

Guía de morteros para sistemas de Suelo Radiante

Uponor

Con la colaboración de:



Moving > Forward

01/12/2021

Guía de morteros para sistemas de suelo radiante

Prólogo

En los últimos años, han acontecido grandes cambios de carácter disruptivo que han permitido desarrollar diferentes sectores de forma exponencial. Esta disrupción ha sido motivada principalmente, por el continuo crecimiento de la población mundial (actualmente 7.600 millones de habitantes según la ONU), por la estandarización del término de sociedad de bienestar, además de la necesidad de racionalizar el uso de recursos básicos en nuestro planeta como el agua y la energía, con el mínimo impacto sobre nuestro planeta.

Gracias a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se ha establecido una estrategia común que está permitiendo construir un nuevo modelo de viabilidad, equilibrando necesidades y recursos.

Con la entrada en vigor de la Directiva de eficiencia energética 2002/91/CE, Europa decidió centrar gran parte de los esfuerzos por la lucha contra el cambio climático, en sectores de gran potencial en el continente como el de la construcción. Este nuevo modelo tenía como objetivo construir edificios cada vez más eficientes y transformar el parque de edificios existentes a través de la reducción del consumo de energía no renovable, el incremento de la generación de energía mediante fuentes renovables y la reducción de las emisiones de CO₂. Desde entonces en Europa se han ido concatenando nuevas directivas que actualmente forman parte del marco de eficiencia energética en edificación, que definen por ejemplo al edificio de consumo de energía nulo o los estándares de certificación energética.

Desde entonces, el sector de la construcción edificatoria ha transitado por un proceso de transformación constante, siempre con el objetivo de liderar la lucha por el cambio contra el clima, con el uso de las tecnologías de última generación y mediante un proceso de conversión hacia la digitalización. Son referentes de este desarrollo estándares de edificación integral en el entorno digital como BIM, el fenómeno de industrialización de la construcción, la aplicación de la generación distribuida en el propio edificio a través de energías renovables (solar, aerotermia, geotermia, eólica...) con el objetivo puesto hacia el autoconsumo, el uso de sistemas de alta eficiencia en envolventes e instalaciones encaminados a bajas demandas energéticas

y extraordinarios rendimientos de equipos, o la incorporación del modelo “Smart” a los edificios a través del Big Data, Internet of Things, Inteligencia Artificial o Realidad Aumentada.

En este contexto, los sistemas de Climatización Invisible mediante superficies radiantes, se han convertido en una solución de referencia para la calefacción y refrigeración de todo tipo de edificios, tanto residenciales como terciarios. Entre sus grandes ventajas destaca el máximo confort térmico que proporcionan, la libertad de espacios, la reducción del consumo de energía, la eficiencia con fuentes de energía renovables, el uso del agua con elemento caloportador o la longevidad de su vida útil por encima de los 50 años.

En esta guía desarrollada por Uponor en colaboración con otras empresas fabricantes multinacionales referentes en el sector de la construcción, se exponen las principales consideraciones relativas al recredido de mortero en el que quedan embebidos los circuitos de suelo radiante; desde la clasificación y descripción de las diferentes tipologías de morteros, pasando por la metodología de aplicación, hasta el proceso de fraguado, secado, puesta en marcha y rendimientos en régimen de funcionamiento.

Este documento es el resultado de la experiencia y conocimiento adquirida durante los últimos años, en la integración de soluciones de calefacción y refrigeración por suelo radiante con mortero, en cientos de miles de proyectos emblemáticos repartidos por todo el mundo.

Israel Ortega

Director de Formación y Servicios Técnicos Uponor Iberia.

Esta guía ha sido creada y desarrollada gracias a la colaboración de:

LafargeHolcim España, S.A.U.

Benito Carrión, Responsable de Calidad e Innovación. Mortero.

José Manuel Arnau, Director del Departamento de Mortero.

Marián Vidal, Jefe de Calidad Nacional. Hormigón.

Miguel Carpio, Responsable Nacional de Productos Especiales Hormigón.

Rubén Ortiz, Responsable de Desarrollo Nuevos Productos AyH.

Mapei Spain, S.A.

Óscar Agüera, Jefe de la Oficina Técnica.

Rafael David Pérez, Wooden & Resilient Flooring Product Specialist.

Saint-Gobain Weber

Antonio Valls, Jefe de actividad de pavimentos- Márketing.

Uponor Hispania, S.A.U.

Eva Naranjo, Design Office Team Leader.

Israel Ortega, Director de Formación y Servicios Técnicos Iberia.

Iván Rogelio Castaño, Segment Commercial Manager.

Juan Solís, Segment Commercial Specialist.

Paloma González, Design Office Technician.

Guía de morteros para sistemas de suelo radiante

Índice de contenido

Capítulo I

Confort.....	8
Sistema de suelo radiante. Principio de funcionamiento	10
Inercia térmica	11
Climatización y confort sin movimiento de aire.....	12
Medios eficientes de intercambio de energía	13
Ahorro energético.....	13
Elementos del sistema de suelo radiante.....	14
Elementos de regulación y control.....	20

Capítulo II

Morteros para sistemas de suelo radiante	28
Tipos de morteros. Descripción	
• Morteros autonivelantes en base anhidrita	
• Morteros autonivelantes cementoso	
• Morteros semisecos	
Composición de morteros	32
• Áridos	
• Agua	
• Aditivos	
• Conglomerante	
Características técnicas	33
• Morteros autonivelantes en base anhidrita.....	
• Morteros autonivelantes cementoso.....	
• Morteros semisecos	

Guía de morteros para sistemas de suelo radiante

Fabricación del mortero. Procesos de elaboración	37
• Morteros autonivelantes en base anhidrita	37
Vía húmeda	
Vía seca	
• Morteros autonivelantes cementosos y semisecos	38
Controles de calidad principales	38
• Control de calidad de los materiales	39
• Control de calidad de los procesos de fabricación	40
Aspectos legales. Normativa, declaraciones y certificaciones	41
Puesta en obra	43
• Morteros autonivelantes en base anhidrita	43
• Morteros autonivelantes cementoso y semisecho	44
Aspecto del soporte y preparación	45
• Preparación general del soporte	45
• Aspectos a comprobar previo al vertido del mortero	46
Aplicación	49
Protocolo de aplicación sobre instalaciones de suelo radiante	53
Mortero corrido	54
Puesta en servicio del sistema de suelo radiante	57
Aspectos relacionados con la aplicación del revestimientos	58
• Planeidad	58
• Rugosidad	59
• Humedad	59
• Tiempo de espera para revestir	60
• Adhesivos	61

Guía de morteros para sistemas de suelo radiante

Capítulo III

Tiempos de reacción	62
Comparativas y simulaciones	64
• Sistema de suelo radiante tradicional.....	64
• Sistema de suelo radiante de bajo perfil.....	68
Posibles defectos de los recrecidos y forma de reparación.....	71

Anexo I

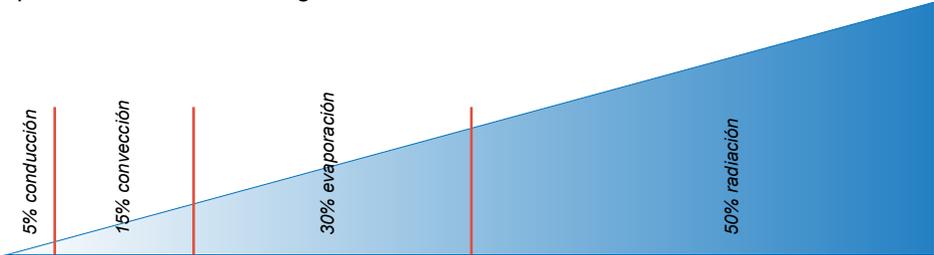
Protocolo puesta en marcha pavimentos de madera y recomendaciones...	80
--	----

Introducción

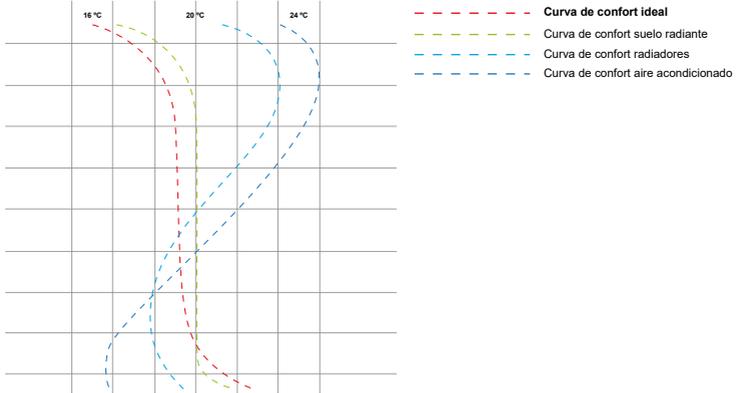
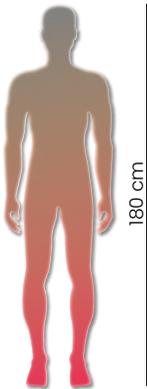
Capítulo I

Confort

De acuerdo a la norma UNE-EN ISO 7730 y 7726, el intercambio ideal de energía entre el ser humano y el ambiente que lo rodea se reparte aproximadamente del siguiente modo:



Por lo tanto, es evidente, que el modo en que el ser humano intercambia un mayor porcentaje de energía y alcanza el mayor confort posible es el que se consigue con el Sistema de Climatización Invisible por suelo radiante y a través de bajas temperaturas. Estos sistemas son los que mejor se van a ajustar a la emisión de calor del cuerpo humano por radiación, convección y conducción.



Se logra un perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano de modo que la temperatura del aire a la altura de los pies es levemente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. Esto se traduce en una percepción, por parte del usuario del sistema, de una notable sensación de confort.

Existen diferentes factores que influyen en el grado de confort de una persona.

Factores	
Personales	Índice metabólico Índice de vestimenta
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura seca del aire • Temperatura radiante media • Velocidad del aire • Humedad relativa

Los factores en lo que se puede influir en el proceso de diseño de un edificio, son los denominados ambientales.

La sensación de temperatura de las personas equivale a la conocida como temperatura operativa. Dicha temperatura operativa, cuando hablamos del interior de un edificio, equivale al valor promedio entre varias temperaturas, como son la del aire y la temperatura radiante media de suelos, techos, paredes, puertas, ventanas,... de tal forma que se podría mantener la temperatura de confort influyendo en la temperatura del aire o en la temperatura radiante de cada una de estas superficies.

$$T_o = \frac{T_{aire} + T_{med.rad}}{2} \quad T_{med.rad} = \frac{\sum T_{rad} \times A_i}{\sum A_i}$$

Siendo:
 T_o : Temperatura operativa
 $T_{med.rad}$: Temperatura media radiante
 T_{aire} : Temperatura del aire
 T_{rad} : Temperatura radiante de cada superficie
 A_i : Área de cada superficie

Tanto en invierno (modo calefacción), como en verano (modo refrigeración), bastaría con mantener la temperatura del aire y aumentar o disminuir la temperatura radiante de las superficies de la habitación y, por tanto, la temperatura radiante media. Así se lograría una temperatura de confort sin tener que actuar sobre un gran volumen de aire.

Cuanto mayor sean las superficies sobre las que interactuemos, mayor influencia tendrá el valor de temperatura media de radiación de las superficies.

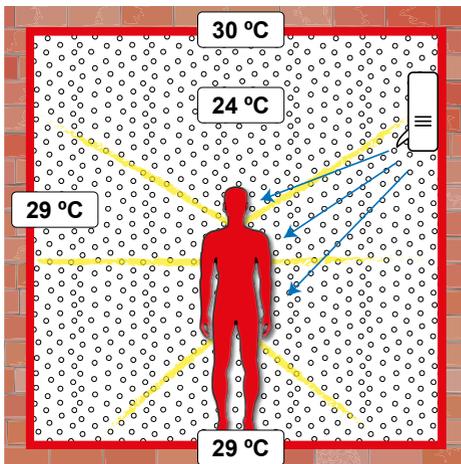
Sistema de suelo radiante

Sistema de suelo radiante. Principio de funcionamiento

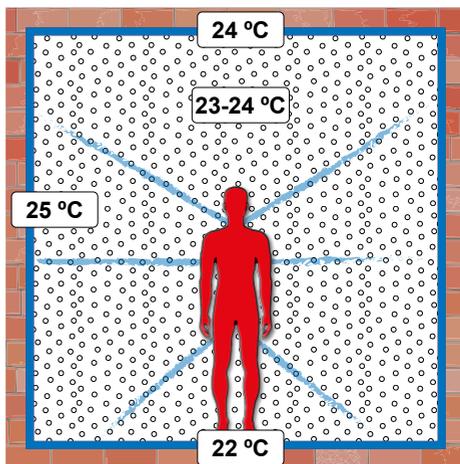
El principio básico de funcionamiento, de un sistema de calefacción/refrigeración mediante superficies radiantes, consiste en impulsar agua a una temperatura media (sobre 40 °C en invierno y 16 °C en verano) a través de circuitos realizados preferentemente con tuberías de polietileno reticulado (PEX-a) con barrera antidifusión de oxígeno (EVOH).

En el sistema de suelo radiante, estos circuitos realizados con distintas configuraciones (espiral o serpentín preferentemente) se embeben en una capa niveladora de mortero y sobre ella se coloca un pavimento final de distintos tipos: cerámico, piedra, parquet o cualquier otro (es importante consultar sus características técnicas al fabricante).

Todo el suelo del área a climatizar será el emisor térmico. Esto da lugar a que la emisión de calor o frío sea uniforme en toda la superficie. Desaparecen así las "zonas calientes" y "zonas frías" que se producen con otros sistemas de calefacción en los cuales existe un número determinado de emisores.



Climatización tradicional - refrigeración.



Climatización radiante - refrigeración.

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

Sin embargo, cuando funciona en modo refrigeración, la carga de calor de la estancia se absorbe a través del pavimento y de la capa de mortero que contiene las tuberías por las que circula agua fría, realizando un acondicionamiento térmico de la vivienda o espacio.

Los métodos de regulación y control para los sistemas de calefacción y refrigeración mediante superficies radiantes permiten: impulsar el agua a la temperatura deseada y controlar de forma autónoma la temperatura ambiente de cada uno de las estancias climatizadas.

Podemos enumerar algunas de las grandes ventajas de este tipo de sistemas:

Habitabilidad	Eficiencia
Extraordinario confort térmico	Impulsión de agua a baja temperatura en calefacción y alta en refrigeración
Uniformidad superficial de temperatura	Una única instalación para dos modos de funcionamiento
Ausencia de corrientes de aire. No genera polvo, ni ácaros	Disminución del consumo energético (solución ideal en NZEB) Se minimizan las pérdidas de energía a través de los cerramientos.
Aísla térmica y acústicamente	Reducción de las emisiones de CO ₂
Aumenta el espacio útil en la vivienda	Mejora de la calificación energética
Total libertad en la decoración interior	

Inercia térmica

La inercia térmica es un concepto importante en el diseño de una instalación de Climatización Invisible por suelo radiante. Nos permite emplear todas las secciones constructivas 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 y que minimizan el consumo de energía.

La inercia térmica de una superficie se puede definir como la capacidad que tiene cada superficie a la hora de conservar la energía térmica recibida para posteriormente ir liberándola. Depende de tres parámetros: masa, densidad y calor específico.

En una vivienda, a mayor inercia térmica, mayor estabilidad térmica, ya que el calor acumulado durante el día se libera en el período nocturno. Esto es debido a que la inercia térmica produce dos fenómenos:

- La amortiguación, en la variación de las temperaturas.
- El retardo de la temperatura interior respecto a la exterior.

Por lo tanto es posible disminuir la necesidad térmica de la vivienda tanto en periodos de calefacción, como en refrigeración, y lograr así las condiciones de confort térmico.

Una de las mayores superficies disponibles de un edificio y que cuenta además con una gran inercia térmica es el suelo, que podrá ser aprovechada para atenuar y retardar la variación de temperatura que se produzca a lo largo del día debido a la radiación solar, infiltraciones de aire y otros factores.

Como consecuencia y al reducirse dichas oscilaciones, la energía requerida por los sistemas de climatización radiante para proporcionar la temperatura de confort será marcadamente menor en comparación con otros sistemas.

Climatización y confort sin movimiento de aire

La velocidad con la que el aire caliente se transmite 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 superficies de suelos, paredes y de techos serán reducidas, de modo que el efecto de convección del aire es imperceptible (velocidad $<0,2$ m/s) y no se generan molestias apreciables por nuestro cuerpo.

Las corrientes de aire en combinación con su alta o baja temperatura, frecuentemente producen enfermedades reumáticas y enfermedades respiratorias. La norma ISO 7730 detalla el porcentaje de personas insatisfechas debido a las corrientes de aire.

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

Medios eficientes de intercambio de energía

La radiación que emite una superficie se produce a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie.

La rapidez con que se libera la energía, la denominamos Potencia de Radiación. Su valor es proporcional a la cuarta potencia de la T absoluta (Ley de Stefan). Pero al mismo tiempo que emite radiación, también la absorbe, pues si solo la emitiera llegaría un momento en el que irradiaría toda su energía y la temperatura llegaría al cero absoluto.

La energía que absorbe proviene entonces de sus alrededores que a su vez emiten su energía radiante. Aumentar o disminuir un grado la temperatura de la superficie radiante, significa un factor multiplicador que no se logra variando la temperatura del aire en un grado.

En los sistemas radiantes a baja temperatura, a diferencia de otros sistemas de climatización cuya forma principal de transmitir la energía es por convención, no es necesario ningún tipo de fluido entre los cuerpos, basta con que estén a diferentes temperaturas, es decir, no se necesita que estén en contacto.

Ahorro energético

El ahorro energético en los sistemas radiantes se consigue gracias a 5 factores principales:

- La temperatura de confort deseada se alcanzará manteniendo la temperatura del aire y aumentando o disminuyendo la temperatura de las superficies (según el modo de funcionamiento calefacción o refrigeración).
- El aire tiene menor densidad y mayor volumen, por lo que requiere de una mayor energía para modificar su temperatura uniformemente. Sucede lo contrario con la temperatura de cada una de las superficies de la estancia, las cuales se podrán modificar con menor aporte de energía por tener mayor densidad y menor volumen.
- Al reducir la diferencia entre la temperatura del aire interior de la vivienda y la temperatura del aire exterior, las pérdidas o ganancias energéticas se reducirán también, dado que son proporcionales a dicho diferencial.

- Las temperaturas del agua son más moderadas durante todo el año por lo que se produce una reducción importante en las pérdidas o ganancias de calor desde la sala técnica en una instalación centralizada hasta los colectores.
- Los sistemas radiantes disponen de componentes que aíslan térmicamente, contribuyendo a mejorar el aislamiento térmico del edificio.
- Es un sistema que puede ser alimentado a través de fuentes de energía renovables con las que se obtiene un máximo rendimiento (energía solar térmica, energía geotérmica, aerotermia, etc.).

Elementos del sistema de suelo radiante

Todos los sistemas tienen un conjunto de elementos comunes que se describen a continuación enumerándolos desde la superficie soporte, hasta el pavimento final:

Film antihumedad



Este elemento, fabricado en polietileno, se coloca sobre el forjado. Se convierte en una barrera entre el forjado base y la superficie emisora de suelo radiante, evitando las posibles humedades que avanzan por capilaridad. Imprescindible en aquellas plantas bajas o sótanos en contacto con el terreno o cuartos húmedos.

Zócalo perimetral



Consiste en una espuma de polietileno, cuya función principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos. Estas dilataciones son inevitables durante el funcionamiento de la instalación ya sea en modo calefacción y/o refrigeración.

Además, genera un aislamiento adicional tanto térmico como acústico en todo el perímetro del sistema.

Siempre hay que cerciorarse de que el forjado y los tabiques del local no estén en contacto con el suelo radiante para asegurar que dicha losa se pueda contraer y dilatar libremente con las variaciones de temperatura. Así evitamos que se produzca algún tipo de grieta o rotura de la losa.

Se puede adherir a la base de las paredes del área a climatizar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento.

El faldón del zócalo se pega al panel, y la cara adhesiva de la espuma de polietileno al tabique. De este modo nos aseguramos que el mortero no penetre por debajo del panel.

Panel aislante



La mayoría suele fabricarse en poliestireno expandido (EPS).

Su función es la de soportar los tubos que trazan los circuitos de suelo radiante en espiral o serpentín y al mismo tiempo aislar térmicamente la instalación.

La norma UNE- EN 1264-4 "Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies" en su capítulo Capas de construcción, describe los parámetros principales necesarios como son:

- Resistencia térmica ($m^2 \cdot K/W$)
- Resistencia a la compresión (kPa)
- Resistencia a la flexión (kPa)
- Aislamiento acústico frente a ruido por impacto (dB)

Los paneles aislantes han de contar con un recubrimiento y un sistema de unión entre ellos que impida que la humedad del mortero entre en contacto con el mismo. Además el sistema de sujeción de las tuberías ha de ser tal que no genere la rotura de dicho recubrimiento impermeable.

Por ello se recomienda por orden de preferencia los siguientes sistemas de sujeción:

- Sistema Autofijación.
- Sistema de tetones.

Igualmente en el caso de garantizar los requisitos recogidos en la normativa UNE-EN 1264, referente a la posición de las tuberías. Donde se explica que la desviación la desviación máxima permitida respecto de la posición/paso del tubo previsto es:

- Posición horizontal 5 mm.
- Posición vertical ± 10 mm.

Se desaconsejan los sistemas de grapas debido a que la metodología manual de colocación de grapas hace que el recubrimiento impermeable se rompa con la consiguiente **pérdida de propiedades aislantes térmicas y acústicas.**



Además es inviable controlar en obra la distancia de colocación entre grapas, así como la presión ejercida durante su colocación.

Peligro: Suponiendo 1 m² de instalación a paso de 15 cm, el panel contaría con un total de entre 42 y 56 agujeros. En el caso de un vivienda de 90 m² el recubrimiento aislante contaría con al menos entre 3.780 y 5.040 perforaciones.

Tuberías de distribución



Componente por el que circula agua a distintas temperaturas dependiendo del modo de funcionamiento (calefacción o refrigeración). Suelen utilizarse tuberías de diámetro 16 mm (obra nueva) y de 9,9 mm (reforma, bajo perfil) fabricadas con polietileno reticulado PEX-a según norma UNE-EN- ISO 15875 con capa de EVOH (etilvinil-alcohol) para impedir la difusión de oxígeno según DIN 4726, y evitar la corrosión y oxidación de la instalación a lo largo del tiempo.

Con el fin de proteger la instalación de la oxidación, las tuberías cuentan con una capa antidifusión de oxígeno. A su vez esa capa se recubre con otras capas protectoras que evitan la pérdida de la capa de EVOH por desgaste o roce con el suelo durante su instalación o durante el vertido del mortero posteriormente.

La tubería finalmente estará compuesta por un total de 5 capas que le aportarán seguridad y flexibilidad, permitiendo salvar cualquier tipo de obstáculo y adaptarse a diferentes diseños en función de la superficie a climatizar.

La configuración de los circuitos debe ser tal que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra en todos los tramos del circuito. De esta manera, se logra homogeneizar al

Tipo de construcción	Nueva	Reforma
	Calefacción/Refrigeración	
Paso (cm)	20/15	5/5
Temp. de impulsión (°C)	40/16	45/16

máximo la temperatura superficial del pavimento. Recomendamos el trazado en doble serpentin o en espiral según la geometría de la superficie a cubrir.

Colector



Los colectores son los componentes de la instalación que conectan las tuberías de distribución provenientes de la fuente de energía con los diferentes circuitos integrados en el suelo radiante. Equilibran hidráulicamente la instalación y controlan termostáticamente cada estancia.

Fabricados preferentemente en poliamida reforzada de fibra de vidrio, que les dota de excelentes propiedades frente al riesgo de corrosión, los ruidos, la acumulación de impurezas y la condensación.

Están compuestos por dos cuerpos que son la impulsión y el retorno para cada circuito. Acorde a la normativa UNE-EN 1264, cada uno de los cuerpos llevan:

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

El cuerpo de impulsión cuenta con detentores para cada uno de los circuitos conectados. La función de dichos detentores es la de realizar el correcto equilibrado hidráulico de la instalación. De esta forma se puede ajustar el caudal de agua de cada circuito en función de su longitud. La operación de equilibrado hidráulico se realiza en el momento de la puesta en marcha inicial de la instalación.

En el cuerpo de retorno se encuentran conectados los cabezales electrotérmicos. Uno por cada circuito de cada estancia en los que se desee controlar la temperatura operativa. Estos cabezales irán conectados al sistema de regulación termostático.

Los colectores se localizan en el interior de una caja registrable que se ubicará en un punto lo más centrado y equidistante de cada una de las estancias. Los colectores siempre han de situarse por encima de los circuitos para evitar una posible acumulación de aire en el interior de las tuberías.

Mortero



Una vez trazados todos los circuitos en la superficie a climatizar, se le vierte el mortero que confiere al sistema la inercia térmica para poder gestionar la emisión del calor necesario según cada estancia.

Previamente se ha tenido que comprobar la instalación del sistema a través de la prueba de estanqueidad descrita en UNE- EN 1264-4 “Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies”.

La elección y el tipo de mortero dependerá de las limitaciones de cada proyecto. Altura disponible, tipo de pavimento, inercia necesaria, tipo de edificio (nuevo/reformado), etc. Otro criterio es la localización geográfica, las condiciones climáticas y la temperatura exterior. De ser constantes durante las épocas de calefacción y refrigeración, se recomienda utilizar mayores espesores de mortero, confiriendo así al sistema mayor o menor inercia térmica. Sin embargo, en regiones con condiciones exteriores cambiantes de forma rápida y habitual, se aconseja utilizar espesores reducidos de mortero, para disminuir el tiempo de respuesta.

Si utilizamos un mortero tradicional, hay que añadir a la mezcla un aditivo fluidificante de base acuosa. De esta forma, conseguimos un contacto perfecto entre el mortero y las tuberías emisoras, una vez que la losa de mortero de cemento ha secado. Así se evita posibles inclusiones de aire durante el proceso de fraguado que aumentarían la resistencia térmica del sistema. Para este caso de aplicación se recomiendan espesores de 5 cm a partir de la generatriz superior de la tubería.

Si consideramos otros morteros, como por ejemplo los autonivelantes, podremos reducir los espesores necesarios. Esto es debido, por una parte, al aumento considerable de la resistencia a la compresión y la carga máxima soportada y por otra, a que son morteros mucho más compactos con un coeficiente de conductividad térmico mayor. Estos tipos de morteros nos permiten reducir los espesores sobre la generatriz del tubo hasta 1,5 cm (recomendamos que se sigan las instrucciones del fabricante en todo momento).

Antes de verter el mortero elegido, hay que disponer las juntas de dilatación, cuya función es la de absorber posibles distorsiones de la losa de mortero.

Tal y como se indica en la normativa UNE-EN 1264, se debe de prever la colocación de las juntas de dilatación desde los rincones, o los pilares, es decir, en aquellos puntos donde se sabe que va a producirse una dilatación o un estrechamiento de la superficie del mortero (recomendamos que se sigan las instrucciones del fabricante en todo momento).

Pavimento final



Los sistemas de suelo radiante son compatibles con todo tipo de pavimento. Se pueden colocar, desde pavimentos de mármol, granito o cerámicos hasta los pavimentos sintéticos como los vinílicos, pasando por laminados de madera.

Cuando el pavimento a instalar es de madera, recomendamos seguir las indicaciones de la Federación Española de Pavimentos de Madera. Este organismo propone tener en cuenta la normativa sobre suelos de madera UNE 56810:2010 (colocación y especificaciones), donde se hace referencia a las características mínimas que ha de tener dicho pavimento para garantizar el perfecto funcionamiento de la instalación y disfrutar así de todas sus ventajas.

Elementos de regulación y control

Temperatura interior

La función principal es la regulación del caudal de cada uno de los circuitos de la instalación de forma independiente y en función de las diferentes condiciones de confort deseadas para cada estancia. Independientemente del uso, orientación, grado de ocupación o de las condiciones exteriores.

Son imprescindibles los elementos de regulación y control termostático pues hay que tener en cuenta el principio de inercia térmica. De este modo se optimiza su correcto funcionamiento.. Para ello se necesita:



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

El principio de funcionamiento está basado en la apertura o cierre mecánico del paso de agua a cada uno de los circuitos. Para ello se usa una válvula denominada cabezal electrotérmico situada en el retorno de cada circuito.

Cabezal cerrado: no existe circulación de agua en el circuito y no se produce intercambio térmico entre el circuito y la estancia.

Cabezal abierto: existe circulación de agua y se produce intercambio térmico entre el circuito y la estancia.

En el caso del funcionamiento del sistema de suelo refrigerante, es recomendable utilizar sondas o termostatos con control de humedad relativa para poder controlar el punto de rocío en zonas con un alto grado de humedad en el ambiente.

De esta forma, se puede conseguir obtener el máximo rendimiento del sistema radiante y eliminar el riesgo de condensación. El sistema de control activará elementos como deshumidificadores, fancoils, splits o unidades de tratamiento de aire (edificios terciarios), necesarios para acondicionar el aire al disminuir la humedad relativa.

Regulación de la temperatura exterior y de impulsión de agua

Se trata de adecuar la temperatura de impulsión de agua del suelo radiante en función de las condiciones exteriores, así se puede adaptar la curva de demanda y la inercia térmica del sistema.

Habitualmente este control se realiza mediante un grupo de impulsión compuesto de diferentes elementos, según la funcionalidad de la regulación. La bomba de circulación asegurará un correcto caudal en la instalación y vencer la pérdida de carga máxima del circuito más desfavorable (ejemplo: el más largo o el de menor diámetro).

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



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

Como **líder mundial en soluciones de construcción**, LafargeHolcim está reinventando cómo se construye el mundo para hacerlo **más sostenible, inteligente y saludable** para todos.

En esta línea, y con una **clara apuesta por la innovación y la sostenibilidad**, hemos desarrollado el **Libro Verde de Soluciones Constructivas**, el primer libro del sector del cemento y hormigón que da respuesta a los requerimientos de las certificaciones ambientales para la edificación. Nuestras soluciones están clasificadas en función de su contribución a la consecución de las certificaciones **LEED®** (Leadership in Energy and Environmental® Design) y **BREEM®** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).

www.lafargeholcim.es
www.clickandgolh.es
Tel. 912.133.100



- ✓ Conductividad térmica útil: **2,20 W/m.K**
- ✓ Densidad: **2100 Kg/m³ +/- 100 Kg/m³**
- ✓ Fluidez: **26 cm ± 2 cm**
- ✓ Trabajabilidad: **180 min**
- ✓ Espesores: **2-6 cm**
- ✓ Rendimiento: **1.500m²/día**
- ✓ **Transitable en 24h**
- ✓ Sostenible: **EPD según UNE-EN ISO14025, contribuyendo a obtención de BREEAM®, LEED®, etc.**

Mortero autonivelante en base anhidrita (CA-C25-F5)

**Para suelos en los que se necesiten
las más altas prestaciones en conductividad
térmica**

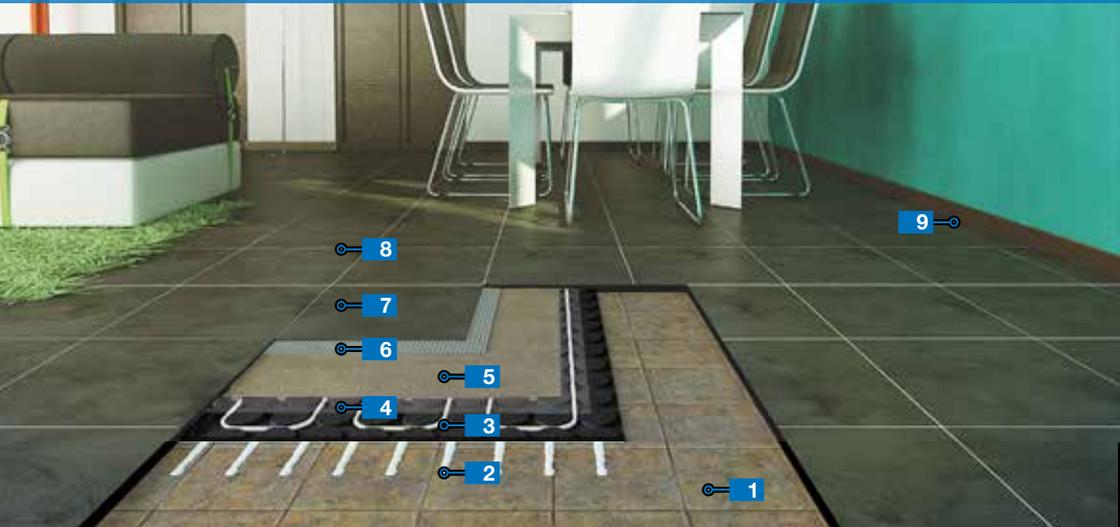




Novoplan Maxi

Nivelante con alta conductividad térmica, ideal para sistemas de calefacción por suelo radiante, incluso con poco espesor

Sistema de colocación de gres porcelánico fino sobre sistema de calefacción radiante de bajo espesor



1 Pavimento cerámico existente

2 Adhesivo de montaje
Ultrabond MS Rapid



3 Sistema de calefacción por suelo radiante de poco espesor / Paneles de fibroyeso

4 Imprimación
Eco Prim T



5 Enlucido autonivelante
Novoplan Maxi



6 Adhesivo
Ultraflex



7 Gres porcelánico fino

8 Rejuntado
Keracolor FF



9 Sellador
Mapeflex PU 45 FT



ALTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Particularmente adecuado para sistemas de calefacción por suelo radiante: asegura una excelente transmisión de calor asegurando una alta eficiencia térmica



IDEAL PARA SISTEMAS RADIANTES DE BAJO ESPESOR

Permite crear suelos radiantes con espesores muy finos, superponiendo incluso el suelo antiguo.



ALTA FLUIDEZ

Tiene una mezcla fluida, muy suave y fácil de trabajar; se autonivela fácilmente y se puede aplicar a mano o con bomba.



ENDURECIMIENTO RÁPIDO

Se puede caminar después de 3 horas y permite colocar pisos de cerámica después de solo 12/24 horas. Una vez endurecido, tiene una alta resistencia a la compresión y abrasión.



MAPEI360°

Proveedor integral para la construcción

20 líneas de producto que, con una visión de 360° del sector de la construcción, cubren todas las necesidades constructivas; desde la cimentación a la cubierta, de grandes infraestructuras a pequeñas reformas, de la colocación de pavimentos y revestimientos a la de rehabilitación de fachadas y estructuras, de la impermeabilización y protección de grandes superficies hasta la fijación y sellado de pequeños elementos.

Un catálogo con más de 1500 productos y soluciones, concentrados en un solo proveedor integral que facilita un eficiente servicio, seguridad en una sola entrega en lugar de múltiples recepciones, de todo aquello que necesites.

Sistema de climatización invisible con mortero de óptima conductividad térmica



Recrido técnico con conductividad térmica optimizada



FRAGUADO RÁPIDO

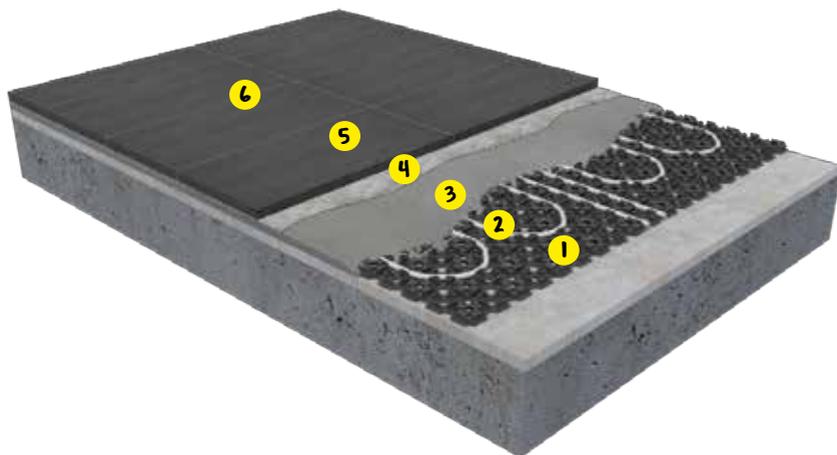
Puesta en servicio rápida



MORTERO DE NIVELACIÓN

Fácil aplicación gracias a su poder de nivelación

SISTEMA DE RECRECIDO DE ALTA TRANSMISIÓN TÉRMICA. ACABADO CERÁMICA



- 1** Panel con tetones de sujeción
Sistema de climatización invisible UPONOR
- 2** Tuberías
Sistema de climatización invisible UPONOR
- 3** **weberfloor radiante**
Recrecio técnico de alta conductividad térmica. CT-C25-F5
- 4** **webercol MULTIGEL premium**
Gel superadhesivo flexible. C2TES1
- 5** Revestimiento cerámico
- 6** **webercolor premium fina**
Junta flexible ultrafina con silicona hasta 6 mm. CG2WA

Morteros para sistemas de suelo radiante

Capítulo II

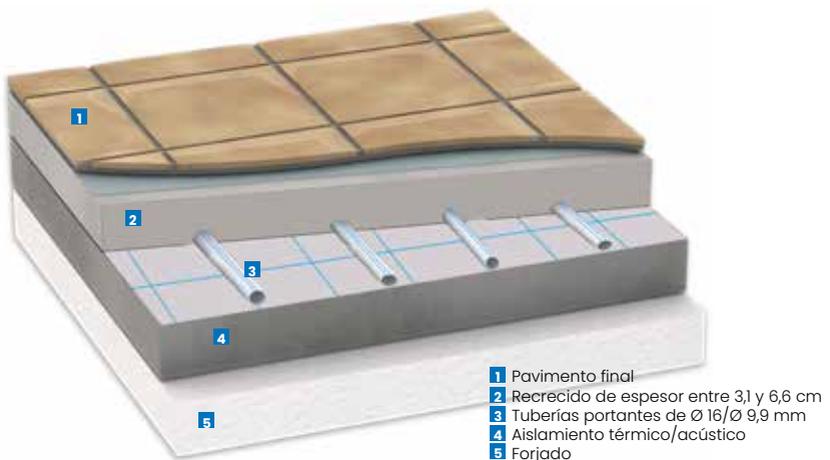
Morteros para sistemas de suelo radiante

Como parte de la instalación de un sistema de Climatización Invisible por suelo radiante, contamos con el recredido. Se trata de un elemento constructivo destinado a alcanzar las cotas de proyecto y al mismo tiempo aportar inercia al sistema de suelo radiante. El espesor de éste puede variar y servirá de base para la colocación del pavimentación final previsto.

Los recredidos se realizan generalmente mediante el uso de **morteros** y, dependiendo del tipo de aglomerantes empleados en su fabricación, pueden ser **cementosos**, **semisecos** o en **base anhidrita**.

Según el tipo de instalación se denominan:

- Adheridos. Si el recredido se coloca en contacto con un soporte portante (p. ej. una losa de hormigón armado). Su uso se debe a que la altura disponible es <35 mm.
- Flotantes. Si se colocan sobre una capa de aislamiento térmico y/o acústico.
- Radiante. Si incorporara un sistema de calefacción/refrigeración.



Es muy importante una buena elección del tipo de mortero a utilizar para la realización del recredido y, por lo tanto, para lograr un buen rendimiento del sistema radiante. Ya sea un aglomerante especial, un mortero premezclado o un mortero tradicional preparado en obra, han de tenerse en cuenta, entre otros aspectos para su elección:

- El uso previsto.
- Las condiciones de la obra (interior o exterior).
- Tiempo de secado.
- Espesor mínimo/máximo.
- Conductividad térmica.
- Resistencia a la carga.
- Tipo de pavimento a instalar.
- Tiempo necesario para la puesta en servicio.

El espesor del mortero podrá variar. Dependerá entre otros factores del grado de inercia al que queramos dotar al sistema de suelo radiante. A su vez podrá estar condicionado por el grado de compresibilidad que tenga el aislamiento térmico de la instalación.

Aislante Compresibilidad del aislante	Recredido	
	Espesor	Posibilidad de armadura
I: Espesor <3 mm	4 cm	Sin armadura
I: Aplastamiento <0,5 mm y espesor >3 mm	4 cm	Malla de Ø 2x50x50 mm (valorar)
	5 cm	Sin armadura
II: Aplastamiento >0,5 mm y <3 mm	4 cm	Malla de Ø 2x50x50 mm (valorar)
	5 cm	Sin armadura
III: Aplastamiento >3 mm y <12 mm	4 cm	Malla de Ø 5x100x100 mm (valorar)
	5 cm	Malla de Ø 2x50x50 mm (valorar)

Tipos de morteros. Descripción

Por sus propiedades, los morteros recomendados para instalaciones de Climatización Invisible por suelo radiante son:

Morteros autonivelantes en base anhidrita

Este tipo de morteros emplean la anhidrita como conglomerante.

La anhidrita confiere al mortero una menor retracción y una mayor conductividad térmica (superior a los 2 W/mK).

Permite realizar losas de menor espesor respecto de otros morteros (a partir de 20 mm), con menor número de juntas y asegurar un óptimo recubrimiento de los tubos gracias a su elevada fluidez.

Morteros autonivelantes cementosos

Este tipo de morteros emplean el cemento como conglomerante.

Son de retracción compensada y su conductividad térmica es de entre 1-1,7 W/mK. Permite realizar losas a partir de 30 mm de espesor desde la base del tubo y hasta 100 mm. Son de fraguado y secado rápido.

Permiten el recrecido y la nivelación de suelos, tanto en obra nueva como en reforma, previo a la colocación de pavimentos ligeros (PVC, linóleo, vinilo, tarimas,...), cerámica y suelos técnicos. Permiten obtener superficies muy lisas y con alta planimetría.

Morteros semisecos

Los morteros semisecos se caracterizan por su rápido secado en comparación a los morteros tradicionales y por su composición mediante aglomerantes especiales. Son de retracción controlada y de una conductividad térmica de 1,1-7 hasta 2 W/mK. Permite realizar espesores de hasta 80 mm o incluso más. Son de fraguado y secado muy rápido que pueden ir desde 24 h hasta 4 días.

Permiten el recrecido y la nivelación de suelos tanto en obra nueva como en reforma, previo a la colocación de pavimentos ligeros (PVC, linóleo, vinilo, tarimas,...), cerámica y suelos técnicos. Dado a su aplicación con maestras, se obtienen superficies de alta planimetría y en ocasiones necesitan una capa de alisado para los materiales más sensibles.

• Recrecidos tradicionales

Características	Valor	Valor
Dosificación recomendada (kg/m³)	200-250	350-450
Humedad residual* (%)		
• después de 24 horas	<3,5	<2
• después de 3 días	-	<1,6
• después de 4 días	<2	-
Tiempo de espera para la realización de enlucidos	1-4 días	4 horas
Tiempo de espera para la colocación de:		
• cerámica	24 horas*	3-4 horas*
• mármol	2 días*	3-4 horas*
• madera**	4 días*	24 horas*
Resistencia a la compresión/flexión (MPa):		
• después de 24 horas	>8/3	>30/5
• después de 3 días	-	>40/6,5
• después de 4 días	>15/4	-
• después de 7 días	>22/5	-
• después de 28 días	>30/6	>45/7
*A +23 °C y 50% de humedad relativa.		
*Estos tiempos de espera pueden alargarse si los áridos utilizados en el recrecido son de una granulometría inferior a la recomendada (0-8 mm) o si se excede la cantidad de agua de la mezcla.		

En el caso de recrecidos tradicionales realizados en obra con arena y cemento, con el fin de garantizar un valor de conductividad térmica relativamente elevado y encapsular totalmente las tuberías, siempre es necesario añadir un aditivo súper fluidificante. La utilización de este aditivo especial, en relación de 1-1,5% sobre el peso del cemento, permite reducir la relación agua/cemento y mejorar la difusión del calor y la trabajabilidad. De este modo se evita el riesgo de formación de cámaras de aire aislantes en su interior.

Composición de los morteros

Los morteros autonivelantes están constituidos por áridos (diferente granulometría), agua, conglomerante y aditivos, siendo los dos últimos componentes los que diferencian unos morteros de otros.

Áridos: Arenas seleccionadas de procedencia natural o preferiblemente de machaqueo (mayor aporte de finos), de naturaleza silíceo o caliza y granulometrías comprendidas entre 0/1 - 0/4 mm. También es frecuente el empleo de adiciones de filler calizo.

Agua: Agua limpia, sin restos de finos, aditivos, aceites, etc. Procedente de la red o de pozos controlados regularmente. Es desaconsejable el empleo de aguas recicladas o procedentes de lavados.

Aditivos: Súperplastificantes, en forma líquida o polvo, con alto efecto reductor de agua y que aportan la fluidez requerida para garantizar las propiedades autonivelantes al mortero de anhidrita. Pueden añadirse a la mezcla en la propia central de fabricación o, en algunos casos, dosificarse en la propia obra tras recibirse el mortero preparado desde la central.

Conglomerante: Resinas poliméricas, en el caso de los morteros autonivelantes cementosos especiales, y Anhidrita en los morteros denominados "base Anhidrita" que por sus peculiaridades se menciona más en detalle.

La anhidrita o sulfato cálcico (CaSO_4) anhidro, es decir sin contenido de agua en su estructura molecular, se encuentra en la naturaleza como mineral común, es de origen sedimentario asociado a depósitos salinos, o asociado a filones de minerales metálicos.

Se obtiene también como coproducto en algunos procesos de fabricación en la industria del flúor. Esta procedencia otorga a la anhidrita el carácter de material reciclado, pues se trata de un residuo industrial empleado para la fabricación de mortero para construcción, lo cual hace que sea un material con alta cualificación en sostenibilidad que contribuye a la obtención de puntuación en certificaciones medioambientales de proyectos de edificación.

Características técnicas

Los datos que se muestran a continuación son orientativos para este tipo de productos. Consultar fichas técnicas del fabricante.

Las características principales a tener en cuenta en la elección del mortero ideal para cada tipo de proyecto son las siguientes:

Resistencia mecánica: Debe de adecuarse al uso al que se destina y al tipo de pavimento a colocar. En líneas generales, un recrecido idóneo para la colocación de cualquier revestimiento será:

- en ambientes civiles, no deberá ser inferior a 20 MPa*.
- en ambientes industriales, no deberá ser inferior a 30 MPa.

*Según norma UNE-EN 1264-4 la capa de ajuste para un sistema tipo C debe ser una placa-mortero de resistencia a compresión de 20 N/mm² a los 28 días.

Compacidad: el recrecido debe presentarse compacto y homogéneo en la superficie y en todo su espesor.

Curado y estabilidad: Es necesario que el recrecido esté curado o que haya realizado la mayor parte de la retracción. Durante el periodo de maduración, el recrecido sufre una retracción higrométrica, ligada a la pérdida de agua de la mezcla, que puede dar origen a fenómenos de abarquillamiento o fisuraciones. La formación de fisuras, si es sucesiva a la colocación del pavimento, puede causar la rotura y/o desprendimiento del revestimiento.

Maduración: El tiempo de maduración de un recrecido "tradicional" de arena y cemento es indicativamente de 7-10 días por cm de espesor en buenas condiciones. El tiempo de espera entonces, en el caso de utilizar morteros tradicionales, puede resultar particularmente largo (más de un mes). Tales tiempos pueden ser notablemente reducidos si se añaden a la masa aditivos oportunos o se utilizan aglomerantes especiales o morteros premezclados de retracción controlada, de fraguado y/o secado rápido.

Morteros autonivelantes en base anhidrita

La nomenclatura de los morteros en base sulfato cálcico, en este caso anhidrita, según la **Norma UNE-EN 13813:2014** es : CA-CX-FY donde X es la resistencia a compresión e Y la resistencia a flexión declaradas para el producto (ej: CA-C20-F4).

Son productos clasificados como pastas autonivelantes de acuerdo también en la misma norma.

Propiedades	Valor	Norma
Conductividad térmica útil	$\geq 2,20$ W/m·K ($\pm 5\%$)	UNE-EN 12664:2002
Resistencia a la compresión a 28 días	C >20 MPa	UNE-EN 1015-11:2000
Resistencia a la flexión a 28 días	F >4 MPa	UNE-EN 1015-11:2000
Fluidez	26 a 30 cm	UNE-EN 1015-3
Densidad	2100 ± 100 kg/m ³	UNE-EN 1015-6
Reacción al fuego	A1	Directiva 96/603/CE
Variación dimensional	<0,2 mm/m	UNE-EN 13454-2
Adherencia sobre hormigón (resistencia frente al arrancamiento)	-	
Tiempo de trabajabilidad (pot life) a 20 °C	2-3 horas	
Tiempo de espera para tráfico peatonal	24-48 horas dependiendo de las condiciones ambientales de humedad y temperatura	
Tiempo para revestir	Los tiempos para la aplicación del pavimento final dependen del espesor de la capa y las condiciones ambientales	
Espesor mínimo de aplicación*	30 mm (20 mm por encima de la tubería de un sistema radiante)	
Espesor máximo de aplicación	6-8 cm	
Consumos	Se calculará en función del volumen	
Conservación	No aplica	

*Con sistemas de Climatización Invisible por suelo radiante.

Morteros autonivelantes cementosos

Estos morteros se denominan CT según **Norma UNE-EN 13813:2014**.

Mortero para recrecidos y acabados de suelos - Propiedades y requisitos.

Son productos clasificados como pastas autonivelantes de acuerdo también en la misma norma.

Propiedades	Valor	Norma
Conductividad térmica útil	1,1-1,7 W/m·K (±5%)	UNE-EN 12664:2002
Resistencia a la compresión a 28 días	C >20-25 MPa	EN 13892-2
Resistencia a la flexión a 28 días	F >5-7 MPa	EN 13892-2
Fluidez (anillo 68x35 mm)	200-240 mm	
Densidad	2100 ± 100 kg/m ³	UNE-EN 1015-6
Reacción al fuego	A1 fl	
Variación dimensional	<0,4 mm/m	EN13454-2
Adherencia sobre hormigón (resistencia frente al arrancamiento)	>1 MPa	
Tiempo de trabajabilidad (pot life) a 20 °C	20-40 minutos	
Tiempo de espera para tráfico peatonal	3-4 horas dependiendo de las condiciones ambientales de humedad y temperatura	
Tiempo para revestir	Cerámica: 1-2 día/cm aplicado Linóleo, PVC, parquet: 2-3 día/cm aplicado	
Espesor mínimo de aplicación*	30 mm	
Espesor máximo de aplicación	50-100 mm (en función del tipo de producto)	
Consumos	16-18 kg/m ² y cm de espesor	
Conservación	9-12 meses	

*Con sistemas de Climatización Invisible por suelo radiante.

Morteros semisecos

Estos morteros se denominan CT según **Norma UNE-EN 13813:2014**.

Mortero para recredidos y acabados de suelos - Propiedades y requisitos

Son clasificados como autonivelantes de acuerdo también en la misma norma.

Propiedades	Valor	Norma
Conductividad térmica útil	2,008 W/mK	UNE-EN 12664:2002
Resistencia a la compresión a 28 días	de >30 N/mm ² hasta >62 N/mm ²	UNE-EN 13892-1
Resistencia a la flexión a 28 días	de >6N/mm ² hasta >10 N/mm ²	UNE-EN 13892-1
Fluidez	-	
Densidad de la mezcla (en función del producto y del grado de compactación) a 23 °C - 50% HR	de 2.100 a 2.200 kg/m ³	
Reacción al fuego	A _{fl}	UNE EN 13501-1
Variación dimensional	-	
Adherencia sobre hormigón (resistencia frente al arrancamiento)	-	
Tiempo de trabajabilidad (pot life) a 23 °C - 50% HR	desde 20 hasta 60 minutos	
Tiempo de espera para tráfico peatonal	desde 2 hasta 12 horas a 23 °C - 50% HR	
"Tiempo para revestir (en función del producto y del tipo de pavimento)	desde 4 horas hasta 4 días a 23 °C - 50% HR"	
Espesores admisibles para recredido adherido	desde 10 hasta 40 mm	
Espesores admisibles para recredido flotante	desde 35 hasta 60 mm	
Consumos (en función del grado de compactación)	18-20 kg/m ² por cada cm de espesor	
Conservación	12 meses	

*Con sistemas de Climatización Invisible por suelo radiante.

Fabricación del mortero. Procesos de elaboración

Todos los morteros tienen etapas similares en su elaboración: Pesado y carga de la materia prima desde los silos de almacenamiento hasta el punto de mezcla en la amasadora. Posteriormente vertido a camión hormigonera o a la ensacadora dependiendo del formato de acabado del mortero (vía seca o vía húmeda).

Morteros autonivelantes en base anhidrita

Hay dos procedimientos de fabricación del mortero de anhidrita:

Fabricación en central de hormigón (Vía húmeda). Es el proceso en el que la carga de los materiales (anhidrita, áridos, agua, aditivos) se realiza en una central de fabricación. Los materiales están acopiados en silos y depósitos y se descargan a la cuba de un camión hormigonera en las proporciones que la formulación del mortero de anhidrita tiene establecida. Existen diferentes formulaciones de mortero dependiendo de las exigencias del proyecto teniendo en cuenta los requerimientos de resistencias y/o conductividad térmica.

Fabricación en obra (Vía seca). En este proceso los materiales que componen el mortero (anhidrita, áridos, agua, aditivos) se hidratan y amasan en la propia obra. La mezcla seca de anhidrita, áridos y aditivo se realiza en una fábrica de mortero y se empaqueta en sacos que se transportan a obra. Se vierten manualmente en una amasadora y se añade el agua en la proporción indicada por el fabricante. Es un procedimiento para obras alejadas de la central de fabricación.

	Ventajas	Inconvenientes
Vía húmeda	<ul style="list-style-type: none">- Dosificación controlada.- El mortero llega listo para ser vertido en obra.- No se requiere amasadora en obra.- No se requiere zona de acopio de material.- Aplicación de grandes espacios o cantidades de producto.	<ul style="list-style-type: none">- Mayor dependencia de la planta de producción.- Se requiere planificar con tiempo la fecha de vertido.- Hay que contar con la distancia de transporte y tiempo de uso del producto.
Vía seca	<ul style="list-style-type: none">- Mayor flexibilidad en obra. Obras pequeñas o de menor consumo de producto.- La temperatura ambiente no afecta en el transporte.- La distancia a la planta de producción no es una limitación.	<ul style="list-style-type: none">- Necesario disponer de espacio en obra para la amasadora.- Necesario controlar las condiciones de almacenaje en obra.- Mezclado menos controlado y homogéneo.

Morteros autonivelantes cementosos y semisecos

La fabricación de dichos productos se realizan por cargas industriales discontinuas mediante dosificaciones automatizadas con unos estrictos límites de tolerancia en las dosificaciones. Así mismo, se dispone de bases de datos de dichas dosificaciones para su revisión.

Además, dichos productos pasan posteriormente para cada lote de fabricación por sus respectivos controles de calidad.

El envasado, la paletización y el almacenaje se realizan con materiales y procedimientos específicos para asegurar en la medida de lo posible el mínimo contacto del producto final con la humedad ambiental.

Controles de calidad principales

Los fabricantes de morteros mencionados en esta guía, cumplen y realizan exigentes procesos de calidad que garantizan la calidad del producto y las características técnicas especificadas en sus respectivos documentos técnicos.

Se declarará por parte del fabricante el sistema de gestión de la calidad, basado en la norma ISO 9001, que cumple con los requisitos del Control de Producción en Fábrica establecidos en el apartado 6.3 de la norma UNE-EN 13813, que son de aplicación para dichos productos.

En base a esta norma se realizan los pertinentes controles de calidad tanto a las materias primas como al producto final recién fabricado, así como ensayos periódicos completos al producto final.

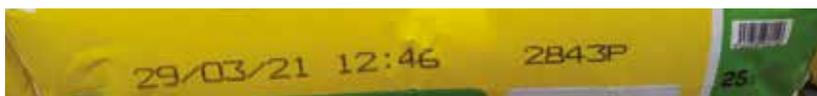
En dichos controles de calidad se evalúan diferentes parámetros en función de si son materias primas o producto final, como son:

Materia prima	Producto final
Granulometría	Resistencia
Densidad	Nivelación
Fraguado	Retracción

Mediante ensayos con el producto en

- Polvo
- Pasta
- Seco

Igualmente, el producto es envasado en sacos, en los que en cada uno de ellos se imprime la fecha de fabricación y el lote o transportado en camión cuba.



Control de calidad de los materiales

En el caso de los conglomerantes, la anhidrita debe poseer marcado CE y seguir las especificaciones de la norma UNE-EN 13454-1. Algunos proveedores de anhidrita poseen actualmente Declaración Ambiental de Producto específica

Los áridos utilizados en este tipo de morteros deben estar en posesión del marcado CE. Para el control de calidad de las arenas es recomendable realizar al menos ensayos de granulometría, contenido de finos, equivalente de arena y ensayo de calidad de los finos (azul de metileno). Esto permite comprobar la regularidad de la arena usada, así como realizar correcciones en las dosificaciones de los morteros si fuese necesario.

El agua ha de ser limpia bien de la red de abastecimiento o de pozos controlados regularmente. En caso de usar aguas recicladas o de procedencia diferente a lo anterior, se recomienda realizar los controles y ensayos que se definen en el artículo 27 de la Instrucción de hormigón EHE-08 o normativa vigente.

Los aditivos usados en la fabricación de estos tipos de morteros habitualmente son aditivos súperplastificantes y deben estar en posesión de un marcado CE y cumplir con la norma UNE-EN 934 de Aditivos para hormigones, morteros y pastas y Norma UNE-EN 998 (Especificaciones de los morteros para la albañilería).

Control de calidad de los procesos de fabricación

Aunque difiera el proceso de fabricación del mortero de anhídrita respecto de los otros morteros, los controles de calidad aplicables son semejantes cuando se trata de:

Fabricación en planta: Se entiende como central de hormigón el conjunto de instalaciones y equipos que comprenden el almacenamiento de los materiales componentes, las instalaciones de dosificación y los equipos de amasado o en su caso amasado y transporte.

El almacenamiento de los materiales componentes debe realizarse de manera que se evite la contaminación o la modificación de las propiedades de los mismos. La anhídrita se almacenará en silos estancos que aseguren el aislamiento del material frente a la humedad. Las arenas se dispondrán de manera que se evite su contaminación en acopios aislados y debidamente identificados. Los aditivos deberán almacenarse en depósitos o zonas protegidas en las que no se vean alteradas sus propiedades.

La dosificación de los materiales se realizará con medios de control adecuados para garantizar la correcta dosificación de cada uno de ellos, así como la precisión necesaria para evitar y corregir errores en las pesadas. Para ello se recomienda verificar los equipos de pesaje y medida de la instalación al menos una vez cada tres meses. También es recomendable tener un plan de mantenimiento y limpieza de los equipos para asegurar la calidad de la fabricación de los morteros.

Los equipos de amasado (amasadora o camión hormigonera) deben verificarse para comprobar que se encuentran limpios y sin restos de cargas anteriores y que se produce un mezclado homogéneo de los materiales.

Una vez amasado el mortero se procederá a realizar los ensayos pertinentes para comprobar que cumple con las propiedades indicadas por el propio fabricante.

Para asegurar el cumplimiento de todas estas indicaciones es recomendable que la central de hormigón esté en posesión de un sistema de gestión de la calidad bajo norma ISO-9001:2015 que acredite el cumplimiento y seguimiento de estas acciones.

Fabricación en obra: Se entiende la que se realiza en la obra de construcción añadiendo al mortero premezclado en seco y ensacado, la cantidad proporcional de agua indicada por el fabricante.

Aspectos legales. Normativa, declaraciones y certificaciones

Dichos productos se basan en la norma EN 13813, definidos como morteros para recrecidos y acabados de suelos para uso en suelos interiores en la construcción (CT). Se emplea el sistema 4 de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto, tal como figura en el anexo V.

Los productos disponen de Declaración de prestaciones (DoP) conforme al Reglamento Europeo de Productos de Construcción (RPC) nº 305/2011: documento en donde se declaran los siguientes atributos, según se especifica en la norma EN 13813:

- Reacción al fuego
- Emisión de sustancias corrosivas
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a flexión

Del mismo modo, pueden realizarse estos y otros ensayos específicos en laboratorio propio del fabricante o externo para evaluar otras prestaciones concretas como su conductividad.

La normativa principal que aplica a los morteros es:

ISO

ISO-9001:2015. Sistemas de Gestión de la Calidad.

UNE-EN / UNI

UNE-EN 13813:2014 Mortero para recrecidos y acabados de suelos.

Propiedades y requisitos.

UNE-EN 1015-3: 2000 Métodos de ensayo para morteros de albañilería.

Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco.

UNE-EN 1015-6:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería.

Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.

UNE-EN 1015-11:2000/A1:2007 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería.

Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

UNE-EN 13454-1:2006 Aglomerantes, aglomerantes compuestos y mezclas hechas en fábrica para suelos autonivelantes a base de sulfato de calcio.

Parte 1: Definiciones y especificaciones.

UNE-EN 13454-2:2019 Aglomerantes para suelos autonivelantes a base de sulfato de calcio. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 1264-4:2010 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación.

UNE-EN 12664:2002 Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor del flujo de calor. Productos secos y húmedos de baja y media resistencia térmica.

UNE-EN 934-1:2009 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 1: Requisitos comunes.

UNI-EN-10329 Colocación de revestimientos para el suelo. Medición del contenido de humedad en las capas del soporte cementoso o similar.

UNI 11371 Soportes para parquet y suelos de madera. Propiedades y características de prestaciones.

UNI 11493 Pavimentos y revestimientos cerámicos. Instrucciones de diseño, instalación y mantenimiento.

Directiva

Directiva 96/603/CE Decisión de la Comisión de 4 de octubre de 1996 por la que se establece la lista de productos clasificados en la clase A «sin contribución al fuego».

Certificaciones

Pueden existir también otras certificaciones específicas o de calidad como los documentos:

EPD (DAP) Enviroment Product Declaration (Declaración ambiental de producto).

GEV-EMICODE (emisiones de compuestos organicos volátiles).

DER-BLAUE ENGEL (confianza del producto en el mercado).

Cementosos UNE-EN 13813 Cumplimiento de norma .

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) Contribución del mortero de anhidrita para la certificación de edificios sostenibles.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Contribución del mortero de anhidrita para la certificación de edificios sostenibles.

Puesta en obra

Morteros autonivelantes en base de anhidrita

El mortero de anhidrita fabricado en central de hormigón se transporta en camión hormigonera. La dosificación de componentes se realiza en planta y durante la carga de la cuba se controla la mezcla de los componentes y la consistencia óptima.

La puesta en obra del mortero de anhidrita, de consistencia líquida, debe realizarse con ayuda de una bomba estática de mortero situada en un lugar accesible para los camiones hormigonera. Desde la bomba estática hasta el punto de vertido se instalarán tramos de tubería que permitan el paso del mortero. Se procurará instalar la tubería por el camino más corto hasta el punto de vertido, evitando la formación de curvas que impidan el normal tránsito del material.

Se comprobará/corregirá antes de su montaje que los tramos de tubería están libres de impurezas y limpios. Antes de comenzar el bombeo, para facilitar el paso del mortero de anhidrita, se tratarán las tuberías con lechada de anhidrita o de yeso. Nunca se empleará lechada de cemento.

Antes del vertido del mortero en la tolva de la bomba se determinará la consistencia. Para ello:

- Se empleará el molde troncocónico (Norma EN 1015-3) que se rellenará en una sola capa sin necesidad de ser compactado.
- Se medirá con regla la extensión de flujo obtenida. En caso de ser necesario corregir la consistencia se consultará al proveedor del producto el modo de proceder, ya que puede ser necesario el añadido de alguna dosis baja de aditivos.

Con carácter general el mortero de anhidrita debe aplicarse con temperatura interior del edificio comprendida entre 5 °C y 30 °C. Con temperaturas superiores a 30 °C el mortero puede sufrir retraso de fraguado y posterior fisuración. En cualquier caso se seguirán siempre las indicaciones del fabricante.

Después de cada uso se limpiarán las tuberías y el depósito de la bomba estática.

Morteros autonivelantes cementosos y semisecos

La dosificación de los componentes queda controlada en fábrica y solamente ha de añadirse en obra la cantidad de agua indicada por el fabricante para su correcto mezclado in situ y posterior puesta en obra.

Se vierte el contenido del saco en un recipiente que contenga el agua de amasado que se especifica en el saco hasta obtener una mezcla homogénea y sin grumos. Se seguirán las recomendaciones del fabricante en cuanto a cantidad de agua añadida y los tiempos de mezclado.

Debe respetarse el agua de amasado, evitando un exceso de agua ya que causa segregación y debilita la resistencia de la superficie del mortero. En caso de excederse se producirá decantación del árido y la segregación del agua excedente.

Se aconseja dejar reposar la mezcla unos 2 minutos antes de volver a mezclar de forma breve.

En aplicación manual y con el fin de acelerar la aplicación, se aconseja mezclar como mínimo dos sacos de material y tener preparados envases limpios y el agua de amasado para las siguientes aplicaciones de material. De este modo se encadenan las mezclas y no se dilatan los tiempos de aplicación.

Morteros	Elaboración	Aplicación	Limitaciones
Anhidrita	En planta	Camión hormigonera + bomba. Tiempos de aplicación más dilatados. Grandes superficies.	Distancia máxima desde la planta.
Cementoso	Ensacado + agua (control mezcla y tiempo de amasado)	Bomba o manual. Tiempo de aplicación reducido. Superficies pequeñas / grandes.	Necesidad de silos y mezcladora (mayor espacio en obra necesario).
Semiseco	Ensacado (control mezcla y tiempo de amasado)	Bomba o manual. Tiempo de aplicación más dilatados. Superficies pequeñas / grandes.	Necesidad de silos y mezcladora (mayor espacio en obra necesario).

Aspecto del soporte y preparación

Preparación general del soporte

Entre los aspectos a considerar a la hora de elegir el tipo de mortero es necesario conocer si el tipo de mortero seleccionado se puede aplicar en interior y/o exterior. Esto es importante porque en ocasiones el vertido del mortero se produce antes de que se levanten los cerramientos, quedando el mortero expuesto a la intemperie.

Existen morteros que se deben aplicar únicamente en el interior de las edificaciones, protegido de la acción directa de agentes ambientales tales como lluvia, sol o viento, que pueden perjudicar tanto los acabados como las propiedades del mortero.

La superficie sobre la que se va a instalar el aislante tiene que estar seca y libre de contaminación superficial y otras impurezas. Todo el polvo y los escombros se deben eliminar de la superficie. Los agujeros más pequeños y las irregularidades, como elementos prefabricados y diferencias de altura, se pueden corregir mediante alguna de las técnicas indicadas a continuación y por orden de efectividad:

- Rellenando/recreciendo con mortero adicional.
- Haciendo uso de paneles aislantes del sistema de Climatización Invisible por suelo radiante de mayor espesor.

En todas las plantas, la superficie ha de estar lisa evitándose los desniveles. En las plantas que están en contacto con el terreno, o con espacios no calefactados, se asegurará que las membranas antihumedad queden estiradas evitando cualquier irregularidad.

Como se indica en la norma UNE-EN 1264, los paneles han de estar protegidos frente a la humedad del mortero. La unión y la zona perimetral han de ser estancas.

No ha de haber elementos sueltos como pueden ser los tubos que conforman los circuitos de la instalación. En tal caso han de fijarse de forma apropiada mediante sistemas de unión que no dañen o rompan la impermeabilidad de los paneles.

De este modo se logra garantizar la estabilidad y nivelación del soporte sobre el cual se verterá el mortero y se evita que la humedad del mortero merme las propiedades del panel aislante.

La colocación incorrecta del sistema de suelo radiante y de su aislamiento puede provocar la fisuración de la solera de recrecido.

Aspectos a comprobar previo al vertido del mortero

En el caso de sistemas tradicionales son 8 aspectos los que hay que comprobar antes del vertido del mortero:



- Cerramiento de huecos para evitar corrientes de aire y secado no uniforme.
- El soporte para recibir el aislamiento ha de ser plano y compacto.
- No existencia de desniveles.
- Existencia de una barrera antihumedad colocada bajo el aislamiento del sistema en aquellos casos donde existe riesgo de humedad por capilaridad.
- Instalación del zócalo perimetral y sellado estanco* con el panel aislante mediante un faldón plástico.
- Panel aislante recubierto de una capa impermeable.
- Instalación, solape y unión correcta entre los paneles de aislamiento térmico.
- Fijación de la tubería al panel mediante sistemas que no generen la ruptura del recubrimiento impermeable del mismo.



*Se evita que el mortero penetre por debajo y los haga flotar.

En el caso de tratarse de sistemas de bajo perfil hay 5 aspectos adicionales que son necesario comprobar antes del vertido del mortero para un recrido adherido. Se denomina así cuando se trata de un sistema de Climatización Invisible mediante suelo radiante para reforma y de bajo perfil, en el que no se incluye aislamiento térmico alguno.



- Existencia de desniveles.
- Verificar la dureza de la superficie (rascar con una herramienta puntiaguda)
- Comprobar y tratar previamente la existencia de grietas.
- En caso de que el mortero se vierta sobre el pavimento antiguo ha de sanearse, hacerse un lijado superficial y limpiarse.
- Aplicación de imprimación con 24 horas de antelación y en función del tipo de soporte (seguir indicaciones del fabricante).

En el caso de un soporte poroso, la imprimación se diluirá: 1 volumen de imprimación por 3 volúmenes de agua. Esto regulará la porosidad del soporte y la adhesión del mortero autonivelante. Después de secar, de 1 a 4 horas, aplique una segunda capa de imprimación diluida con un rodillo. Espere de 1 a 4 horas para que la imprimación se seque.

Nota: Si se realiza un recrecido o alisado sobre un soporte de anhidrita, éste se debe separar del mortero autonivelante cementoso mediante un plástico o imprimación. Posteriormente lijarlo superficialmente y aplicar un puente de unión acrílico. En el resto de morteros, si se realiza una adhesión entonces se ha de verificar que la humedad es inferior al 0,5%.

Tratamiento de juntas

Deberá colocarse junta perimetral flexible de dilatación (desolarización) de 8 mm acorde a UNE-EN 1264 en todos los encuentros entre la solera y elementos verticales (muros, tabiques, pilares, etc.) para absorber futuras dilataciones del pavimento.



Fuente: Mapei

Proporcionar juntas divisorias en el umbral de la puerta. La tubería debe protegerse con una vaina (corrugado) de 30 cm de longitud cuando atraviese 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.

Deben respetarse las juntas estructurales del hormigón (especialmente con soluciones especiales adheridas al forjado,).

Consultar con el fabricante la superficie máxima para realizar las juntas de contracción.



Cotas de nivelación

Para la obtención de pavimentos con muy buena planimetría se requerirá la utilización del láser para tomar las cotas.

Para conseguir el espesor deseado durante la aplicación puede usarse el marcador de cotas de nivelación, arañas, etc.



Malla de refuerzo

En función del espesor y uso requerido se estudiaría la necesidad de instalar una malla de refuerzo metálica o de fibra de vidrio. Preferentemente en instalaciones industriales.

En caso de usar malla, previa aplicación del mortero, se ha de anclar la malla con grapas a la parte superior del tetón o, en sistemas de climatización sin tetón, atarla a los tubos para evitar que suba a la superficie.

En caso de usar morteros de anhidrita no es necesario el uso de mallas de refuerzo. En el caso que se decidiera usar este tipo de refuerzo, se debe evitar el uso de mallas de aluminio.

Aplicación

La aplicación de los morteros puede ser de 3 tipos:

Aplicación manual: Se usa un batidor eléctrico de bajas revoluciones con varilla especial para autonivelante. Recomendable para pequeñas superficies de hasta 1-1,5 cm de espesor.

Máquina de bombeo: Son máquinas apropiadas para la aplicación de morteros autonivelantes.

Hormigonera: Únicamente recomendable para tipos de morteros base portland de elevado espesor.

Mortero de anhídrita (Vía húmeda)

Una vez realizadas las comprobaciones y operaciones previas, se procederá al bombeo del mortero de anhídrita hasta el punto de vertido. El tiempo abierto del mortero de anhídrita es máximo de 2-3 horas y comprende el tiempo desde su fluidificación, hasta que finaliza su colocación.

Una vez vertido el mortero se harán varias pasadas con la barra niveladora de aluminio. A continuación se pasará una escoba fina para eliminar el aire atrapado y dar el acabado final.

El fraguado del mortero de anhídrita se produce durante las 24 a 48 horas siguientes a su puesta en obra ($T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). A partir de ese momento es transitable.

El plazo de secado del mortero de anhídrita depende de varios factores a tener en cuenta: humedad ambiental, espesor de la capa de mortero, humedad residual del mortero seco requerida para la colocación del revestimiento.

Para los recrecidos de mortero de anhídrita sobre instalaciones de suelo radiante la tabla siguiente establece las recomendaciones de plazos mínimos de secado del mismo:

Espesor del recrecido (mm)	Revestimiento de suelo radiante	50	60	70	80
	Arriba de forjado radiante	30	40	50	60
Plazo indicativo (semanas)	Para una humedad residual de 1%	3	4	6	8
	Para una humedad residual de 0,5%	4	5	7	9

*Los plazos de secado indicados pueden reducirse hasta el 50% mediante el empleo de calderas eléctricas para calentar puntualmente el agua de la instalación de suelo radiante y el uso simultáneo de aparatos deshumidificadores.

En espacios reducidos el uso de lámparas calefactoras de resistencia eléctrica combinado con aparatos deshumidificadores permite análogas reducciones de los plazos de secado.

En cualquier caso, por parte del instalador del revestimiento final, se medirá el valor de la humedad residual necesaria para confirmar que se ha producido el secado del mortero y que se puede iniciar la instalación del suelo.

Según la tipología de suelos de revestimiento finales, las humedades residuales del mortero no deben ser superiores a los valores de la siguiente tabla:

Revestimientos finales	Humedad residual máxima
Azulejos	1%
Revestimiento textil permeable (moqueta)	
Revestimiento flexible impermeable (PCV, linóleoum, etc.)	
Parquet	0,5%
Resina	
Otros	

Morteros autonivelantes en base cementosa

Una vez aplicada la imprimación recomendada por el fabricante, se aplica el mortero cementoso mediante bomba o manualmente. La aplicación debe realizarse dentro de los 30 minutos siguientes al amasado. El amasado requiere, normalmente de 2-3 minutos aprox.

Cuando se trate de producto ensacado (obras de difícil acceso, dificultad de acopio, reformas reducidas o rápidas, etc.) se debe prestar atención a la cantidad de agua cuando se utilicen bombas mezcladoras para ajustar el caudal de agua a la velocidad de amasado y consistencia de la mezcla.

El exceso de agua reducirá la densidad del mortero, produciendo una superficie irregular y menos atractiva y aumentando el riesgo de desprendimiento de la capa superficial.

Mediante la manguera, extender el compuesto por toda la superficie. Comprobar con regularidad la cantidad de agua mediante una prueba del flujo. Se recomienda el tratamiento de la superficie con una llana de borde dentado inmediatamente después de la aplicación, para lograr el mejor resultado posible. Si se colocan varias capas, aplicar imprimación entre cada una de ellas.

El tiempo para transitar el mortero oscilará de 5 a 6 horas a +23 °C y 50% HR (muy variable en función de las temperaturas y humedad ambiental) y estará listo al uso en 6-7 días en función de las condiciones higrométricas y el espesor.

Espesor del recredido (mm)	Revestimiento de suelo radiante	>= 50	60	70	80
	Arriba de forjado radiante	>=30	40	50	60
Plazo indicativo (días)	Para una humedad residual de 2,5%	6	8	10	15
	Para una humedad residual de 1,8%	7	9	12	17

*Los plazos de secado indicados son orientativos y pueden reducirse hasta el 50% mediante el empleo de calderas eléctricas para calentar puntualmente el agua de la instalación de suelo radiante y el uso simultáneo de aparatos deshumidificadores.

Para los recredidos de mortero sobre instalaciones de suelo radiante la tabla siguiente establece las recomendaciones de plazos mínimos de secado del mismo:

Revestimientos finales	Humedad residual máxima
Azulejos	4%
Revestimiento textil permeable (moqueta)	3%
Revestimiento flexible impermeable (PCV, linóleo, etc.)	2,5% / 1,8% calefactada
Parquet	
Resina	3%
Otros	

El vertido del material mediante bomba debe hacerse colocando la manguera a 20 cm del suelo aproximadamente y aplicando material fresco sobre fresco para evitar la inclusión de aire. Las distancias con las que se puede aplicar con bomba es de 50- 100 m.



Se respetarán siempre los espesores mínimos y máximos del producto.

De forma general, para este tipo de autonivelantes de retracción compensada donde el mortero trabaja como autoportante, se debe aplicar como mínimo 1 cm de autonivelante por encima del tetón de EPS, o un total de 3 cm de solera.

Espesores reducidos

Existen sistemas de Climatización Invisible de bajo perfil que requieren recrecidos donde el espesor de aplicación es a partir de 1,5 cm, los cuales requerirán morteros específicos de alta resistencia a flexión.

En estos casos, se ha de verter la mezcla sobre el suelo, acompañando con una llana niveladora para extender y alisar para obtener el espesor deseado,

Espesores elevados

Con elevados espesores de aplicación, se aconseja inmediatamente después del bombeo, vibrar el material para:

- Facilitar el proceso de autonivelación del mortero,
- Integración el material
- Eliminar de la superficie las burbujas y estelas producidas por el movimiento de la manguera.

En caso de grandes superficies o elevado espesor, se debe bombear en secciones en función del espesor, dependiendo de la capacidad de la bomba mezcladora y del grosor de capa que se requiera. Las áreas de mayor extensión pueden ser temporalmente divididas mediante delimitadores. Así mismo, en caso de espesores muy elevados se aconseja realizar cortes superficiales cada 50 – 60 m².

Revestimientos finales	Humedad residual máxima
Azulejos	3,5-4%
Revestimiento textil permeable (moqueta)	
Revestimiento flexible impermeable (PCV, linóleoum, etc.)	
Parquet	2-2,5% Calefactada: 1,8%
Resina	
Otros	

Protocolo de aplicación sobre instalaciones de suelo radiante

Son el conjunto de operaciones que deben ser consideradas para la correcta preparación y aplicación del mortero sobre una instalación de suelo radiante.

Es preciso respetar las condiciones de aplicación y curado, así como las recomendaciones de uso reflejadas en la ficha técnica de cada material, que de forma general serán:

- Respetar la temperatura ambiental, entre 10 y 30 °C.
- Durante la aplicación, mantener la zona de aplicación ventilada para favorecer el secado de los productos, evitando las corrientes de aire y la incidencia directa del sol sobre el material.
- En caso de aplicación en zonas de poca ventilación, se puede encender la calefacción para acelerar el proceso de secado con el fin de alcanzar los niveles de humedad mínimos requeridos para la aplicación del revestimiento posterior. Se deben evitar los deshumidificadores de aire.
- El secado del recrido y los tiempos de espera para revestir pueden verse afectados por el espesor, las condiciones de temperatura y humedad ambiental existentes.
- Las herramientas se pueden limpiar con agua inmediatamente después de su uso. El material endurecido se tiene que retirar mecánicamente.
- No usar en exteriores, sobre soportes con alta humedad o capilaridad por humedad, **ni sobre superficies metálicas**, ni añadir otros ligantes o elementos a la mezcla (como cemento, cal, áridos, etc.).



El ajuste de la instalación de calefacción por suelo radiante debe ser comprobado y verificado antes del vertido del mortero. Para ello la instalación se llenará de agua y se le dará presión según indica la normativa, durante 24 horas. Comprobada la inexistencia de fugas u otras posibles averías se podrá proceder al vertido del mortero.

Durante el vertido del mortero la instalación de calefacción permanecerá llena de agua para evitar daños mecánicos o producidos por el tránsito de los operarios durante el vertido del mortero.

Mortero corrido

En caso de que se desee realizar la aplicación del mortero mediante la técnica del mortero corrido ha de seguirse el proceso siguiente:

Sectorizar las líneas de localización de paramentos verticales (paredes) con ladrillo tosco.

Entorno a dicho ladrillo se colocará posteriormente el zócalo perimetral, se instalará el panel aislante y la tubería de cada circuito, fijando la perfilera de pared seca una vez vertido dicho mortero.

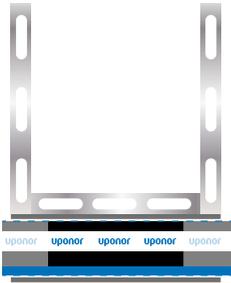


El ladrillo puede ser sustituido por un separador rígido o junta semejante a la siguiente:



- Junta de dilatación adhesiva.
- Fabricada en espuma de polietileno y recubierta de polipropileno.
- Separa secciones de mortero para absorber las dilataciones. Para juntas de dilatación según DIN 18560-2.
- El paso de los tubos se realiza fácilmente con un cortador.

Una vez vertido el mortero habrá que recortar el material sobrante para poder instalar la perfilería de soporte de la pared seca sobre dicha junta.



En el caso de usar morteros convencionales, las juntas de dilatación deben seguir los siguientes criterios:

- Las juntas estructurales se deben mantener hasta que el mortero fragüe y no deben ser atravesadas por los tubos de los circuitos del sistema.
- Se preverán juntas de dilatación para seccionar superficies de área superior a 40 m², con una longitud máxima de 8 m.
- Se debe prever una junta, cuando un lado de un local presenta una longitud superior a 8 m, teniendo en cuenta que la relación entre los lados sea inferior de 2 a 1.

En el caso de mortero autonivelantes ha de consultarse los apartados anteriores.

Se recomienda la colocación de las juntas de dilatación desde los rincones, por ejemplo en pilares y chimeneas de salón, es decir, en puntos donde se produce una dilatación o un estrechamiento de la superficie de la placa. Las juntas de asiento, se colocan en la base de los marcos de puertas o en los laterales de los pasillos.

Si el pavimento final que se instalará es un suelo de madera ha de consultarse la normativa Norma UNE 56-810:2010 Suelos de Madera. Colocación. Especificaciones.

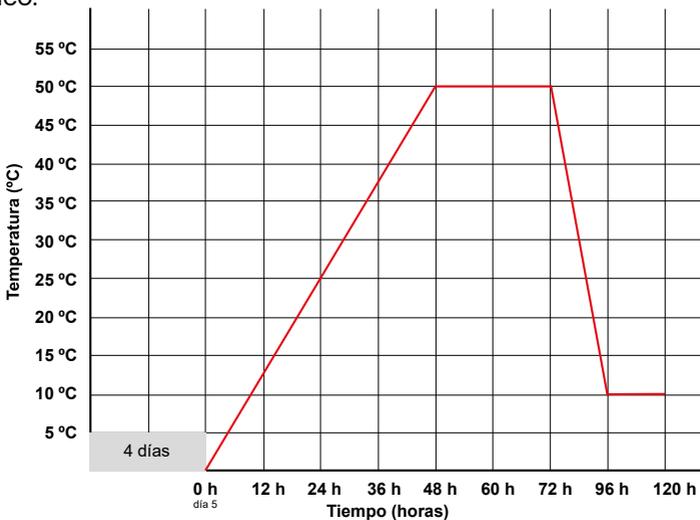
Puesta en servicio del sistema de suelo radiante

Una vez aplicado el mortero autonivelante y antes de aplicar el revestimiento final, se aconseja realizar la puesta en servicio de la calefacción radiante. De esta manera podrán tratarse, en caso que las hubiere, posibles fisuras que puedan aparecer durante el ciclo de temperaturas antes de la aplicación del revestimiento final.

Consideraciones

No encender el sistema de climatización hasta pasados 4 días de la aplicación del mortero, el encendido debe hacerse de forma progresiva tanto en temperatura ascendente como descendente.

- Tiempo de espera para encender la calefacción: 4 días.
- Encendido y aumento progresivo de 5 °C en 5 °C hasta alcanzar la Tmáxima (normalmente 50 °C) a las 48 h de haber iniciado el proceso.
- Dejar 24 h a temperatura máxima y apagar la calefacción bajando de 10 °C en 10 °C en un intervalo de 24 h.
- Esperar 24 h a temperatura ambiente para revestir con pavimento cerámico.



En el caso específico de pavimentos de madera, se recomienda prestar especial atención al Anexo I de este documento.

Aspectos relacionados con la aplicación del revestimiento

Para cualquier tipo de pavimento, ya sea de cerámica, piedra, textil o madera, la durabilidad y la funcionalidad dependen estrechamente de las características físicas y elasto-mecánicas del soporte.

Para lograr el mayor rendimiento de la instalación de suelo radiante, la elección del pavimento final depende entre otros aspectos de factores como

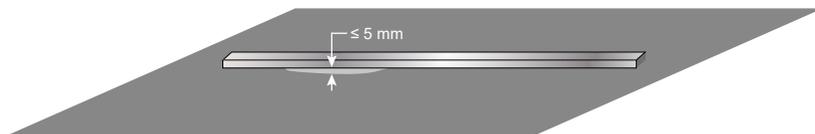
- La conductividad térmica
- El uso previsto
- Las cargas que actúan sobre la superficie,
- Condiciones de agresión ambiental,
- La naturaleza del revestimiento,
- La compresibilidad de las capas adyacentes
- La posible deflexión de los solados.
- La estética

Planeidad

Antes de aplicar el revestimiento final se ha de verificar la planeidad y dureza del material. Para ello se comprueba que los desniveles no deben exceder de:

- 5 mm medidos con regla de 2 m (en algunas normas, madera y pavimento ligero, se establecen 3 mm como máximo con reglas de 2 metros).
- 2 mm con la regla de 20 cm.

En caso de falta de planeidad por temas relacionados con la integración, elevadas temperaturas, etc. o por exigencias del revestimiento posterior (linóleo, cerámica de gran formato,...) se debe valorar realizar un posterior recrecido autonivelante en capa fina previo a la colocación del revestimiento final.



En función del tipo de revestimiento y del producto usado, puede ser necesario un lijado previo y aspirado antes de colocar el revestimiento final (p.e. linóleo, pvc,...) en caso de detectar falta de dureza debido a posibles lechadas superficiales por exceso de agua de amasado, etc.

Rugosidad

El nivel de rugosidad de la superficie depende del tipo de pavimento que se debe colocar. Por ejemplo, una superficie rugosa de poro abierto favorece el secado del recrecido y mejora la adhesión de los enlucidos y los adhesivos. Si, por el contrario, se desea obtener una superficie perfectamente lisa y especular como, por ejemplo, en el caso de que se deba instalar un pavimento resiliente, es preferible aplicar sobre la superficie del recrecido productos para el alisado estudiados a propósito para este fin.

Superficie	Favorece
Rugosa	Enlucidos y adhesivos
Lisa	Pavimento resiliente

La presencia de fisuras puede ser causada por diferentes factores como:

- Retracción higrométrica.
- Exceso de agua en la mezcla.
- Áridos de granulometría demasiado fina.
- Exceso de cemento.

Humedad

La humedad residual del recrecido debe ser verificada y, sobre todo, en el caso de pavimentos sensibles a la humedad, como son los pavimentos de madera. Para los recredidos con base cementosa son aceptables valores de humedad inferiores al 2% en el caso de colocar un pavimento de madera, y del 2,5-3% en el caso de colocar PVC, goma o linóleo. Los recredidos de anhidrita deben tener un valor de humedad residual preferiblemente inferior al 0,5%, independientemente del tipo de revestimiento.

La humedad residual del recrecido puede medirse con un higrómetro eléctrico.

Recrecido	Pavimento	% Humedad aceptable (22 °C y 50% de HR)
Base cementosa	Madera	<2%
	PVC, goma o linóleo	2,5-3%
	Cerámica	6%
Base anhidrita	Cualquiera	<0,5%

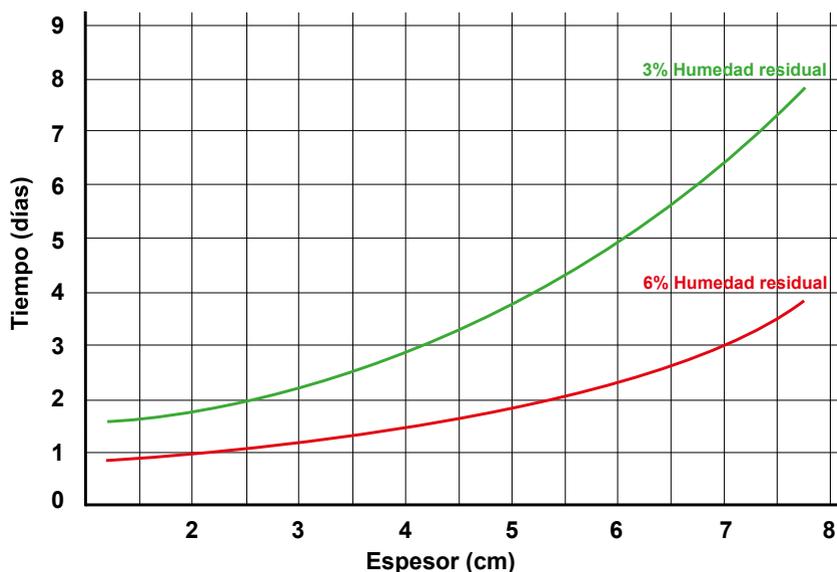
Tiempo de espera para revestir

Tras el secado del material, según ficha técnica en función del espesor y condiciones ambientales de secado, se procederá a la aplicación del revestimiento elegido (cerámica, pavimento ligero, etc.).

De forma orientativa, el recredido autonivelante será transitable después de 3 - 4 horas.

Debe respetarse el tiempo de secado (aprox. 1 día por cm aplicado) antes de instalar el revestimiento final. El secado en condiciones de frío y humedad, o en zonas poco ventiladas, puede alargarse.

Acción	Tiempo
Trabajabilidad a 20 °C	30-40 minutos
Tránsito peatonal	3 horas
Lijado (en caso necesario)	2 días/cm aplicado
Revestimiento:	
- Cerámica	1 día/cm aplicado
- Linóleo, PVC, parquet	2 días/cm aplicado



Adhesivos

Consideraciones de los adhesivos para los revestimientos:

Adhesivos para	Material
Cerámica	Tanto los adhesivos, como los morteros de rejuntado, deberán ser flexibles, ya sean de fraguado normal o rápido. La elección del mortero cola y de rejuntado adecuado según norma UNE EN 138002 en función del tipo de pieza y formato.
PVC, linóleo	Específicos para suelo radiante.
Otros como autonivelantes, decorativos o microcemento	Consultar con el fabricante.

Tiempos de reacción y comparativas

Capítulo III

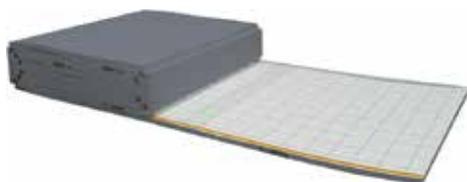
Tiempos de reacción

Además de una correcta selección del tipo de mortero para cada proyecto, es necesario valorar el tipo de sistema de suelo radiante que se desea instalar. De este modo se logra el mayor rendimiento de la instalación. A continuación se presentan los resultados obtenidos en ensayos acreditados por los laboratorios App+.

Condiciones	Características
Modo calefacción.	Aislamiento térmico $R_t = 0,75$
Temperatura inicial de la estancia 15 °C	Tubería de polietileno reticulado 5 capas (PEX-a)
Temperatura de confort demandada 21 °C	Ø16 mm y paso de tubería de 150 mm
Temperatura de impulsión 35 / 40 / 45 °C	Mortero autonivelante térmico 30 mm
	Conductividad 2,5 W/mK
	Tarima de roble pegada de 19 mm de espesor

Paneles aislantes del sistema de suelo radiante

- Liso: Uponor Klett Autofijación Neorol G
- Tetones: Uponor Nubos PLUS IB



Uponor Klett Autofijación Neorol G



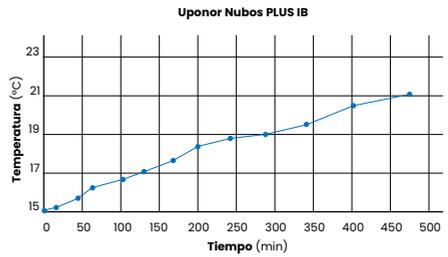
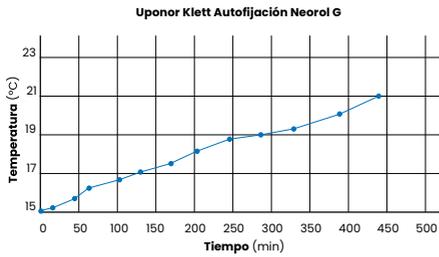
Uponor Nubos PLUS IB

Ambos paneles contienen agentes mejoradores de las propiedades aislantes del poliestireno.

Resultados

Sistema	Temperatura de impulsión			Mejora
	35 °C	40 °C	45 °C	
Klett Autofijación Neorol G (liso)	6h 25'	5h 16'	4h 48'	El sistema Klett Autofijación proporciona una mejora de hasta un 25%
Nubos PLUS IB (tetones)	8h 27'	6h 04'	5h 16'	

Gráficas



Comparativas y simulaciones

Sistema de suelo radiante tradicional

Características del sistema de suelo radiante estudiado:

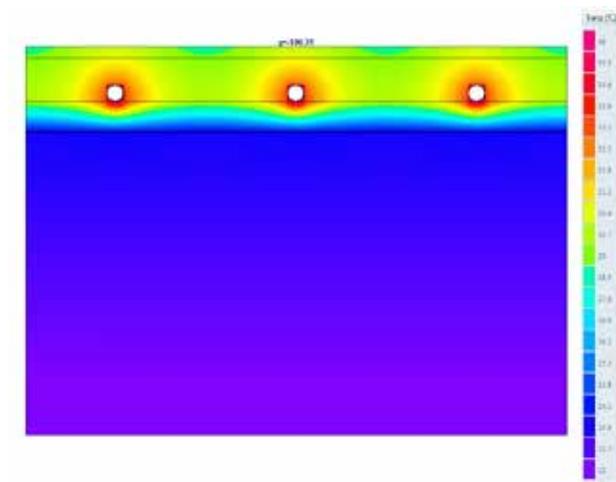
Tubería Klett Comfort Pipe PLUS: 16 x 2,0 mm. Paso de tubería 150 mm

Panel Klett Autofijación Neorol G: 25 mm, $R_t = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$

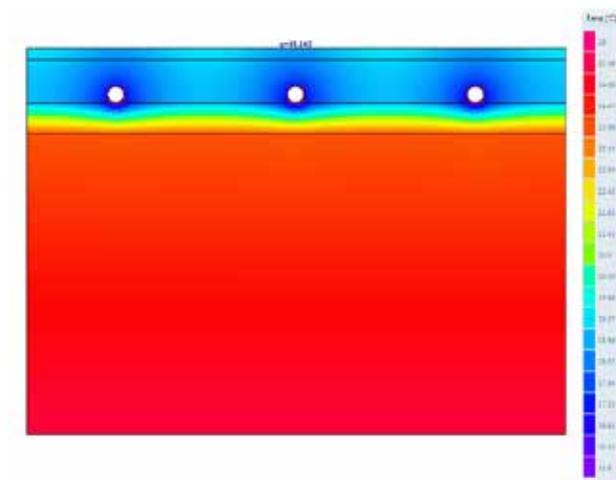
Pavimento: cerámico

Temperatura de impulsión (calefacción/refrigeración): 40 °C/13,8 °C

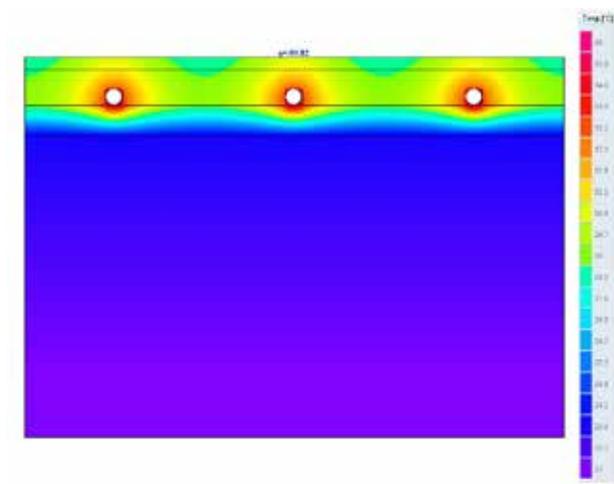
Características del mortero	base anhidrita		base cementoso polimérico*		semiseco	
	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración
Mortero	base anhidrita		base cementoso polimérico*		semiseco	
Conductividad ($\text{W/m}^2\text{K}$)	2,2		2,0		1,7	
Espesor del mortero (mm)	36		26		31	
Espesor sobre la generatriz (mm)	20		10		15	
Densidad (kg/m^3)	2100		2100*		2000	
Potencias (W/m^2)	100,35	48,16	99,82	47,90	95,82	46,39



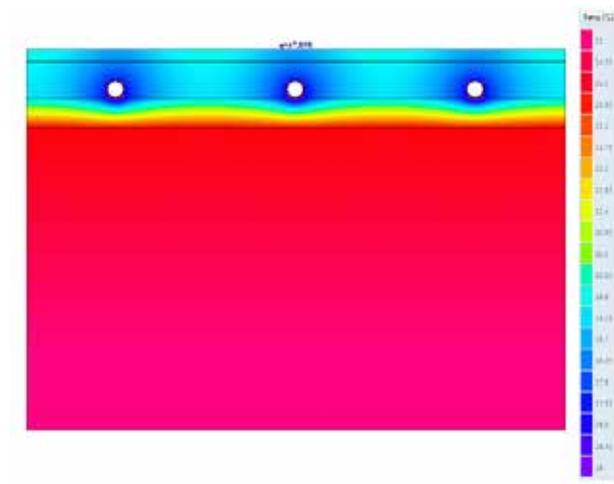
Sistema tradicional con mortero en base anhidrita. Calefacción.



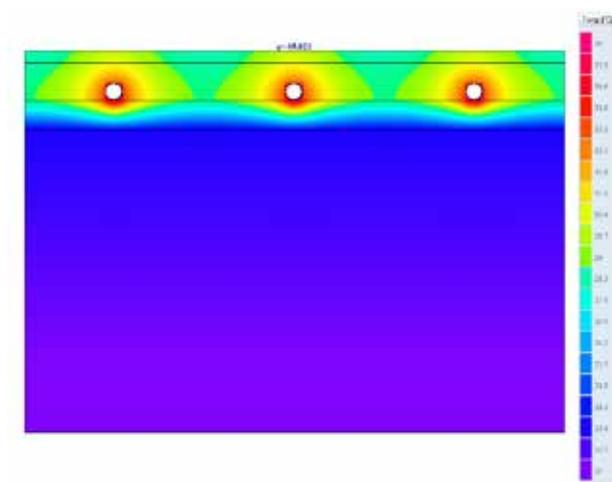
Sistema tradicional con mortero en base anhidrita. Refrigeración.



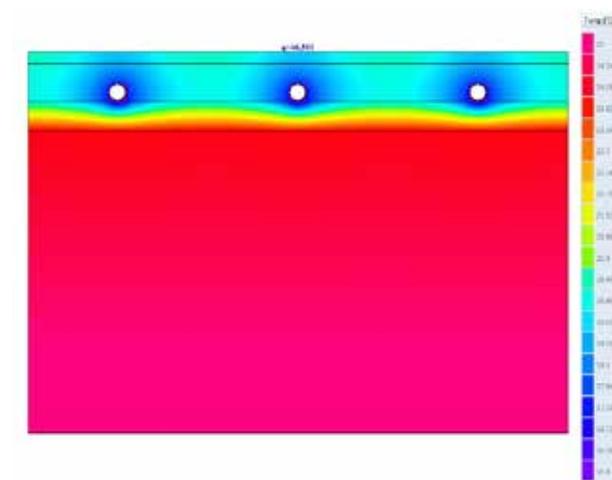
Sistema tradicional con mortero en base cementoso polimérico. Calefacción.



Sistema tradicional con mortero en base cementoso polimérico. Refrigeración.



Sistema tradicional con mortero semiseco. Calefacción.



Sistema tradicional con mortero semiseco. Refrigeración.

Sistema de suelo radiante de bajo perfil

Características del sistema de suelo radiante estudiado :

Tubería 9,9 x 1,1 mm. Paso de tubería 100 mm

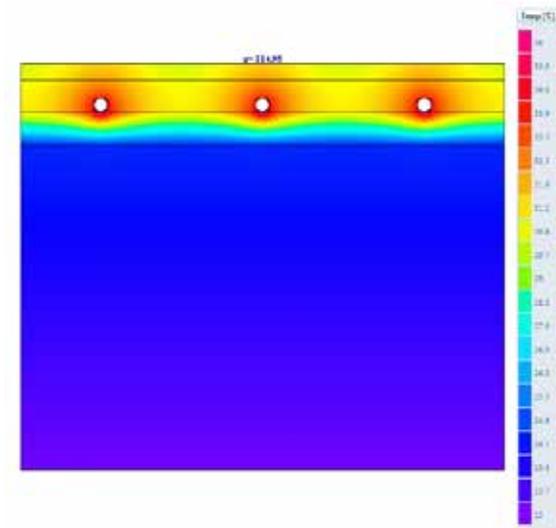
Panel Minitec 15 mm

Existencia de aislamiento térmico anterior, $R_t = 0,58 \text{ m}^2\text{K/W}$

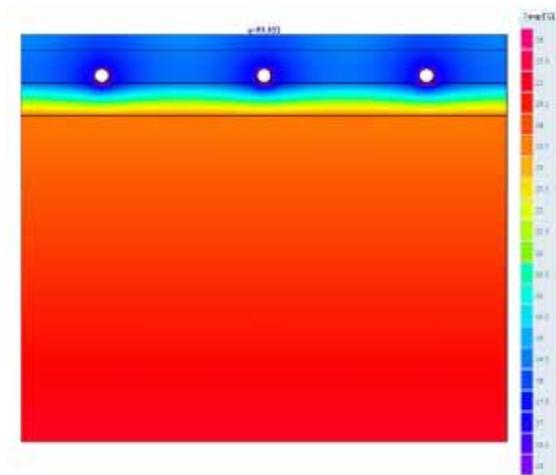
Pavimento: cerámico

Temperatura de impulsión (calefacción/refrigeración): 40 °C/13,8 °C

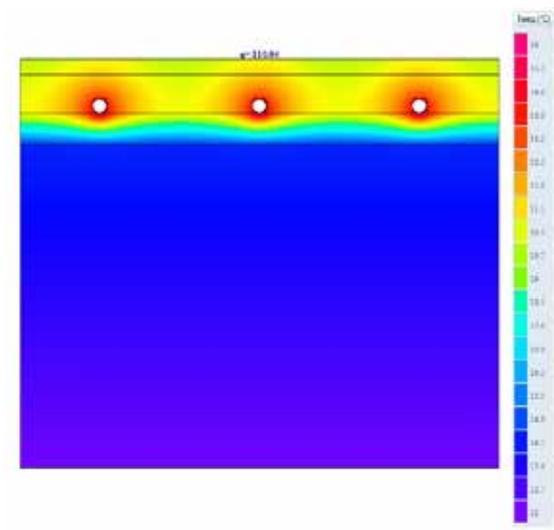
Características del mortero	base anhidrita		base cementoso polimérico		semiseco	
	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración
Mortero	base anhidrita		base cementoso polimérico		semiseco	
Conductividad ($\text{W/m}^2\text{K}$)	2,2		2,0		1,7	
Espesor del mortero (mm)	29		20		24	
Espesor sobre la generatriz (mm)	20		10		15	
Densidad (kg/m^3)	2100		2100		2000	
Potencias (W/m^2)	-	-	114,98	53,32	110,04	51,60



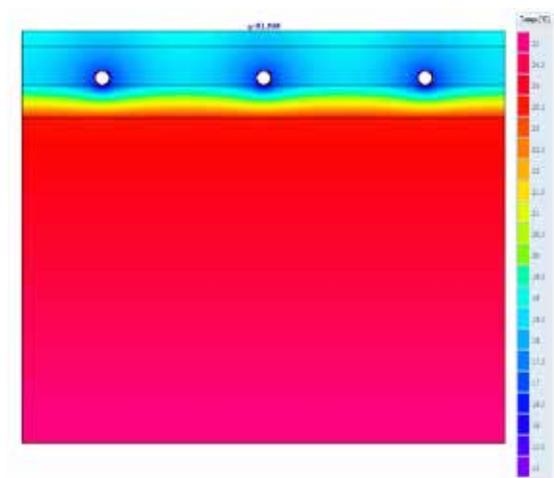
Sistema de bajo perfil con mortero en base cementoso polimérico. Calefacción.



Sistema de bajo perfil con mortero en base cementoso polimérico. Refrigeración.



Sistema de bajo perfil con mortero semiseco. Calefacción.



Sistema de bajo perfil con mortero semiseco. Refrigeración.

Posibles defectos de los recrecidos y forma de reparación

Existen diferentes defectos que pueden surgir en el recrecido cuando no se siguen las indicaciones recogidas en los manuales y guías especializadas de cada fabricante. Los más habituales son:

Fisuración

Se debe principalmente a la retracción higrométrica, el exceso de agua en la mezcla, el uso de áridos demasiado finos, el exceso de aglomerante, la falta de juntas de control y la realización de empalmes sin lechada de adhesión entre el recrecido endurecido y el fresco.

En el caso de grietas superficiales, o donde esté prevista la pavimentación con cerámica o piedra, es posible aplicar sobre el recrecido una membrana anti-fractura. También se puede aplicar sobre el recrecido microfisurado una capa solidaria antifisuración.

En caso de fisuración antes de la instalación del pavimento, deberán sellarse monolíticamente las fisuras mediante aplicación por colada de resina epoxídica, ensanchándolas previamente en forma de "V" mediante medios mecánicos (radial), limpiar y proceder al sellado utilizando resinas epoxídicas. Espolvorear áridos finos sobre la resina todavía en fresco. La áridos no adheridos completamente deberán retirarse tras el secado.



Ejemplo de fisuración. En este caso, no se puso junta de dilatación bajo el marco de la puerta.

Rotura en correspondencia con tubería

Esto es debido a que el espesor del recredido sobre la generatriz del tubo no es el adecuado (inferior a 3 cm), y en caso de serlo, no se coloca una malla metálica correctamente posicionada. Este problema se agrava cuando las tuberías están aisladas con material compresible que contribuye a la debilitación de la sección.

Para solucionar el problema es necesario demoler el recredido donde se haya producido la rotura y en al menos 25 cm por cada lado y aplicar sobre la sección una lechada de adhesión, agua y aglomerante. En la parte de recredido demolida se aplicará sobre la lechada fresca una mezcla rica en aglomerantes y posicionado una malla metálica fina ($\varnothing = 2 \text{ mm}$) sobre los tubos.



Presencia de exudación o polvo en superficie

Las causas que pueden conducir a la segregación parcial de la mezcla del recredido con la consiguiente formación de exudación, son una cantidad excesiva de agua de la mezcla, una fratasado prolongado o una humectación excesiva de la superficie durante la fase de acabado. La aplicación de un enlucido o de una pavimentación sobre una capa de exudación que no se haya retirado correctamente, puede dar origen a fenómenos de desprendimiento.

Su reparación solo es posible removiendo mecánicamente la capa de exudación, aspirar el polvo de la superficie del recredido y aplicar una imprimación. El uso de estos imprimadores es efectivo incluso si no hay fenómeno de exudación pero hay una formación de polvo continua en la superficie. En el caso de que, después de la eliminación de la exudación, la superficie del recredido se presente muy pulverulenta o poco consistente, será oportuno proceder a la aplicación de un imprimador consolidante.

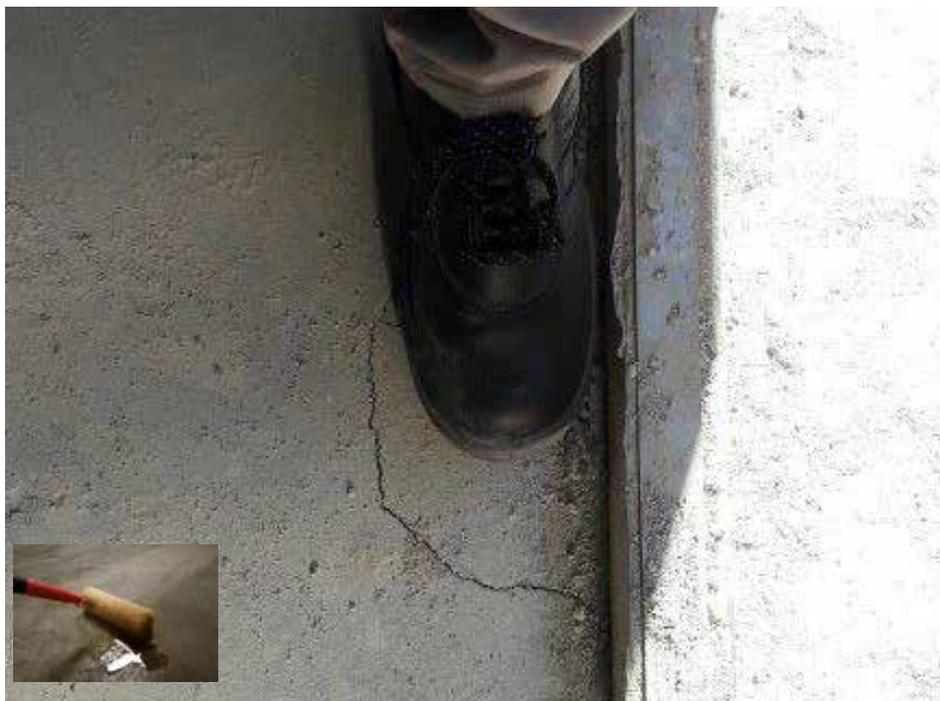


Inconsistencia superficial

Si la superficie es inconsistente puede deberse a una rápida evaporación del agua de la mezcla, por ejemplo por irradiación solar directa o por la presencia de corrientes de aire. Otras causas de inconsistencia superficial son el enfriamiento o acabado inadecuado, un descenso repentino de la temperatura por debajo de 0 °C antes del fraguado del recrecido o el deslave por efecto de la lluvia.

Para poder solucionar este problema es necesario retirar la parte superficial del recrecido mediante granallado o escarificación y luego aplicar una imprimación. Una vez seca la superficie, podrá ser regularizada.

Otra opción es consolidar directamente la superficie inconsistente mediante impregnación.



Inconsistencia en el espesor del recredido en algunas zonas

Las causas generalmente son atribuibles a errores en la mezcla o a un enfriamiento inadecuado.

El modo de reparación consiste en remover las zonas afectadas, aplicar una lechada de adhesión con agua y aglomerantes y aplicar una nueva mezcla de mortero para recredido sobre la lechada fresca.

Cuando las partes inconsistentes están limitadas se puede intervenir mediante consolidación localizada con imprimadores consolidantes. Posteriormente será necesario espolvorear árido sobre la superficie tratada. Los áridos excedentes deberán retirarse después del secado.



Inconsistencia en todo el espesor del recredido

Las causas este tipo de problemas tan habitual puede ser el uso de una cantidad reducida de aglomerante, una temperatura insuficiente, heladas nocturnas antes del endurecimiento del recredido o a la falta de hidratación del cemento debida, por ejemplo, al uso de baja cantidad de agua o la rápida pérdida del agua de la mezcla a causa de un soporte demasiado absorbente o de temperaturas elevadas.

Para poder solucionar este problema es necesario eliminar el recredido y reconstruirlo de nuevo.



Marcado de tubería e inconsistencia

En ocasiones se interpreta erróneamente la información que aparece en la documentación del fabricante de mortero. Se aplica el espesor considerado para hacer un recredido normal en lugar del correspondiente para hacer una instalación de suelo radiante. Un espesor excesivamente reducido se evidencia por el marcaje de la tubería y por una evidente inconsistencia en la solera.

Para poder evitar este problema se recomienda consultar siempre al fabricante en caso de duda y si el problema ya ha surgido se recomienda sanear la superficie y aplicar una segunda capa de mortero.



Humedad residual

En algunas ocasiones después de haber esperado el tiempo necesario para el secado del recredido, la humedad residual resulta ser todavía demasiado elevada. Las causas pueden ser múltiples, como el exceso de agua de la mezcla, el uso de áridos demasiado finos, la falta de una barrera de vapor adecuada bajo el recredido, un aporte accidental de agua sobre el recredido terminado o una excesiva humectación de la superficie en la fase de acabado o fratasado que, además de aumentar la cantidad de agua, contribuye también a la ralentización del secado debido al cierre de la porosidad superficial.

El modo de solucionar el problema sería:

Si no existe humedad por capilaridad y cuando exista la certeza de la presencia de una barrera de vapor adecuada, así como la posibilidad de esperar el secado del recredido, será suficiente con lijar la superficie para abrir la porosidad y acelerar el secado mediante deshumidificadores.

Si existe humedad por capilaridad debido a la ausencia de barrera de vapor en recrecidos realizados directamente sobre el terreno habrá de realizarse un recrecido sobre una barrera de vapor adecuada. Este recrecido, según el espesor disponible, puede realizarse sobre el soporte existente o eliminándolo previamente.



Planimetría insuficiente

En caso de no haberse realizado las maestras adecuadamente o el recrecido no ha sido correctamente madurado, es posible que la superficie se presente irregular, con depresiones que no permitan satisfacer los requisitos de planimetría.

Es posible intervenir aplicando sobre la superficie del recrecido soluciones niveladoras de relleno.



Falta de aditivo en la mezcla

En el caso de recrecidos tradicionales, y en algunos morteros semisecos, debe emplearse el uso de aditivos fluidificantes que favorezcan la eliminación de cavidades de aire que impiden la total adhesión del mortero a la tubería.



Anexo I

Protocolo puesta en marcha en pavimentos de madera y recomendaciones

Introducción

Una vez finalizada la instalación se recomienda seguir las siguientes directrices*, para realizar la puesta en marcha de la instalación.

*Basadas en la normativa vigente, experiencia de los fabricantes que han colaborado en esta guía, la Asociación de Fabricantes de Pavimentos de Madera y Uponor.

Previa:

Por tratarse del caso más restrictivo, se mencionan a continuación algunos aspectos importantes a tener en cuenta, en relación al mortero y la instalación de pavimentos de madera.

- Consultar con el fabricante del pavimento de madera el grado de compatibilidad con las instalaciones de suelo radiante.
- Seguir los manuales de instalación del fabricante del sistema de suelo radiante y del pavimento de madera.

Las recomendaciones generales sobre la metodología de instalación de los pavimentos de madera se recogen en la norma UNE 56810:2013 "Suelos de Madera, Colocación, Especificaciones".

Material	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)
Madera maciza	hasta 22	600
	hasta 28	700
Multicapa	-	500

- El pavimento de madera ha de ir pegado a la losa de mortero. Realizar instalación encolada, lo cual favorece el comportamiento general del sistema. La norma UNE-EN 56810 lo recomienda si el grosor del parquet es superior de 15 mm.
- La resistencia térmica de estos pavimentos de madera y capas inferiores que se sitúen por encima de la solera radiante debe de ser inferior a 0,17 m²·k/W como exige la norma UNE-EN 56810, en el apartado 11.6, teniendo en cuenta que en el caso del pavimento la resistencia térmica nunca sea >0,15 m²·k/W según UNE EN 1264.

Además, se tendrá en cuenta:

	Modo de funcionamiento	
	Calefacción	Calefacción y refrigeración
Resistencia térmica	<0,15 m ² ·k/W	<0,1 m ² ·k/W

Instalación:

Antes de instalar el pavimento de madera, el sistema de calefacción ha debido de estar apagado al menos 48 horas.

La solera en el momento de la instalación del pavimento ha de tener índices de humedad menores del 2%.

La solera ha de estar totalmente seca y limpia antes de la instalación del pavimento de madera. El porcentaje de humedad de la solera debe ser menor del 1,5% si es cemento y menor del 0,3% si es de anhidrita.

En el momento de instalación del pavimento de madera, la temperatura ambiente de la estancia no debe de ser inferior a 18 °C.

Para la instalación, la humedad de equilibrio higroscópico recomendada sería la comprendida entre el 8% y el 9% según la norma UNE-EN 13226.

No están recomendados los adhesivos.

Directrices:

Desde la instalación del suelo sobre el sistema radiante hasta el primer encendido, han de pasar al menos 28 días, con el fin de asegurar que está todo el sistema bien asentado (Consultar con el fabricante plazos inferiores según el tipo de mortero empleado).

El arranque del sistema radiante y la elevación de la temperatura ha de ser progresiva y según protocolo en modo calefacción por tratarse del caso más desfavorable, independientemente de la temporada del año en la que se ejerce dicho encendido.

El calentamiento inicial ha de realizarse en el plazo al menos de 7 días. Se inicia impulsando agua a una temperatura de entre 20 y 25 °C durante un plazo de 72 horas.

Posteriormente se elevará a la temperatura hasta alcanzar la temperatura máxima de diseño fijada para cada proyecto y manteniéndose durante al menos 4 días, según la normativa UNE-EN 1264 - 4

Funcionamiento:

Con el fin de preservar valores mínimos de humedad para los pavimentos de madera se recomienda no sobrepasar la temperatura máxima de 27 °C según UNE 56810 y nunca superior a 29 °C según UNE EN 1264.

Se recomienda el uso de sistemas de control con capacidad de medición de temperatura operativa. Así como la integración de sondas de suelo. Dichos sistemas de control se encargarán de regular correctamente la instalación con el fin de evitar fluctuaciones bruscas que suponen aumentos en el consumo de energía y pérdida de confort y el riesgo de sobrepasar la temperatura superficial recomendada del pavimento.

Moving
> Forward

Uponor

Uponor Hispania, S.A.U.

Oficinas Centrales

Avda. Leonardo da Vinci 15-17-19

Parque Empresarial La Carpetania

28906 Getafe (Madrid)

T +34 685 36 00

E atencion.cliente@uponor.com

www.uponor.es