



SUPERFICIES RADIANTES

Ponente: Amaia Aizpurua (Product Manager de Orkli S.Coop)



ÍNDICE

- Conceptos básicos
- Ventajas frente a otros sistemas
- Coste real frente a otras soluciones alternativas
- Aplicación en proyectos arquitectónicos de diferentes tipologías
- Requerimientos a tener en cuenta en el anteproyecto y en el proyecto básico
- Proyecto de ejecución
- Certificación energética
- Puesta en obra
- Argumentos frente al promotor

CONCEPTOS BÁSICOS

- ¿Qué son las superficies radiantes?
 - UNE EN 15377: Sistemas empotrados de calefacción y refrescamiento donde los tubos que transportan agua con o sin aditivos se empotran en el suelo, pared o techo.
 - Hilo radiante \neq sistema por agua
 - Características hilo radiante:
 - Inversión ↓ **61%**
 - Consumo ↑ **237%**
 - Confort ↓ **Sistema ON/OFF**
 - Temperaturas superficiales ↑ **45°C frente a 29°C**
 - No se puede refrescar



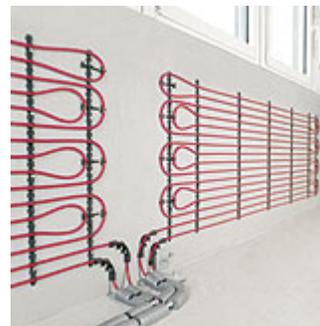
CONCEPTOS BÁSICOS

- Tipos de superficies radiantes
 - Suelo radiante
 - La mejor solución para calefactar. Aprovechamos la convección.



CONCEPTOS BÁSICOS

- Tipos de superficies radiantes
 - Pared radiante
 - No son muy utilizados.
 - Las paredes deben estar libres de cualquier elemento



CONCEPTOS BÁSICOS

- Tipos de superficies radiantes
 - Techo radiante
 - La mejor opción para refrescar ya que aprovechamos la convección



CONCEPTOS BÁSICOS

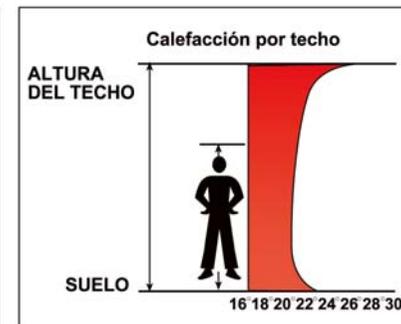
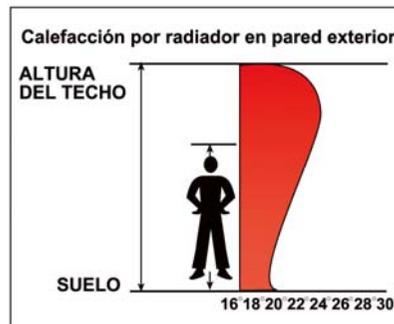
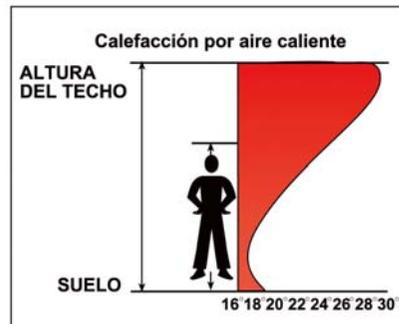
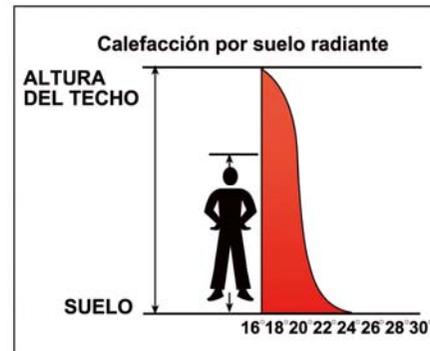
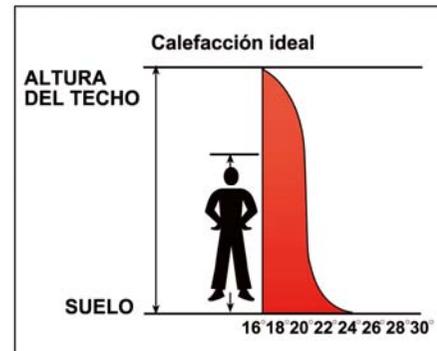
- ¿Cómo funcionan?
 - *Combinan los 3 métodos de transmisión de calor: conducción, convección, radiación.*



Ejemplo suelo radiante

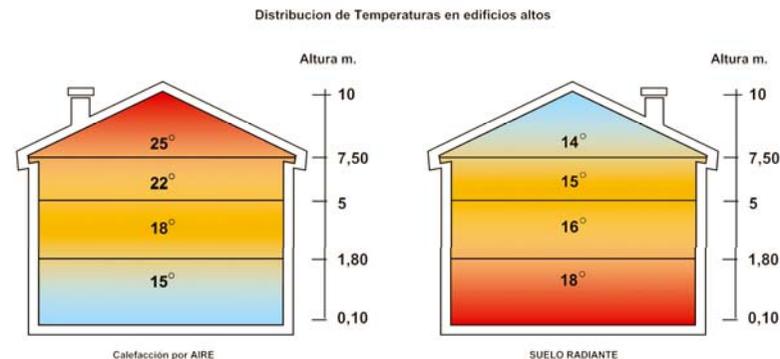
VENTAJAS FRENTE A OTROS SISTEMAS

- Distribución ideal de temperatura



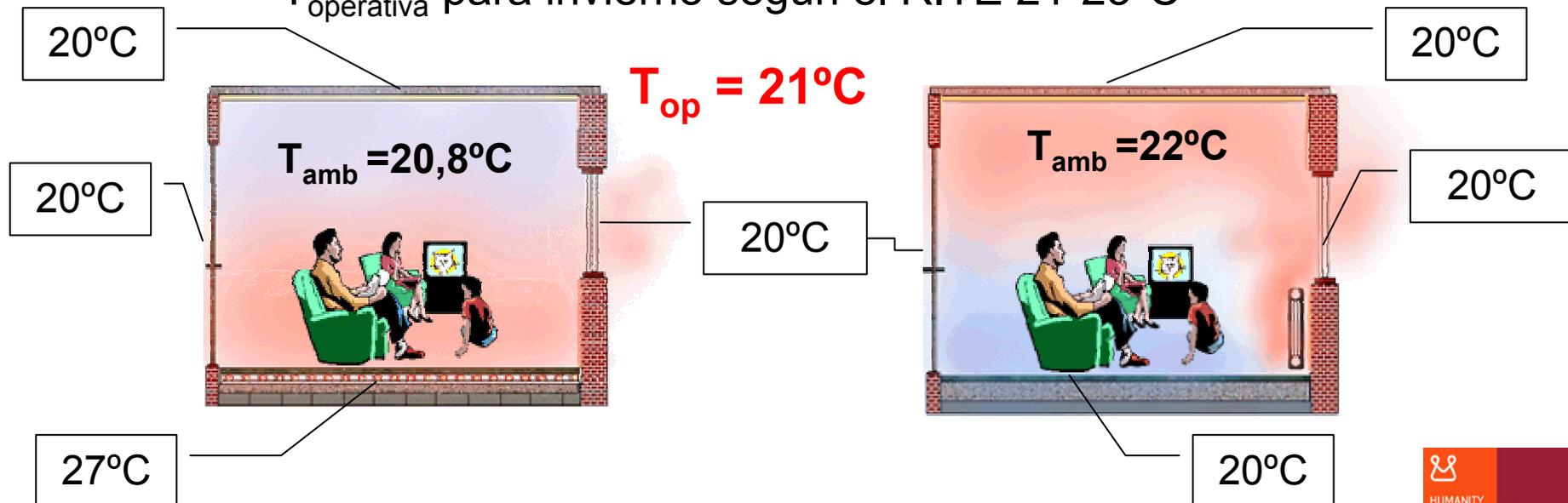
VENTAJAS FRENTE A OTROS SISTEMAS

- Temperatura uniforme
- Estético
- No hay corrientes de aire
- Limpio
- Incorpora aislamiento
- Compatible con cualquier fuente de energía
- Ahorra energía
 - Actúa en aprox. 2,5m de altura. Reducción de pérdidas por el techo



VENTAJAS FRENTE A OTROS SISTEMAS

- Ahorra energía
 - Disminución de pérdidas en las tuberías generales: la temperatura del agua que entra en el suelo radiante es menor que en otros sistemas (40°C)
 - Menor temperatura ambiente
 - $T_{operativa}$ para invierno según el RITE 21-23°C



COSTES FRENTE A OTROS SISTEMAS

SISTEMA CALEFACCION		CONSUMO ANUAL (costes de operación)	Potencia térmica total necesaria (kW)	Consumo real (kWh)	INVERSION
BOMBA DE CALOR		413,00 €	8,5	3124,61	6.544 €
SUELO RADIANTE	SR Cald COND	554,00 €	6,1	8744,05	9.604 €
	SR Cald GAS	637,00 €	7,2	10323,62	9.280 €
	SR Cald GASOLEO	895,00 €	7,2	10323,62	9.662 €
	SR Cald PELLETS	318,00 €	7,3	10413,19	19.358 €
	SR Geotermia	222,00 €	6,7	1693,61	41.269 €
	SR Bomba de calor	325,00 €	8,6	2467,83	11.484 €
	SR Solar + cond	405,00 €	6,1	5904,86	24.929 €
	SR Solar + bomba	238,00 €	8,6	1666,53	26.116 €
RADIADORES	RAD Cald GAS	752,00 €	7,8	12009,07	5.538 €
	RAD Cald GASOLEO	1.041,00 €	6,6	12009,07	6.048 €
HILO RADIANTE ELECTRICO		1.318,00 €	6,6	9408,94	5.985 €
RADIADORES ELECTRICOS		1.482,00 €	6,7	10721,7	3.311 €

COSTES FRENTE A OTROS SISTEMAS

- AHORROS PORCENTUALES EN CONSUMO

	SUELO RADIANTE CALDERA GAS	RADIADORES CALDERA GAS	RADIADORES CALDERA GASOLEO	HILO RADIANTE	RADIAD. ELEC
SUELO RADIANTE CALDERA GAS		12,14%	38,81%	51,67%	72,13%
RADIADORES CALDERA GAS			30,36%	44,99%	51,08%
RADIADORES CALDERA GASOLEO				21,02%	29,76%
HILO RADIANTE					11,07%
RADIAD. ELEC					

PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS DIFERENTES

- Las superficies radiantes tienen diferentes usos:
 - Calentar/refrescar el ambiente en
 - Bloques de viviendas
 - Viviendas unifamiliares, bifamiliares, etc.
 - Pabellones industriales
 - Escuelas/Guarderías
 - Geriátricos/Hospitales
 - Etc.
 - Calentar superficies para evitar hielo, nieve
 - Rampas de garajes
 - Campos de fútbol, pistas de atletismo
 - Pistas de aterrizaje
 - Disipar el calor de las cámaras frigoríficas de supermercados, etc.
 - Aprovechar el calor del sol
 - Agricultura/Ganadería
 - Etc.



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 1

- FASE 1-ANTEPROYECTO Y PROYECTO BÁSICO
 - Presupuesto aproximado (sin fuente de energía)

m² x 40 €

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Selección inicial de materiales (los cálculos dependen de los materiales a utilizar)

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

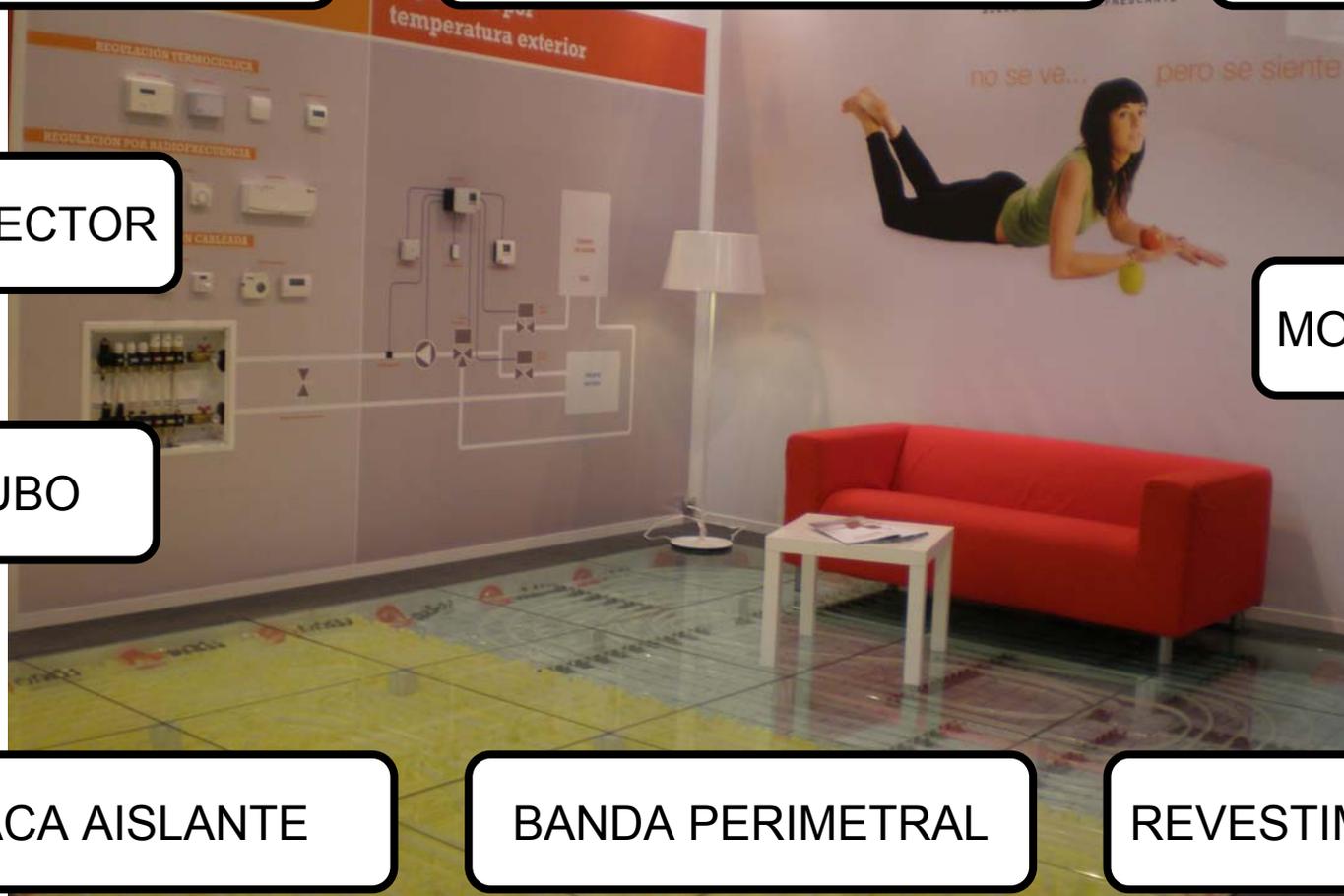
TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - COLECTOR
 - Función: distribuir el agua caliente/fría de la fuente de energía a los circuitos y transportar el agua enfriada/calentada en la instalación a la fuente de energía.
 - Formado por:
 - Válvula (independizar los circuitos)
 - Detentor/regulador de caudal: para equilibrar



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - COLECTOR
 - Tipos de colectores:
 - Completamente montados de latón
 - Colectores modulares de PA66 (poliamida)
 - Ubicación: lo más centrado posible



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - COLECTOR
 - Qué definir:
 - Tipo de colector
 - Tipo de válvula para equilibrado
 - Ubicación
 - ¿Pq definirlo?
 - Van a influir en las pérdidas de carga



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

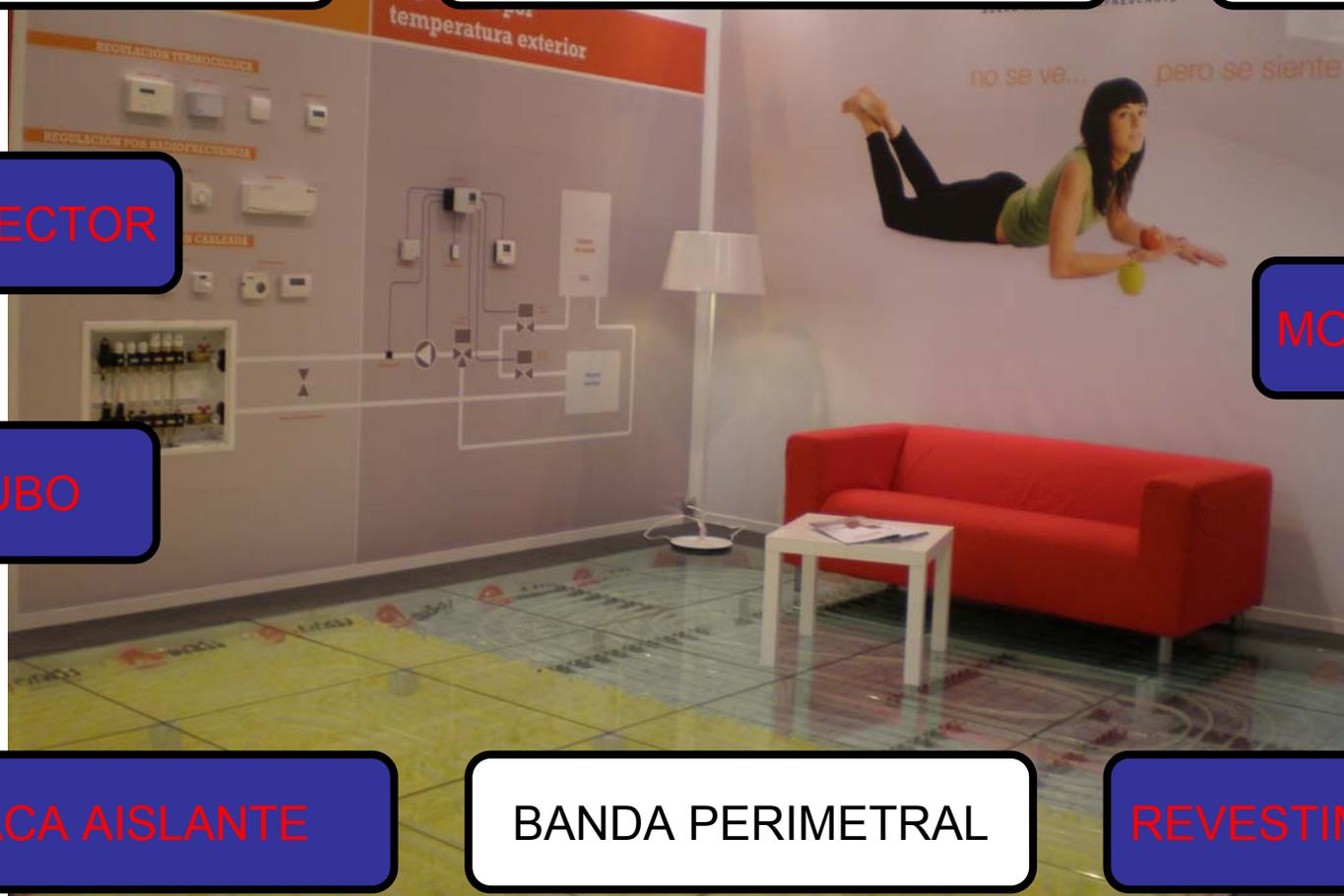
TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - TUBO
 - Tubos generales:
 - Antes: tubo de cobre
 - Ahora: lo más habitual tubo multicapa (PEX-AL-PEX)
 - Qué definir:
 - » Diámetro
 - » Tipo de tubo
 - ¿Pq definirlo?
 - » Va a influir en las pérdidas de carga



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - TUBO

- Tubos de los circuitos

- Tipos de tubo:

- » Tubo PEX (A, B, C)+Barrera antioxígeno
 - » Polibutileno (PB)
 - » Multicapa



<i>MATERIAL TUBO</i>	<i>Conductividad (W/mK)</i>	<i>Coef. de dilatación (mm/mK)</i>	<i>Módulo de Elasticidad (MPa)</i>
Polietileno reticulado de alta densidad (PEX)	0.35	0.20	600
Polibutileno (PB)	0.22	0.13	350
Multicapa PERT-AI-PERT	0.34	0.023	
Cobre	407	0.018	120.000

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

- TUBO

- Tubos de los circuitos

- Diámetros de tubo: 16, 20, 25.

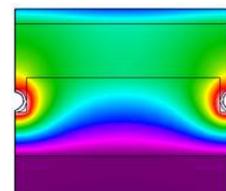
- » 16mm: residencial (calefacción)

- » 20mm: residencial (calefacción/refrescamiento)

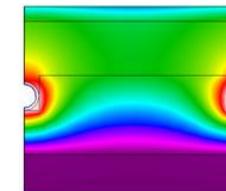
- » 25mm: uso habitual grandes superficies



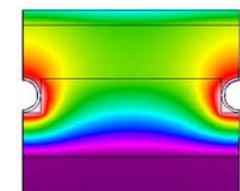
TUBO	Q (W/m2)	Tª superficie
16	63	27,5 / 28,6
20	71	28,6 / 29,8
25	79	29,8 / 31,1



16mm



20mm



25mm

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

- TUBO

- Tubos de los circuitos

- Qué definir:

- » Diámetro

- » Tipo de tubo

- ¿Pq definirlo?

- » Va a influir en las pérdidas de carga

- » Va a influir en la potencia obtenida



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes
 - Función: aislar, no emitir calor hacia abajo
 - ¿Qué tipo?
 - LISA vs TETONES



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

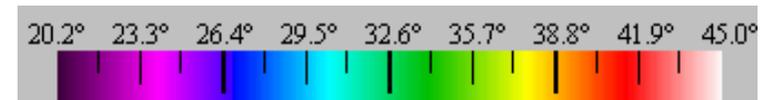
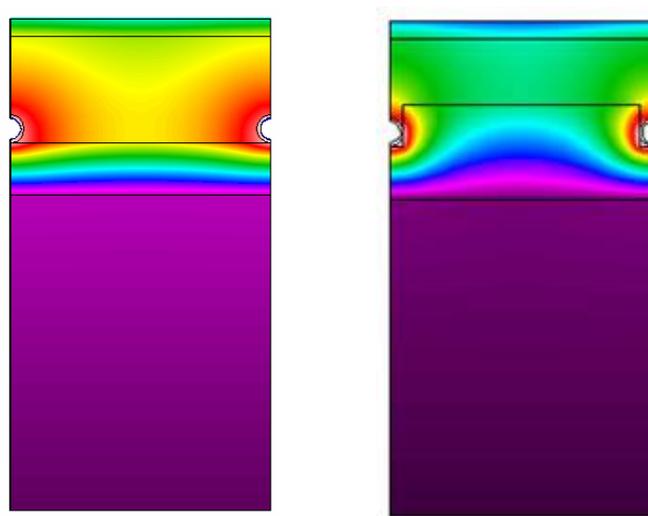
- Paneles aislantes

- Función: aislar, no emitir calor hacia abajo
 - ¿Qué tipo?

- LISA vs TETONES

- » Ventaja de las placas lisas: mejor transmisión de calor

- » Ventajas de las placas de tetones: sujeción de tubo



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes- ¿Qué tipo?
 - LISA vs TETONES
 - Existen en el mercado placas que combinan los 2 tipos de placa



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

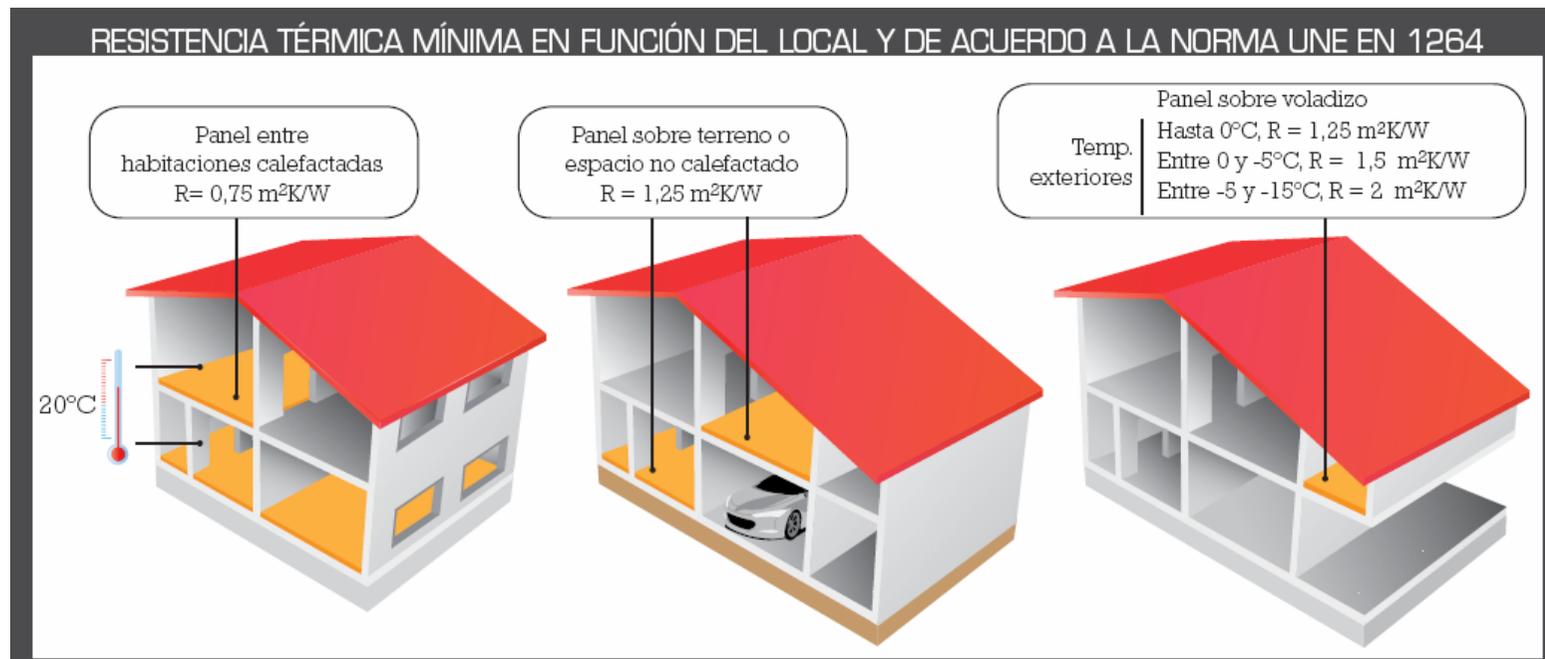
- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes- ¿Qué tipo?
 - LISA vs TETONES



	Q (W/m2)
50% tetones	74
15% tetones	82
Liso	85

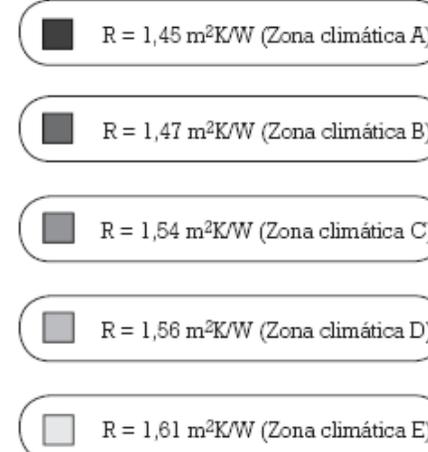
QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes- ¿Qué resistencia térmica?
 - La norma de suelo radiante nos dice que el panel, en función del sitio en el que se vaya a instalar, debe tener unas características térmicas:



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes- ¿Qué resistencia térmica?
 - Las normas de edificación nos indican que los suelos de las viviendas tienen que tener unas características térmicas:



Nota: Las zonas climáticas son en función de las capitales. La zona climática se podría ver afectada por la altitud en la que esté la obra.

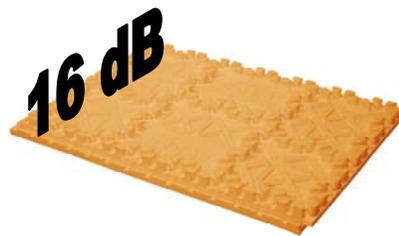
QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes- ¿Qué resistencia térmica?
 - 2 funciones en 1:
 - Resistencia térmica (m^2K/W)
 - Atenuación acústica (dB)

Espesor	Conductividad (densidad 30)	Resistencia
20	0,034	0,59
25	0,034	0,74
30	0,034	0,88
35	0,034	1,03
40	0,034	1,18
45	0,034	1,32
50	0,034	1,47

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Paneles aislantes
 - Las normas de edificación de España también nos indica el aislamiento acústico que deben tener los suelos de los edificios. Las placas de suelo radiante pueden ayudar a conseguir dicho aislamiento acústico



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

- Paneles aislantes

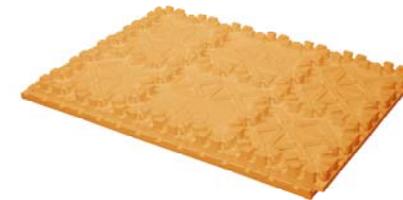
- Qué definir:

- Tipo de placa

- Resistencia térmica

- ¿Pq definirlo?

- » Va a influir en la potencia obtenida



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

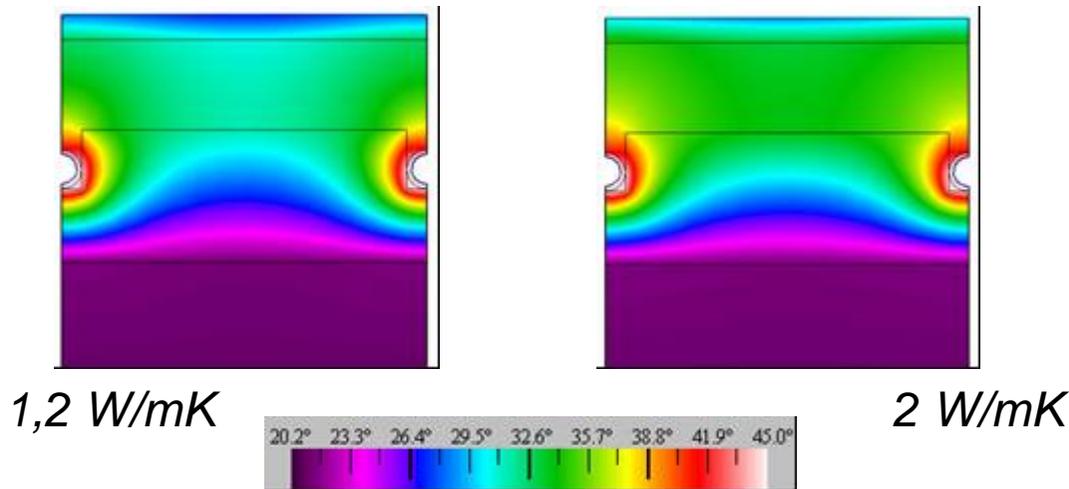
BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Mortero
 - Función: transmitir el calor, uniformizar la temperatura de la superficie y soportar cargas.
 - Importante: buena conductividad, sin aire en el interior



Conductividad (W/mK)	Q (W/m ²)
1,2	59,71
1,4	63,25
1,6	66,26
1,8	68,85
2	71,11

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Mortero
 - Espesor recomendado: 45mm
 - Es un sistema con inercia, el espesor de mortero hará que la inercia sea mayor o menor.

Espesor (mm)	Q (W/m ²)
35	63,74
40	63,71
45	63,25
50	62,8
55	62,24

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

- Mortero

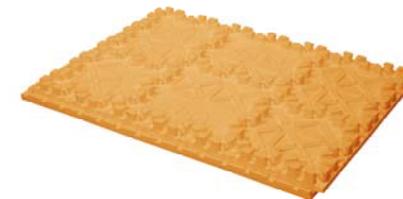
- Qué definir:

- Espesor

- Conductividad

- ¿Pq definirlo?

- » Va a influir en la potencia obtenida



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

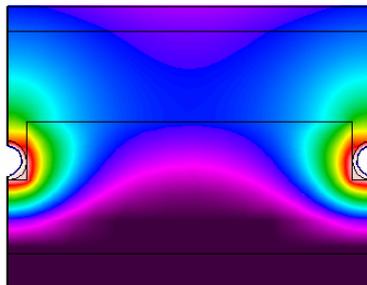
BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO

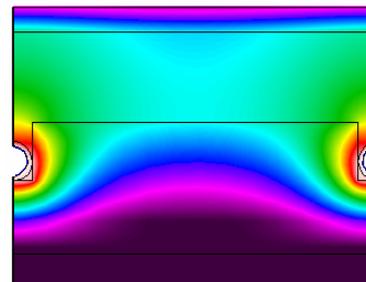


- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Revestimiento
 - Los más recomendados: buenos conductores

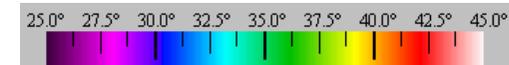
	Conductividad (W/mK)	Espesor (mm)	Resistencia (m ² K/W)	Q (W/m ²)	T ^a superficie
Gres, marmol	1	35	0,01	74	29
PVC	0,17	40	0,029	69,8	28,3
Parquet	0,2	45	0,05	66,12	27,9
Moqueta	0,09	50	0,11	56,69	26,7



Baldosa



Moqueta

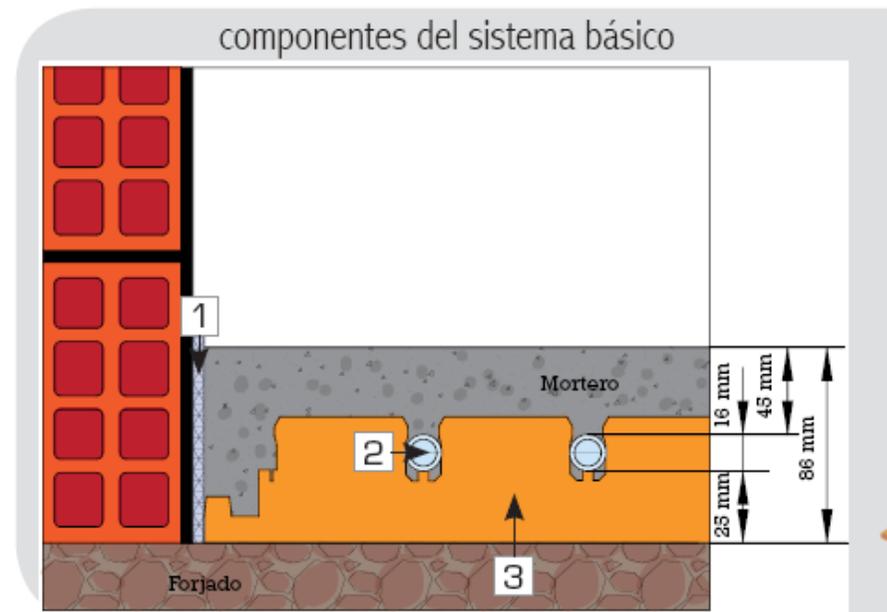


- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Revestimiento
 - Suelos de madera:
 - UNE 56810
 - » Recomendamos instalar suelos de madera encolados
 - » Grosos de parqué de menos de 22mm
 - » Madera de densidad mayor a 650 kg/m³
 - » Contenido de humedad < 2%
 - Qué definir:
 - Tipo de suelo (resistencia)
 - Espesor
 - ¿Pq definirlo?
 - » Va a influir en la potencia obtenida

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Altura necesaria (con revestimiento): mínimo 10 cm

Altura =
Base de la placa
+
ØTubo
+
45mm mortero
+
Revestimiento

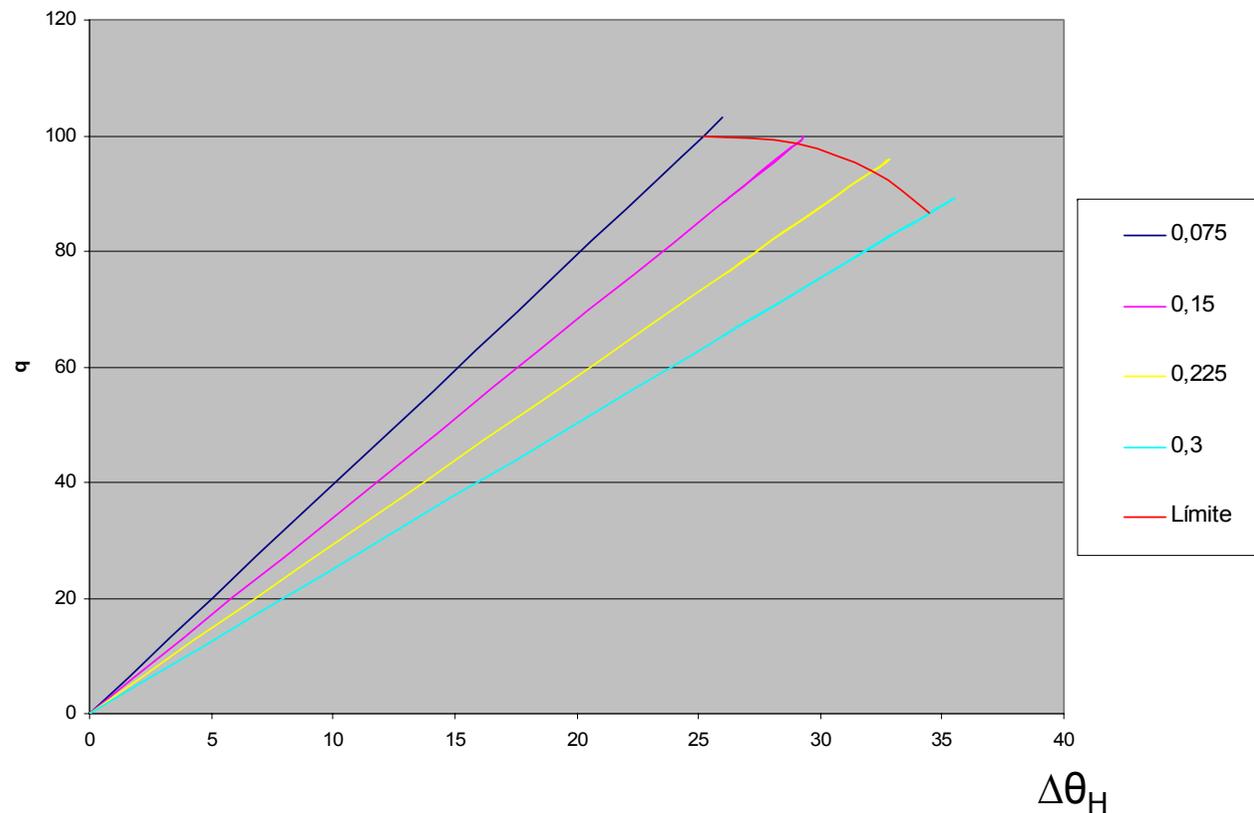


QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - Cálculo de la instalación: UNE EN 1264-2
 - PASO 1: Cálculo de cargas térmicas:
 - Altura considerada: 2,5m
 - No considerar las pérdidas por transmisión de la superficie radiante
 - PASO 2: Elección de la temperatura de impulsión
 - Localizar el espacio calefactado más desfavorable (Carga/m² S.R.). No se consideran los cuartos de baño.
 - $\Delta T \leq 5^{\circ}\text{C}$

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - PASO 2: Elección de la temperatura de impulsión



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - PASO 2: Elección de la temperatura de impulsión

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

- θ_V : Temperatura de impulsión
- θ_R : Temperatura de retorno
- θ_i : Temperatura ambiente

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN
 - PASO 3:Calcular paso y flujo de todos los espacios

$$q = B \cdot a_b \cdot a_T^{mt} \cdot a_u^{mu} \cdot a_D^{md} \cdot \Delta\theta_h$$

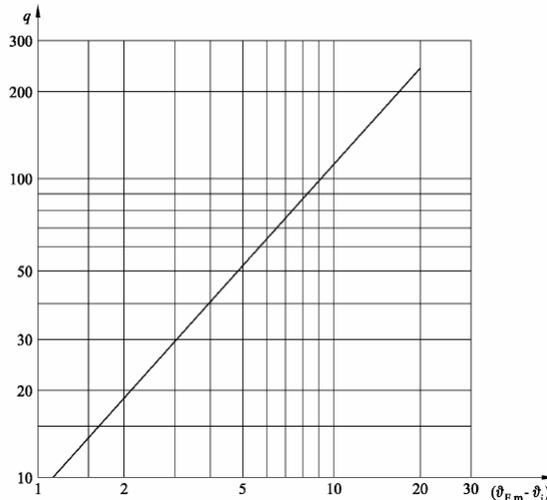
- ✓ Revestimiento
- ✗ Paso
- ✓ Capa que va por encima del tubo
- ✓ Diámetro de tubo
- ✗ $\Delta\theta_h$: relación logarítmica entre T^a ambiente, T^a impulsión y T^a retorno.

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

- PASO 4: Calcular temperatura de suelo (en función de la curva básica)

- Calefacción por suelo y refrescamiento por techo $q = 8,92(\theta_{F,m} - \theta_i)^{1,1}$
 - Refrescamiento por suelo $q = 7 \cdot (\theta_{F,m} - \theta_i)$
 - Calefacción y refrigeración por pared $q = 8 \cdot (\theta_{F,m} - \theta_i)$
 - Calefacción por techo $q = 6 \cdot (\theta_{F,m} - \theta_i)$



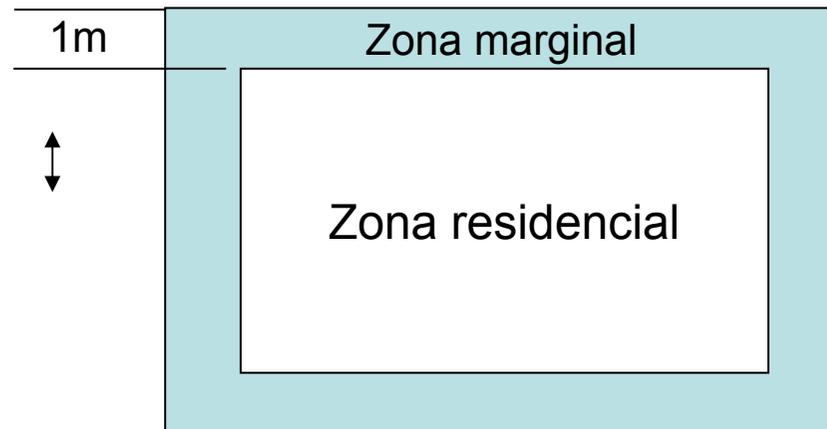
Curva para calefacción por suelo y
refrescamiento por techo

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

$$T_{\text{sup.max}} = 29^{\circ}\text{C} \text{ (100W/m}^2\text{)}$$

$$T_{\text{sup.max marginal}} = 35^{\circ}\text{C} \text{ (175W/m}^2\text{)}$$

$$T_{\text{sup.min}} = 19^{\circ}\text{C} \text{ (49W/m}^2\text{)}$$



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

> FASE 2-PROYECTO DE EJECUCIÓN

▪ PASO 5

- Calcular caudales
- Calcular longitudes de tubo
- Calcular pérdidas de carga
- Potencia demandada al generador
- Etc.

QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

FUENTE DE ENERGÍA

BOMBAS, V. MEZCLADORA

REGULACIÓN

COLECTOR

TUBO

MORTERO

PLACA AISLANTE

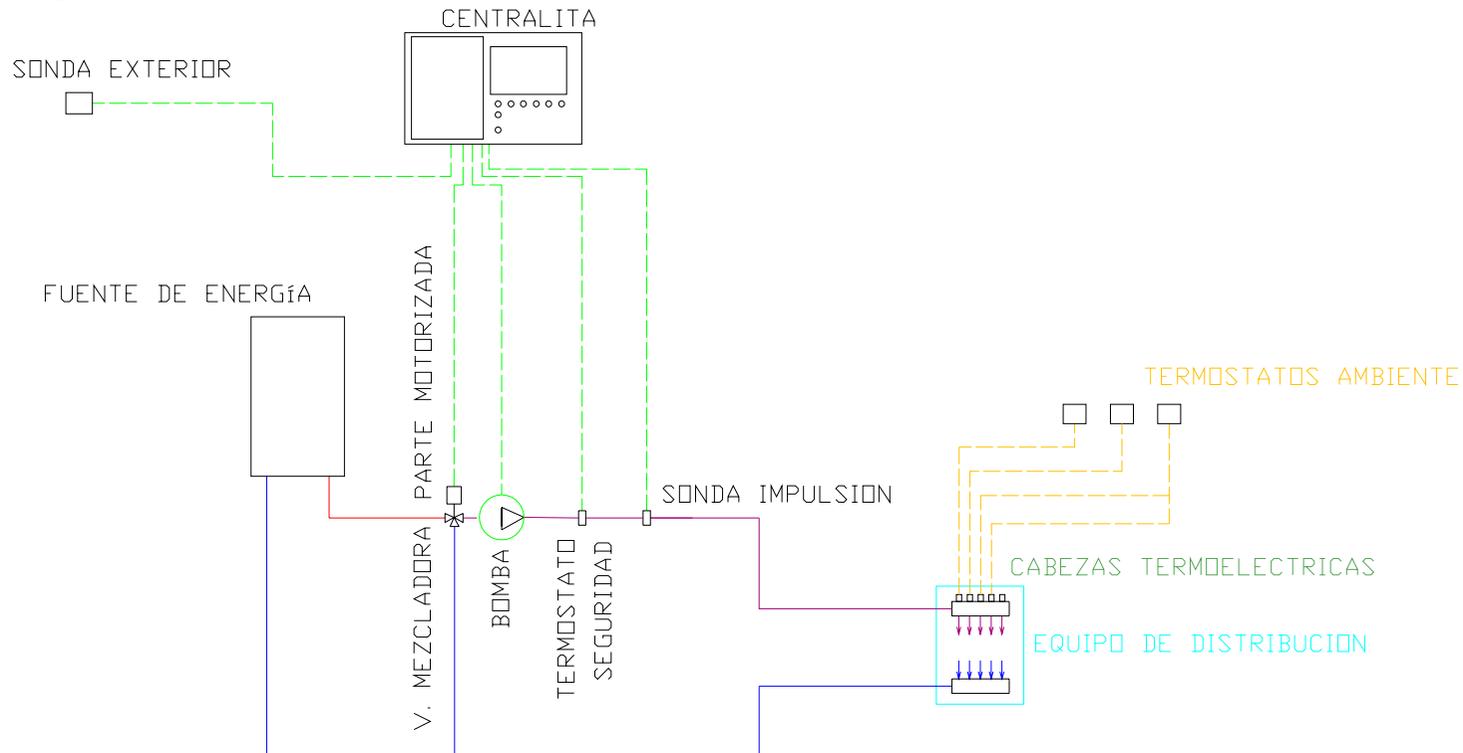
BANDA PERIMETRAL

REVESTIMIENTO



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- ELECCIÓN DE REGULACIÓN
 - Lo más recomendado: por temperatura exterior.
 - ¿P.q? Para evitar la inercia del sistema



QUIERO HACER UN SUELO RADIANTE- FASE 2

- **ELECCIÓN DE MATERIALES**
 - Desde el 2009 existen en el mercado sistemas completos homologados por AENOR
 - Aenor realiza ensayos en los laboratorios CEIS de Madrid. Compara los valores que salen con los que se han proyectado y con las que la norma dice que tienen que salir. Si todo es correcto, emite el certificado
 - Sistema homologado = calidad = GARANTÍA DE INSTALACIÓN

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- **CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA**
 - Las superficies radiantes directamente no hacen mejorar la calificación energética pero sí indirectamente
 - Fuente de energía que trabaja a baja temperatura hará mejorar la calificación energética



CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- **CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA**
 - Emisiones de CO₂

		kg CO ₂ /año
Bomba de calor		1547
Suelo radiante con	Caldera de gas de condensación	1784
	Caldera de gas estándar	2106
	Caldera de gasóleo	2787
	Caldera de pellets	0
	Bomba de calor aire-agua	1222
	Energía solar + caldera de gas de condensación	1205
	Energía solar + bomba de calor aire-agua	825
	Geotermia	838
Radiadores térmicos con	Caldera de gas estándar	2450
	Caldera de gasóleo	3242
Hilo radiante eléctrico		4657
Radiadores eléctricos		5307

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA
 - Emisiones de CO₂

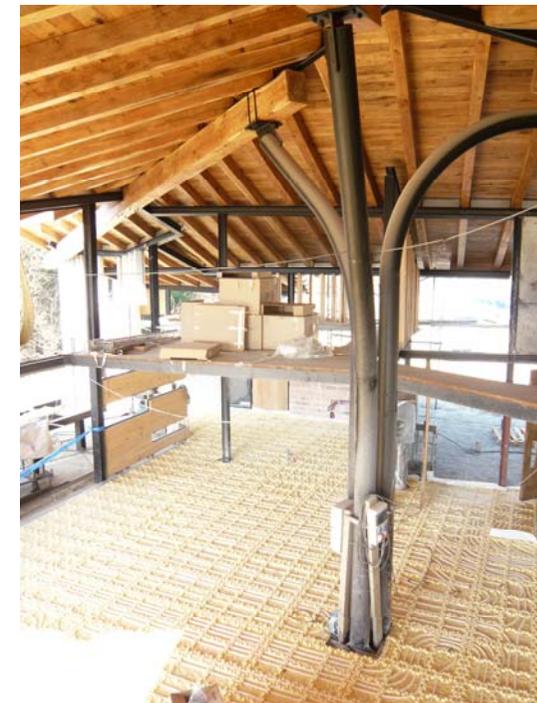
	SR Solar + bomba de calor	SR Geotermia	SR Solar + cald cond	SR Bomba de calor	SR Cald COND	SR Cald GAS	SR Cald GASOLEO
SR Solar + bomba de calor							
SR Geotermia	2%						
SR Solar + cald cond	46%	44%					
SR Bomba de calor	48%	46%	1%				
SR Cald COND	116%	113%	48%*	46%			
SR Cald GAS	155%	151%	75%	72%	18%		
SR Cald GASOLEO	238%	232%	131%	128%	56%	32%	

PUESTA EN OBRA

- Es muy importante la buena coordinación entre diferentes gremios
- Hay que evitar que el resto de instalaciones se instalen en el suelo (fontanería, electricidad, etc.)
- No hay que hacer uniones dentro del mortero
- Es importante realizar las juntas de dilatación
 - Además de las juntas del edificio, realizar juntas en el mortero si la superficie supera los 40m² o cuando tenga más de 8m lineales
 - Pasos de puertas
- Hay que hacer una prueba de presión a la instalación hidráulica como mínimo a 6 bares antes de tapar los tubos y mantener dicha presión hasta el fraguado del mortero.

ARGUMENTOS FRENTE AL PROMOTOR

- Mejora la calificación energética de la vivienda
- Ahorra energía
- Mayor confort
- Temperatura uniforme
- No hay corrientes de aire
- Mismo sistema para calefactar y para refrescar
- Estético



MUCHAS GRACIAS

Orkli, S.Coop.
Ctra. Zaldibia, s/n
20240 Ordizia (Gipuzkoa)
Tel. 902 194 755
E-mail: aaizpurua@orkli.es
E-mail proyectos: lurbero@orkli.es
web : www.orkli.com