

Guía de Suelo Radiante



www.fegeca.com



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

www.fenercom.com

Guía de suelo radiante

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

www.madrid.org

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

www.fenercom.com

(Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid)

www.fegeca.com

(Asociación de Fabricantes de Generadores y Emisores de Calor)

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

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundación@fenercom.com

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

Depósito Legal: M-5815-2017

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

www.ariasmontano.com

Autores

Guía elaborada por la Comisión de Suelo Radiante de FEGECA:

Javier Alarcia

Director de Formación
ORKLI

Iván Castaño

Product Manager Indoor Climate Solutions
UPONOR

Josep Castellà

Technical & Systems Business Manager
Zehnder Group Ibérica Indoor Climate, S.A.

Sergio Espiñeira Divison

Director Técnico
Giacomini España SL

Gorka Goiri

Director Técnico Preventa
Vaillant Group

Jose Luis Hernández

Director Técnico
TRADESA-EUROTHERM

Alberto Jiménez

Jefe de Formación y Soporte Técnico
BAXI



Índice



PRESENTACIÓN	11
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	15
2.1. Confort	17
2.2. Perfil óptimo de temperatura	18
2.3. Inercia térmica	18
2.4. Emisión y absorción térmica uniforme	19
2.5. Climatización y confort sin movimientos de aire	20
2.6. Ahorro energético	20
2.7. Medios eficientes de intercambio de energía	21
2.8. Compatibilidad con energías renovables	22
2.9. Espacio diáfano	22
2.10. Ausencia de ruido	23
3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUELO RADIANTE PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	27
3.1. Sistemas de suelo radiante, método constructivo	27
3.2. Sistemas de suelo radiante según la tipología de obra	33
3.2.1. Sistemas tradicionales, obra nueva	33
3.2.2. Sistemas industriales y específicos para obra no residencial	36
3.2.3. Sistemas para renovación o reformas	38
4. FUENTES DE GENERACIÓN. INSTALACIONES INDIVIDUALES Y CENTRALIZADAS	43
4.1. Calderas de gas	45
4.2. Calderas de gasóleo	48
4.3. Calderas de biomasa	49
4.4. Energía solar térmica	50
4.5. Aerotermia y geotermia	52
4.6. Instalaciones centralizadas	54



5.	OTROS COMPONENTES	59
5.1.	Tipología de morteros	59
5.1.1.	Conductividad térmica de los morteros	59
5.1.2.	Mortero de arena y cemento	60
5.1.3.	Morteros autonivelantes con base cemento o con base anhidrita	62
5.1.4.	Mortero semi-seco	63
5.1.5.	Morteros sin mortero	64
5.2.	Tipología de pavimentos	65
5.2.1.	Combinación de diferentes tipos de pavimentos	66
5.3.	Juntas de dilatación	68
6.	REGULACIÓN Y CONTROL EN INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE	73
6.1.	Introducción	73
6.2.	Calefacción	74
6.2.1.	Temperatura de impulsión	74
6.2.2.	Temperatura ambiente	74
6.3.	Calefacción y refrigeración	77
7.	METODOLOGÍA Y CÁLCULOS A REALIZAR PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRIGERANTE SEGÚN LA NORMA UNE-EN 1264 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE CIRCULACIÓN DE AGUA INTEGRADOS EN SUPERFICIES	85
7.1.	Principales definiciones	85
7.1.1.	Respecto a los sistemas de calefacción y refrigeración integrados en superficies	85
7.1.2.	Respecto a los parámetros de diseño	87
7.1.3.	Respecto a la potencia térmica	88
7.1.4.	Respecto a la temperatura de superficie	88
7.1.5.	Respecto a la temperatura de los fluidos de calefacción/refrigeración	88
7.1.6.	Respecto a los caudales	89
7.1.7.	Respecto a las curvas características	89
7.2.	Ejemplo de cálculo de un sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante según UNE-EN 1264	93



7.2.1.	Características de la vivienda	93
7.2.2.	Cálculo de cargas térmicas	93
7.2.3.	Cálculo de las curvas características	95
7.2.4.	Cálculo de las curvas límites	96
7.2.5.	Cálculo de δ en el resto de habitaciones	98
7.2.6.	Determinación del caudal de agua	98
7.2.7.	Longitud total del tubo	99
7.2.8.	Cálculo del número de circuitos por estancia	99
7.2.9.	Dimensionamiento para refrigeración	100
7.2.10.	Cálculo de las curvas características	102
8.	PROCESO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE	109
8.1.	Preparación de la obra	109
8.2.	Colectores	110
8.3.	Materiales aislantes	111
8.3.1.	Banda perimetral	111
8.3.2.	Planchas aislantes	113
8.4.	Tubos	114
8.5.	Llenado de la instalación y prueba de presión	117
8.6.	Losa de mortero	117
8.7.	Calentamiento inicial	119
8.8.	Revestimiento final del suelo	119
8.9.	Regulación de la instalación	119
8.10.	Mantenimiento	121
9.	NORMATIVA	127
10.	CASOS DE ÉXITO	131
10.1.	Casos de éxito: el Castillo de Montjuic	131
10.2.	Cooperativa Residencial Arroyo Bodonal	132
10.3.	Polideportivo Espartales, en Alcalá de Henares	133
10.4.	Viviendas unifamiliares en Boadilla del Monte	134
10.5.	Viviendas en altura en Zaragoza	135
10.6.	Conjunto residencial Aravaca II de Madrid	136
10.7.	Oficinas Enza Zaden España S.L. Sta. María del Águila (Almería)	137

P ROLOGO

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.

En los últimos años, el sector de la climatización ha experimentado grandes avances, siendo uno de los más destacables el desarrollo de los sistemas basados en el suelo radiante.

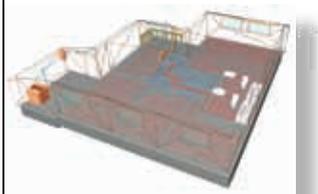
Los sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) por suelo radiante constituyen una tecnología innovadora, de la que se puede destacar su versatilidad, su mejora de rendimiento y el nulo impacto visual. Todos estos factores, junto con otros que se explican en detalle en esta Guía, hacen que el suelo radiante contribuya a mejorar no sólo el ahorro y la eficiencia energética, sino también la calidad de vida de los usuarios.

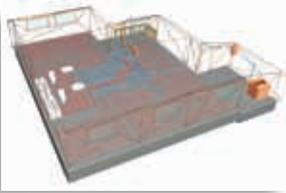
Desgranando cada uno de los puntos anteriormente citados, la versatilidad de este sistema permite la instalación de este sistema en techos, suelos y paredes. Los sistemas de climatización que utilizan suelo radiante se pueden aplicar tanto en obra nueva como en reforma de edificios existentes, y para diferentes usos del inmueble (residencial, terciario, etc.).

En modo calefacción, la mejora del rendimiento se consigue debido a que el suelo radiante no trabaja a temperaturas tan elevadas como los sistemas clásicos, produciendo una mejora en el rendimiento de la caldera, u otro sistema de generación de calor, que repercute en ahorros económicos en la factura de combustible, así como la correspondiente reducción en las emisiones de CO₂ para conseguir el mismo nivel de confort. Esta característica también hace del suelo radiante un sistema óptimo para trabajar de forma conjunta con instalaciones térmicas que aprovechan energías renovables, como es el caso de la geotermia de baja temperatura.

Otro punto clave en la instalación de este sistema es la componente estética. A efectos de decoración de interiores, se multiplican las posibilidades al eliminar elementos y ganar espacio en las estancias para decorar y ocupar.

Dicho todo esto, es importante facilitar la inclusión en el mercado de esta tecnología y, para ello, se debe animar al sector a realizar actividades divulgativas y formativas para dar a conocer a los ciudadanos estas innovaciones.





Guía de suelo radiante

En este sentido, desde la Dirección General de Industria, Energía y Minas esperamos que esta Guía sea un instrumento de referencia para todo tipo de usuario, experto o iniciado, por los temas que en ella son tratados, además de aportar una visión del estado del arte de la tecnología, impulsando su desarrollo.

D. Francisco Javier Abajo Dávila

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

1

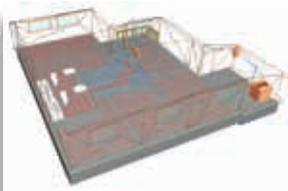
INTRODUCCIÓN



En la actualidad se estima que un tercio de la energía consumida en Europa está destinada a calentar agua para cubrir la demanda de ACS y calefacción es por ello que desde la Unión Europea se han adoptado en los últimos años medidas que promuevan la reducción del consumo energético basadas todas ellas en el protocolo 20-20-20 que recoge las directivas:

- **EPBD - Eficiencia energética de los edificios**
Aumento en un 20% de la eficiencia energética de los edificios.
- **ErP – Diseño ecológico de los componentes que consumen energía**
Reducción en un 20 % de las emisiones de CO₂.
- **RES – Uso de fuentes renovables**
Incremento en un 20 % del uso de las energías renovables.





Guía de suelo radiante

Que se complementan en este caso con diferentes marcos normativos que exigen unas determinadas condiciones de confort en cualquier tipología de edificios que vaya a ser construido o reformado en los próximos años.

Es por ello que las instalaciones de climatización tienen una especial importancia al ser las responsables de crear el ambiente de confort térmico tal y como se describe en la normativa UNE EN ISO 7730 (Condiciones para el confort térmico) y en cualquier época del año. Como consecuencia y teniendo en cuenta este mismo criterio de confort se hace necesario contar con un sistema de climatización que permita reducir la demanda energética de la vivienda o edificio ajustándose así a los requisitos de consumo de energía casi nulo.

En la actualidad los sistemas de climatización que mejor relación proporcionan entre ambos conceptos (confort y reducción del consumo energético) son los sistemas radiantes a baja temperatura mediante la termo activación de las superficies y en combinación con fuentes de energía renovables.

La presente Guía Técnica ha sido editada por las empresas fabricantes más importantes en el sector de la Climatización y asociadas bajo una única denominación: FEGECA (Asociación de Fabricantes de generadores y emisores de calor por agua caliente). Con ella se pretende facilitar a los profesionales del sector una información útil y sencilla que le permita al profesional conocer los criterios más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar y diseñar una instalación de suelo radiante, sabiendo que la colaboración entre los principales fabricantes es la mejor muestra de objetividad de la información que contiene.

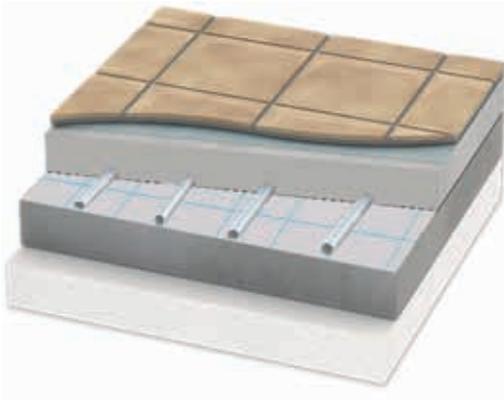
En ella además de recogerse información técnica y descriptiva, se incluyen referencias a las normativas vigentes en las que se basa el diseño e instalación de estos sistemas, también se proporciona lo que ha sido considerado de especial interés y que se trata de la propia experiencia adquirida a lo largo del tiempo por los propios fabricantes.

2

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

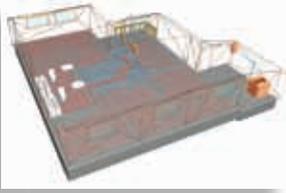


El principio básico del sistema de calefacción y refrigeración mediante superficies radiantes, consiste en la impulsión de agua a media temperatura (en torno a los 40°C en invierno y a los 16°C en verano) a través de circuitos de tuberías plásticas fabricadas principalmente en polietileno.



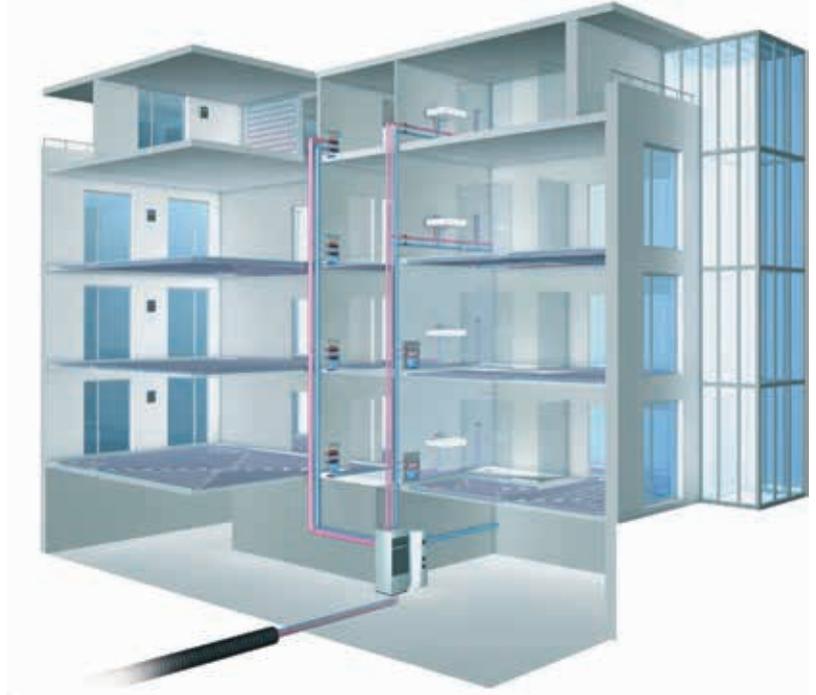
Estos circuitos se soportan sobre un aislante térmico y quedan recubiertos por una capa de mortero de cemento, que los recubre y sobre la que se coloca el pavimento final el cual podrá ser de tipo cerámico, piedra, madera, linóleo u otros.

Cuando el sistema funciona en modo calefacción, se hace circular agua de modo que el calor es cedido al ambiente a través de la capa de mortero y del pavimento, mediante radiación, conducción y en menor grado convección natural. En cambio cuando funciona 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 de la vivienda.



Guía de suelo radiante

Es interesante saber que existen soluciones que utilizan el techo o las paredes como elemento radiante e igualmente en modo calefacción y/o refrigeración bajo el mismo principio de funcionamiento y satisfaciendo de la misma manera la demanda de confort mediante el acondicionamiento térmico de las superficies.



Además estos sistemas requieren un sistema de regulación y control que permita seleccionar y regular posteriormente tanto la temperatura del agua que se impulsa en el sistema primario como controlar de forma independiente la temperatura ambiente de cada uno de los espacios que se desea climatizar (salones, dormitorios, aseos, etc.)

A continuación se tratarán las principales ventajas de este tipo de sistemas:

- Mejora del confort térmico.
- Menor necesidad de energía.
- Reducción de las emisiones de CO₂.
- Mejora de la certificación energética.



- Homogeneidad de temperatura.
- Ausencia de corrientes de aire.
- No se genera polvo
- Mayor espacio útil en la vivienda.
- Libertad de decoración.

2.1. CONFORT

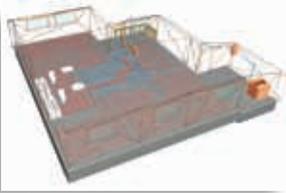
Los sistemas climatización radiante a baja temperatura, son los sistemas que mejor se ajustan a la emisión de calor del cuerpo humano por radiación, convección y conducción.

Se considera que el intercambio ideal de energía entre el ser humano y el entorno que lo rodea supondría:

- 50% por radiación
- 30% evaporación
- 15% convección
- 5% conducción

Es por ello que parece evidente pensar que para lograr la mayor influencia del sistema de climatización sobre las condiciones de confort debo recurrir a un sistema radiante dado que es la forma en que el ser humano intercambia un mayor porcentaje de energía.

La sensación de temperatura de las personas equivale a la denominada temperatura operativa. Dicha temperatura operativa en el interior de los edificios, equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de suelos, techos, paredes, puertas, ventanas, etc.... De tal forma que se podría mantener la temperatura de confort, influyendo en la temperatura del aire o la temperatura radiante de cada superficie. En invierno, por tratarse de sistemas radiantes en modo calefacción, bastaría con mantener la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante de las superficies de la habitación y por ende la temperatura radiante media, lográndose así la temperatura de confort deseada sin necesidad de actuar sobre un gran volumen de aire. En el caso de estar trabajando



Guía de suelo radiante

en modo refrigeración en verano, bastaría con mantener la temperatura del aire y disminuir la temperatura radiante media de dichas superficies y lograr igualmente la temperatura de confort.

t_o : Temperatura Operativa

$t_{med.rad}$: Temperatura media radiante

t_{aire} : Temperatura del aire

t_i : Temperatura radiante de cada superficie

A_i : Área de cada superficie

2.2. PERFIL ÓPTIMO DE TEMPERATURA

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



2.3. INERCIA TÉRMICA

La inercia térmica es un concepto clave al permitirnos utilizar los elementos constructivos que conforman el edificio, como una 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.



La inercia térmica de una superficie depende de su masa, su densidad y su calor específico, definiéndose entonces como la capacidad que tiene cada superficie a la hora de conservar la energía térmica recibida para posteriormente ir liberándola. Teniendo en cuenta esto es posible disminuir la potencia máxima del edificio tanto en calefacción, como en refrigeración a la hora de lograr las condiciones de confort térmico.

Es por ello que podemos decir que un edificio 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. Esto es debido a que la inercia térmica produce dos fenómenos, uno de ellos es la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior.

Una de las mayores superficies disponibles en un edificio sobre la que podemos actuar es el suelo, el cual cuenta además con una gran inercia térmica, que podrá ser aprovechada para amortiguar y retardar la variación de temperatura que se produzca a lo largo del día.

Por lo general en los edificios se presentan grandes variaciones de la temperatura interior debido a factores como la radiación solar, infiltraciones de aire en los edificios, etc...

El aprovechamiento de suelos, techos, paredes como elementos acumuladores de energía (inercia térmica), nos permitirá reducir el impacto de las condiciones climáticas externas en el interior del edificio de modo que se mantenga estable la temperatura interior de confort durante todo el día. Como consecuencia y al reducirse dichas variaciones la energía requerida por los sistemas de climatización radiante para proporcionar la temperatura de confort será notablemente inferior en comparación con otros sistemas.

2.4. EMISIÓN Y ABSORCIÓN TÉRMICA UNIFORME

Para lograr que el intercambio de energía entre el sistema y los usuarios sea uniforme, es necesario contar con una gran superficie radiante disponible en lugar de puntos muy localizados de emisión de energía. Es por ello que los sistemas radiantes se integran principalmente en paredes y techos.



2.5. CLIMATIZACIÓN Y CONFORT SIN MOVIMIENTOS DE AIRE

La rapidez con la que el aire caliente se traslada hacia las zonas frías es proporcional al gradiente de temperatura existente entre ambas.

Si una vivienda cuenta con un sistema radiante a baja temperatura las diferencias de temperatura entre el aire y las superficie de suelos, paredes y de techos serán reducidas, de modo que el efecto de convección del aire no se percibe y no se generan molestias que percibe nuestro cuerpo, ni movimiento de polvo lográndose un entorno más higiénico y saludable.

Las corrientes de aire en combinación con su alta/baja temperatura, frecuentemente producen enfermedades reumáticas y enfermedades 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 casa.

2.6. AHORRO ENERGÉTICO

El ahorro energético que se logra con los sistemas radiantes se debe a diferentes factores:

Para alcanzar la temperatura operativa (de confort) deseada, mantendremos la temperatura del aire y aumentaremos o disminuirémos la temperatura de las superficies (según sea el modo de funcionamiento calefacción / refrigeración respectivamente). El aire al tener menor densidad y mayor volumen requiere de una mayor energía para poder modificar su temperatura uniformemente, mientras que la temperatura de cada una de las superficies se podrá modificar con un aporte menor de energía por tener mayor densidad y menor volumen.

Además como se reduce la diferencia entre la temperatura del aire interior de la vivienda a y la temperatura del aire exterior, las pérdidas o ganancias energéticas (por cerramientos, por ventilación e infiltración) se reducirán también, dado que son proporcionales a dicho diferencial.

Otro factor de ahorro energético será la reducción de pérdidas o ganancias de calor que se producen desde el cuarto técnico o sala de calderas en una instalación centralizada y hasta los colectores debido a que la temperatura del agua es más moderada durante todo el año y las pérdidas de energía se minimizan.



Además estos sistemas cuentan entre sus componentes con aislamiento térmico que contribuye a mejorar el aislamiento térmico del edificio.

2.7. MEDIOS EFICIENTES DE INTERCAMBIO DE ENERGÍA

A diferencia de otros sistemas de climatización cuya forma principal de transmitir la energía es por convención, en el caso de los sistemas radiantes a baja temperatura para que se produzca intercambio de calor por radiación no es necesario ningún tipo de fluido entre los cuerpos, basta con que estén a diferentes temperaturas y uno frente a otro (no es necesario que exista contacto).





Guía de suelo radiante

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 variamos la temperatura del aire en un grado.

2.8. COMPATIBILIDAD CON ENERGÍAS RENOVABLES

La moderada temperatura que se necesita que tenga el agua que circula en un sistema de suelo, pared o techo radiante, (35-45°C) hace que éste sea compatible con cualquier fuente de energía procedente de la combustión de derivados del petróleo o gas natural o energía renovables, como biomasa, solar, aerotermia, etc.

2.9. ESPACIO DIÁFANO

Al tratarse de un sistema que se encuentra embebido en suelos, paredes y techos, ofrece una total libertad de espacio al no existir elementos emisores visibles. Por tanto el espacio habitable útil resultante se puede incrementar entre un 3-5% respecto a otro tipo de sistemas.



2.10. AUSENCIA DE RUIDO

Los sistemas radiantes se caracterizan por no generar ruidos molestos que tienen efectos negativos en la comunicación y el confort de la personas.

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



Uponor

Uponor Autofijación

Líder en Climatización Invisible

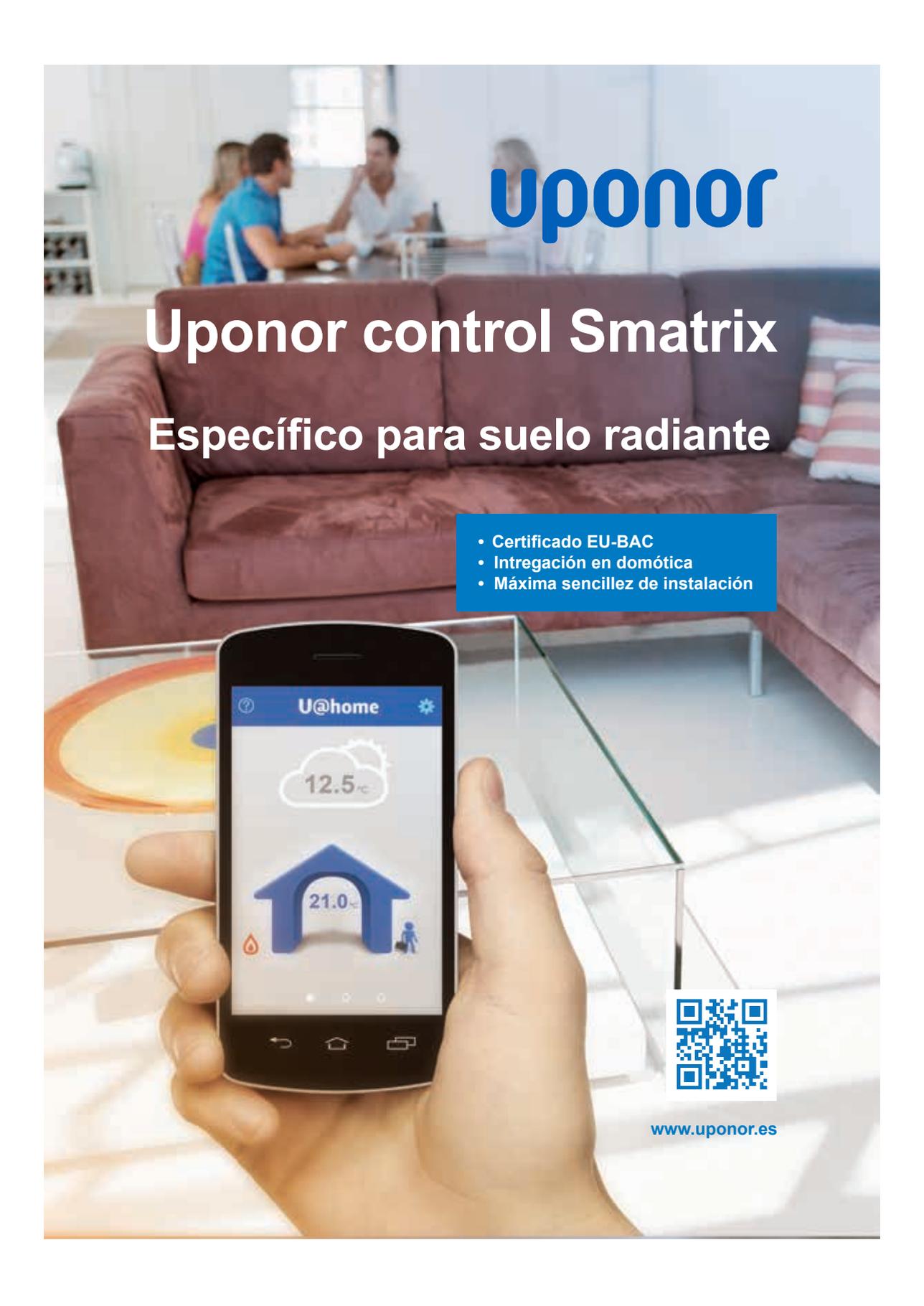
Certificado por AENOR



- Mayor aislamiento térmico
- Mayor aislamiento acústico
- Menor espesor



www.uponor.es



Uponor

Uponor control Smatrix Específico para suelo radiante

- Certificado EU-BAC
- Intregación en domótica
- Máxima sencillez de instalación



www.uponor.es

3

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUELO RADIANTE PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACION



3.1 SISTEMAS DE SUELO RADIANTE, MÉTODO CONSTRUCTIVO

Un sistema de suelo radiante consiste en la instalación de circuitos de tuberías a través de los cuales se impulsa agua entorno a los 40°C en calefacción y entorno a los 16°C en refrigeración. En función de la aplicación, los circuitos se diseñan con una separación entre tubos y van instalados sobre unas planchas aislantes que impiden que el calor se transmita al forjado.

Los circuitos se embeben en una capa de mortero de cemento que puede ser tradicional o autonivelante sobre el cual se coloca el pavimento final, que puede ser cerámico, madera, piedra, etc.

El funcionamiento consiste en que el mortero absorbe el calor disipado por las tuberías y lo transmite al pavimento superior y a su vez, emite esta energía hacia las paredes y techos de la habitación mediante radiación principalmente y en pequeña proporción mediante convección natural.

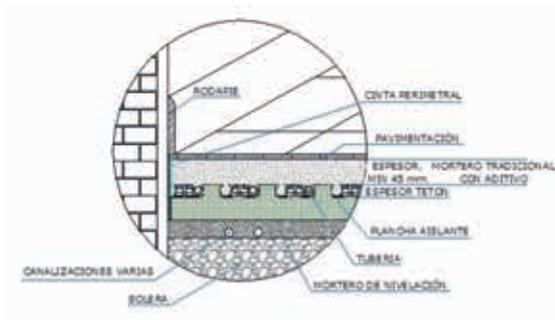


Figura 3.1a. Sección tipo de un suelo radiante

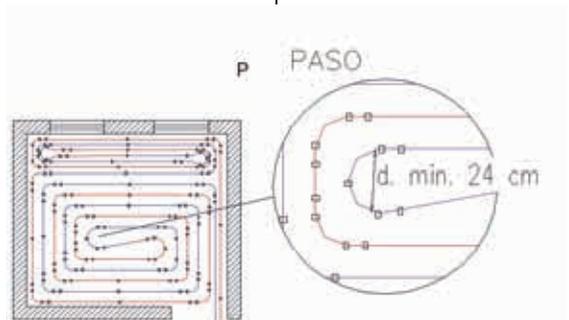
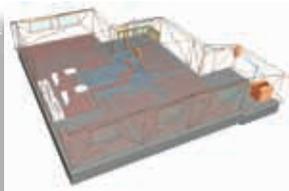


Figura 3.1b. Detalle circuito

Disposición de un circuito de suelo radiante con separación entre tubos diferente en la zona perimetral y en la zona interior.



Guía de suelo radiante

El método constructivo de un sistema de suelo radiante se basa en la instalación de los siguientes materiales:

1. Film antivapor

El film es una hoja de PE que actúa de barrera ante las humedades que pueden filtrarse por capilaridad a través del forjado. Se utiliza en plantas bajas o locales en contacto con el terreno etc.

2. La cinta o zócalo perimetral

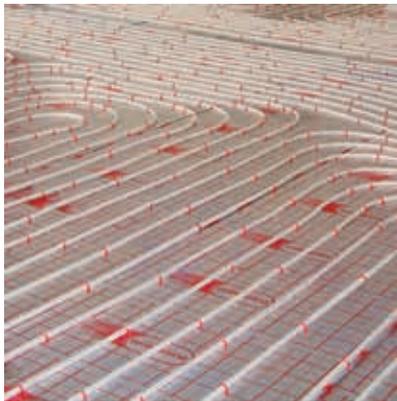
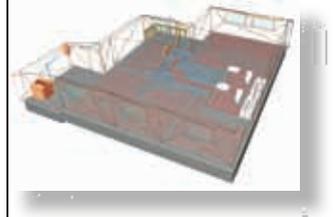
Este componente, absorbe las dilataciones del mortero y evita pérdidas de calor. Se coloca en todo el perímetro de la zona calefactada. Puede ir grapada o con banda autoadhesiva. Además lleva una hoja de PE que debe colocarse por encima de la plancha para evitar posteriormente cuando se vierta el mortero, que se puedan crear puentes térmicos con el forjado.



Figura 3.2. Fotos de film y zócalo

3. Plancha aislante

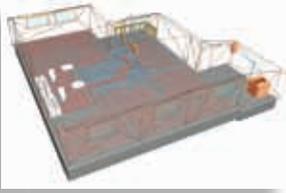
La plancha soporta los circuitos de tuberías y evita en función de su resistencia térmica la transmisión del calor al forjado. Cuanto mayor es la resistencia térmica mayor calidad aislante tiene la plancha. Este dato técnico depende del espesor equivalente, y de la conductividad del material. La capacidad aislante de la plancha influye posteriormente en el cálculo y en la temperatura de impulsión a los circuitos, por lo que un buen aislante supone posteriormente un ahorro al poder bajar la temperatura de impulsión. El panel es uno de los componentes más importantes junto con la tubería de un suelo radiante. El material más empleado en su fabricación es el poliestireno expandido. En cuanto a la tipología de las planchas las hay de tetones o mopas y lisas.



4. Tubería

Las tuberías de suelo radiante son plásticas y se caracterizan en general porque no se ven afectadas por los aditivos del hormigón, tienen poca fuerza de dilatación y fricción, no se ven afectadas por la erosión ni corrosión y son muy flexibles a la hora de instalar y diseñar los circuitos.

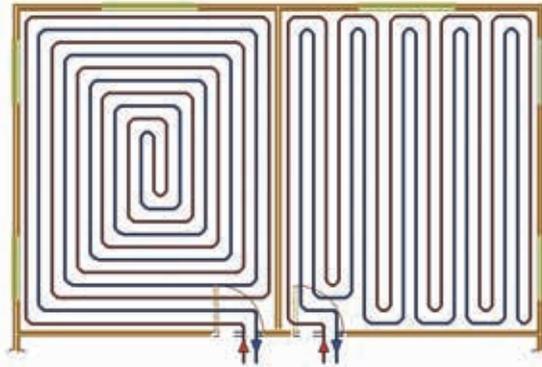
El tubo de los circuitos y también entre el generador y el colector debe tener barrera antidifusión de oxígeno conforme a la UNE EN 1264. Los tubos más empleados son el PEX (polietileno reticulado), el multicapa y en menor medida el polibutileno y los diámetros exteriores varían, siendo los más habituales en suelo 16 y 20 mm, aunque existen tubos de menor diámetro para aplicaciones especiales. A la hora de instalar, se emplean rollos de diferentes medidas. Los más empleados varían en un rango entre 200 y 400 metros.



Guía de suelo radiante



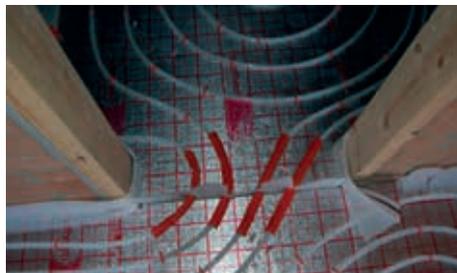
El diseño de los circuitos, longitudes etc, se detallará en la parte de cálculo. La forma típica de un circuito es la espiral donde se va mezclando tubería que lleva agua más caliente (impulsión) con agua más fría (retorno del circuito).

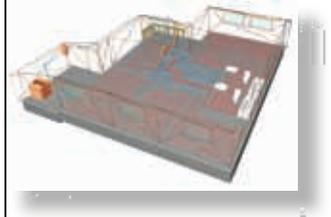


Figura

5. Juntas de dilatación y funda aislante

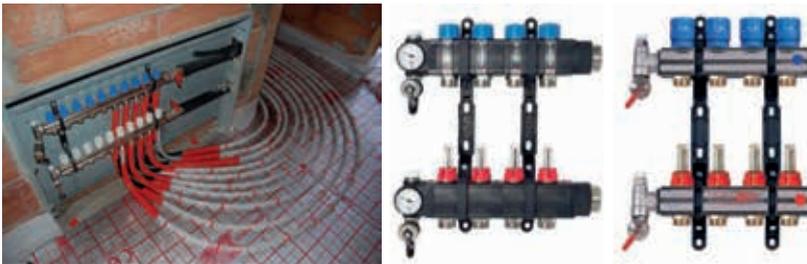
Cuando las superficies a calefactar son superiores a 40 m² o irregulares, el zócalo perimetral no es suficiente para absorber las dilataciones del mortero. En esos casos se debe colocar una junta de dilatación como indica la normativa, y también es recomendable colocarlo en los pasos de puertas de zonas independizadas donde el mortero trabaja a diferentes temperaturas.





6. Colectores

Los colectores pueden ser de latón, o materiales plásticos como la poliamida o la polisulfona, en función de la aplicación que se considere ya sea sólo calefacción o calefacción y refrigeración. Es habitual el uso de colectores con detentores y caudalímetros. En cuanto a su sección el más empleado es el colector de 1" normalmente limitado a un caudal determinado y a un número de circuitos, aunque existen de 1 1/4" incluso de mayor sección para aplicaciones industriales.



7. Armarios

Los armarios que alojan los colectores suelen ser de lámina de acero y van equipados con los soportes adecuados para la sujeción del colector. Lo habitual es montarlos en zonas centradas de la vivienda y donde tenga menos impacto visual, aunque van barnizados y lacados adecuadamente.

Generalmente se sitúan a 40 cm. de suelo terminado



8. Regulación

Otro componente importante del suelo radiante es una buena regulación. Podemos englobar dentro de la regulación por un lado los componentes para independizar estancias y por otro lado los equipos hidráulicos de mezcla y bombeo.

Según RITE, hay que independizar estancias mediante termostatos y cabezales o actuadores electro térmicos que abren o cierran el paso del agua a los circuitos y que se disponen en el colector. En ocasiones se independizan zonas o plantas enteras mediante válvulas de zona.

En cuanto a los equipos de mezcla y bombeo los más sencillos establecen una temperatura de impulsión fija mediante una mezcladora mientras que los equipos climáticos impulsan el agua a temperatura variable, en función de la temperatura exterior y mediante una centralita que gobierna el servomotor de una mezcladora con los datos que registra una sonda exterior y/o una sonda ambiente.

Aunque hoy en día las calderas y otros generadores ya trabajan a baja temperatura, existen regulaciones que permiten el control total de la calefacción y la refrigeración, por estancias y con diferentes temperaturas diarias, control de la humedad etc, y donde el usuario puede variar las condiciones ambientales de su vivienda a distancia desde un PC o desde un móvil.



9. Mortero

El mortero es el componente emisor final del suelo radiante. Antes de su vertido, se debe realizar una prueba de presión que establece la UNE EN 1264 para revisar que no hay ninguna fuga antes de tapar los circuitos. Se realiza como mínimo a 6 bar (UNE EN 1264) considerando

también las indicaciones del fabricante en cuanto al valor máximo de la presión.

En función del tipo de mortero, el tiempo de fraguado es variable, pero conviene no acelerar su secado para evitar deshidrataciones que pueden dar lugar a pérdidas de capacidad portante del mortero y su posterior fracturación por abarquillamiento. Si se quiere acelerar el secado del mortero se debe consultar con el fabricante.



3.2. SISTEMAS DE SUELO RADIANTE SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE OBRA

En función del tipo de obra y aplicación existen muchas tipologías y diversidad de componentes en el suelo radiante, pero podemos agrupar los sistemas en tres grandes grupos:

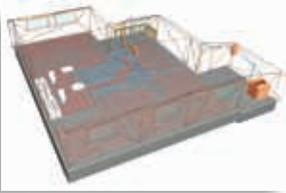
- Sistemas tradicionales, para obra nueva y sector residencial.
- Sistemas Industriales y específicos.
- Sistemas para renovación y reformas.

3.2.1. Sistemas tradicionales, obra nueva

Considerando la estructura de la capa emisora y las características del edificio o vivienda a climatizar, se pueden utilizar diferentes tipos de aislamientos y separaciones entre tubos que definen lo que podemos llamar un sistema estándar de suelo radiante tradicional.

Podemos diferenciarlos entre ellos principalmente por el tipo panel aislante y el tipo y diámetro de tubería, siendo los colectores de distribución normalmente de 1" de sección y los circuitos de longitudes inferiores a 115 metros lineales para evitar caídas de presión elevadas que puedan suponer un problema de bombeo o con el generador.





Guía de suelo radiante

En tubería, la más extendida es el polietileno reticulado (PEX) con barrera antidifusión de oxígeno. También se instala tubería multicapa y en menor medida otros tubos como el polibutileno, éstos materiales son los que contempla la normativa del suelo radiante UNE EN 1264 y también los más utilizados.

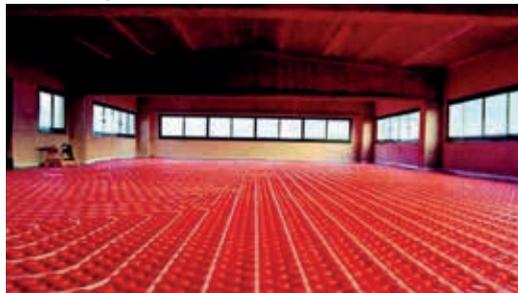
Un sistema tradicional se aplica generalmente en obra nueva y en situaciones donde se ha previsto el espesor adecuado para el sistema de suelo radiante.

En cuanto a las características de los aislamientos, la normativa establece unas resistencias térmicas mínimas, en función de los locales adyacentes y/o temperatura del aire por debajo o adyacentes también. Este valor se alcanza teniendo en cuenta la densidad, la conductividad y el espesor del aislante y definen la calidad del aislamiento. Son las siguientes:

- Locales calefactados inferiormente **0,75 m² K/W o mayor.**
- Locales sin calefactar o calentados intermitentemente por debajo, adyacente o directamente sobre el suelo. **Locales situados R>1,25 m²K/W e**
- Situaciones con otras exigencias con temperaturas extremas como locales en voladizo con temperaturas exteriores entre -5 y -15°C la norma UNE 1264-4 exige resistencias térmicas superiores a **R>2,00 m²K/W.**

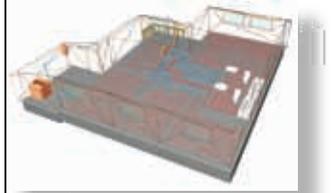
En obra nueva y dentro del sector residencial, siguiendo la normativa del suelo radiante UNE EN 1264 podemos establecer varios tipos de sistemas tradicionales:

- Sistema de suelo radiante con planchas de tetones o mopas, de poliestireno expandido plastificadas. Los espesores de estas varían en función de sus prestaciones.



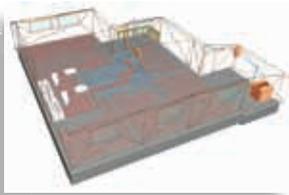
Clasificación de los sistemas de suelo radiante para calefacción y refrigeración

- Sistema de suelo radiante con paneles lisos. En rollos o planchas unitarias, igualmente de poliestireno expandido y protegidos en la parte superior por un recubrimiento impermeable según normativa (UNE EN 1264) con diferentes métodos de sujeción del tubo . En la parte superior se marcan mediante líneas guía la separación de tubos normalmente en cuadrículas múltiplos de 5 cm. Las planchas lisas se pueden encontrar con diferentes mm de espesor.



- Sistemas con planchas termoconformadas , que aportan mucha resistencia a la deformación por pisadas etc. Interesante en instalaciones dónde hay mucho tránsito en la obra y riesgo de deformaciones en las planchas.





3.2.2. Sistemas industriales y específicos para obra no residencial

En aplicaciones Industriales, naves, hangares, centros deportivos, aeropuertos, etc, los sistemas de suelo radiante se deben calcular para poder responder a la emisión térmica por un lado y por otro a las cargas distribuidas (kg/m^2) y concentradas (kN) por pesos de maquinaria, estanterías, vibración de maquinaria y cargas dinámicas.

En estos casos interviene un componente importante en los aislamientos que es la resistencia a la compresión. Las planchas aislantes en función de las cargas concentradas y distribuidas deben dar respuesta a los pesos de cada aplicación.

La carga relativa a una nave industrial se recoge en la norma europea UNE-EN 1991-1-1:2003 y en función a las necesidades se pueden plantear sistemas con planchas especiales de elevada resistencia a la compresión, incluso forjados armados con doble mallazo donde la tubería se aplica directamente sobre la ferralla.

Estos suelos radiantes con celosía pueden llegar a soportar cargas concentradas superiores a 1000 kg y cualquier tipo de vibración y percusión industrial sin riesgo a que exista fisuración en el pavimento.



En función de las cargas se analiza si es o no necesario un forjado armado. En cualquier caso un sistema industrial se caracteriza por:

- Plancha aislante de mayor resistencia a la compresión.

Clasificación de los sistemas de suelo radiante para calefacción y refrigeración

- Tubos que aportan mayor caudal y menor caída de presión, de diámetro 20 mm o incluso 25 mm, instalados sobre la ferralla. Circuitos que pueden ser entre 120 y 180 m según diámetro.
- Colectores de mayor sección de 1 ¼" incluso 1 ½" frente a los colectores que se utilizan en residencial de 1".
- Hormigón en lugar de mortero.



Otro valor añadido a los sistemas de suelo radiante es que pueden aportar además una atenuación sonora. Podemos denominarlos **sistemas acústicos**.

Vienen caracterizados por aportar una atenuación sonora al impacto que habrá de ser al menos de 20 dB (**Alw**) y a su vez una reducción del ruido aéreo (**Arw**) en función del forjado y elementos constructivos.

Los aislamientos acústicos se resuelven con diferentes soluciones.



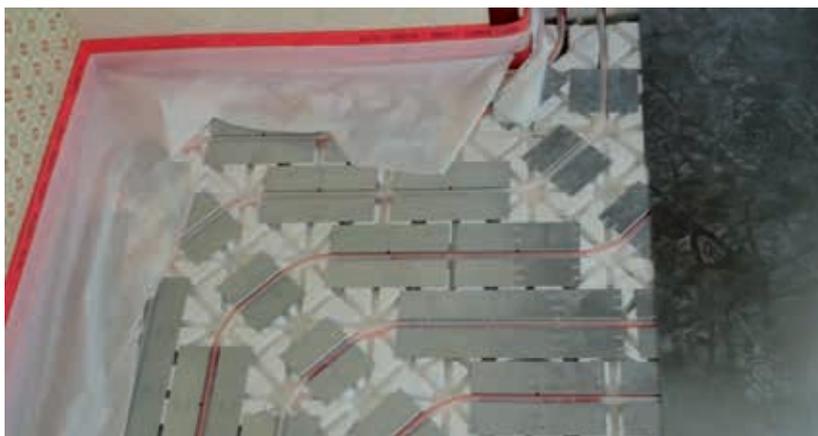
3.2.3. Sistemas para renovación o reformas

En reformas o renovación de edificios, el tema del espesor que ocupa un suelo radiante supone la utilización de otro tipo de componentes que reduzcan inicialmente el espesor de un suelo radiante tradicional.

Uno de los sistemas más extendidos es el denominado por muchas marcas como suelo seco o suelo sin mortero, donde se sustituye el mortero por otro emisor que puede ocupar menor espesor como las planchas de acero o bien las placas de fibra de yeso.

Estos sistemas se caracterizan por planchas aislantes que llevan ensamblados internamente difusores de acero que soportan el tubo de forma que no sobresale de la plancha. Encima se coloca en lugar de mortero planchas de acero o placas de fibra de yeso .

Al mismo tiempo que reducen espesor, estos sistemas pesan menos, por lo que se pueden adaptar a forjados construidos con vigas de madera y que no soportan el peso del mortero de cemento.



También existen otros sistemas con planchas de bajo perfil , que reducen el espesor total del suelo radiante con la utilización de morteros autonivelantes especiales que garantizan un buen comportamiento con secciones inferiores. Mientras se exige para un mortero de cemento tradicional un espesor mínimo de 45 mm por encima del tubo, según normativa, con morteros autonivelantes de base anhídrita, sulfato cálcico y aditivos especiales se puede rebajar a 30 mm incluso menos, pues existen morteros especiales en el mercado garantizados para trabajar con espesores de solo 15 mm por encima del tubo.

Clasificación de los sistemas de suelo radiante para calefacción y refrigeración

En estas soluciones se debe analizar los aislamientos existentes de los forjados.

Otras opciones que pueden utilizarse son los sistemas sin aislamiento, de cota cero o portatubos. Estos sistemas ocupan muy poco espesor, se debe estudiar su aplicación pues son soluciones que no llevan aislamiento, por lo que hay que tener en cuenta las condiciones de la zona a calefactar.





Allianz RAS



SISTEMAS CERTIFICADOS

DE SUELO RADIANTE - REFRESCANTE



EUROTHERM-TRADESA



EUROTHERM-TRADESA EUROPLUS



TRADESA

eurotherm[®]
radiant comfort systems

sistema europlus-silentium

LA MEJOR SOLUCIÓN PARA COMBATIR EL RUIDO

- Las mejores prestaciones acústicas para combatir el ruido.
- Óptima combinación entre resistencia térmica y aislamiento acústico.
- Alto rendimiento térmico.
- Pruebas acústicas realizadas en el laboratorio de mediciones acústicas del Departamento de Física Técnica de la Universidad de Padova (dFT).

-37_{dB}

Funda multicapilar aluminizada

Poliestireno sintetizado con grafito

Funda compuesta por fibra de goma SBR

4

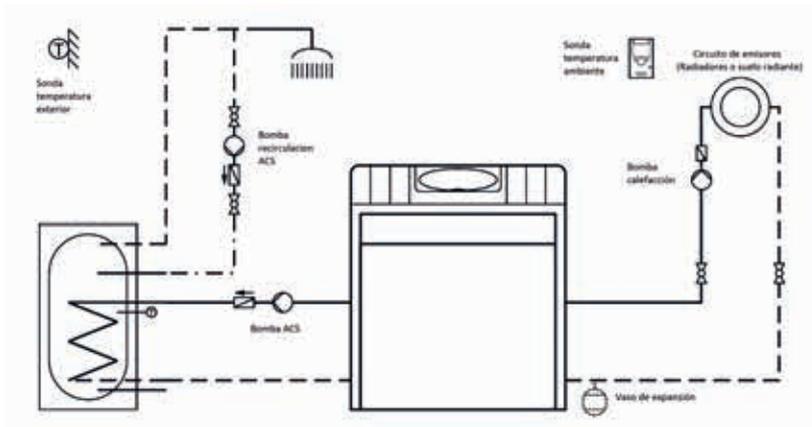
FUENTES DE GENERACIÓN. INSTALACIONES INDIVIDUALES Y CENTRALIZADAS



En este apartado vamos a evaluar la relación entre el suelo radiante y los diferentes generadores de calor.

Como hemos visto, los sistemas de calefacción por suelo radiante están basados en los sistemas tradicionales de calefacción por circuito cerrado de agua. Desde el punto de vista hidráulico, las instalaciones de suelo radiante son similares a las instalaciones más habituales con radiadores.

Los principales elementos de la instalación, los accesorios y los métodos de cálculo son similares entre los sistemas tradicionales de radiadores y los sistemas radiantes.



Son pocas las diferencias entre el funcionamiento de unos sistemas u otros, pero si nos centramos en ellas tenemos que analizar sobre todo dos parámetros importantes: **la temperatura del circuito de agua y el caudal de la instalación.**



Guía de suelo radiante

Los sistemas radiantes son sistemas que trabajan a baja temperatura. Como veremos en otros capítulos la temperatura de la superficie del suelo radiante no debe superar los 29°C. Para alcanzar esta temperatura en la superficie del pavimento basta con trabajar a temperaturas de entre 35 y 45°C en el circuito cerrado que forman las tuberías del suelo radiante.

El trabajar a estas bajas temperaturas, junto con el sistema de transmisión de calor por radiación, hacen que el salto térmico de la instalación (diferencia entre la temperatura a la que sale el agua del generador de calor y a la que regresa del circuito de suelo radiante) sea tan sólo de entre 5 y 10 grados. Los sistemas tradicionales de radiadores trabajan entre 15 y 20 grados de salto térmico.

$$\Delta T = T_{\text{impulsión}} - T_{\text{retorno}} = 5 \text{ a } 10 \text{ K para el suelo radiante}$$

$$\Delta T = T_{\text{impulsión}} - T_{\text{retorno}} = 15 \text{ a } 20 \text{ K para radiadores}$$

El caudal de las instalaciones se calcula en base al salto térmico de las mismas, según la conocida ecuación:

$$Q(l/h) = \frac{P(kcal/h)}{\Delta T}$$

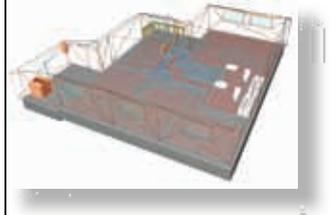
Ya que la potencia requerida en la instalación depende principalmente de la demanda del edificio, y es igual para ambos sistemas, la diferencia en el caudal en los sistemas radiantes con respecto a los radiadores depende de este salto térmico.

Reducir a la mitad el salto térmico, supone multiplicar por dos el caudal necesario para aportar la misma potencia. Si suponemos una instalación con 10 kW de potencia instalada y calculamos el caudal en el caso de una instalación con radiadores y otra de suelo radiante podemos ver la diferencia:

$$\text{Instalación con radiadores } (\Delta T=15K) \quad Q(l/h)= 573 \text{ l/h}$$

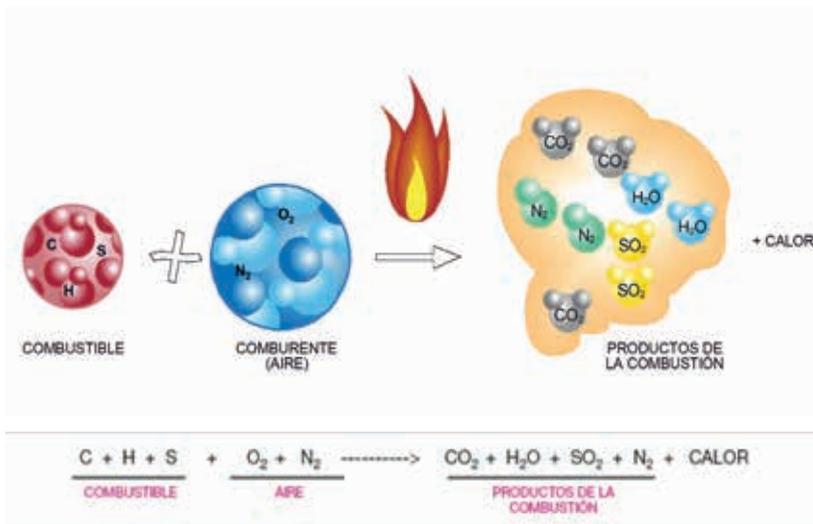
$$\text{Instalación con suelo radiante } (\Delta T=7K) \quad Q(l/h)= 1228 \text{ l/h}$$

Estos dos parámetros, temperatura de trabajo y caudal son importantes a la hora de analizar el comportamiento de los diferentes generadores de calor cuando trabajan con instalaciones de suelo radiante.



4.1. CALDERAS DE GAS

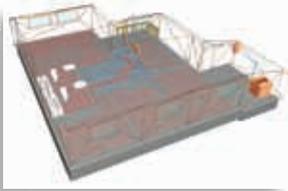
Cuando hablamos de calderas de calefacción, sea cual sea el combustible que utilicen, hay que tener muy en cuenta la temperatura de trabajo. En las calderas de calefacción se utiliza la combustión para generar calor. Cuando quemamos cualquier tipo de combustible (gas, gasóleo o biomasa) dentro del humo que se produce aparece vapor de agua.



El vapor de agua del humo de las calderas determina en gran medida el posible funcionamiento de la caldera y más en concreto la temperatura de trabajo de la misma. Si la caldera trabaja a temperaturas bajas, el vapor de agua puede condensarse en forma de agua líquida y si la caldera no está preparada para esto puede sufrir graves averías.

Por esta razón, una de las formas más habituales de clasificar las calderas es según su temperatura de trabajo (Directiva 92/42/CE):

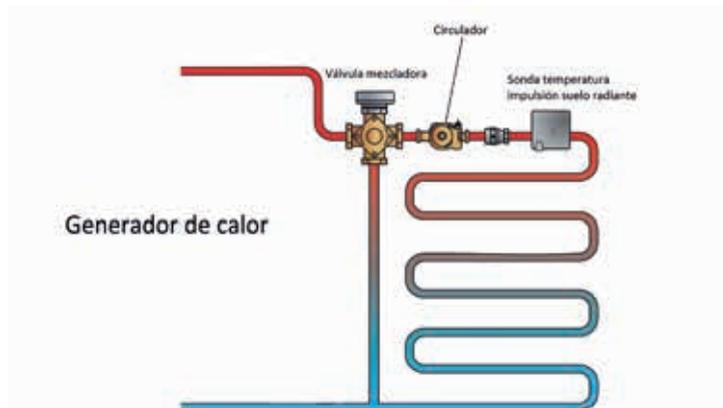
TIPO DE CALDERA	TEMPERATURA MEDIA
Estándar	≥50°C
Baja temperatura	≥40°C
Condensación	30°C (en realidad no hay límite)



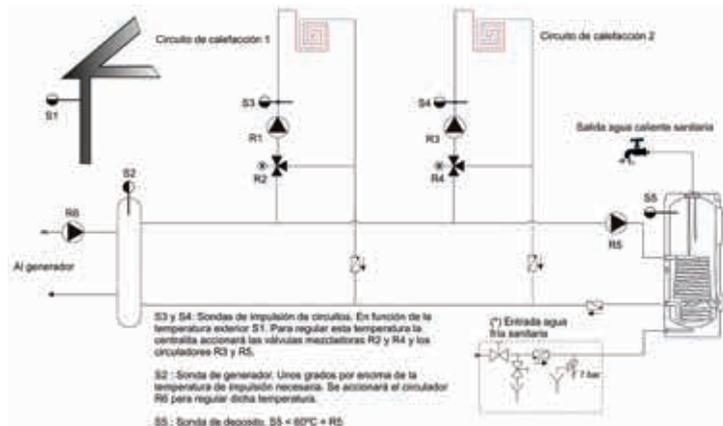
Guía de suelo radiante

Esto nos obliga a trabajar con temperaturas altas en el caso de calderas estándar y de baja temperatura. Lo habitual es trabajar a unos 80°C en calderas Estándar y a unos 70°C en el caso de las calderas de baja temperatura.

Teniendo en cuenta la temperatura de trabajo de las instalaciones de suelo radiante, está claro que en el caso de las calderas de Estándar e incluso con las de Baja temperatura necesitamos tener una temperatura de caldera superior a la temperatura de impulsión al suelo radiante. Para solucionar esta diferencia, tendremos que utilizar esquemas en los que una válvula mezcladora en cada circuito de calefacción mezcle parte del caudal de la caldera con el retorno de la propia instalación para conseguir la temperatura de impulsión requerida y siempre menor que la de la caldera.



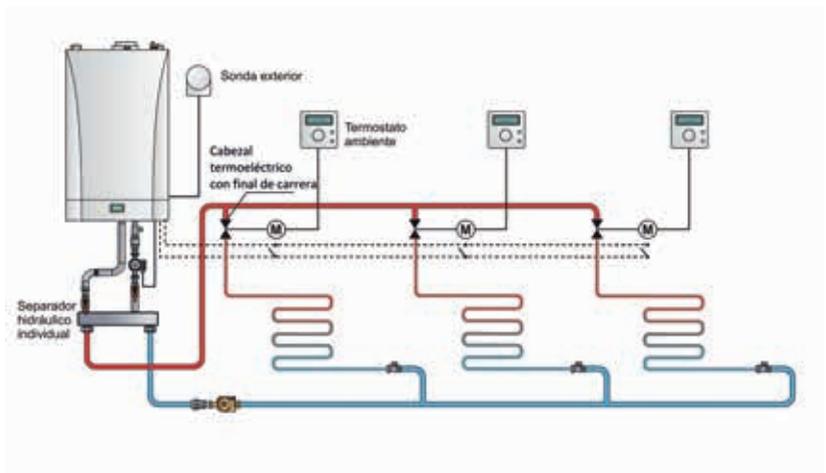
Si tenemos varios circuitos de calefacción, que pueden funcionar a diferentes temperaturas o con diferentes horarios, tendremos que repetir el circuito con válvula mezcladora en cada uno de ellos.



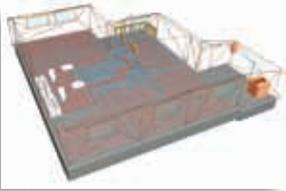


En el caso del gas como combustible existen todo tipos de calderas, de alta o de baja temperatura, de bajo NOX, de condensación, etc. Pero desde la entrada en vigor del reglamento Europeo Ecodiseño (ErP) todas las calderas de gas de menos de 400 kW deben ser de condensación. Las calderas de condensación no tienen ninguna exigencia en cuanto a temperatura de trabajo, por lo que se puede trabajar con ellas para que produzcan directamente la temperatura necesaria para el suelo radiante en cada momento.

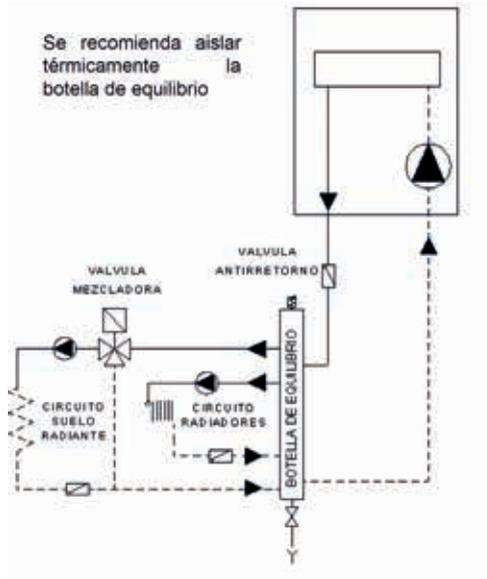
En el caso de calderas de condensación no es necesaria la instalación de válvulas mezcladoras, la caldera de condensación trabajará a la temperatura requerida en cada momento. Se pueden instalar termostatos ambiente en diferentes zonas que actuarán sobre válvulas de zona. Se utilizarán los finales de carrera de cada una de estas válvulas o cualquier tipo de centralita de control para controlar la demanda de la caldera. Si todas las válvulas están cerradas la caldera se apaga, pero en el momento que una sola zona abra, se conecta la demanda en la caldera.



Como ya hemos indicado, un aspecto muy a tener en cuenta es el caudal de la instalación. En el caso del suelo radiante el caudal es elevado. Las calderas individuales de gas incorporan normalmente su propia bomba circuladora, que no puede ser sustituida ni eliminada, por lo que deberá instalarse una bomba adicional para complementarla. Instalar directamente una bomba circuladora fuera de la caldera supondría tener dos bombas en serie, algo que no es nada recomendable a no ser que sean similares. Lo más adecuado es instalar una botella de equilibrado que separe hidráulicamente el circuito de la caldera del resto de la instalación.

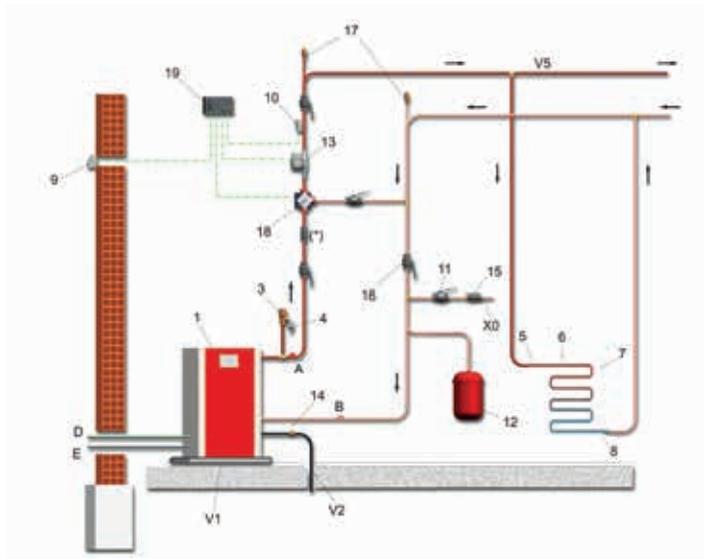


Guía de suelo radiante



4.2. CALDERAS DE GASÓLEO

En este caso, incluso después de la entrada en vigor de la ErP, siguen existiendo calderas de baja temperatura. Por lo que en este caso, siempre será necesaria la instalación de válvulas mezcladoras.



En el caso de calderas de condensación de gasóleo, el tratamiento es el mismo que indicamos para las calderas de gas.

4.3. CALDERAS DE BIOMASA

La biomasa es otro de los combustibles utilizados para la calefacción. En este caso hay que tener en cuenta varias peculiaridades derivadas de este combustible.

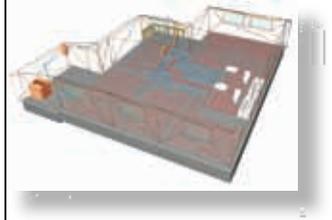
- El punto de rocío del vapor de agua de la combustión de biomasa depende en gran medida de la madera de la que esté compuesta. Pero en cualquier caso se trata de una temperatura alta, superior a la que nombramos en los casos anteriores del gas y el gasóleo, normalmente decimos que está entorno a los 60°C. Existen calderas de condensación de biomasa, pero son poco habituales. Debido a esta alta temperatura de rocío, en el caso de las calderas de biomasa hay que prestar especial atención para evitar condensaciones. Para poder hacer compatibles la calderas de biomasa con el suelo radiante, tenemos incluso que añadir sistemas anti-condensados para recalentar el retorno de la instalación antes de volver a la caldera.
- En las calderas de biomasa es difícil modular la potencia de la combustión, incluso con las calderas de pellet el ratio de modulación es muy bajo.

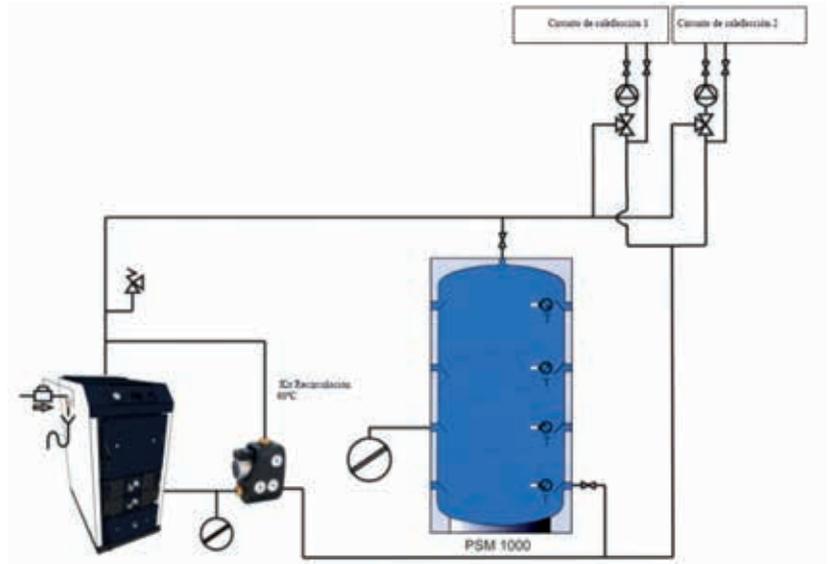
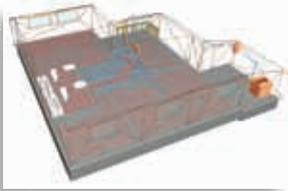
Por todo esto, en el caso de calderas de biomasa que trabajen contra un suelo radiante, lo más adecuado es instalar depósitos de inercia entre la caldera y la instalación de calefacción.

El volumen de este depósito de inercia dependerá en gran medida de la caldera y del tipo de biomasa utilizado.

En el caso de calderas de pellet, donde si podemos tener cierta modulación en la caldera y tenemos poca inercia en la combustión, los depósitos de inercia pueden ser de tan solo decenas de litros (de 100 a 200 litros).

En el caso de calderas de leña, donde la modulación es menor y además la inercia en la combustión es muy alta tenemos que instalar depósitos de inercia muy grandes (de 800 a 1500 litros).





4.4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El caso de la energía solar es completamente diferente a lo que hemos visto hasta ahora. En este caso no hay combustión, por lo que no tenemos ninguno de sus problemas.

En el caso de la energía solar hay que tener en cuenta varias cosas:

- Es una energía renovable que sólo produce calor cuando hay sol. Por lo que tiene que ser complementado con otra fuente de calor.
- La temperatura a la que se genera el calor depende de las condiciones de radiación solar. En invierno, cuando es necesaria la calefacción las temperaturas son bajas.
- Al no coincidir la generación de calor con la demanda, con la energía solar siempre se trabaja con acumulación.

El hecho de que el suelo radiante sea un sistema que trabaja a baja temperatura hace que sea el mejor sistema para el aprovechamiento de la energía solar con la calefacción.

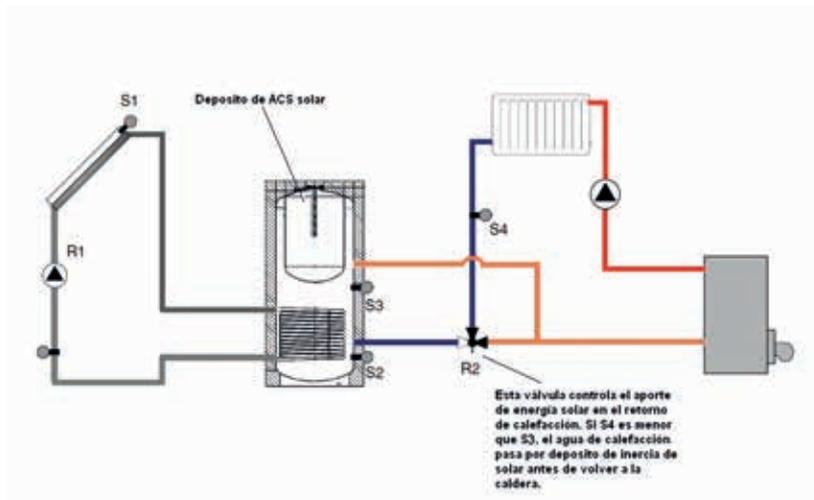
Otro aspecto muy a tener en cuenta con este sistema, es que las instalaciones de energía solar deben funcionar durante todo el año, y sobre todo hay que prestar especial atención al verano, que es lógi-

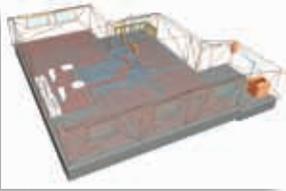


camente el momento de mayor producción. Es por eso que no existen instalaciones de energía solar exclusivamente para calefacción. Son instalaciones mixtas que normalmente producen ACS y calefacción.

Hace años, en los inicios de la energía solar térmica, era muy habitual usar dos depósitos de acumulación, uno para ACS y otro para calefacción.

Actualmente la tendencia es la de usar depósitos combinados. Se trata de depósitos de inercia, donde se introduce toda la energía solar generada. De este depósito se extrae directamente la energía para el apoyo a la calefacción y para la producción de ACS. El sistema de control de la carga de energía solar es muy sencillo, un simple control diferencial como ya hemos visto para el agua caliente. El apoyo a la calefacción normalmente se realiza por precalentamiento del agua de retorno. Otro control diferencial, mide la temperatura del retorno de la calefacción (S4), la compara con la temperatura de la zona intermedia del depósito de inercia (S3), y si es más frío el retorno que el depósito, la válvula de tres vías R2 hará que el agua del retorno de calefacción pase por el depósito antes de entrar a la caldera. De esta manera aumentará su temperatura y la caldera tendrá que aportar menos calor para volver a mandarla hacia el circuito de calefacción. De manera contraria, si la temperatura del retorno es igual o superior a la del depósito de energía solar, el agua no pasará por él, ira directamente a la caldera. De esta forma se evita calentar la acumulación solar con la caldera.





4.5. AEROTERMIA Y GEOTERMIA

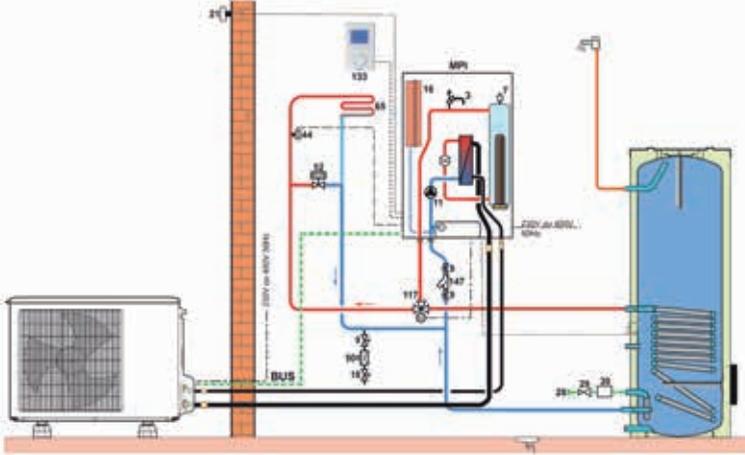
Tanto la aerotermia y la geotermia son tecnologías basadas en el uso de bombas de calor. Las bombas de calor resultan muy interesantes porque son capaces de transportar más calor que la energía eléctrica que consumen. No son generadores de calor, sólo lo transportan. Por eso, aparentemente, tienen un rendimiento superior a la unidad.

Estos equipos tienen varias cuestiones a tener en cuenta cuando se utilizan junto con sistemas de suelo radiante:

- Las bombas de calor suelen tener una temperatura de impulsión máxima de unos 60°C. Esto se debe a una limitación tecnológica debida a los refrigerantes que actualmente se utilizan. Temperaturas superiores supondrían presiones demasiado altas en el circuito del condensador.
- Las bombas de calor trabajan con saltos térmicos bajos y caudales altos.
- Las bombas de calor suelen ser reversibles, por lo que pueden dar calefacción en invierno y refrigeración en verano.

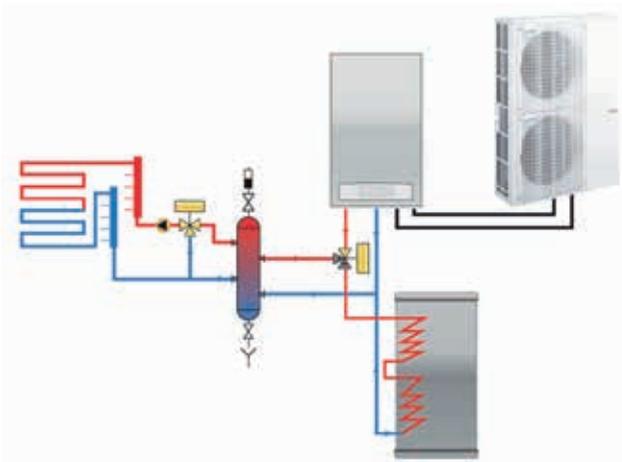
Estas dos características hacen que el suelo radiante sea un emisor perfectamente adaptado a los requerimientos de las bombas de calor. El suelo radiante es un emisor de baja temperatura, que trabaja con grandes caudales y bajo salto térmico y que además puede funcionar como sistema de refrigeración.

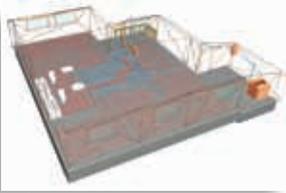
Los esquemas con bomba de calor para suelo radiante no suelen necesitar válvula mezcladora. La bomba de calor genera directamente a la temperatura necesaria para el suelo radiante.



Las bombas de calor suelen requerir de un volumen mínimo de agua en la instalación. Necesitan tener energía suficiente acumulada en la instalación del suelo radiante como para hacer desescarches lo suficientemente rápidos. Este volumen varía según los fabricantes de 3 a 5 litros por cada kW de la bomba de calor. Este volumen de agua es necesario en todas las ocasiones, de manera que hay que buscar siempre la opción más desfavorable. Si la instalación dispone de válvulas de zona, el cálculo del volumen hay que hacerlo suponiendo que sólo hay una zona abierta, la más pequeña.

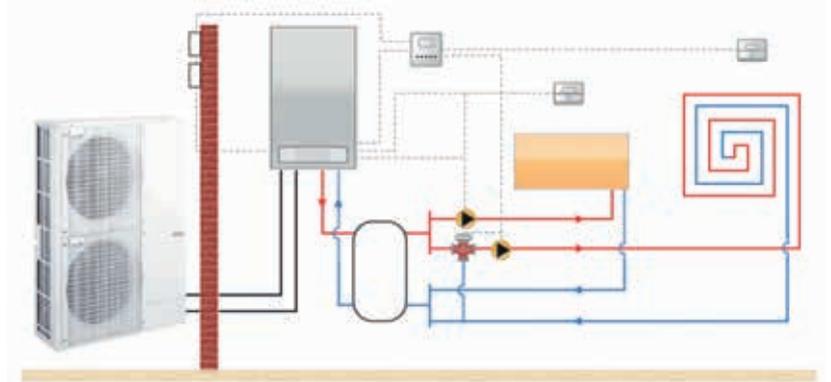
Esto nos lleva en muchas ocasiones a instalar depósitos de inercia entre la bomba de calor y el suelo radiante. Estos depósitos hacen también de botella de equilibrado que nos permite poner una bomba circuladora adaptada para el suelo radiante.





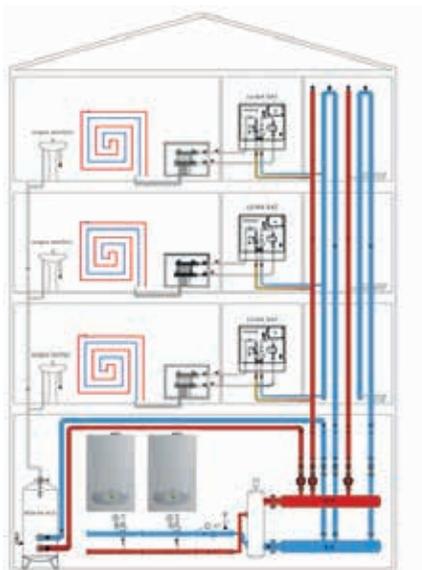
Guía de suelo radiante

Cuando utilizamos el suelo radiante como sistema de refrigeración en climas con humedades relativas altas, podemos tener problemas con las condensaciones, en ese caso es muy habitual utilizar una instalación mixta, con suelo radiante y fancoils para apoyar la refrigeración en verano.



4.6. INSTALACIONES CENTRALIZADAS

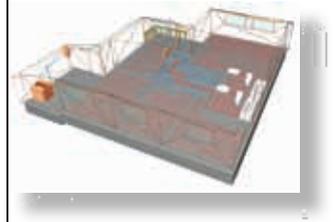
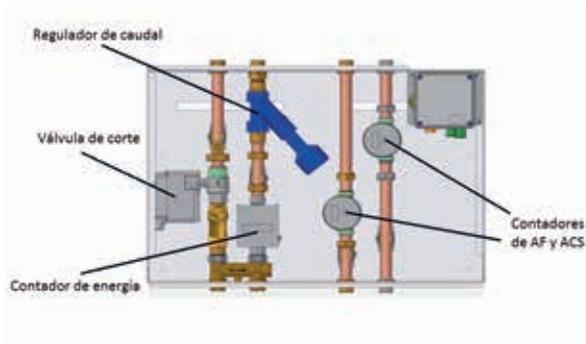
En el caso de instalaciones centralizadas, en las que el generador es común para muchos usuarios, las instalaciones de suelo radiante de cada usuario deben ser individuales. Las tuberías comunes distribuyen el calor a la temperatura adecuada en cada momento según la temperatura exterior.



Fuentes de generación. Instalaciones individuales y centralizadas

Cada usuario tiene un armario con los siguientes elementos:

- Válvula de corte para poder controlar de manera individual su instalación.
- Contador de energía, para que pague sólo la calefacción que utiliza.
- Regulador de caudal e incluso una bomba circuladora individual.



Bombas de calor

Platinum BC Plus V200

MÁXIMA EFICIENCIA
Y CONFORT DURANTE
TODO EL AÑO.



www.baxi.es



Las reducidas dimensiones de la unidad interior, sumado a un volumen de acumulación de 180 litros hacen de la Platinum BC Plus V200 la solución ideal para cualquier tipo de vivienda.

Su temperatura máxima de ida de 60°C la hace especialmente adecuada para su funcionamiento con suelo radiante.

- Inverter: ajusta la potencia a las necesidades de cada momento.
- Gran confort de ACS en el mínimo espacio.
- Sistema sobrepotenciado.
- Regulación de hasta 2 circuitos de calefacción.



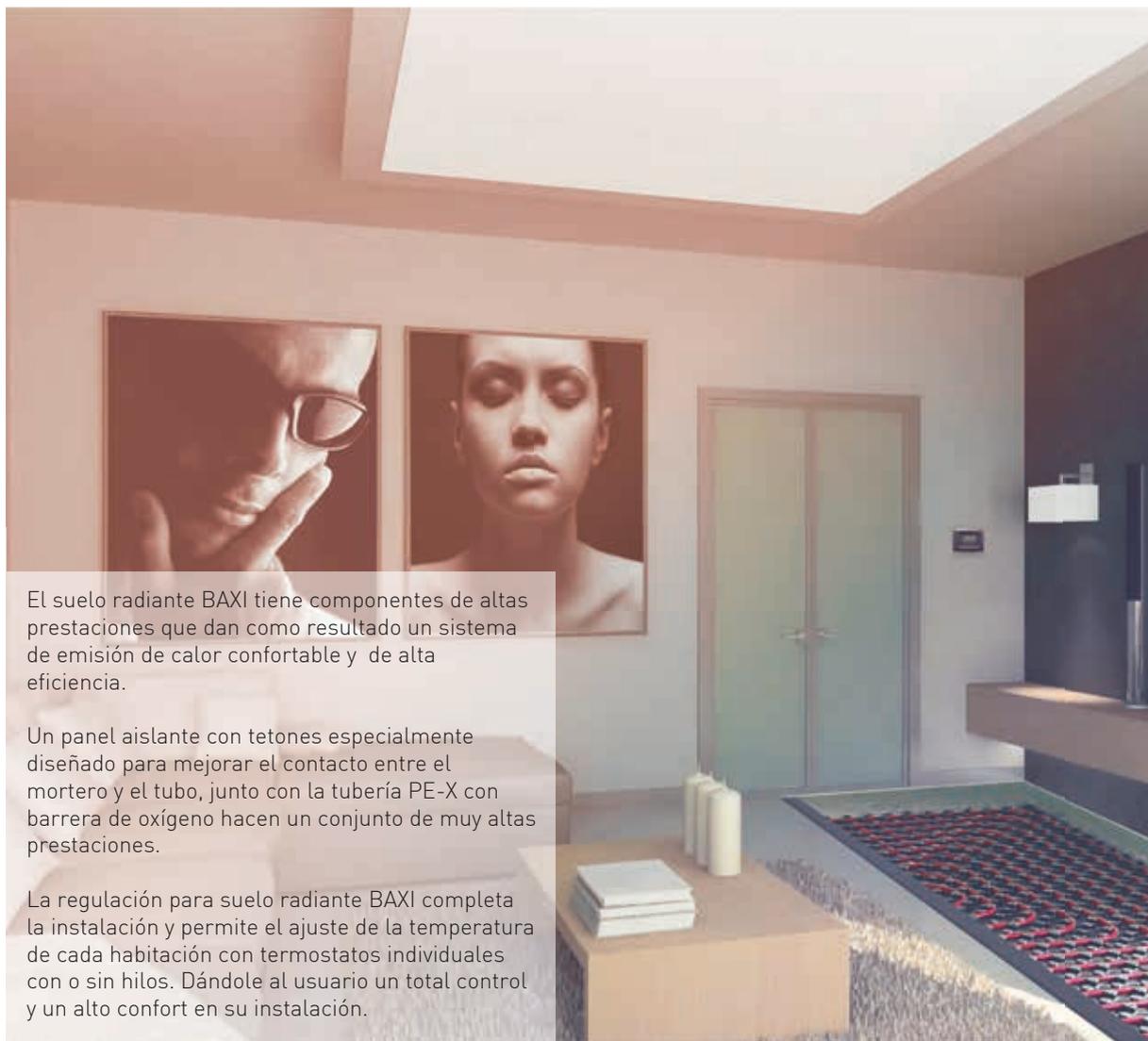
BAXI
LA NUEVA CLIMATIZACIÓN

Suelo radiante

CALIENTA EN INVIERNO,
REFRESCA EN VERANO.

El suelo radiante es el sistema de climatización oculto en el suelo con el que podrás aprovechar al máximo toda la superficie de la vivienda y mejorar la calidad del ambiente.

www.baxi.es



El suelo radiante BAXI tiene componentes de altas prestaciones que dan como resultado un sistema de emisión de calor confortable y de alta eficiencia.

Un panel aislante con tetones especialmente diseñado para mejorar el contacto entre el mortero y el tubo, junto con la tubería PE-X con barrera de oxígeno hacen un conjunto de muy altas prestaciones.

La regulación para suelo radiante BAXI completa la instalación y permite el ajuste de la temperatura de cada habitación con termostatos individuales con o sin hilos. Dándole al usuario un total control y un alto confort en su instalación.



BAXI
LA NUEVA CLIMATIZACIÓN

5 OTROS COMPONENTES



5.1. TIPOLOGÍA DE MORTEROS

Los morteros que cubren los suelos radiantes cumplen una doble función: por un lado constituyen la base estructural que soporta el pavimento y las cargas debidas al uso, y por otro son el elemento transmisor de calor entre las tuberías soterradas y el pavimento.

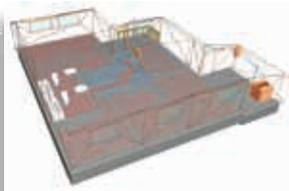
Por este motivo, los morteros son una parte esencial en las instalaciones de suelo radiante con una enorme influencia en su rendimiento, y por ello su elección debe ser acorde a las necesidades de cada caso.

En cualquier circunstancia, es necesario verificar en la ficha técnica del mortero su compatibilidad con aplicaciones de suelo radiante.

5.1.1. Conductividad térmica de los morteros

Desde el punto de vista de las aplicaciones para suelo radiante, el parámetro más significativo de los morteros es la conductividad térmica, que establece la cantidad de calor que puede atravesar el mortero (W/mK). Las conductividades de referencia indicadas por la EN-1264 son:

Difusores de aluminio	200
Difusores de Acero	52
Losa de mortero de cemento	1,2
Losa de anhidrita	1,2
Losa de Hormigón	1,9
Losa de Yeso	0,25



Guía de suelo radiante

A mayor conductividad, mayor será la facilidad con la que el calor circula y por tanto, menor la temperatura necesaria del agua en el circuito hidráulico, lo que puede suponer un gran ahorro de energía. Esto es así porque los equipos de producción de agua caliente para sistemas radiantes, ya sean calderas de condensación, bombas de calor aerotérmicas, o bombas de calor geotérmicas, mejoran su rendimiento al disminuir la temperatura de preparación del agua, lo que se traduce en una disminución del consumo de energía y del correspondiente gasto.



5.1.2. Mortero de arena y cemento

Los morteros de arena y cemento, generalmente preparados en obra, han sido los más utilizados durante años por su facilidad de preparación y acceso a los materiales que lo forman. Su utilización es apropiada para suelos radiantes siempre que le sean añadidos aditivos fluidificantes que mejoren su comportamiento térmico. Estos aditivos mejoran la fluidez de la mezcla y ayudan a su mejor aplicación. Sin llegar a ser morteros autonivelantes, los morteros de arena y cemento con aditivos permiten una fácil aplicación y su coste es bajo, dada la gran oferta que existen de este tipo de materiales.

La conductividad térmica de este tipo de morteros no suele figurar en sus fichas técnicas, por lo que para estos casos suelen emplearse los valores indicados en la EN-1264.

El vertido y nivelación de este tipo de morteros requiere la utilización de rastreles para asegurar que el espesor aplicado es homogéneo.



El espesor de la placa-mortero debe calcularse de acuerdo a las normas pertinentes y teniendo en cuenta la capacidad de carga y la fuerza de flexión. El grosor de mortero por encima de los tubos debe ser como mínimo de 30-40 mm sobre la generatriz superior del tubo, no aceptándose variaciones mayores a 1 cm (la base debe estar nivelada con anterioridad a la colocación del aislante).

En caso de morteros con áridos, estos deben tener un tamaño máximo de 1/3 de la altura de la capa de mortero por encima de los tubos. En cualquier caso, deben respetarse las condiciones de vertido y de fraguado específicas del mortero, que salvo otra indicación serán de vertido a temperatura superior a 5°C, que debe asegurarse al menos durante 3 días, según especificaciones del CTE.

Con este tipo de morteros, las temperaturas de impulsión de agua a los circuitos radiantes se sitúan alrededor de los 40-45°C (con pavimentos cerámicos y espesores de mortero de 4cm para emisiones de 80W/m²).

5.1.3. Morteros autonivelantes con base cemento o con base anhidrita

Los morteros autonivelantes tienen como característica principal una elevada fluidez que les permite ser distribuidos de manera homogénea alcanzando un alto grado de penetración en toda la placa soporte y mejorando el contacto entre la tubería y el mortero.

Muchos de estos morteros son fabricados en base cemento y áridos muy finos a los que se les añaden distintos tipos de aditivos para conseguir tiempos de fraguado menores y mejores comportamientos mecánicos.

Un tipo concreto de los morteros autonivelantes son los que emplean anhidrita en lugar de cemento.

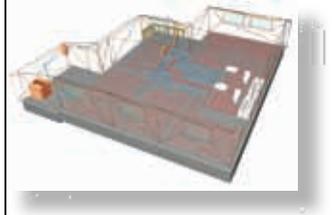
La anhidrita (sulfato cálcico) se encuentra en estado natural pero también es un subproducto de determinados procesos industriales, siendo una propiedad muy importante su baja retracción, lo que permite utilizar morteros de anhidrita para elaborar superficies de hasta 1.000m² sin juntas.

Las conductividades térmicas de este tipo de mortero mejoran respecto a los morteros de arena y cemento, alcanzando valores de hasta 2W/mK en algunos autonivelantes con base anhidrita.

Respecto a las condiciones de vertido, es necesario siempre tener en cuenta lo indicado por el fabricante del mortero, ya que suelen ser requeridos vertidos en ambientes completamente cerrados (con ventanas ya instaladas) para asegurar un correcto fraguado.

También es necesario tener en cuenta las necesidades específicas de los morteros base anhidrita respecto a la necesaria capa de imprimación previa a la colocación del mortero-cola para la fijación del pavimento.

Con este tipo de morteros, las temperaturas de impulsión de agua a los circuitos radiantes se sitúan alrededor de los 35-40°C (con pavimentos cerámicos y espesores de mortero de 3-4cm para emisiones de 80W/m²)



5.1.4. Mortero semi-seco

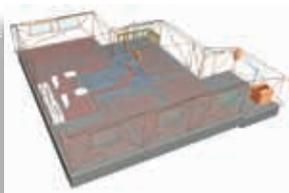
El mortero seco es una mezcla de cemento, áridos y aditivos que se prepara en fábrica y permite la construcción de losas y cubrimientos de suelos radiantes, que permiten alcanzar una buena planimetría y porosidad adecuada para un perfecto agarre.

También son compatibles con todo tipo de pavimentos como parquets, mármoles, terrazo continuo, tarimas, PVC's, linolium, resinas, autonivelantes, pavimentos cerámicos, microcementos, ejecución de pendienteado para instalación de sistemas de impermeabilización, etc.

El vertido de este tipo de morteros se realiza con el material humedecido, lo que facilita su distribución, allanamiento y nivelado, incluso permite el bombeo desde los equipos de amasado hasta los lugares de aplicación.

Como en todos los casos, es necesario respetar las condiciones de vertido del fabricante, que dadas las características de este tipo de productos, aceptan mayor tolerancia en temperaturas, tiempos y condiciones climáticas de vertido.

Las conductividades térmicas para este tipo de mortero son, salvo otras indicadas por los fabricantes, de $1,2\text{W/mK}$, por lo que las temperaturas de impulsión de agua a los circuitos radiantes se sitúan alrededor de los $40\text{-}45^\circ\text{C}$ (con pavimentos cerámicos y espesores de mortero de 4cm para emisiones de 80W/m^2).



5.1.5. Morteros sin mortero

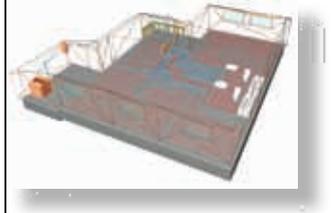
Existen soluciones constructivas que sustituyen el mortero por otros materiales con mejores prestaciones térmicas como los difusores de aluminio y los difusores de acero, por lo que las temperaturas de impulsión de agua a los circuitos radiantes se sitúan alrededor de los 30-35°C (con pavimentos cerámicos y espesores de acero de 2mm para emisiones de 80W/m²).

Este tipo de suelo radiante (tipo B según la EN 1264) también reduce considerablemente la altura y el peso del conjunto de materiales (de 7cm a 3cm y de 100 kg/m² a 20 kg/m²), lo que facilita su instalación en reforma de viviendas en altura, donde son necesarios bajos espesores las cargas estructurales pueden ser un problema para la instalación de este tipo de soluciones.

La colocación de este tipo de "mortero" se realiza en seco y es compatible con pavimentos de madera.

Para pavimentos cerámicos, es necesario la instalación de losas de yeso para pavimento, siendo en este caso necesarias temperaturas más elevadas del agua en los circuitos para alcanzar los mismos niveles de emisión.

También es necesario tener en cuenta que este tipo de "morteros" no aceptan correcciones posteriores en la nivelación, por lo que deben instalarse siempre sobre bases previamente niveladas y su colocación debe realizarse siempre en fases finales de obra, previas a la colocación de los pavimentos.



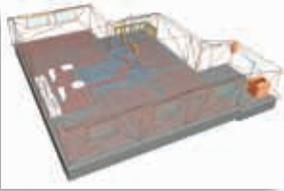
5.2. TIPOLOGÍA DE PAVIMENTOS

Los suelos radiantes emiten calor gracias a su capacidad de aumentar la temperatura superficial del suelo respecto a la del ambiente. Esta temperatura está limitada a 29°C por la norma de referencia EN-1264, temperatura con la que se pueden conseguir emisiones térmicas de hasta 100W/m² en ambientes a 21°C.

Es posible revestir el suelo radiante con cualquier material que permita alcanzar las temperaturas superficiales deseadas, siendo necesario determinar en cada caso, y en base a las conductividades de los materiales, las temperaturas necesarias de impulsión del agua a los circuitos radiantes mediante los métodos de cálculo propuestos por la norma.

Según la EN 1264, las resistencias térmicas de los pavimentos varían entre los siguientes valores:

Cerámicos o de piedra	0.02-0.05 m ² K/W según espesor
Sintéticos	0.10-0.2 m ² K/W según espesor
Maderas	0.15-0.2 m ² K/W según espesor



Guía de suelo radiante

Así, desde el punto de vista de la calefacción, tienen un mejor comportamiento térmico los pavimentos con menores resistencias térmicas, como los de piedra o cerámicos.

Esto significa que, si bien los de mayores resistencias pueden alcanzar los mismos niveles de emisión térmica necesitarán mayores temperaturas de impulsión de agua y requerirán por tanto un mayor consumo de energía,

Para instalaciones de suelo radiante refrigerante, sin embargo, solo serían recomendables los pavimentos cerámicos de baja resistencia, al no ser técnicamente posible disminuir la temperatura del agua a riesgo de formar condensados bajo el pavimento.

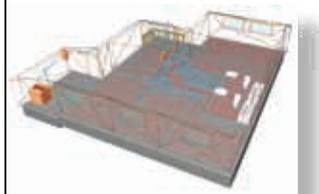
En cualquier caso, debe prestarse atención a las especificaciones técnicas del fabricante del pavimento en cuanto a condiciones de instalación y límites de trabajo.

5.2.1. Combinación de diferentes tipos de pavimentos

Los sistemas de suelo radiante suelen trabajar con un único sistema de impulsión de agua a la misma temperatura, de modo que todas las dependencias reciben agua en las mismas condiciones.

Cuando todos los pavimentos son iguales, las condiciones de trabajo son las mismas para todas las dependencias, por lo que únicamente es necesario ajustar los caudales de agua para acercar los valores de emisión térmica a los de la demanda

Temperatura de impulsión:	38,6 °C			
Temperatura ambiente:	21°C			
Zona	Pavimento	Paso	Temperatura superficial	Emisión térmica en W/m ²
Zona 1	Cerámica (máx 10 mm)	15	27,4	83
Zona 2	Cerámica (máx 10 mm)	15	27,4	83
Zona 3	Cerámica (máx 10 mm)	15	27,4	83



En el caso muy habitual de que coexistan diferentes tipos de pavimentos, cerámica en cocina y cuartos húmedos y madera en zonas nobles, por ejemplo, puede darse la siguiente situación:

Temperatura de impulsión:	52°C			
Temperatura ambiente:	21°C			
Zona	Pavimento	Paso	Temperatura superficial	Emisión térmica en W/m ²
Zona 1	Cerámica (máx 10 mm)	15	33,1	155
Zona 2	Parquet (máx 10 mm)	15	30,3	119
Zona 3	Moqueta (máx 7 mm)	15	27,4	83

Para alcanzar la emisión térmica de 83W, es necesario aumentar la temperatura del agua hasta 52°C, lo que implica un aumento de la emisión en el resto de zonas, con pavimentos mejor conductores del calor, lo que puede suponer que alcancen o superen el límite de 29°C establecido por la norma para la temperatura superficial.

Por ello debe preverse la influencia del pavimento en la emisión de calor y debe modificarse el diseño de la instalación para asegurar la emisión en los locales con pavimentos aislantes, sin superar la temperatura límite en los locales con pavimentos con mejor conductividad.

Temperatura de impulsión:	49,5°C			
Temperatura ambiente:	21°C			
Zona	Pavimento	Paso	Temperatura superficial	Emisión térmica en W/m ²
Zona 1	Cerámica (máx 10 mm)	30	28,2	92
Zona 2	Parquet (máx 10 mm)	20	28,5	96
Zona 3	Moqueta (máx 7 mm)	10	27,4	83

Para ello, y como muestra este ejemplo, será necesario incluso modificar la separación entre tuberías en cada zona, a fin de conseguir una emisión y una temperatura superficial ponderada.

En algunos casos incluso, si el tamaño del proyecto lo permite, puede ser recomendable plantear un diseño con dos o más temperaturas de trabajo, una para cada tipo de pavimento.

5.3. JUNTAS DE DILATACIÓN

La losa de mortero para suelo radiante destinada a ser recubierta por pavimentos de piedra o cerámicos, debe estar formada por piezas de hasta 40m² con una longitud máxima de 8m. En habitaciones rectangulares estas dimensiones pueden aumentarse manteniendo una relación entre lados de 2:1. Cualquier área irregular debe tener uniones, a fin de estar formada por áreas rectangulares como las indicadas anteriormente. En estas juntas se prepararán antes del vertido del mortero y estarán formadas por un material elástico.

Cuando estas juntas de dilatación coincidan con las del edificio, el material elástico debe instalarse desde la base (o superficie del panel) hasta la superficie, interrumpiendo el panel aislante, el mortero y el pavimento.

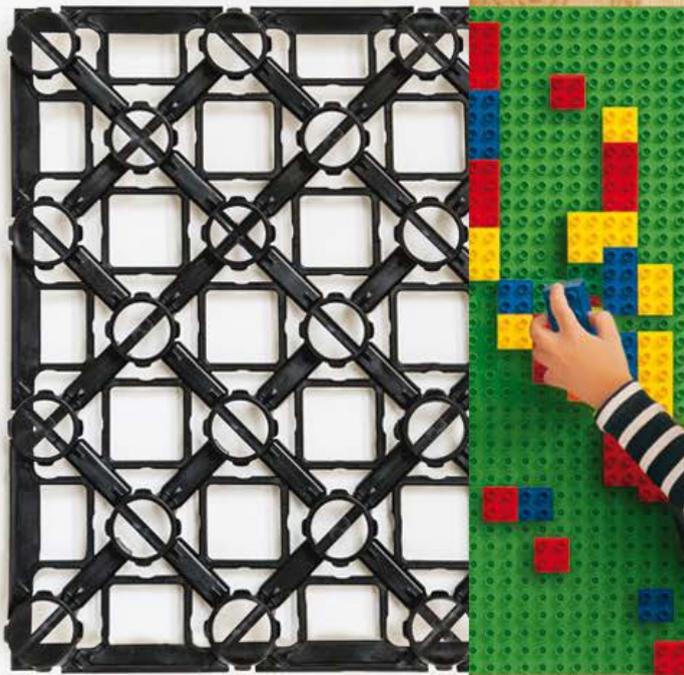
Tanto las juntas de dilatación como las de movimiento, así como la junta perimetral solo deben ser atravesadas por tubos de ida y retorno (no de circuito en espiral, por ejemplo), por lo que el diseño de los circuitos debe llevarse a cabo de acuerdo con el de juntas de dilatación. Estas tuberías deberán ser protegidas por una vaina de 30 cm de longitud.

Las juntas de contracción inducida o de asentamiento pueden realizarse mediante corte del mortero a profundidad 1/3 del espesor de la losa por encima del tubo. En la medida de lo posible estas juntas partirán de las pilastras o chimeneas, en las puertas y pasillos, y en cualquier punto donde aumente o se reduzca la superficie radiante.

La tubería debe protegerse con una vaina (corrugado) de 30cm de longitud cuando atraviere juntas de dilatación o juntas de ruptura. Esta vaina debe evitar el contacto de la tubería con el mortero a 15 cm a cada lado de la junta.



A piece of life



GIACOMINI SPYDER, PARA INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE

EL SISTEMA RADIANTE, FÁCIL DE INSTALAR, INCLUSO EN REHABILITACIONES



Una solución flexible, práctica e innovadora que entra a formar parte de la gamma Giacomini, un mundo hecho mediante investigación e innovación.

Gestión de la energía, sistemas radiantes, distribución de agua sanitaria y gas, energías renovables y antiincendios.

Miles de productos para hacer de tu día a día, siempre único. *Giacomini, a piece of life.*

A piece of life

TECHO RADIANTE GIACOMINI, SISTEMA GKCS YESO LAMINADO

EL SISTEMA RADIANTE POR TECHO INVISIBLE, IDEAL PARA REFORMAS Y OBRA NUEVA



El techo radiante de yeso laminado giacoklima se plantea como una solución simple, racional e innovadora para la climatización de los edificios, al objeto de satisfacer las mejores exigencias.

Un sistema que aporta ventajas basadas en una larga experiencia y del reforzado know-how de Giacomini, en realizaciones de componentes y sistemas para la distribución de calefacción y refrigeración. *Giacomini, a piece of life.*

6

REGULACIÓN Y CONTROL EN INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE



6.1. INTRODUCCIÓN

En el control y la gestión de los sistemas de climatización radiante es importante el concepto de la temperatura operativa, que depende de la temperatura interior seca del aire y de la temperatura de radiación de las superficies que rodean la estancia.

Según la norma ISO 7243, la temperatura operativa (T_o) o también conocida como temperatura real percibida, es la media aritmética entre la temperatura radiante (T_{Rad}) i la temperatura seca del aire (T_s). Esta definición solo es válida si la velocidad del aire interior del local es igual o inferior a 0,2m/s, es decir; que tiende a cero.

Donde:

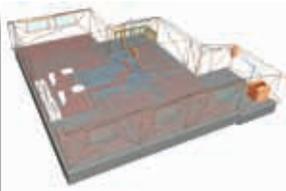
T_o : Temperatura operativa [$^{\circ}C$]

T_s : Temperatura seca de diseño [$^{\circ}C$]

T_{rad} : Temperatura media radiante [$^{\circ}C$]

En sistemas radiantes esta temperatura es muy importante, debido a que la temperatura en suelo no es tan alta, la normativa la limita a un máximo de $29^{\circ}C$, siendo lo habitual en los primeros días después de funcionamiento trabajar con temperaturas comprendidas entre $22-26^{\circ}$ para evitar fisuras en la capa de mortero. Por lo tanto, en este caso no se puede afirmar que la temperatura seca del aire del local sea la misma que la temperatura operativa.

En referencia a la regulación de las instalaciones de suelo radiante, hay que tener un buen control de la temperatura seca del aire (o temperatura ambiente) en función de la temperatura operativa deseada según regula el CTE.



Guía de suelo radiante

Verano: Temperatura operativa de 24°C y humedad relativa de 55% o
Temperatura operativa de 25°C y humedad relativa de 50%

Invierno: Temperatura operativa de 21°C y humedad relativa de 50%.

6.2. CALEFACCIÓN

6.2.1. Temperatura de impulsión

Para una buena gestión de la temperatura de impulsión en el suelo radiante debemos tener clara la demanda térmica del local, la temperatura interior de diseño y el coeficiente de transmisión térmica. De esta manera y teniendo en cuenta también el salto térmico fijado entre la impulsión y el retorno de agua en 10°C, definiremos la temperatura media del agua en las tuberías emisoras, de la siguiente manera:

$$Q = U (T_{ma} - T_i) S$$

Dónde:

U: coeficiente de transmisión térmica [W/m² °C]

T_{ma}: temperatura media de agua de las tuberías emisoras [°C]

T_i: temperatura interior de diseño [°C]

S: Superficie [m²]

Q: demanda térmica del local [W]

6.2.2. Temperatura ambiente

La finalidad de los termostatos ambientes no es otra que mediante una acción todo o nada regular la temperatura interior de cada una de las zonas. Estos termostatos trabajan o bien por dilatación de un sólido o bien por la variación de una resistencia eléctrica. El valor que detecta este control en cada momento se compara con un valor definido como 'consigna' y acciona el contacto eléctrico si es necesario.

A su vez, si el control seleccionado se trata de sistemas del tipo BUS, el termostato ambiente envía constantemente información a la centralita de control, de manera que cuando se hayan alcanzado las temperaturas de consigna fijadas en los termostatos ambiente, el re-



gulator actúe sobre el productor de energía, y sobre los elementos del circuito secundario como circuladoras, válvula de 3 vías, y efectúe las maniobras en ellos para dejarlos en modo reposo.

El contacto seco del que dispone cada termostato ambiente, actuará todo/nada sobre el cabezal eléctrico de cada vía del colector que este asignada con esa zona.

A continuación se muestran dos esquemas posibles de control para modos de calefacción:

1. El termostato de zona actúa directamente sobre el cabezal electrotermico asignado, a su vez, envía una lectura de datos a la centralita de control y esta interviene de ser necesario en enviar la información necesaria para que el equipo productor de energía modifique la temperatura de impulsión.

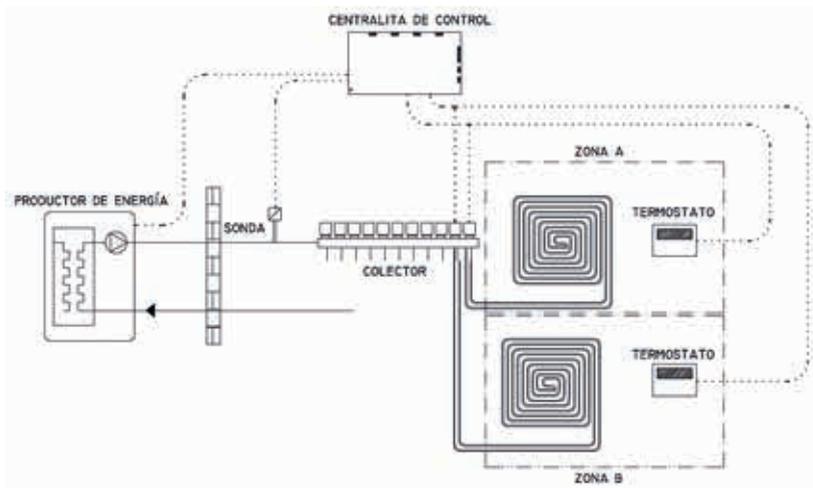


Figura 6.1. Representación de termostatos de zona actuando sobre los cabezales y enviando información a la central de control para gestión de la producción y temperatura de agua.

2. En este otro caso, de igual modo, los termostatos actúan directamente sobre el cabezal electrotermico asignado, a su vez, envían una lectura de datos a la centralita de control y esta interviene de ser necesario en actuar sobre una válvula de tres vías colocada entre la impulsión y el retorno de agua. De esta manera, el equipo productor de agua trabajará a punto fijo y se gestionará la temperatura de impulsión a los circuitos mediante la temperatura del agua de retorno.

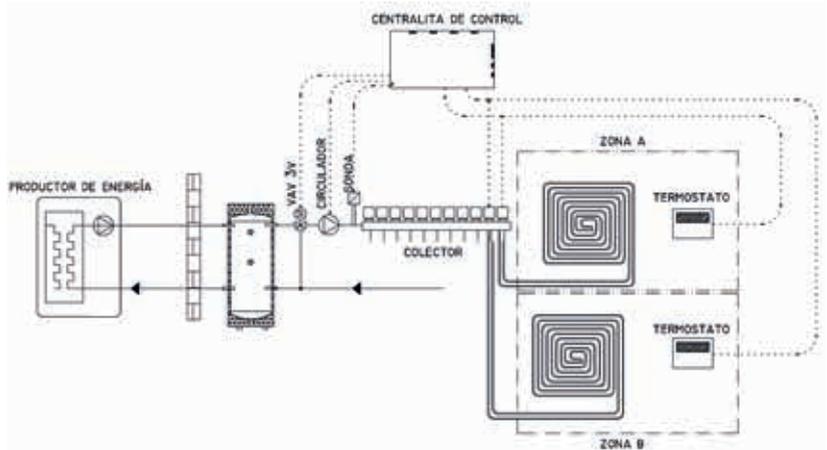
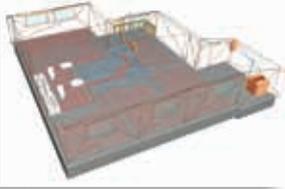


Figura 6.2. Representación de termostatos de zona actuando sobre los cabezales y enviando información a la central de control para gestión de la temperatura de agua a través de válvula de 3 vías.

3. Otra de las posibilidades, que además es la más comúnmente utilizada dado de la simplicidad de control que requiere y que es capaz de controlar de manera más eficiente el confort adaptativo en función de las condiciones climatológicas, es el que se muestra a continuación, compartiendo el mismo criterio que los anteriores pero supeditando el control de la temperatura de agua en función de una curva de trabajo marcada por la combinación de las lecturas de temperatura de exterior e interior y adecuando la temperatura de impulsión de agua mediante válvulas de 3 vías o directamente al productor de energía.

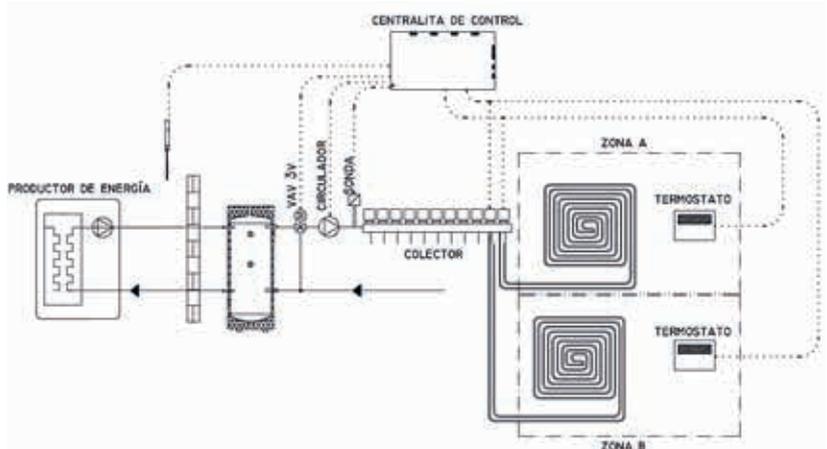


Figura 6.3. . Representación de termostatos de zona actuando sobre los cabezales y enviando información a la central de control para en función de la temperatura exterior actuar sobre la valvula de 3 vías o productor y modificar así la temperatura de agua.



6.3. CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

Cuando nos encontramos con una instalación de suelo radiante que va a funcionar en invierno (modo calor) y en verano (modo refrigeración), también hay que tener un control de las distintas temperaturas comentadas en el apartado anterior. Pero en relación al funcionamiento del suelo radiante en modo refrigeración, además hay que controlar y regular la humedad. Este punto es muy importante y va directamente relacionado con la temperatura de impulsión del agua para evitar condensaciones dentro del local.

Los sistemas radiantes en frío deben garantizar un estricto control de la humedad, que garantice no solo que el sistema no llegue al punto de rocío, sino que en lugar de subir la temperatura del agua de impulsión, pueda mantenerla o incluso bajarla para no perder potencia de enfriamiento. Esto implica, según la zona climática, contar con un sistema de deshumidificación que permita modificar la humedad del aire interior.

Es imprescindible que este sistema de deshumidificación se gestione de manera conjunta con el sistema de suelo radiante y que permita garantizar la correcta gestión de la humedad y la temperatura de las superficies de las distintas estancias en una misma vivienda, ya que en diferentes estancias pueden darse condiciones de humedad muy diferentes al mismo tiempo.

Los sistemas de control más avanzados calculan de forma permanente el punto de rocío en cada estancia. A partir de esta situación el sistema gestiona de forma local (estancia por estancia) las temperaturas de impulsión, la humedad relativa, la humedad absoluta y los caudales del fluido calorportador, llegando a cerrar circuitos en una determinada estancia en caso de que los parámetros se salgan del rango (por ejemplo por una ducha, por una ventana abierta, ...), sin impedir que el sistema continúe funcionando en el resto de la vivienda.

Hay dos formas distintas de controlar la humedad interior de un local: definiendo como variable de control la humedad relativa o definiendo como variable de control la humedad absoluta.

En primer lugar, en un control mediante la consigna de la humedad relativa, el punto de rocío depende de la temperatura del local; ya que si ésta sube manteniendo la misma humedad relativa, el punto de rocío también. Si por ejemplo se define un valor límite del 55% de



Guía de suelo radiante

humedad relativa, en condiciones de temperatura del aire seco interior de 25°C (dónde la humedad absoluta es de 10,9gr de H₂O/kg de aire) el punto de rocío será de 15,4°C, pudiendo enfriar la superficie radiante cerca de 15°C y obteniendo un buen rendimiento. Pero en el momento que la temperatura del aire seco interior del local aumente, también aumentará la temperatura del punto de rocío y como consecuencia dado que el sistema detectara que está dentro de su rango del 55% de humedad relativa, no disparara el sistema por emergencia y aparecerán condensaciones. Siguiendo con el ejemplo, en el momento que la temperatura interior seca del local se incrementa hasta 30°C manteniendo la humedad relativa a 55%, la temperatura del punto de rocío asciende hasta los 20°C y por lo tanto la temperatura mínima superficial pasará a ser también de 20°C con lo que las condensaciones serían muy notables.

En la siguiente figura está representado el diagrama psicrométrico dónde se pueden apreciar tres puntos: punto 1 (25°C y 55% HR), punto 2 (30°C y 55% HR) y punto 3 (35°C y 55% HR). Los tres puntos coinciden en tener la misma humedad relativa del 55% pero no la misma temperatura seca y como consecuencia la humedad absoluta y punto de rocío es totalmente distinto entre ellas. Esta es la situación de un sistema de control de la deshumidificación basado en la humedad relativa. Limitando la humedad relativa en el 55%, implica que la humedad absoluta es mayor cuanto mayor es la temperatura del aire interior del local.

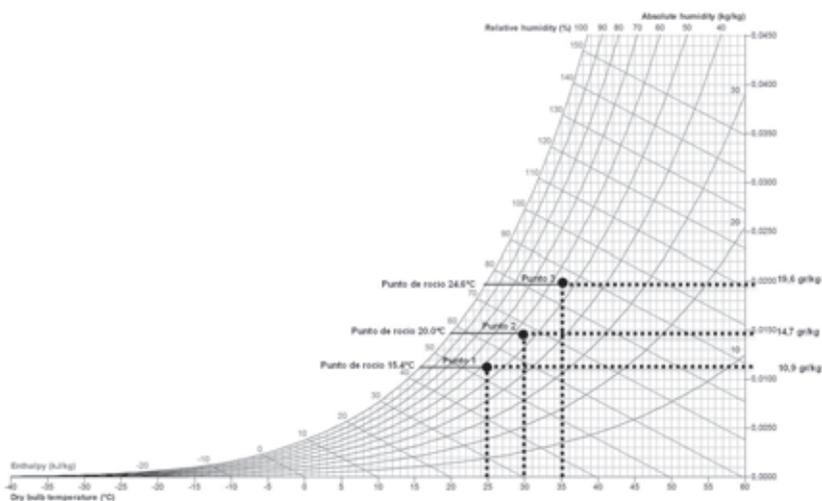


Figura 6.4. Representación de un sistema de control basado en la humedad relativa

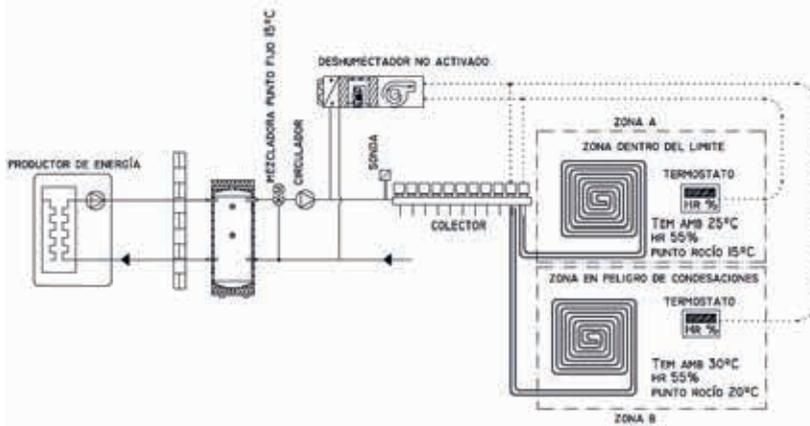
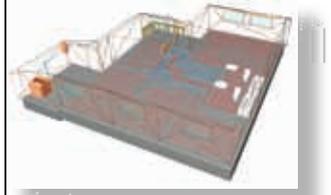


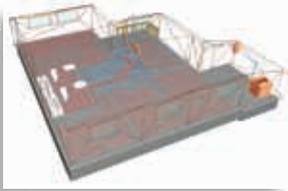
Figura 6.5. Representación de sistema de control por humedad relativa a deshumectación y mezcladora a punto fijo.

En cambio, definiendo como variable de control de la humedad el valor de la humedad absoluta, en lugar de la humedad relativa, se puede asegurar el mantener siempre el mínimo punto de rocío establecido porque la variación de temperatura dentro del local no afecta a la humedad absoluta (porque es la misma) y por lo tanto la temperatura del punto de rocío es siempre será siempre la misma.

La humedad absoluta juega un papel muy importante en estos sistemas de control, ya que ésta variable es la que define el punto de rocío y consecuentemente la misma temperatura del agua de impulsión del sistema de suelo radiante. Si queremos disponer de un sistema de climatización radiante que ofrezca el máximo rendimiento en modo frío, es importante que el sistema de control utilizado controle y limite la humedad absoluta.

Por ejemplo, en el caso de un sistema de control de la humedad absoluta, asumiendo como valor máximo permitido de humedad los 11gr de H₂O/kg de aire, aunque la temperatura del aire oscile de 25°C a 35°C (por ejemplo), el punto de rocío siempre se mantiene a 15°C. Por lo tanto la temperatura radiante superficial podrá ser cercana a los 15°C obteniendo un rendimiento térmico elevado.

En la siguiente figura está representado el diagrama psicrométrico dónde se pueden apreciar tres puntos: punto 1 (25°C y 55% HR), punto 2 (30°C y 40% HR) y punto 3 (35°C y 30% HR). Los tres puntos coinciden en tener la misma humedad absoluta de 11gr de H₂O/kg de aire. Esta es la situación de un sistema de control de la deshumidificación ba-



Guía de suelo radiante

sado en la humedad absoluta. Limitando la humedad en el aire de 10,9gr de H₂O/kg de aire, aunque la temperatura del aire incremente (como se puede ver en los tres puntos del diagrama) el sistema de control siempre mantendrá la temperatura del punto de rocío a 15°C, pudiendo enfriar siempre la superficie radiante hasta 15°C.

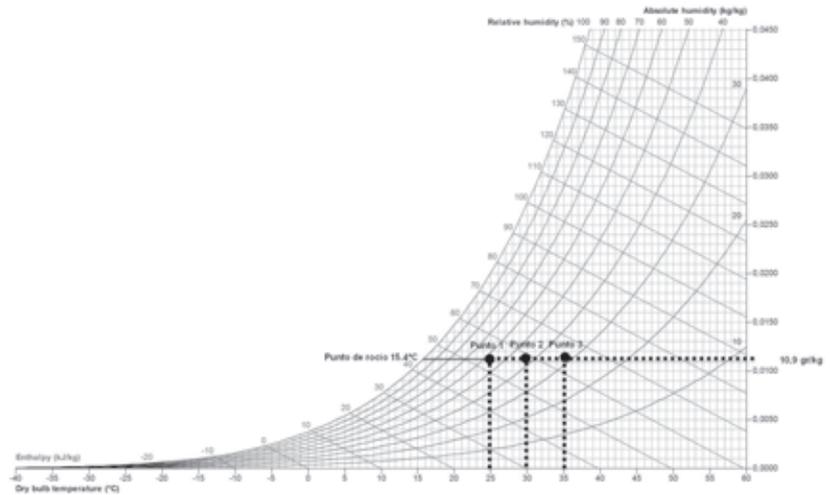


Figura 6.6. Representación de un sistema de control basado en la humedad absoluta

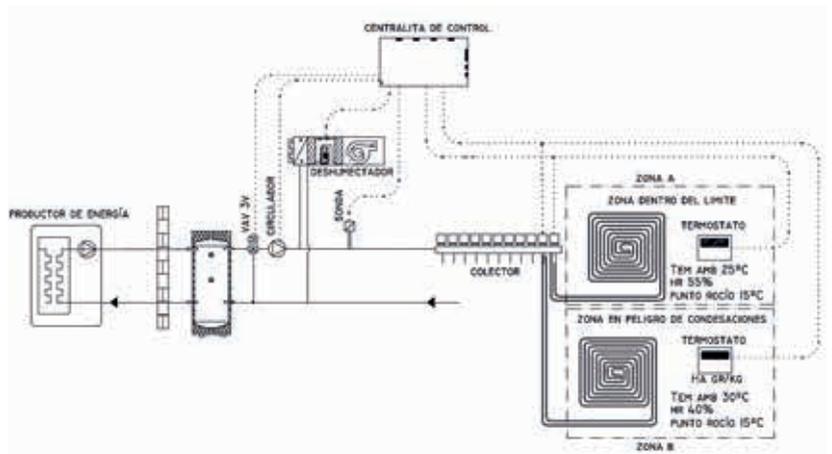


Figura 6.7. Representación de sistema de control por humedad absoluta con deshumectación, centralita de control y válvula de 3 vías controlada por la centralita en función del punto de rocío elaborado por cada termostato de control por humedad absoluta de cada zona.



deshumidificar el aire interior de una estancia podría ser suficiente utilizar los sistemas clásicos como los fancoils o los climatizadores, pero no es éste precisamente el sistema idóneo para trabajar con climatización radiante.

Los sistemas como climatizadores o fancoils además de deshumidificar, es decir de reducir la carga latente del local, también ofrecen una carga sensible de enfriamiento. Esto significa que también están reduciendo la temperatura interior del aire, desfavoreciendo el rendimiento del sistema radiante y alejándose de la situación de confort humano.

El sistema ideal para la deshumidificación en sistema de climatización radiante es la deshumidificación isotérmica. Se trata de reducir la humedad absoluta del ambiente sin alterar directamente la temperatura sensible del aire interior del local. De esta forma, es el sistema radiante el que trabaja sobre la temperatura sensible.

En la siguiente figura se puede ver un esquema del principio de funcionamiento de la deshumidificación isotérmica dónde en la parte derecha hay dibujado el proceso de deshumidificación isotérmica en un diagrama psicrométrico que viene esquematizado en la parte izquierda de la imagen.

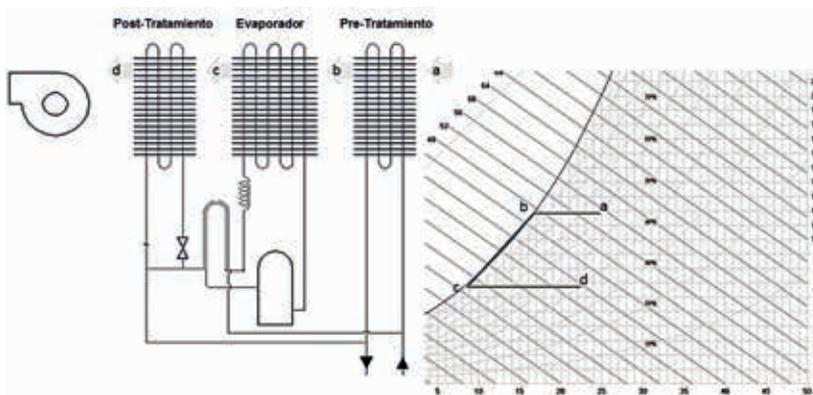


Figura 6.8. Esquemas del principio de funcionamiento de la deshumidificación isotérmica

Siempre el mejor clima para...

zehnder

always the
best climate

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, LA SALUD Y EL CONFORT

Zehnder Comfosystems ofrece soluciones y productos para la ventilación y la climatización de interiores con recuperación del calor, en construcciones nuevas y en rehabilitaciones. Adaptables a todos los proyectos y aplicaciones, a medida de todos los presupuestos y de todos los niveles de confort.

- Aire fresco y limpio sin corrientes de aire.
- Antialérgico, impide la entrada de sustancias nocivas.
- Ahorro energético de hasta el 50%.
- Recuperación del calor cercana al 95%

Más información en: T 902 111 309 www.zehnder.es



Siempre el mejor clima para...

EL CONFORT Y EL AHORRO

zehnder

always the
best climate

Zehnder Nestsystems es un **sistema de climatización radiante** de alta potencia, con tiempos de respuesta rápidos y un control excepcional. Una solución sencilla, racional, eficiente y económicamente viable, para la calefacción y la refrigeración. Instalado en el techo o en la pared, en obra nueva o en rehabilitación, en casa o en el lugar de trabajo, ofrece máximo confort todo el año, con más del 30% de ahorro.

Más sano

- No reseca el ambiente
- Sin corrientes de aire
- Sin arrastre de polvo
- Sin ruidos

Totalmente seguro

Potencias certificadas:

- EN 14037 (calefacción)
- EN 14240 (refrigeración)

Más confortable

En invierno: agradable como el calor del sol



En verano: fresco como una catedral en agosto

Menos consumo, más ahorro

- Un 36% más eficiente en invierno
- Un 28% más eficiente en verano

Más información en: T 902 111 309 www.zehnder.es

7

METODOLOGÍA Y CÁLCULOS A REALIZAR PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRIGERANTE SEGÚN LA NORMA UNE-EN 1264 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE CIRCULACIÓN DE AGUA INTEGRADOS EN SUPERFICIES



En este capítulo se vamos a describir la metodología y los cálculos a realizar para el diseño de una instalación de suelo radiante- refrigerante basándonos en la norma **UNE-EN 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies** aplicable a los sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies de viviendas, oficinas y otros edificios, cuyo uso corresponde o es similar al de los edificios de viviendas.

La norma UNE-EN 1264 se compone de cinco partes.

Parte 1: Definiciones y símbolos.

Parte 2: Suelo radiante: Métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo.

Parte 3: Dimensionamiento.

Parte 4: Instalación

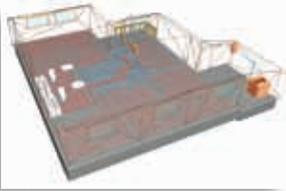
Parte 5: Suelos, techos y paredes radiantes. Determinación de la emisión térmica.

7.1. PRINCIPALES DEFINICIONES

7.1.1. Respecto a los sistemas de calefacción y refrigeración integrados en superficies

Tipos de estructuras de calefacción y refrigeración

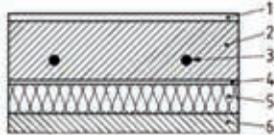
La norma distingue **sistemas con los tubos dentro del pavimento de tipo A y tipo C**, son sistemas con los tubos de calefacción/refrigeración totalmente integrados en el pavimento; **Sistemas con los tubos debajo**



Guía de suelo radiante

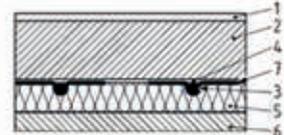
del pavimento de tipo B, son sistemas con tubos de calefacción/refrigeración situados con placas de difusión en la capa de aislamiento térmico debajo del pavimento; **Sistemas con elementos de superficie (secciones planas) tipo D**, son sistemas de placas con secciones hueca actuando como canales de agua.

Sistemas tipo A: Tubo dentro del pavimento



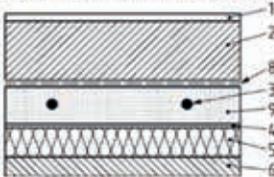
1. Recubrimiento del suelo
2. Capa de carga de peso y de difusión térmica (Pavimento)
3. Tubo de calefacción/refrigeración
4. Capa protectora
5. Capa aislante
6. Base estructural

Sistemas tipo B: Tubo debajo del pavimento



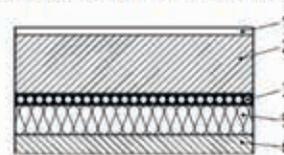
1. Recubrimiento del suelo
2. Capa de carga de peso (Madera y pavimento)
3. Tubo de calefacción/refrigeración
4. Capa protectora
5. Capa aislante
6. Base estructural
7. Dispositivo de difusión de calor

Sistemas tipo C: Tubo dentro del pavimento



1. Recubrimiento del suelo
2. Capa de carga de peso y de difusión térmica (Pavimento)
3. Tubo de calefacción/refrigeración
4. Capa protectora
5. Capa aislante
6. Base estructural
8. Doble capa separadora
9. Ajuste de pavimento

Sistemas tipo D: Sistemas con sección plana

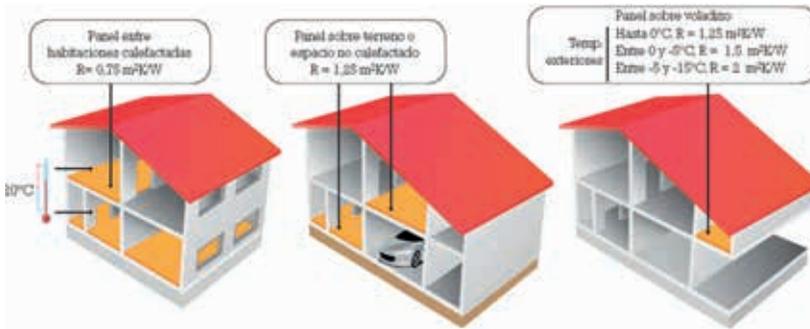
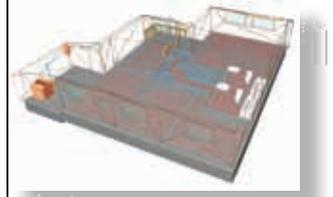


1. Recubrimiento del suelo
2. Capa de carga de peso y de difusión térmica (Pavimento)
3. Elemento de superficie
5. Capa aislante
6. Base estructural

Sistema de aislamiento

Aislamiento con la resistencia térmica $R_{\lambda, ins}$ para limitar la pérdida de calor de los sistemas de calefacción y refrigeración.

La resistencia a la conducción de calor mínima de las capas aislantes del sistema, por debajo de los tubos de los sistemas de calefacción refrigeración viene determinada en la tabla 1 de la Norma EN 1264-4:2009 en función del espacio a calefactar/refrigerar.



7.1.2. Respecto a los parámetros de diseño

- **Carga térmica estándar en una sala calentada por el suelo, $Q_{N, f}$:** Valor de la pérdida térmica del edificio hacia el medio ambiente exterior y a las salas colindantes bajo condiciones normalizadas, dependiendo de los datos climáticos regionales, la localización, su uso y las propiedades térmicas del edificio.
- **Carga de refrigeración estándar, $Q_{c, f}$:** Valor del consumo calorífico dentro del edificio desde el exterior y las salas colindantes bajo condiciones estandarizadas y dependiendo de los datos climáticos regionales, su uso y las características térmicas del edificio.
- **Superficie de calefacción/refrigeración, A_f :** Área de la superficie cubierta por el sistema de calefacción o refrigeración, incluyendo las bandas perimétricas cuyo ancho puede ser la mitad de un espacio pero no pueden exceder de 0,150 m.
- **Zona periférica, A_R :** Superficie del suelo calentada a una temperatura más alta y generalmente un área de 1,0 m máximo de ancho a lo largo de las paredes exteriores
- **Zona ocupada A_A :** Zona dentro de la superficie calentada o refrigerada ocupada por largos periodos
- **Temperatura ambiente interior estándar, λ_i :** Temperatura ambiente interior resultante definida como el promedio de la temperatura de aire seco y la temperatura radiante media.
- **Punto de rocío de diseño $\lambda_{p,des}$:** Punto de rocío determinado para el diseño.



7.1.3. Respetto a la potencia térmica

- **Potencia térmica específica de los sistemas de calefacción por suelo radiante, q :** Potencia térmica de los sistemas de calefacción por suelo radiante dividida por la superficie
- **Límite de la potencia térmica específica de los sistemas de calefacción por suelo radiante, q_G :** Potencia térmica específica a la que se alcanza la temperatura máxima permitida de la superficie del suelo.
- **Potencia térmica estándar de los sistemas de calefacción por suelo radiante q_N :** Límite de la potencia térmica específica de los sistemas de calefacción por suelo radiante alcanzada sin pavimento
- **Valor de diseño de la potencia térmica específica de los sistemas de calefacción por suelo radiante q_{des} :** La cantidad debida a la sala, calculada con la carga de calor estándar, dividida por la superficie de suelo total de la sala.

7.1.4. Respetto a la temperatura de superficie

- **Máxima temperatura de la superficie del suelo $\vartheta_{F,máx}$:** Temperatura máxima permitida por razones fisiológicas para el cálculo de las curvas límite, que pueden ocurrir en un punto del suelo en la zona de permanencia o periférica

7.1.5. Respetto a la temperatura de los fluidos de calefacción/refrigeración

- **Temperatura del flujo de diseño de los sistemas de calefacción por suelo radiante $\Delta\vartheta_{V,des}$:** Valor de la temperatura del flujo de agua con la resistencia térmica de la cobertura del pavimento elegido, al valor máximo de potencia térmica específica q_{max}
- **Descenso de la temperatura del fluido de calefacción ϵ :** Diferencia entre las temperaturas de ida y retorno del fluido
- **Descenso de la temperatura de diseño del circuito de calefacción del fluido de calefacción ϵ_j :** Valor del descenso de la temperatura



del fluido de calefacción a un valor requerido de la potencia térmica q_j , la cual es inferior al valor máximo de la potencia térmica específica q_{\max} .

- **Aumento de la temperatura del fluido de refrigeración σ_c :** Diferencia entre la temperatura de salida (retorno) y entrada (flujo) del fluido en un circuito.

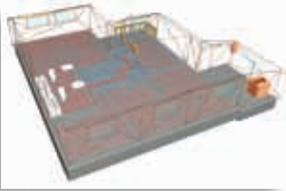
7.1.6. Respecto a los caudales

- **Modo de calefacción – caudal del agua de diseño m_H :** Caudal másico de un circuito de calefacción requerido para alcanzar el valor de diseño de la potencia térmica específica.
- **Modo de refrigeración – caudal del agua de diseño m_c :** Caudal másico en un circuito de refrigeración requerido para alcanzar el valor de diseño de la potencia térmica especificada.

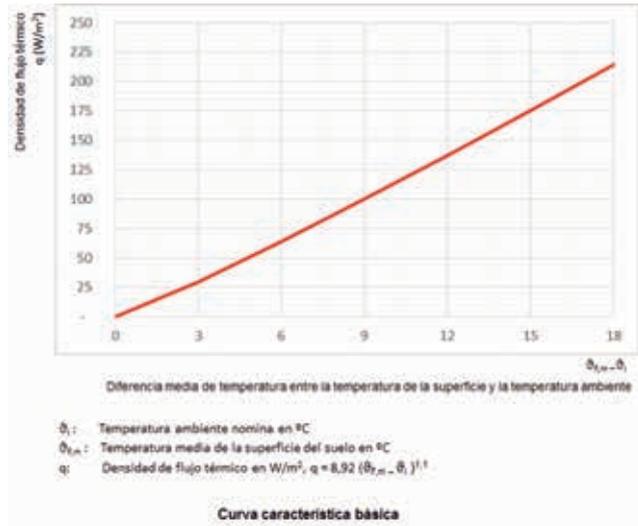
7.1.7. Respecto a las curvas características

- **Curva característica básica:** Curva que describe la relación entre la potencia térmica específica q y la diferencia de temperatura media entre la superficie y la sala ($\lambda_{Fm}-\lambda_i$) y se aplica a todos los sistemas de calefacción por suelo radiante por agua caliente.

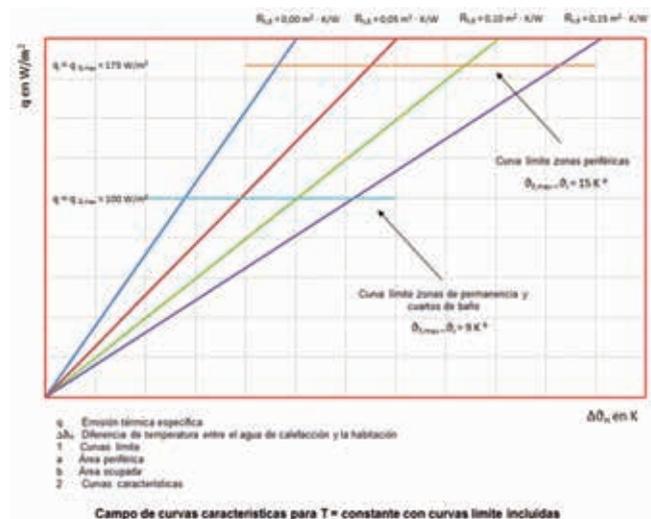
Las curvas características básicas de los diferentes sistemas radiantes son: **Suelo radiante:** $q = 8,92 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)^{1,1}$; **Suelo refrescante:** $q = 7,00 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)$; **Techo radiante:** $q = 6,00 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)$; **Techo refrescante:** $q = 8,92 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)$; **Pared radiante/refrescante:** $q = 8,00 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)$.



Guía de suelo radiante

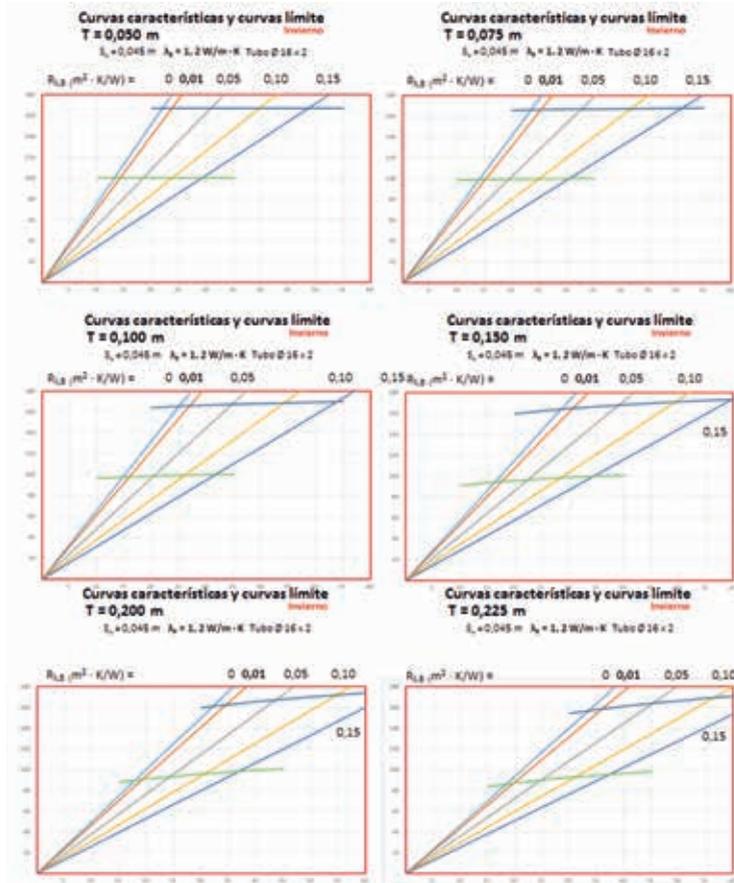


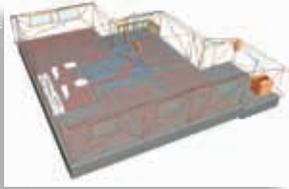
- **Campo de curvas características:** Curvas que describen para un sistema dado, las relaciones entre la potencia térmica específica y la diferencia de temperatura requerida $\Delta\lambda_H$ para los sistemas de calefacción o $\Delta\lambda_C$ para sistemas de refrigeración, para la resistencia al calor de diferentes revestimientos de superficie
- **Curvas límite:** Curvas que representan los límites de la potencia máxima q_G y la diferencia de temperatura entre el fluido de calefacción y la sala $\Delta\lambda_{HG}$ para diferentes revestimientos de la superficie del suelo.





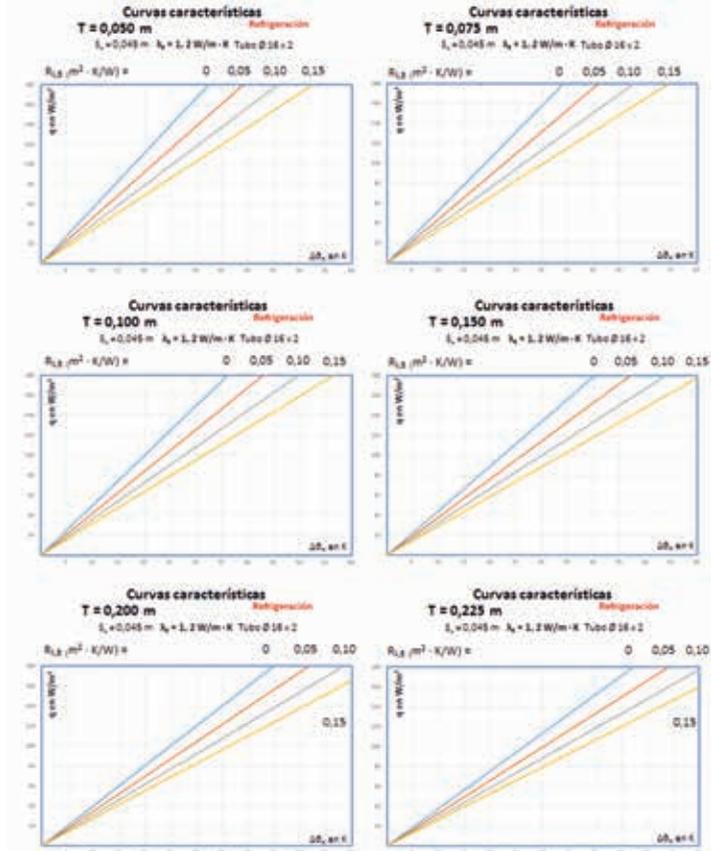
Curvas características y curvas límite de un sistema de calefacción tipo A con tubería de 16x2 y espesor de la capa por encima del tubo de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,200 W/m·K en función del paso de tubo T y para diferentes resistencias térmicas del revestimiento del suelo.





Guía de suelo radiante

Curvas características de un sistema de refrigeración tipo A con tubería de 16x2 y espesor de la capa por encima del tubo de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,200 W/m·K en función del paso de tubo T y para diferentes resistencias térmicas del revestimiento del suelo.



Condiciones térmicas límites

En tanto en cuanto, una superficie de suelo radiante que tenga una temperatura superficial media dada va a intercambiar la misma potencia térmica con cualquier estancia que tenga la misma temperatura ambiente, podremos establecer una curva característica básica que nos relacione la **potencia térmica específica q** y la **temperatura media superficial**, independientemente del sistema de calefacción y aplicable a todas las superficies de calefacción por suelo radiante.

Por el contrario, para cada sistema de calefacción por suelo radiante existe una **potencia térmica específica máxima** admisible q_G . Esta



densidad se determina para una temperatura ambiente estándar de la estancia $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$ bajo la condición secundaria de que la temperatura de superficie máxima $\vartheta_{F, \max} = 29^\circ\text{C}$ con una caída de la temperatura entre la alimentación y el retorno de $\epsilon = 0 \text{ K}$. La densidad de flujo térmico máxima para la zona periférica se alcanza a una temperatura de superficie máxima de $\vartheta_{F, \max} = 35^\circ\text{C}$ y $\epsilon = 0 \text{ K}$.

7.2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN POR SUELO RADIANTE SEGÚN UNE-EN 1264

7.2.1. Características de la vivienda

La vivienda a climatizar se encuentra situada en zona climática D3.

A efectos del cálculo del punto de rocío vamos a considerar una humedad específica del aire interior cuyo valor es de $0,01 \text{ (Kg}_{\text{vapor}} / \text{Kg}_{\text{aire húmedo}})$ para una temperatura interior de 26°C y una humedad relativa del 50%.

En una sola planta consta de tres dormitorios, tres baños, cocina, salón y despensa.

7.2.2. Cálculo de cargas térmicas

Como cualquier instalación de calefacción el diseño de una instalación de suelo radiante refrescante requiere el cálculo previo de las cargas térmicas de los recintos. En nuestro proyecto el cálculo de la carga térmica de diseño se ha realizado según determinación de la norma **UNE-EN 12831 *Sistemas de calefacción en edificios*** y sus resultados, para calefacción y refrigeración, se resumen en el siguiente cuadro:

Cod. Esp.	Descripción	Zona	S m ²	Calefacción		Refrigeración	
				Q _{des} W	q W/m ²	Q _{des} W	q W/m ²
P.B. - 1	Despensa	No Calefactada	2,12	336	158,6	145	68,4
P.B. - 2	Salón	Calefactada	48,37	2.186	45,2	3.208	66,3
P.B. - 3	Dormitorio 1	Calefactada	12,58	778	61,9	1.128	89,6
P.B. - 4	Dormitorio 2	Calefactada	12,54	847	67,6	931	74,3
P.B. - 5	Dormitorio 3	Calefactada	16,50	986	59,7	1.519	92,0
P.B. - 6	Baño 1	Calefactada	5,04	307	61,0	644	127,8
P.B. - 7	Baño 2	Calefactada	2,25	79	34,9	112	49,8
P.B. - 8	Baño 3	Calefactada	5,34	543	101,6	455	85,1
P.B. - 9	Cocina	Calefactada	23,31	1.479	63,4	2.318	99,5



Guía de suelo radiante

Condiciones iniciales

La composición del sistema de suelo radiante será:

- Sistema tipo A: Con tubo dentro del pavimento.
- Tubería PEX con diámetro de 0,016 m, espesor de 0,002 m y una conductividad térmica de 0,350 W/mK
- Una capa de mortero de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,2 W/mK
- Revestimiento pétreo con una resistencia térmica de 0,01 m²K/W
- Temperatura de diseño de 20°C para invierno y 24°C para verano

Dimensionamiento para calefacción

El primer paso será el cálculo de la densidad de flujo térmico q que viene determinada entre otros parámetros por el paso de tubo (T), el espesor (S_u) y la conductividad térmica (λ_E) de la capa por encima del tubo, la resistencia térmica (R_{AB}) del revestimiento del suelo, el diámetro exterior del tubo (d_o) y la conductividad térmica del tubo (λ_M).

Condiciones límites

Se establece una temperatura ambiente de diseño de 20°C para áreas ocupadas y zonas periféricas y de 24°C para los baños determinando que la temperatura máxima que puede alcanzar la superficie radiante es de 29°C para las áreas ocupadas y de 33°C y 35°C para baños y zonas periféricas respectivamente.

Aplicando la curva básica para suelo radiante $q = 8,92 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)^{1,1}$ determinamos el flujo de calor máximo q_G , es decir, el flujo de calor cedido por el sistema que no podremos superar.

ESPACIO	$\vartheta_{F,MAX}$ °C	ϑ_i °C	q_G W/m ²
Área ocupada	29	20	100
Baño o similar	33	24	100
Zona periférica	35	20	175



Para limitar el flujo de calor a través del suelo de las habitaciones situadas inmediatamente debajo, la resistencia térmica de la capa de aislamiento $R_{\lambda, ins}$ debe de estar al menos de acuerdo con tabla:

	Habitación calentada inferiormente	Habitación calentada intermitentemente por debajo, adyacente o directamente en el suelo*	Temperatura exterior del aire por debajo o adyacente		
			Temperatura exterior de diseño $\vartheta_d \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura exterior de diseño $0 \text{ }^\circ\text{C} > \vartheta_d \geq -5 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura exterior de diseño $-5 \text{ }^\circ\text{C} > \vartheta_d \geq -15 \text{ }^\circ\text{C}$
Resistencia térmica	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

* Con nivel freático de agua ≥ 5 m por debajo de la base soporte, el valor se debería incrementar.

7.2.3. Cálculo de las curvas características

La curva característica describe la relación entre la emisión térmica específica q de un sistema y la diferencia de temperatura requerida entre el agua de calefacción y la habitación $\Delta\vartheta_H$.

$$q = K_H \cdot \Delta\vartheta_H$$

Para el cálculo de las curvas características hay que tener en cuenta el tipo de configuración de suelo elegido. En nuestro caso, para una configuración de suelo radiante de tipo A la ecuación a aplicar será:

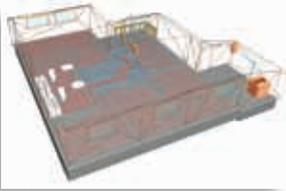
$$q = K_H \cdot \Delta\vartheta_H$$

Donde

$$K_H = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD}$$

Siendo K_H el producto de factores y exponentes que dependerán de parámetros del sistema como la resistencia térmica del revestimiento del suelo el paso, diámetro y espesor del tubo o el espesor de la capa por encima del tubo y que deberemos recalculamos cada vez que las especificaciones de estos parámetros varíen.

Siguiendo las indicaciones de cálculo de la norma UNE-EN 1264 las ecuaciones que definen las curvas características en invierno para los parámetros de nuestro proyecto:



Guía de suelo radiante

$R_{A,B} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ $\lambda_c = 1,2 \text{ W/mK}$ $\lambda_{ac} = 0,350 \text{ W/mK}$ $D_t = 0,016 \text{ m}$ $S_p = 0,002 \text{ m}$ $S_{U,B} = 0,045 \text{ m}$ $\theta_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Son:

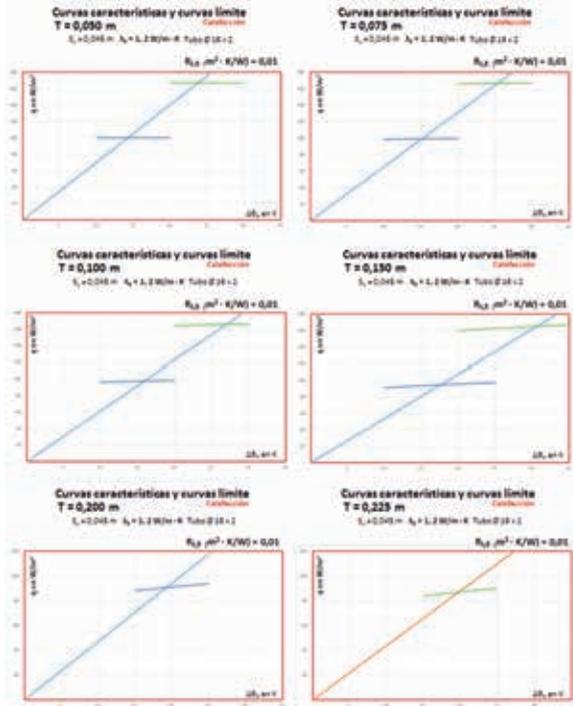
0,050	q = 7,04	- $\Delta\theta_n$
0,075	q = 6,58	- $\Delta\theta_n$
0,100	q = 6,16	- $\Delta\theta_n$
0,150	q = 5,38	- $\Delta\theta_n$
0,200	q = 4,71	- $\Delta\theta_n$
0,225	q = 4,41	- $\Delta\theta_n$

7.2.4. Cálculo de las curvas límites

Cada curva característica lleva asociada una curva límite que delimita el máximo flujo térmico que se puede alcanzar en función de las condiciones límite establecidas.

	Área Ocupada		Baños		Área Periférica	
0,050	q = 100,00	- $\Delta\theta_n^{0,000}$	q = 100,00	- $\Delta\theta_n^{0,000}$	q = 166,67	- $\Delta\theta_n^{0,000}$
0,075	q = 96,30	- $\Delta\theta_n^{0,011}$	q = 96,30	- $\Delta\theta_n^{0,011}$	q = 160,50	- $\Delta\theta_n^{0,011}$
0,100	q = 89,30	- $\Delta\theta_n^{0,023}$	q = 89,30	- $\Delta\theta_n^{0,023}$	q = 148,83	- $\Delta\theta_n^{0,023}$
0,150	q = 76,30	- $\Delta\theta_n^{0,076}$	q = 76,30	- $\Delta\theta_n^{0,076}$	q = 127,17	- $\Delta\theta_n^{0,076}$
0,200	q = 63,10	- $\Delta\theta_n^{0,123}$	q = 63,10	- $\Delta\theta_n^{0,123}$	q = 105,17	- $\Delta\theta_n^{0,123}$
0,225	q = 56,40	- $\Delta\theta_n^{0,148}$	q = 56,40	- $\Delta\theta_n^{0,148}$	q = 94,00	- $\Delta\theta_n^{0,148}$

Curvas características y curvas límite de un sistema de calefacción tipo A con tubería de 16x2 y espesor de la capa por encima del tubo de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,200 W/m·K en función del paso de tubo T y para una resistencias térmica del revestimiento del suelo de 0,01 m² · K/W.





Determinación de la temperatura de diseño del flujo: Elección del paso T de tubo

El diseño de la temperatura se determina para la habitación con el valor más alto de la emisión térmica específica (excepto cuartos de baño). En nuestro caso se trata del P.B. 4 Dormitorio 2 con una emisión térmica específica de $67,6 \text{ W/m}^2$.

El objetivo es determinar para esta estancia la temperatura de impulsión ϑ_v con un salto térmico $\Delta \leq 5 \text{ K}$ teniendo en cuenta que $q_{\text{max}} \leq q_G$.

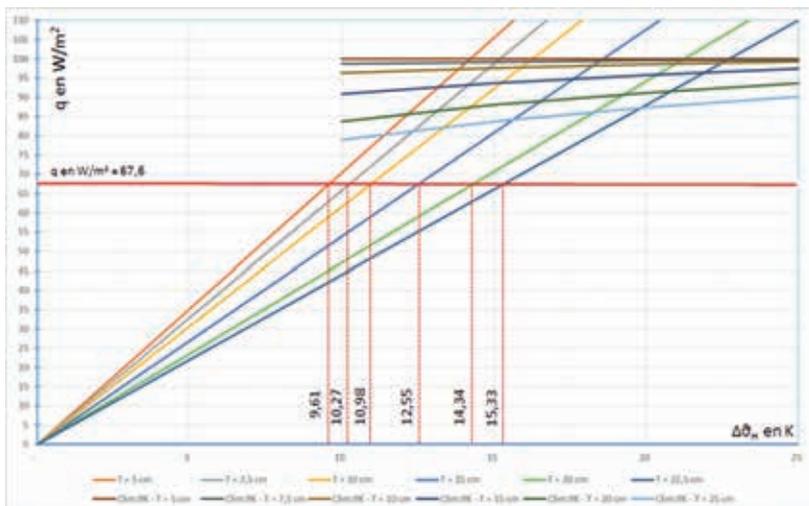
En nuestro caso determinamos un salto térmico $\Delta = 5 \text{ K}$ y utilizaremos, para determinar la temperatura de diseño del flujo, las curvas características y curvas límites del sistema.

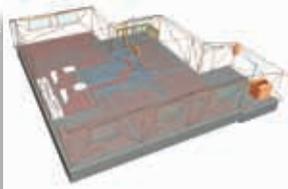
Trazaremos una línea horizontal a la altura de q_{max} ($67,6 \text{ W/m}^2$) que irá cortando todas las curvas características de las cuales sólo valdrán las que cumplan la condición $q_{\text{max}} \leq q_G$. Entre las curvas que cumplan la condición elegiremos una teniendo en cuenta que cuanto menor sea el paso T menor será la temperatura de impulsión ϑ_v . Para determinar la temperatura de impulsión del fluido aplicaremos la fórmula establecida en la norma UNE-EN 1264:

$$\vartheta_v = \Delta\vartheta_{V,\text{des}} + \vartheta_v$$

donde

$$\Delta\vartheta_{V,\text{des}} = \Delta\vartheta_{H,\text{des}} + \Delta/2$$





Guía de suelo radiante

Como podemos apreciar en el gráfico para el flujo máximo todos los pasos son válidos al estar para ése flujo térmico por debajo de la curva límite. En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos obtenidos para los diferentes pasos.

T m	$q_{inv,max}$ W/m ²	q_G W/m ²	$\vartheta_{H,max}$ °C	$\bar{\sigma}$ °C	$\Delta\vartheta_{V,max}$ °C	ϑ_V °C
0,050	67,58	100,00	9,61	5,00	12,11	32,11
0,075	67,58	98,80	10,27	5,00	12,77	32,77
0,100	67,58	96,65	10,98	5,00	13,48	33,48
0,150	67,58	92,47	12,55	5,00	15,05	35,05
0,200	67,58	87,56	14,34	5,00	16,84	36,84
0,225	67,58	84,02	15,33	5,00	17,83	37,83

Para nuestro proyecto hemos elegido un paso T de 0,150 m que aplicando las fórmulas anteriormente mencionadas determinan una temperatura de impulsión de diseño en calefacción de:

$$\vartheta_V = 35,05^{\circ}\text{C}$$

7.2.5. Cálculo de $\bar{\sigma}$ en el resto de habitaciones

La temperatura de impulsión se mantendrá fija para todas las estancias determinando para cada una de ellas el paso T que permita una diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del fluido $\bar{\sigma}_j$ incluida en el rango $5^{\circ}\text{C} \leq 15^{\circ}\text{C}$

$$\bar{\sigma}_j / 2 = \Delta\vartheta_{V,des} - \vartheta_{H,j}$$

Si el valor q_{des} para la habitación usada para el diseño (o para otras habitaciones en su caso) no se pudiese obtener bajo las condiciones mencionadas por ninguna separación de tubería, se recomienda incluir un área periférica o proveer superficies de calefacción suplementarias.

7.2.6. Determinación del caudal de agua

La potencia térmica total de un sistema de calefacción por suelo radiante está compuesta por una emisión térmica específica q y una pérdida de calor hacia abajo q_u . Teniendo en cuenta estas circunstancias, el caudal de diseño de flujo de agua m_H de un circuito de calefacción se calcula de la siguiente forma:

$$m_H = A_F \cdot q / \sigma \cdot c_W \cdot (1 + R_o / R_u + \vartheta_i - \vartheta_u / q \cdot R_u)$$

Donde:

CW Calor específico del agua

R_o Resistencia a la transmisión de calor parcial hacia arriba de la estructura del suelo

R_u Resistencia a la transmisión de calor parcial hacia debajo de la estructura del suelo

ϑ_i temperatura interior nominal de conformidad con la Norma EN 1264-2

ϑ_u temperatura interior de una habitación bajo la habitación con calefacción por suelo radiante.

Aplicando la fórmula determinaríamos el caudal para cada uno de los circuitos.

7.2.7. Longitud total del tubo

Para el cálculo del tubo que vamos a necesitar usaremos la ecuación:

$$L = A_F / T + 2 l$$

Donde:

L Longitud del tubo para cada estancia

l Longitud entre el colector y la estancia a climatizar

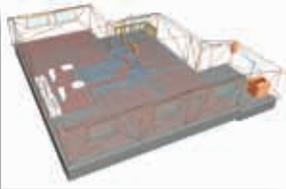
AF Superficie de la zona habitada

Aplicando la fórmula determinaríamos el caudal para cada uno de los circuitos.

7.2.8. Cálculo del número de circuitos por estancia

En el caso práctico y para evitar circuitos con una longitud superior a los 120 m lineales hemos realizado, en determinados espacios, una subdivisión de la habitación en varios circuitos de calefacción.





Guía de suelo radiante

A continuación un cuadro resumen recoge las principales variables calculadas.

Cod. Esp.	Descripción	Ciudades	$Q_{p, \text{cal}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	Calefacción $Q_{p, \text{cal}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	Refrigeración $Q_{p, \text{ref}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$Q_{p, \text{cal}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	T (m)	$\Phi_{p, \text{cal}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$\Phi_{p, \text{ref}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$\Phi_{p, \text{cal}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$\Phi_{p, \text{ref}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ (kg/h)}$	long (m)	
P.B. - 2	Salón	2	1	16,57	45,2	86,3	20	0,150	35,05	11,31	21,74	24,27	32,31	105,00
		2	2	17,48				0,150	35,05	11,31	21,74	24,27	35,40	106,00
P.B. - 3	Dormitorio 1	1	3	11,29	81,9	85,6	20	0,150	35,05	7,12	27,95	25,82	106,40	84,00
P.B. - 4	Dormitorio 2	1	4	11,52	87,6	74,3		0,150	35,05	3,00	35,05	26,35	135,44	88,00
P.B. - 5	Dormitorio 3	2	5	7,98	59,7	92,0	20	0,150	35,05	7,91	27,14	25,43	55,59	82,00
		6	6	6,49				0,150	35,05	7,91	27,14	25,68	58,14	77,00
P.B. - 6	Baño 1	1	7	3,09	81,0		24	0,075	35,05	11,06	21,49	25,74	25,13	60,00
P.B. - 7	Baño 2	1	8	2,34	34,9			0,075	35,05	3,00	35,05	23,46	15,70	61,00
P.B. - 8	Baño 3	2	9	2,28	100,0		24	0,075	35,05	3,00	35,05	29,00	42,36	74,00
		10	10	2,26				0,075	35,05	3,00	35,05	29,00	41,99	69,00
P.B. - 9	Cocina	2	11	10,34	83,4	99,5	20	0,150	35,05	6,34	28,51	25,95	94,10	92,00
		12	12	12,79				0,150	35,05	6,34	28,51	25,95	111,91	94,00

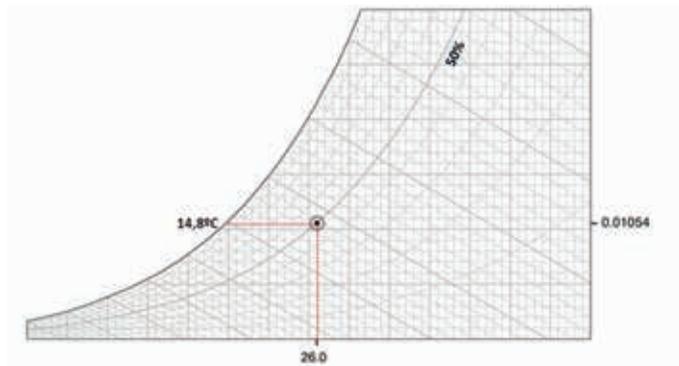
7.2.9. Dimensionamiento para refrigeración

Punto de rocío y temperatura ambiente interior nominal

Los sistemas de refrigeración deben operar dentro de un rango de temperatura por encima del punto de rocío ϑ_{Dp} . La norma UNE-EN 1264 establece $\vartheta_{Dp,R} = 18^\circ\text{C}$ correspondiente a un contenido de humedad del aire de $x = 13 \text{ g/kg}$

La norma establece que para sistemas de refrigeración la temperatura ambiente interior nominal se especifica en $\vartheta_i = 26^\circ\text{C}$

En el ejemplo práctico que estamos desarrollando haremos uso del diagrama psicrométrico para obtener el valor de la temperatura de rocío teniendo en cuenta que a estos efectos vamos a considerar una humedad específica del aire interior cuyo valor es de 0,01 ($\text{Kg}_{\text{vapor}} / \text{Kg}_{\text{aire húmedo}}$) para una temperatura interior de 26°C y una humedad relativa del 50%.





Diferencia de temperatura entre la habitación y el agua refrigerante

Conociendo la temperatura de rocío calcularemos la temperatura media logarítmica entre el fluido y la estancia en estudio $\Delta\vartheta_{C,des}$ que será la temperatura que nos limite la zona de trabajo en el diagrama de curvas características.

Lo haremos utilizando la fórmula:

$$\Delta\vartheta C = \vartheta_{C,out} - \vartheta_{C,in} / \ln (\vartheta_{C,in} - \vartheta_i / \vartheta_{C,out} - \vartheta_i) = \epsilon C / \ln (\vartheta_{C,in} - \vartheta_i / \vartheta_{C,out} - \vartheta_i)$$

Donde

$\vartheta_{C,in}$ Temperatura de impulsión del fluido ($^{\circ}\text{C}$)

La temperatura de impulsión estará como mínimo un grado por encima de la temperatura del punto de rocío. En nuestro proyecto siendo la temperatura del punto de rocío $14,8^{\circ}\text{C}$ fijaremos la temperatura de impulsión para refrigeración en $15,8^{\circ}\text{C}$

$$\vartheta_{C,in} = 15,8^{\circ}\text{C}$$

$\vartheta_{C,out}$ Temperatura de retorno del fluido ($^{\circ}\text{C}$)

ϵC Diferencia de temperatura entre $\vartheta_{C,out} - \vartheta_{C,in}$

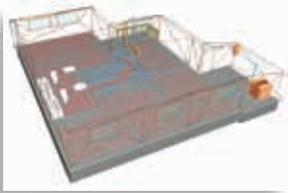
La norma determina para refrigeración un $\epsilon C \leq 2$ nosotros utilizaremos un salto térmico $\epsilon C = 2$

Aplicando la fórmula obtenemos que:

$$\Delta\vartheta_{C,des} = 11,17^{\circ}\text{C}$$

En tanto en cuenta que el valor de ϵ en el proyecto es igual a 2 y la norma permite valores superiores de $\Delta\vartheta C$ hasta $\epsilon/2$

$$\Delta\vartheta_{C,in,des} = 12,17^{\circ}\text{C}$$



7.2.10. Cálculo de las curvas características

El método de cálculo de las curvas características en el modo refrigeración será igual al utilizado en el modo calefacción siendo los parámetros de cálculo iguales a excepción del coeficiente de revestimiento a_B que variará en tanto en cuanto el coeficiente de transmisión térmica α es diferente para el sistema de refrigeración.

		CALEFACCIÓN				REFRIGERACIÓN			
α		10,800 W/(m² · K)				5,500 W/(m² · K)			
Coeficiente de transmisión térmica									
		CALEFACCIÓN				REFRIGERACIÓN			
R _{A,B}	m² · K/W	0,05	0,10	0,15	R _{A,B}	m² · K/W	0,05	0,10	0,15
a _B		1,077	0,760	0,590	0,4912	1,092	0,829	0,625	0,5825

Con estas consideraciones las ecuaciones que definen las curvas características en verano para los parámetros de nuestro proyecto:

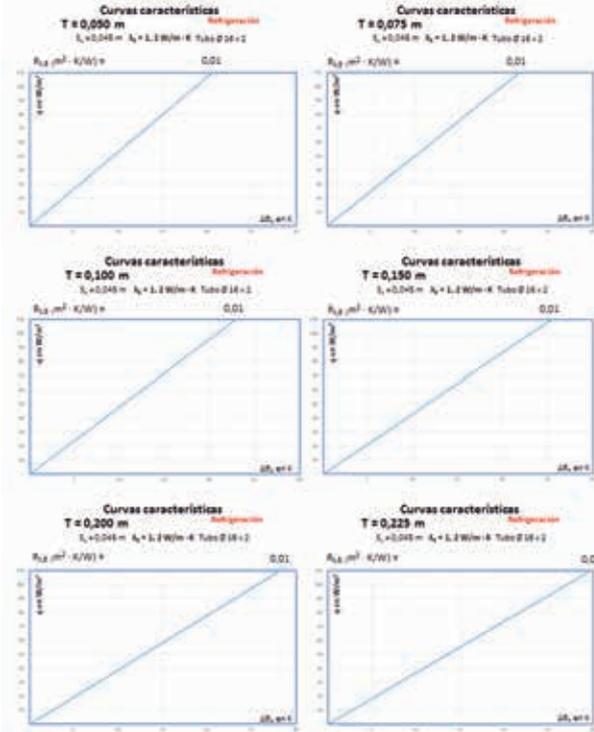
$R_{A,B} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ $\lambda_0 = 1,2 \text{ W/mK}$ $\lambda_{00} = 0,350 \text{ W/mK}$ $D_0 = 0,016 \text{ m}$ $S_0 = 0,002 \text{ m}$ $S_{0,1} = 0,045 \text{ m}$ $\theta_0 = 26^\circ\text{C}$

Son:

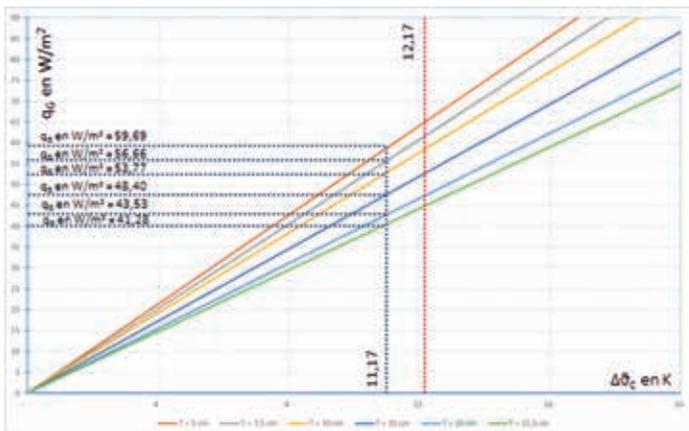
0,050	q =	5,34	·	$\Delta\theta_{H1}$
0,075	q =	5,07	·	$\Delta\theta_{H1}$
0,100	q =	4,81	·	$\Delta\theta_{H1}$
0,150	q =	4,33	·	$\Delta\theta_{H1}$
0,200	q =	3,90	·	$\Delta\theta_{H1}$
0,225	q =	3,70	·	$\Delta\theta_{H1}$

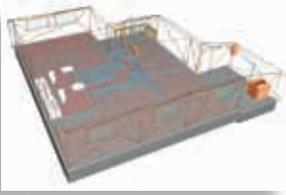


Curvas características de un sistema de refrigeración tipo A con tubería de 16x2 y espesor de la capa por encima del tubo de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,200 W/m·K en función del paso de tubo T y para una resistencias térmica del revestimiento del suelo de 0,01 m₂ ·K/W.



Habiendo determinado la temperatura media logarítmica entre el fluido y la estancia en estudio $\Delta\theta_{C,des}$ será esta variable la que nos limite la zona de trabajo en el diagrama de curvas características.





Guía de suelo radiante

Como podemos ver en el gráfico en el caso de refrigeración no será posible aportar con el sistema la qdes demandada para diferentes estancias por lo que es recomendable proveer fuentes de climatización suplementarias.

El resto de parámetros se podrán obtener aplicando las mismas ecuaciones de calefacción.

ORKLI, LA SOLUCIÓN DEFINITIVA QUE DA RESPUESTA A TODAS LAS NECESIDADES EN SUELO RADIANTE



La nueva gama de **paneles aislantes** de **ORKLI**, es la **solución definitiva** en suelo radiante **para cualquier tipo de edificación, incluida la rehabilitación**. Un innovador sistema basado en la composición de unos **tetones optimizados**, facilita la sujeción del tubo a la placa simplificando de manera considerable su instalación final en obra. Un nuevo diseño y una tecnología enfocada sobre todo al confort y bienestar del usuario final con importantes mejoras a nivel acústico (**27 decibelios**) proporcionando gracias a ello una **mayor insonorización**. Así son los nuevos paneles de ORKLI.



 **orkli**
you can feel it

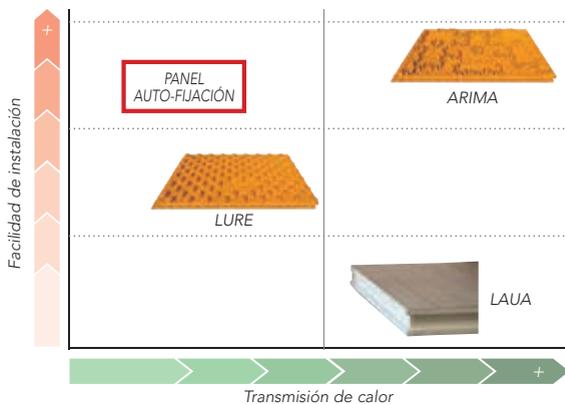
VENTAJAS ÚNICAS

GRACIAS A UN PRODUCTO ÚNICO POR SU AVANZADA TECNOLOGÍA



GRAN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y UNA FÁCIL INSTALACIÓN.

Un diseño renovado y más funcional y una avanzada tecnología en el desarrollo de suelo radiante aporta a los nuevos paneles el equilibrio perfecto entre **eficiencia energética y la facilidad de instalación.**



Cuadro sobre la eficiencia en transmisión térmica de los paneles de ORKLI.

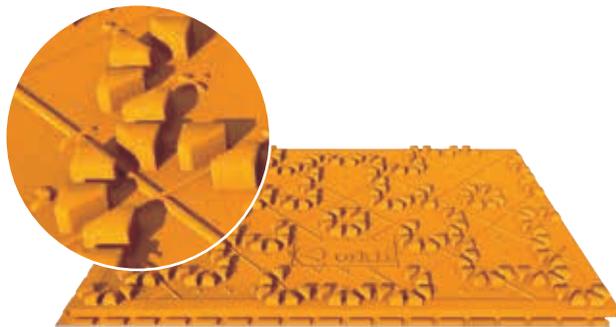


MAYOR GRADO DE INSONORIZACIÓN.

Pensamos en el confort y bienestar de las personas por eso mejoramos el nivel acústico de los paneles, así conseguimos un **mayor grado de insonorización del espacio.**

INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA.

Una innovadora y más eficaz configuración del panel de suelo radiante con unos **tetones mejor optimizados facilitan la sujeción del tubo** permitiendo un montaje más rápido y seguro.



LA SOLUCIÓN IDEAL PARA LA REHABILITACIÓN.

Nuestra amplia gama de paneles con soluciones para diferentes tipos de obra, junto con su **facilidad de montaje**, hacen de ORKLI, la mejor opción, también **para obras de rehabilitación.**

8

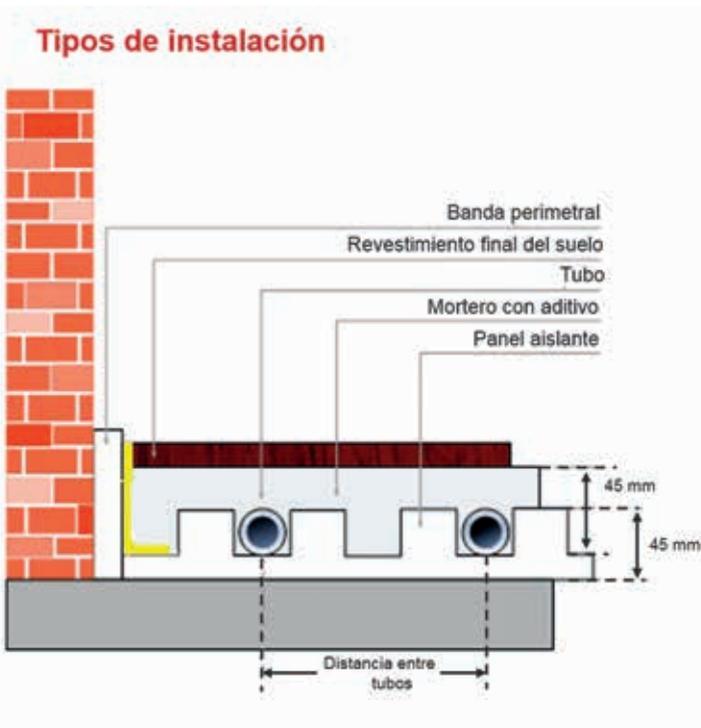
PROCESO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE SUELO RADIANTE



8.1. PREPARACIÓN DE LA OBRA

Para iniciar la instalación de suelo radiante tanto la tabiquería como las conducciones de agua y electricidad deberán estar totalmente acabadas y cerradas las aberturas del edificio (ventanas, puertas exteriores). El forjado debe estar limpio de residuos y lo más nivelado posible.

Se muestran los materiales de suelo radiante en la sección en la figura siguiente.



8.2. COLECTORES

Una vez instalados los generadores, las tuberías generales de ida y retorno se colocarán los colectores en la posición indicada por el cálculo de la instalación. La posición del colector deberá ser lo más centrada posible para evitar tramos de ida y retorno hasta el circuito excesivamente largos. En locales diáfanos se distribuirán los colectores en las paredes que lo rodean.

La altura del colector inferior hasta los circuitos deberá ser como mínimo de 50 cm para permitir un radio de curvatura adecuado para el tubo plástico. Habitualmente se instalará un colector por planta y se alojará en una caja empotrada y registrable. Una vez instalados se cerrarán las válvulas y se taponarán todas las aberturas para evitar la entrada de residuos.



El número de vías del colector se corresponderá con el número de circuitos conectados. El número de colectores requeridos por planta dependerá del número máximo de circuitos por colector y de la distribución de la planta. El colector distribuirá agua a los circuitos conectados al mismo con la temperatura de impulsión de todos a todos ellos.

Los colectores se conectarán a las tuberías generales de impulsión y retorno procedentes del generador o de los grupos de bombeo correspondientes. Estos grupos de bombeo pueden ser de dos tipos:

- Grupo de impulsión directo que consta de una circuladora y los tubos de conexión. La temperatura de impulsión de este grupo es la temperatura de impulsión existente en la inercia de la instalación. La presión disponible de la circuladora deberá tenerse en cuenta

en el diseño de los circuitos, selección de diámetros para los tubos de impulsión y retorno, etc.

- Grupo de impulsión mezclador que consta de una válvula de tres vías mezcladora más circuladora y los tubos de conexión. Es uso de este grupo de impulsión con mezcladora es imprescindible cuando la instalación cuenta con emisores que requieren diferentes temperaturas de impulsión de agua como por ejemplo suelo radiante y radiadores en calefacción o suelo radiante y fancoil en refrigeración. La temperatura de impulsión del grupo de impulsión será variable en función de la consigna requerida. La presión disponible de la circuladora deberá tenerse en cuenta en el diseño de los circuitos, selección de diámetros para los tubos de impulsión y retorno, etc.

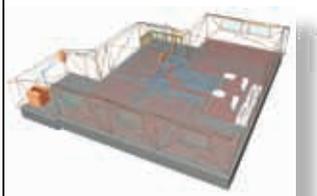
Si los colectores se conectar al generador de calor directamente la temperatura de impulsión será la del propio generador y deberá tenerse en cuenta la presión disponible en las tomas del generador para el diseño de circuitos, selección de diámetros, etc. Es importante tener en cuenta en este tipo de instalación que al no disponer de inercia adicional los circuitos de la instalación deberán aportar tanto el volumen mínimo de agua requerido por el generador para garantizar los tiempos mínimos de funcionamiento así como el caudal mínimo requerido por el generador.

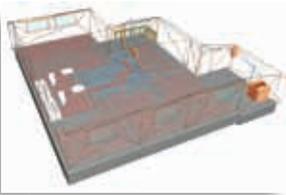
8.3. MATERIALES AISLANTES

8.3.1. Banda perimetral

A continuación se colocará la banda perimetral en la base de todos cerramientos. Puede fijarse o pegarse hasta que se coloquen las planchas de aislamiento que la mantendrán definitivamente en su posición. Para superficies muy grandes puede ser conveniente usar la propia banda como junta de dilatación cada 40 m² y siempre que la longitud del recinto sea superior a 3 veces su anchura.

La banda perimetral puede utilizarse también para separar las losas de las diferentes estancias, en los pasos de las puertas y siempre se colocará prolongando las juntas de dilatación del edificio. El trozo de banda perimetral sobrante se cortará una vez colocada la plancha





Guía de suelo radiante

de mortero. La banda perimetral lleva una lámina de film plástico por una de sus caras, esta lámina se coloca sobre las planchas aislantes para evitar que el mortero penetre por debajo de la plancha.



Se ha de colocar una lámina de plástico sobre terreno natural en sótanos o plantas bajas o en zonas situados sobre espacios a la intemperie. Esta lámina se solapará siempre con los cerramientos verticales. La finalidad de esta lámina es evitar el contacto del agua con el material aislante que afectaría a sus propiedades como aislante térmico. Esta lámina tiene una mayor utilidad en el caso de instalaciones con uso en refrigeración en las que se puede dar condensación de la humedad del aire que se difunde a través del material de construcción.

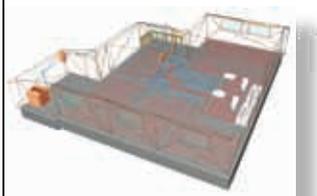
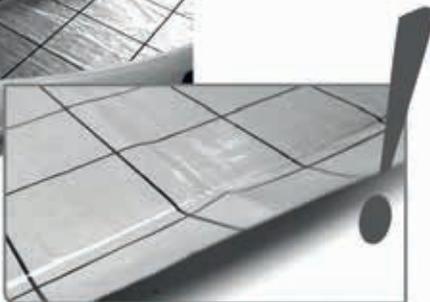


8.3.2. Planchas aislantes

A continuación se colocarán los paneles aislantes a lo largo de toda la superficie del forjado.

En primer lugar se colocarán todos los paneles enteros y se dejarán para el final aquéllos a los que haya que realizarles un corte.

Hay diferentes tipos de paneles aislantes, machihembradas que facilitan la fijación y el solape entre planchas. Hay materiales aislantes con tetones moldeados que facilitan la instalación y fijación del tubo sobre ellas, planchas lisas en rollos, con diferentes recubrimientos.





Guía de suelo radiante

Es importante respetar la resistencia térmica mínima requerida para instalaciones de suelo radiante:

RESISTENCIA TÉRMICA MÍNIMA DE AISLANTE SEGÚN EN 1264-4:2001					
	Recinto inferior calefactado	Recinto no calefactado intermitentemente. Solado en contacto con el terreno*	Temperatura del aire del recinto subyacente Temperatura de diseño nominal		
			$T_d \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	$0 \text{ } ^\circ\text{C} > T_d \geq -5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$-5 \text{ } ^\circ\text{C} > T_d \geq -15 \text{ } ^\circ\text{C}$
Resistencia térmica [m ² •K/W]	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

* Con nivel freático está a menos o igual a 5 m de profundidad debe incrementarse el valor de la resistencia térmica.

El film de polietileno de la banda perimetral debe colocarse sobre el panel aislante para impedir que entre el mortero se filtre entre las ranuras generándose puentes térmicos.

8.4. TUBOS

Los materiales termoplásticos más frecuentemente utilizados son el polietileno reticulado, el polibutileno y el multicapa. Es obligatorio la utilización de tubos con barrera de vapor dado que los termoplásticos son permeables al oxígeno y esta entrada de oxígeno en el caudal de agua circulante favorece la oxidación de las partes metálicas de la instalación. Esta barrera contra la difusión de oxígeno en el caso del tubo multicapa es la propia lámina de aluminio.

El estudio correspondiente a la instalación indicará las distancias entre tubos definidas que deberán respetarse ya que la emisión térmica del sistema se ve afectada con la variación de la distancia entre tubo de ida y retorno. Para ello nos ayudaremos de los tetones moldeados en las planchas aislantes o las cuadrículas marcadas en el caso de aislantes lisos. Es importante respetar los radios de curvatura mínimos recomendados por el fabricante en función del material plástico de que se trate.





Los tubos de las distintas habitaciones deben tener circuitos independientes para permitir el control de temperatura por habitación y nunca cruzarse entre sí. Se empezará por el primero de los circuitos haciendo el trazado de ida desde el colector hasta la estancia y vuelta al colector.

En la estancia el trazado del circuito se realizará en espiral o doble serpentín.

Para la colocación de los tubos se respetarán distancias mínimas de 50 mm a estructuras verticales y a 200 mm de los conductos de humo y de los hogares o chimeneas francesas abiertas, a los cañones de chimenea con pared o sin ella y a los huecos de ascensores, según Norma UNE EN 1264.



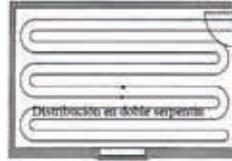
La forma de colocación del tubo se realizará de acuerdo a las especificaciones del diseño. La distribución más habitual es en espiral. Este tipo de distribución permite una distribución de temperatura de mayor homogeneidad. Una vez llevado el tramo de conexión desde el colector a la estancia el tubo de ida se llevará en primer lugar a perímetro exterior de la misma y se trazará la espiral dejando el doble de distancia entre tubos, para hacer la espiral de vuelta.





Guía de suelo radiante

También se utiliza la distribución en doble serpentin en locales de pequeño tamaño. Se desaconseja el uso del serpentin simple.



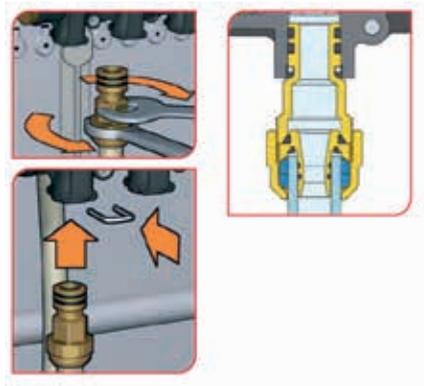
El tubo se fijará sobre el material aislante bien con la ayuda de los tetones moldeados o con grapas de fijación.



Cuando los tubos atraviesen las juntas de dilatación, se deberán proteger con un tubo corrugado o codos de protección para evitar que se dañen.

No se hará ningún tipo de unión en los circuitos que van a quedar empotrados en la losa de mortero.

Al llegar al colector cortaremos el tubo, preferiblemente con tijeras para plásticos, dejando suficiente cantidad para hacer la conexión cómodamente en el colector de retorno. La unión del tubo a los colectores se hará con racores de ajuste indicados por el fabricante del colector.



8.5. LLENADO DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBA DE PRESIÓN

A continuación se el llenado de las tuberías previo a la prueba de presión, imprescindible para garantizar la estanqueidad de la instalación.

El llenado de la instalación se hará circuito a circuito extrayendo el aire mediante el llenado. Para ello utilizaremos las llaves de llenado y vaciado disponibles en los colectores de ida y retorno. La conexión al llenado de la instalación debe como mínimo contar con una llave de paso y una válvula antirretorno. Próximo a la llave de llenado debemos tener un manómetro para controlar la presión o ayudarnos de la sonda de presión con la que cuentan algunos generadores. Conectaremos la toma de agua a la de llenado y la de vaciado a un desagüe y abriremos sus llaves de corte, abriremos la llave de corte y detentor del primero de los circuitos y esperaremos a que el agua desplace todo el aire y salga por el desagüe, momento en el que cerraremos la llave de corte del primer circuito y pasaremos al llenado del segundo y sucesivamente hasta llenar completamente todos los circuitos.

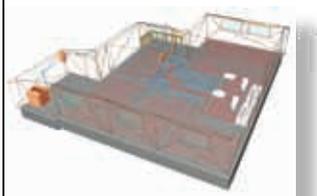
La prueba de estanqueidad se hará incrementando la presión a 2 veces la de servicio (presión de servicio entorno a 1,5 bar) con un mínimo de 6 bar revisando la estanqueidad de toda la instalación. Una vez finalizada la revisión de la instalación la presión se reducirá a la de servicio. Se debe dejar la instalación en presión para el vertido del mortero.

El llenado de la instalación puede hacerse con agua glicolada si fuera necesario en zonas con temperaturas inferiores a 0° C para evitar que el agua se congele en las tuberías, aumentando el volumen y provocando roturas.

Puede ser necesaria también la adición de inhibidores de corrosión al agua de llenado por requerimientos de la instalación.

8.6. LOSA DE MORTERO

Los tubos se cubrirán con una capa de mortero habitualmente de 4,5 cm de espesor por encima del tubo. En función del tipo de mortero empleado este espesor puede reducirse. A la mezcla de cemento y arena constituyente del mortero es imprescindible añadirle un aditivo





Guía de suelo radiante

especial. El aditivo es un líquido especial que mejora las características de fluidez del mortero fresco; es un plastificante o fluidificante. La proporción de los tres componentes, cemento, árido y aditivo debe ser indicada por el fabricante del aditivo; suele estar alrededor de un litro de aditivo fluidificante por cada 100 kg de cemento.

Hay que evitar el deterioro del tubo durante el proceso de vertido y colocación del mortero.

La losa de mortero debe respetar las juntas de dilatación que deberán prolongarse hasta su superficie.

La temperatura del mortero y la temperatura del suelo de la habitación no debe caer por debajo de 5°C y se debe mantener como mínimo durante tres días, protegiendo de corrientes de aire.





8.7. CALENTAMIENTO INICIAL

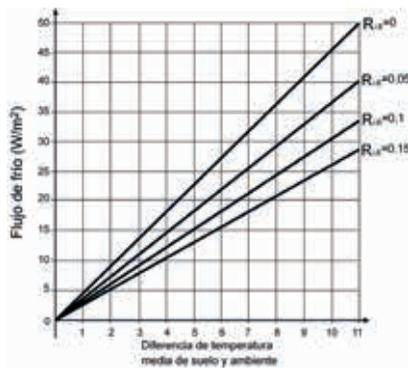
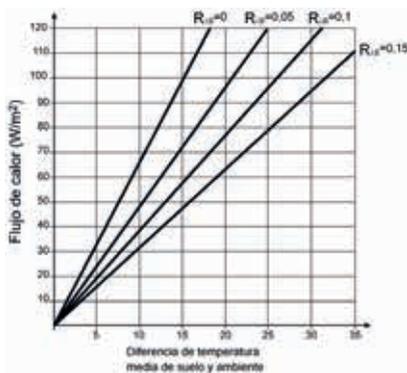
Según norma UNE EN 1264-4:

Transcurridos 21 días, poner en funcionamiento el sistema impulsando a una temperatura de 21°C durante 3 días como mínimo y posteriormente a la temperatura máxima de diseño durante 4 días mínimo.

8.8. REVESTIMIENTO FINAL DEL SUELO

Pasados un total de 28 días se procederá a la colocación del acabado del suelo. Debe tenerse en cuenta la influencia de la resistencia térmica de este recubrimiento en la capacidad de emisión/absorción de calor del suelo radiante.

En las dos tablas siguientes se muestran los flujos de calor y de frío según norma UNE 1264 en función de la resistencia térmica del recubrimiento del suelo.



8.9. REGULACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez arrancada la instalación se hará un ajuste del caudal de los circuitos a los valores nominales indicados en el estudio. Con las bombas en funcionamiento y todos los circuitos cerrados procederemos a abrir totalmente la llave de corte del primero de los circuitos y ajustaremos su detentor para que la lectura de caudal sea la de diseño. A



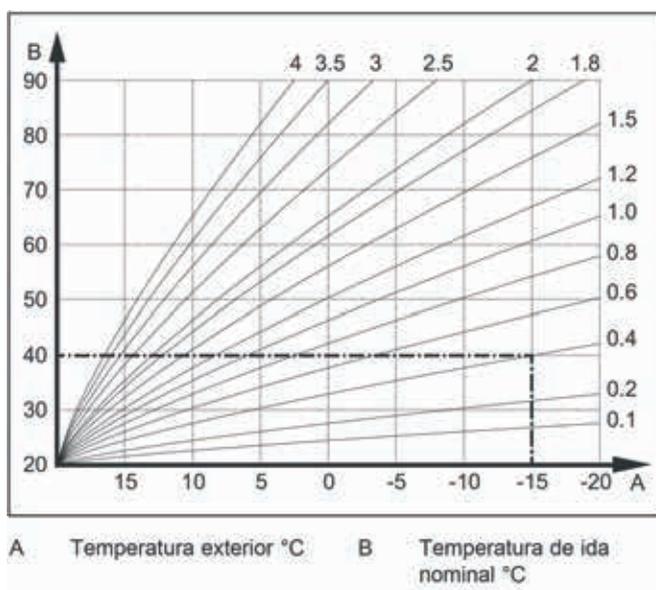
Guía de suelo radiante

continuación abriremos el siguiente circuito y ajustaremos convenientemente su detentor. Este ajuste nos llevará a reajustar el caudal del primer circuito y así sucesivamente.

En instalaciones que van a funcionar en modo calefacción y refrigeración, los ajustes se realizan con el sistema en situación de refrigeración ya que este es el modo que requiere una caudal de circulación superior. En modo calefacción la instalación se regula actuando sobre los termostatos de regulación de temperatura de impulsión, sobre los programadores de ambiente y/o sobre las curvas de la centralita.

Una vez equilibrados los caudales de cada circuito se ajustarán las temperaturas de impulsión de agua tanto en modo calefacción como en refrigeración.

En modo calefacción es habitual trabajar con una curva de ajuste por temperatura exterior de forma que la temperatura de impulsión se incremente a medida que la temperatura exterior disminuye. En la gráfica de la figura se muestra un ejemplo de curvas disponibles, las adecuadas para funcionamiento con suelo radiante son las disponibles entre la 0.1 y la 1.0, con temperaturas de impulsión mínimas de 20°C y máximas inferiores a 50°C para garantizar temperaturas superficiales dentro del rango de confort (UNE EN 7730), inferiores a 29°C en las zonas centrales de las estancias y de 35°C en la franja de 1 m entorno a los cerramientos.



Este valor de consigna podrá variar en función de diferencia entre la consigna de aire ambiente y el valor real mejorando el confort de la instalación y el consumo de los generadores.

En modo refrigeración la temperatura de impulsión a circuitos deberá estar por encima de la temperatura de rocío correspondiente al aire que rodea la instalación, si reducimos la temperatura de cualquier superficie en contacto con el aire por debajo de este valor empezará a formarse condensación sobre ella. Por otra parte, para garantizar condiciones de confort en el ambiente (UNE EN 7730), no debemos reducir la temperatura superficial por debajo de 19°C. Para ello tenemos la opción de fijar una consigna superior a la de rocío, normalmente en el entorno de 19°C o estimar la temperatura de rocío si disponemos de lectura de temperatura ambiente y humedad relativa y trabajar con este valor como temperatura de consigna.

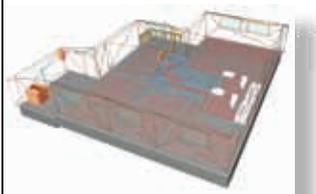
Además de la regulación de la temperatura del agua las instalaciones de suelo radiante suelen contar con válvulas con cabezal eléctrico accionado por una señal de un termostato de ambiente en todos o alguno de los circuitos. Los cabezales termostáticos se disponen para controlar los circuitos de las habitaciones cuyos requerimientos térmicos difieren de la temperatura de consigna del programador general, el cual se coloca habitualmente en el salón o estancia de más uso o más representativa. Un mismo termostato puede actuar sobre varios circuitos, esto sería adecuado cuando en una misma estancia hay varios circuitos. Esta regulación es todo-nada y la válvula abre o cierra según el valor de la temperatura de consigna y la del ambiente.

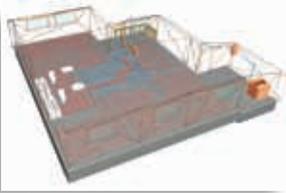
8.10. MANTENIMIENTO

Las intervenciones de mantenimiento tienen como objeto verificar y asegurar el correcto funcionamiento de la instalación durante su vida útil, con un óptimo nivel de confort y de ahorro.

Para ello se llevarán a cabo las siguientes tareas de comprobación del estado de la instalación:

- Inspección de circuitos y ramales en tramos vistos.
- Comprobación de la inexistencia de fugas y condensaciones.
- Verificación de la estanqueidad de las llaves de paso y detentores.





Guía de suelo radiante

- En caso de formación de lodos en la instalación, vaciado de los circuitos, limpieza de la misma con agua y aditivos específicos de limpieza y llenado posterior con aditivos adecuados.

Revisiones para asegurar el correcto funcionamiento:

- Verificación y ajuste de caudales de circulación en los circuitos.
- Verificación de la homogeneidad de temperaturas en las superficies radiantes.
- Inspección de bombas y válvulas, comprobación de la actuación.
- Inspección de purgadores, purga y eliminación de aire.
- Verificación de los sensores de la instalación.

Comprobación y ajuste de la regulación de la instalación:

- Inspección de centralitas de regulación y control, comprobación de funcionamiento y ajuste de consignas.
- Toma de temperaturas de ida y retorno de agua y comparación con las condiciones de diseño.



Suelo
radiante-refrescante



Saunier Duval
Siempre a tu lado

Confort que no se ve, pero se siente



La climatización integral de Saunier Duval: caliente en invierno, refresca en verano

El suelo radiante-refrescante de última generación de Saunier Duval proporciona una temperatura uniforme los 365 días de año sin generar corrientes de aire en la estancia gracias a su avanzada tecnología que incluye regulación avanzada multizona.

Además, también puede combinarse con una bomba de calor Genia Air, Genia Hybrid o un equipo Geniaset para ofrecer una solución renovable con el más alto grado de confort y eficiencia.

Descubre más en www.saunierduval.es



Saunier Duval
Siempre a tu lado

Ahora puedes ofrecer aún más a tus clientes:

+ *tecnología*

+ *ahorro*

+ *confort*



Con Genia Hybrid, el sistema híbrido con aerotermia de Saunier Duval, puedes ofrecer a tus clientes hasta un 65% de ahorro en la factura anual de calefacción y agua caliente.

Válidos para suelo radiante, radiadores y fancoils, los sistemas Genia Hybrid de Saunier Duval se pueden instalar tanto en viviendas ya existentes como en las de nueva construcción. De fácil instalación y sin necesidad de realizar grandes obras, funcionan con cualquier tipo de caldera.

Una combinación inteligente de energías para ahorrar dinero ganando en confort.

Descubre más en www.saunierduval.es

9

NORMATIVA



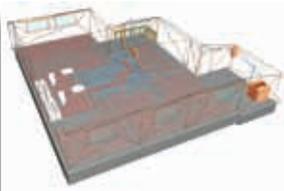
Las instalaciones de climatización mediante sistemas de suelo radiante se rigen mediante la normativa UNE-EN-1264, dicha norma es la versión oficial, en español, de la Norma europea EN 1264, elaborada por el comité técnico AEN/CTN 124 Generadores y emisores de Calor, cuya secretaría desempeña FEGECA. La misma se compone y recoge según su propio índice los siguientes apartados:

«Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies»

- Parte 1. Sistemas y componentes. Definiciones y símbolos.
- Parte 2. Método para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo.
- Parte 3. Dimensionamiento.
- Parte 4. Instalación.
- Parte 5. Suelos, techos y paredes radiantes. Determinación de la emisión térmica.

Además la normativa europea EN-1264, es la base empleada por los organismos certificadores europeos para asignar la certificación correspondiente al sistema de climatización por suelo radiante, siendo a nivel nacional AENOR el único organismo reconocido para la certificación de dichos sistemas.

Esta certificación de sistema se rige según los criterios recogidos en el «Reglamento particular de la marca AENOR para sistemas de cale-



Guía de suelo radiante

facción por suelo radiante» y entre la información que contiene dicho certificado de sistema se hace referencia a:

- Empresa distribuidora del sistema de suelo radiante.
- Conformidad según a la normativa.
- Fecha de emisión y expiración de la certificación.
- Descripción del sistema.
 - Marca comercial
 - Tipo de estructura de suelo
 - Tipo de aislamiento
 - Espesor del aislamiento
 - Espesor total del aislamiento
 - Espesor efectivo
 - Resistencia térmica del aislamiento acorde a los requisitos de obligado cumplimiento que recoge el Código Técnico de la Edificación (CTE)
 - Conductividad térmica
 - Tipo de recubrimiento sobre el sistema
 - Espesor del recubrimiento
 - Tipo de tubería y mención a la asignación de la certificación AENOR, a la tubería que conforma parte del sistema certificado.
 - Diámetro de la tubería
- Pasos de la tubería ensayados como sistema completo.
- Sello y rúbrica del Director General de AENOR.



Tal y como se menciona anteriormente, la tubería que conforma parte del sistema de suelo radiante ha de estar certificada previamente por AENOR en base a la normativa UNE-EN ISO 15875 **«Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría»**.

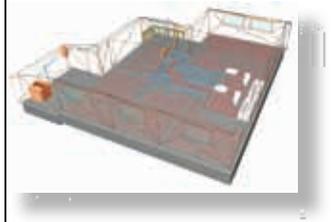
Otras normativas de interés para el profesional y relacionada con los sistemas de suelo radiante son:

- **Ley del ruido (apartado 3, 4 y 5) «Diseño y dimensionado», «Productos de construcción», «Construcción y ejecución»** para elementos de separación horizontal y suelos flotantes en sus respectivas secciones.

Donde se recogen las características exigibles a los productos según la normativa UNE-EN 12354 **«Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.»** y UNE EN 29052-1 **«Acústica. Determinación de la rigidez dinámica. Parte 1: materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas»**.

- UNE 56810:2010 **«Suelos de madera. Colocación. Especificaciones»**. normativa 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.

10 CASOS DE ÉXITO



10.1. EL CASTILLO DE MONTJUIC

El castillo de Montjuic se terminó de construir en 1694, y desde la fecha ha sido objeto de diversas remodelaciones. La última (que todavía no ha concluido) se inició en el 2009 para dotar a las salas del Patio de Armas de un sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante.

Ubicación: Barcelona

Superficie actual con suelo radiante Giacomini: 870m²

Panel aislante R982Q en EPS con tubería PEX de 16x1,5 con BAO y certificado AENOR.

Regulación BUS para control de suelo radiante en calefacción/refrigeración con compensación interior y control de la unidad de tratamiento de aire independiente por sala.

En proceso la integración de la regulación BUS con sistema de control centralizado.



10.2. COOPERATIVA RESIDENCIAL ARROYO BODONAL

El proyecto residencial "Arroyo Bodonal" del arquitecto Carlos Nieto (Acre Arquitectura), está localizado en el Municipio de Tres Cantos (Madrid). Está constituido por 80 viviendas en régimen de cooperativa y es el primer y único edificio de viviendas de Europa con la certificación Leed Platinum.

Como sistema de climatización cuenta con una instalación de suelo radiante Innova Autofijación de Uponor compuesto por tubería de polietileno reticulado Pex-a (5 capas) y aislamiento térmico con certificación AENOR en una superficie de 9.000 m². Este sistema proporciona calefacción y refrigeración a lo largo de todo el año y cuenta con un sistema de control Uponor diseñado específicamente para instalaciones de suelo radiante. La única fuente de energía de la que dispone este proyecto es una instalación geotérmica de 47 sondas de polietileno reticulado Uponor de 137 m de profundidad cada una y que supone una potencia instalada de 430 kW.

Su clasificación energética es de tipo "A", siendo el ahorro energético de este proyecto superior al 75% (531.000 kWh) y la reducción de emisiones de CO₂ superiores al 73% respecto de la normativa.



10.3. POLIDEPORTIVO ESPARTALES, EN ALCALÁ DE HENARES

El Polideportivo Espartales es un complejo deportivo en la ciudad de Alcalá de Henares que consta de piscina deportiva, piscina hidrotermal, Spa con Sauna y baño turco, pabellón deportivo multiusos, vestuarios y despachos. Son 2600 m² de suelo radiante, con una potencia de calefacción de 165 Kw.

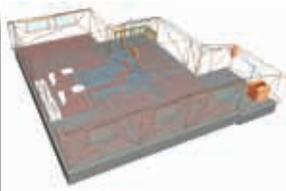
Sistema instalado, características:

Sistema EUROTHERM-TRADESA EUROFLEX 20/50R conforme a la norma UNE EN 1264 y certificado AENOR.

Plancha termoacústica de tetón en poliestireno expandido EUROFLEX 20/50 revestida, 25 kg/m³ de densidad, resistencia térmica 0,85 m²K/W y marcado CE.

Tuberías de polietileno reticulado Eurotherm PEX-A EVOH 16 x 1,8 con barrera antidifusión de oxígeno y marcado AENOR.





10.4. VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN BOADILLA DEL MONTE

Instalación de alta eficiencia que combina energía solar térmica, aerotermia y el suelo radiante para la producción de calefacción, refrigeración y ACS.

Sistema de suelo radiante BAXI para 276 m² compuesto de:

Panel aislante termo acústico BAXI SR-16-38-25.

Tubo de polietileno reticulado de alta densidad con barrera de oxígeno BAXI PE-X con B.A.O. 16 x 1,5.

Colector modular de termopolímero.

Sistema de regulación para suelo radiante BAXI SR8Z con control de 8 zonas de calefacción.



10.5. EDIFICIO IRIS, UN NUEVO CONCEPTO RESIDENCIAL EN ZARAGOZA

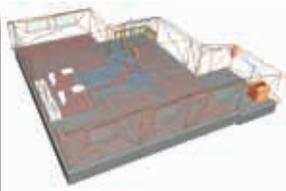
Edificio IRIS es la primera urbanización de viviendas colectivas en Zaragoza que incorpora un innovador sistema de climatización basado en suelo radiante y aerotermia, más propio de unifamiliares.

56 viviendas en 3 alturas, de 90 a 110 m² y 3 ó 4 dormitorios mas una de 180 m². El conjunto residencial cuenta con piscina comunitaria con solárium, piscina cubierta con SPA, piscinas individuales privadas en los áticos y más de 3000 m² de zonas libres.

Equipadas con suelo radiante/frío con alrededor de 5.500 m² de plancha lisa con acabado de aluminio y unos 55.000 m de tubo multicapa.

La generación de calor y frío se realiza con 56 bombas de calor Saunier Duval modelo Genia Air 5/1y 1 Genia Air 8/1, con depósitos de inercia Genia Buffer 80 en cada vivienda y dos controladores Exacontrol E7RCsh. La generación de ACS la producen 2 Bombas de calor Magna Aqua 300 por escalera, en total 16, con contadores de consumo por vivienda.





Guía de suelo radiante

10.6. CONJUNTO RESIDENCIAL ARAVACA II DE MADRID

Aravaca, Madrid.

m² total instalados ORKLI: 14.700 m²

Tubo: SRTBA-500

Metros tubo instalados: 97.000 m²

Tipo de proyecto: Obra Nueva

Tipo de edificio: Edificio multivivienda

La obra es un conjunto residencial compuesto por 130 viviendas con terrazas de 3 y 4 dormitorios con dos plazas de garajes y trastero en urbanización privada con piscina de adultos e infantil, 2 pistas de pádel, gimnasio equipado, sala de comunidad, zona de juegos infantil y zonas verdes.



10.7. OFICINAS ENZA ZADEN ESPAÑA S.L. STA. MARÍA DEL ÁGUILA (ALMERÍA)

Instalación de climatización de alta eficiencia realizada mediante paneles de techo radiante Zehnder Alumline (frío/calor) y sistema de deshumidificación isotérmica descentralizada combinada con sistema de ventilación con recuperadores de calor Zehnder Comfosystems.

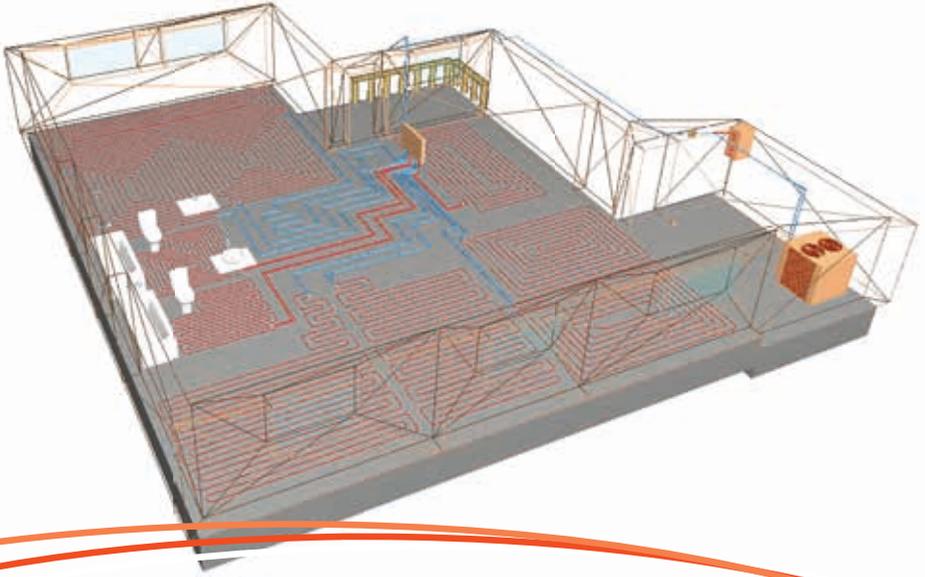
La gestión de la temperatura y el punto de rocío se realiza mediante sistema de control BUS. De este modo se integran ambos sistemas ofreciendo el máximo rendimiento de los paneles radiantes.

Tipo de proyecto: Obra nueva

Tipo de edificio: Oficinas

Superficie: 3000 m²





www.fegeca.com



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

www.fenercom.com

Guía patrocinada por:

