con válvula mezcladora encargado de hacer circular por los circuitos agua a baja temperatura, además de permitir vencer las pérdidas de carga en dichos circuitos. Este grupo se conectará a su vez a las tuberías de distribución que alimenta la antigua red de radiadores.

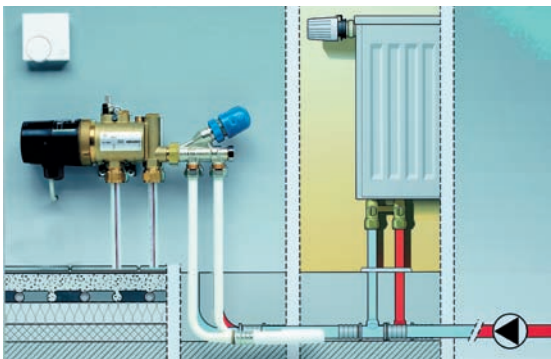


Figura 8.7. Suelo de bajo perfil MiniTec con radiadores.

- **Sistema de suelo radiante tradicional de medio perfil (calefacción y refrigeración)**

En este caso, cualquiera de los sistemas anteriormente citados en el apartado de obra nueva podrían adaptarse, siempre y cuando no exista una limitación muy restrictiva en la altura entre forjados.

8.3. REGULACIÓN Y CONTROL EN INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE

En este apartado se verán las diferentes tipologías de regulación y control para instalaciones de climatización mediante superficies radiantes.



Cabe destacar que la función principal de este tipo de sistemas es la de hacer funcionar de forma optimizada las instalaciones que anteriormente se han descrito. Los dispositivos de regulación y control se encargan por tanto de proporcionar un máximo nivel de confort térmico con el mínimo consumo de energía posible. Por este motivo, no se recomienda la instalación de sistemas de climatización mediante superficies radiantes sin los elementos necesarios de regulación y control. Estos serán seleccionados en función de la tipología (residencial, terciario, etc.) y del uso del edificio (vivienda, oficinas, centros comerciales, etc.), atendiendo a las estrategias de control más adecuadas para lograr el mayor rendimiento de la instalación.

A continuación se muestran las diferentes estrategias de regulación y control en función de:

- Temperatura interior.
- Temperatura exterior y de impulsión de agua.

Los esquemas de principio de las Figs. 8.8 y 8.9 muestran los elementos típicos para instalaciones de suelo radiante en modo calefacción y calefacción y refrigeración.

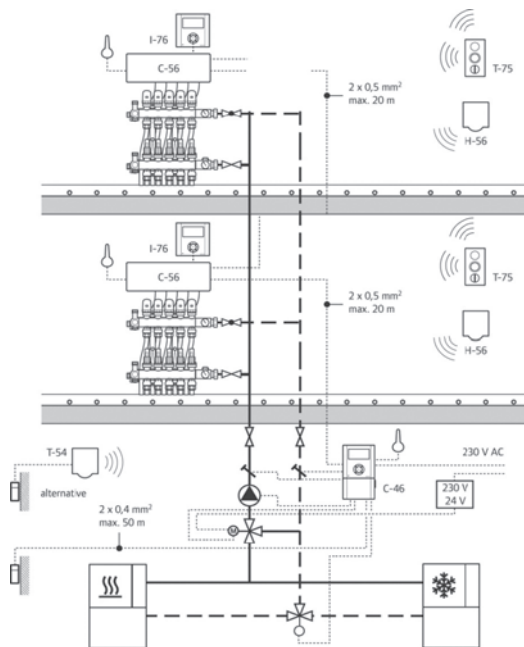


Figura 8.8. Esquema de principio típico modo calefacción / refrigeración mediante caldera de condensación y enfriadora.

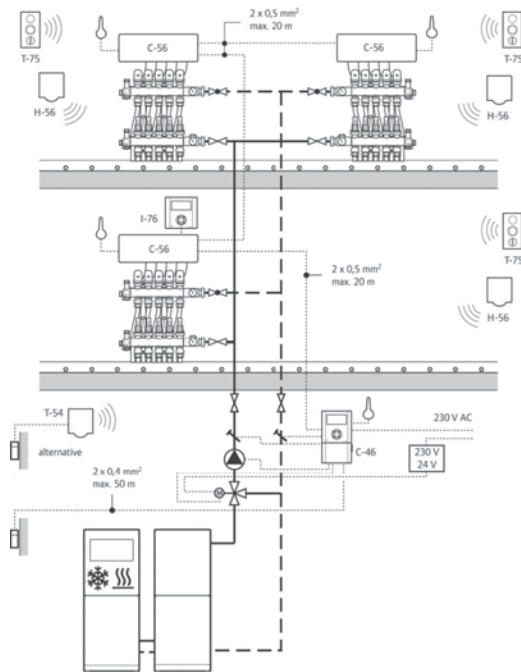


Figura 8.9. Esquema de principio típico modo calefacción / refrigeración mediante bomba de calor.

8.3.1. Regulación de la temperatura interior

El objetivo de este tipo de sistemas es el de proporcionar las condiciones de confort térmico ideales en cada una de las estancias, independientemente del uso, orientación, grado de ocupación o de las condiciones exteriores.

Este control se basa en la regulación del caudal de cada uno de los circuitos de la instalación de forma independiente y en función de las diferentes condiciones de confort deseadas para cada estancia.

Los elementos imprescindibles son:

- Cabezales electrotérmicos.
- Caja de conexiones.
- Termostatos.

De forma básica, se puede decir que el principio de funcionamiento se basa en la apertura o cierre del paso de agua por cada uno de los



Guía de Emisores de Calefacción a Baja Temperatura de Agua

circuitos. El elemento encargado de realizar esta operación mecánica recibe el nombre de cabezal electrotérmico. Estos cabezales se colocan en el cuerpo del retorno del colector y son necesarios tantos como circuitos se deseen controlar.

Por tanto, cuando el cabezal está cerrado no existe circulación de agua en el circuito y, por tanto, no se produce intercambio térmico entre el circuito y la estancia. Sin embargo, cuando el cabezal está abierto existe circulación del agua y se produce intercambio térmico. No obstante, como ya se ha comentado, es necesario considerar el fenómeno de la inercia térmica que se produce en estos sistemas. Por ello, es recomendable dispositivos de regulación y control termostático que consideran el principio de inercia térmica, optimizando así el funcionamiento de la instalación.



Foto 8.13. Termostato cableado.

Por otro lado, en el caso del funcionamiento del sistema de suelo radiante en modo refrigeración, es recomendable utilizar sondas de humedad relativa para el control del punto de rocío. De esta forma, se puede conseguir obtener el máximo rendimiento del sistema radiante, así como eliminar cualquier riesgo de condensación.

En aquellas zonas climáticas con condiciones de altas cargas en refrigeración y porcentajes de humedad relativa elevados (zonas costeras del sur y este de España), los dispositivos de control del punto de rocío además servirán para activar los elementos necesarios para reducir el índice de humedad relativa, como son:

- Deshumidificadores.
- Fancoils.
- Unidades de Tratamiento de Aire (edificios terciarios).

Actualmente existen diferentes tipos de sistemas para cumplir los objetivos del control termostático en instalaciones de suelo radiante. En general, se pueden clasificar a estos sistemas en función de la conexión de los elementos y de las funciones disponibles de programación. En función de las prestaciones del sistema, se pueden controlar los siguientes parámetros y niveles de funcionamiento:

- Temperatura ambiente de la estancia.
- Humedad relativa de la estancia.
- Temperatura del pavimento.
- Activación y desactivación de las fuentes de energía y las bombas de circulación de agua.
- Modo de funcionamiento (calefacción/refrigeración).
- Modos de consumo reducido (Eco).
- Programación horaria en diferentes recintos.

Los sistemas más usuales son aquellos en los que la instalación entre termostatos y la caja de conexiones (a la que van conectados los cabezales electro-térmicos), se realiza mediante conexión física a 2 o 3 hilos. Estos termostatos pueden estar alimentados a 24 V o 230 V en CC o AC, respectivamente. Atendiendo a la seguridad de la instalación, se recomienda trabajar a 24 V en CC, siguiendo las recomendaciones sobre dispositivos eléctrico-electrónicos en instalaciones hidráulicas. Estos sistemas reciben el nombre de sistemas de control termostático cableados.



Foto 8.14. Unidad base para termostatos cableados.

Por otro lado, cada vez es más usual utilizar sistemas de regulación inalámbricos para la conexión entre las unidades de control y los termostatos, caracterizándose por contar aún con un mayor número de prestaciones que redundan en un incremento del confort térmico y una disminución del consumo de energía.



Foto 8.15. Regulación termostática inalámbrica.

Las funciones y parámetros que adicionalmente incorporan son las siguientes:

- Temperatura operativa (medida del confort térmico).
- Adaptación del consumo de energía a los niveles de ocupación.
- Control inteligente del sistema en función de otros focos de calor y frío (grandes ventanas, chimeneas, niveles de ocupación, etc.).
- Compatibilidad con sistemas domóticos mediante protocolo KNX.
- Control remoto vía dispositivo móvil.
- Verificación del correcto estado de la instalación.

Además, este tipo de dispositivos permite una mayor flexibilidad, ya que los termostatos se podrán reubicar en diferentes localizaciones al no estar sujetos a una toma física de corriente. Esto permite modificar la localización de los termostatos una vez finalizada la decoración de las estancias y facilitar una posible reforma futura.

8.3.2. Regulación de la temperatura exterior y de impulsión de agua

El objetivo de este tipo de sistemas es el de adecuar la temperatura de impulsión de agua del suelo radiante en función de las condiciones exteriores, de forma que se pueda adaptar la curva de demanda y la inercia térmica del sistema. Normalmente, este control se realiza

mediante un grupo de impulsión compuesto de diferentes elementos, en función de la precisión en la regulación. Uno de los elementos imprescindibles del grupo de impulsión es la bomba de circulación. La misión de ésta es asegurar un correcto caudal en la instalación y vencer la pérdida de carga máxima más desfavorable en el circuito.



Foto 8.16. Grupo de impulsión.

Los elementos comunes son los siguientes:

- Bomba de circulación.
- Válvula mezcladora de 3 vías.
- Termómetro de agua (ida/retorno).
- Sonda de impulsión.
- Sonda exterior.
- Sonda de suelo.
- Centralita de control (calefacción/refrigeración).

De forma básica, se puede decir que el principio de funcionamiento se basa en adecuar la temperatura de impulsión tanto en modo refrigeración como en modo calefacción del suelo radiante, en función de las condiciones climáticas exteriores. Este tipo de controles suelen disponer de algoritmos diseñados para ajustar el funcionamiento del sistema



de forma automática. Cuando alguna de las estancias lo demande, la bomba de circulación se pondrá en funcionamiento proporcionando el caudal adecuado para alcanzar la temperatura de consigna. De la misma forma, la válvula de 3 vías tiene como misión ajustar la temperatura de impulsión en función de las condiciones descritas.

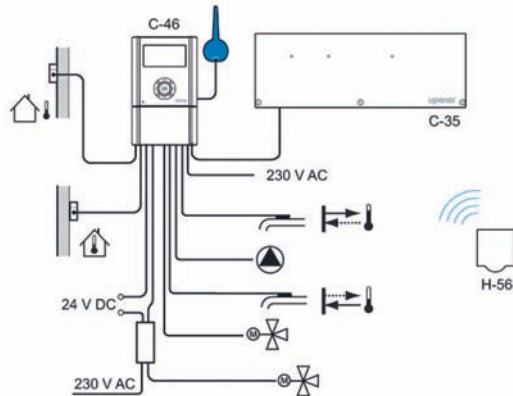


Figura 8.10. Esquema de regulación y control para calefacción y refrigeración por suelo radiante.

8.4. CONCLUSIONES

Las principales ventajas de los sistemas de calefacción y refrigeración mediante suelo radiante son las siguientes:

- El ahorro energético se consigue mediante un funcionamiento del agua a baja temperatura en calefacción (40 °C) y alta temperatura en refrigeración (16 °C), siendo éstas próximas a la temperatura de confort. Esto logra incrementar la eficiencia de la fuente de calor y permite el uso de fuentes de refrigeración renovables y naturales según un principio de diseño de bajo consumo energético.

El ahorro comienza en la fase de construcción y se mantiene a lo largo de toda la vida útil del edificio.

- Ahorros energéticos entre el 20% y el 90% en combinación con fuentes de energía renovables.
- Reducción de las emisiones de CO₂ liberadas a la atmósfera causantes del efecto invernadero.
- Mejora de la certificación energética obtenida en los edificios que implementan estas soluciones.

- Costes operativos y de mantenimiento mínimos, con ahorro de hasta el 50% en comparación con los sistemas convencionales.
- Aumento del confort térmico gracias a la consecución de temperaturas homogéneas en toda la superficie, ausencia de corrientes de aire, sin concentración de polvo y/o ácaros, y eliminación de ruidos. Como consecuencia, se obtiene un mayor porcentaje de personas satisfechas en los edificios climatizados con este tipo de soluciones.
- Sistema invisible que confiere la máxima libertad para el diseño arquitectónico y de interiores. Esto permite, además, incrementar el espacio habitable.



Figura 8.11. Cómic "Climatización por suelo radiante".

Radiadores para baja temperatura Frío, calor y ventilación

kiwa 

Partner for progress



LA VERDADERA BELLEZA ESTÁ EN EL INTERIOR

Tecnología que conmueve el corazón



The **oXygen**
Radiator
El radiador que respira

jaga

www.
THE RADIATOR FACTORY
.COM

www.
jaga.info

El radiador más pequeño y potente

Una calefacción con radiadores a baja temperatura de agua puede ahorrar fácilmente un 50% más de energía



jaga

DIESEL
FAKULTÄT
DESIGN
DME AWARD



reddot design award
winner 2009

www.
THE RADIATORFACTORY
.COM

www
jaga.info



Sistemas de Climatización Invisible por suelo radiante

1



Sistemas de conexión RTM para radiadores

5



Sistemas de Climatización Invisible por techo radiante

2



Sistemas de Fontanería con Prestaciones de Protección Contra Incendios

6



Sistemas de Control Inteligente para instalaciones de Climatización Invisible

3



Sistemas preaislados LHD

7



Sistemas de fontanería Quick & Easy

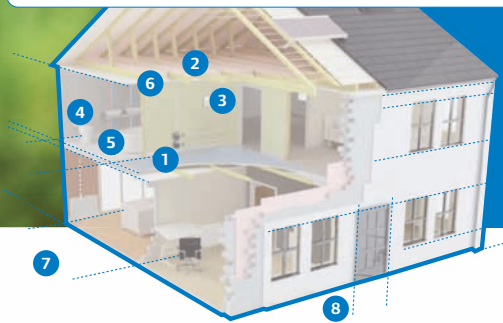
4



Sistemas Geotérmicos

8

SOLUCIONES **Uponor**



Mejoramos la calidad de vida de las personas

- Líderes en soluciones para el transporte de fluidos en la edificación y soluciones de Climatización Invisible para los segmentos residencial, no residencial e industrial en Europa y Estados Unidos.
- Presentes en 30 países.
- Desarrollamos soluciones respetuosas con el medioambiente que reducen el consumo de energía, facilitan el trabajo de quienes las proyectan e instalan y aportan un mayor confort a los usuarios finales.

Para más información contacta con nosotros:
T. 902 100 240
www.uponor.es
www.climatizacioninvisible.es

nos puedes seguir en:



www.eficienciaenergeticauponor.com

Uponor
simply more



Sistema por suelo radiante Uponor Minitec

- El sistema de climatización por suelo radiante, con menor espesor.
- Todas las ventajas de la Climatización Invisible en tan solo 15 mm de espesor.
- Permite climatizar los baños o alguna habitación independientemente aunque el resto de la instalación sea de radiadores.
- Válido para reformas parciales o totales, cuando existen limitaciones de altura en la vivienda.
- Tubería certificada.



MARCA RECOMENDADA
POR LA FEPM



Federación Española
DE PAVIMENTOS DE MADERA

La Federación Española de Fabricantes de Pavimentos de Madera recomienda el uso de los pavimentos de madera en combinación con los Sistemas de Climatización Invisible Uponor

Para más información contacta con nosotros:
T. 902 100 240
www.uponor.es
www.climatizacioninvisible.com

uponor
simply more



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

www.fenercom.com

Guía patrocinada por:



jaga

uponor

