

Ensayos de sistemas de calefacción y refrigeración radiante con suelos de madera

Javier Hervás

Presidente de la Asociación Nacional de Fabricantes de Pavimentos de Madera

Climatización invisible por suelo radiante

Climatización invisible por suelo radiante

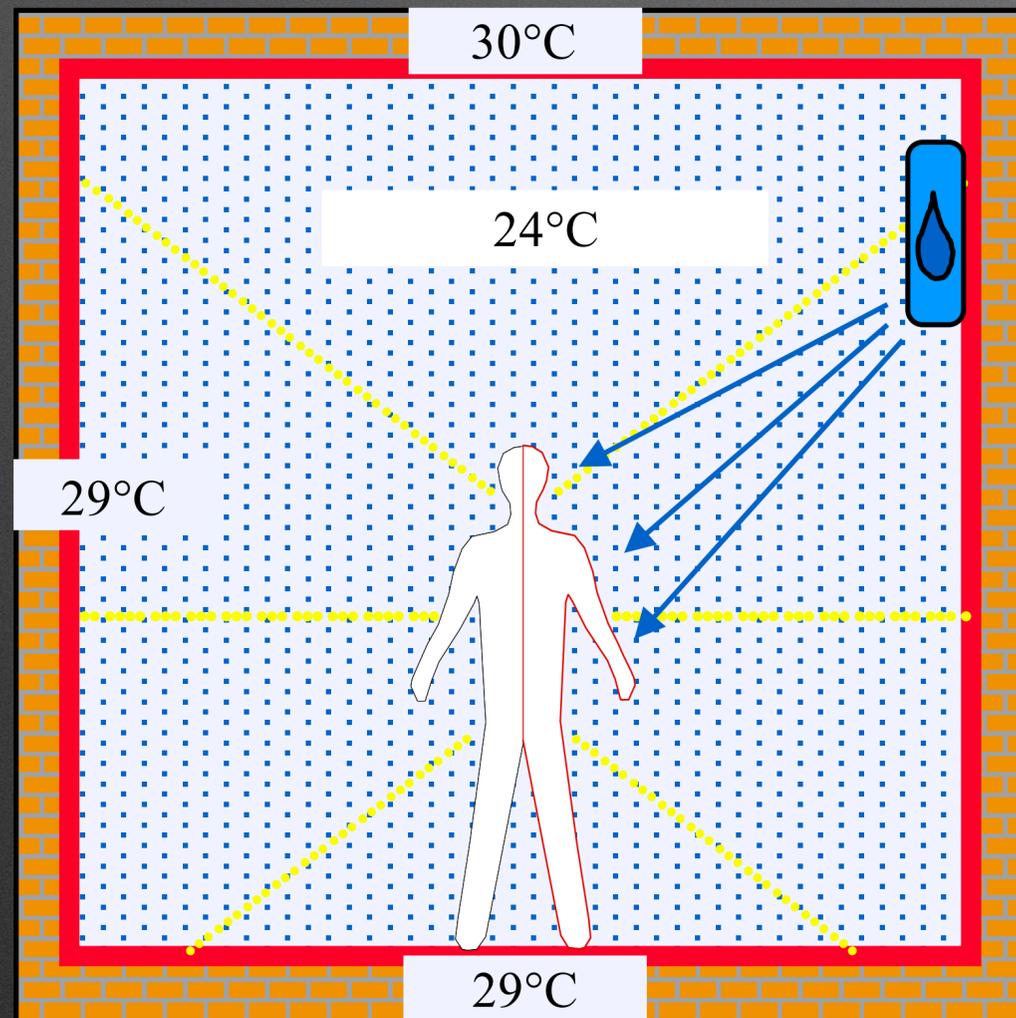
El mayor porcentaje de intercambio de energía del ser humano se produce por radiación.

La disminución de la temperatura del aire, se compensa aumentando ligeramente la temperatura de radiación del suelo.

(Aprovechamos la gran superficie disponible.)

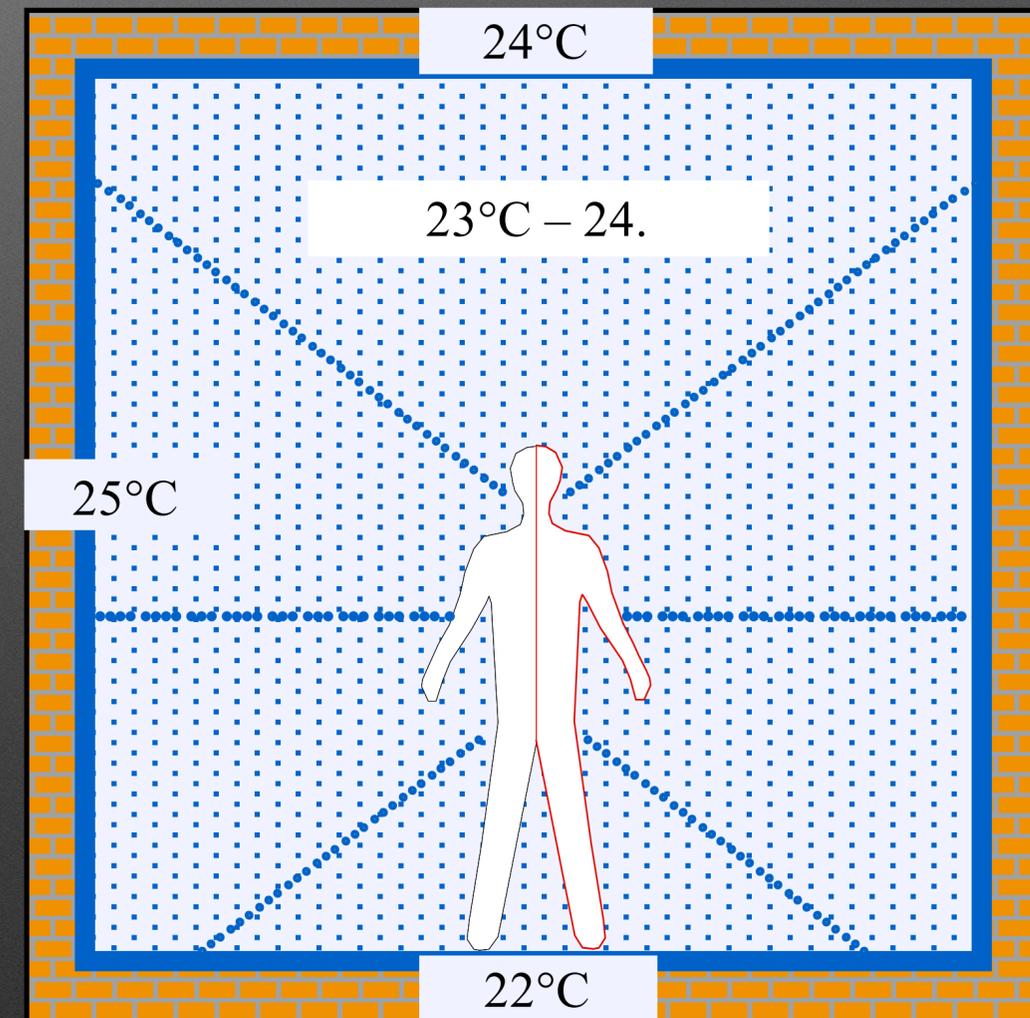


*Con una temperatura radiante mayor en las superficies, el cuerpo no puede radiar tanto y como consecuencia ha de evaporar más = SUDOR



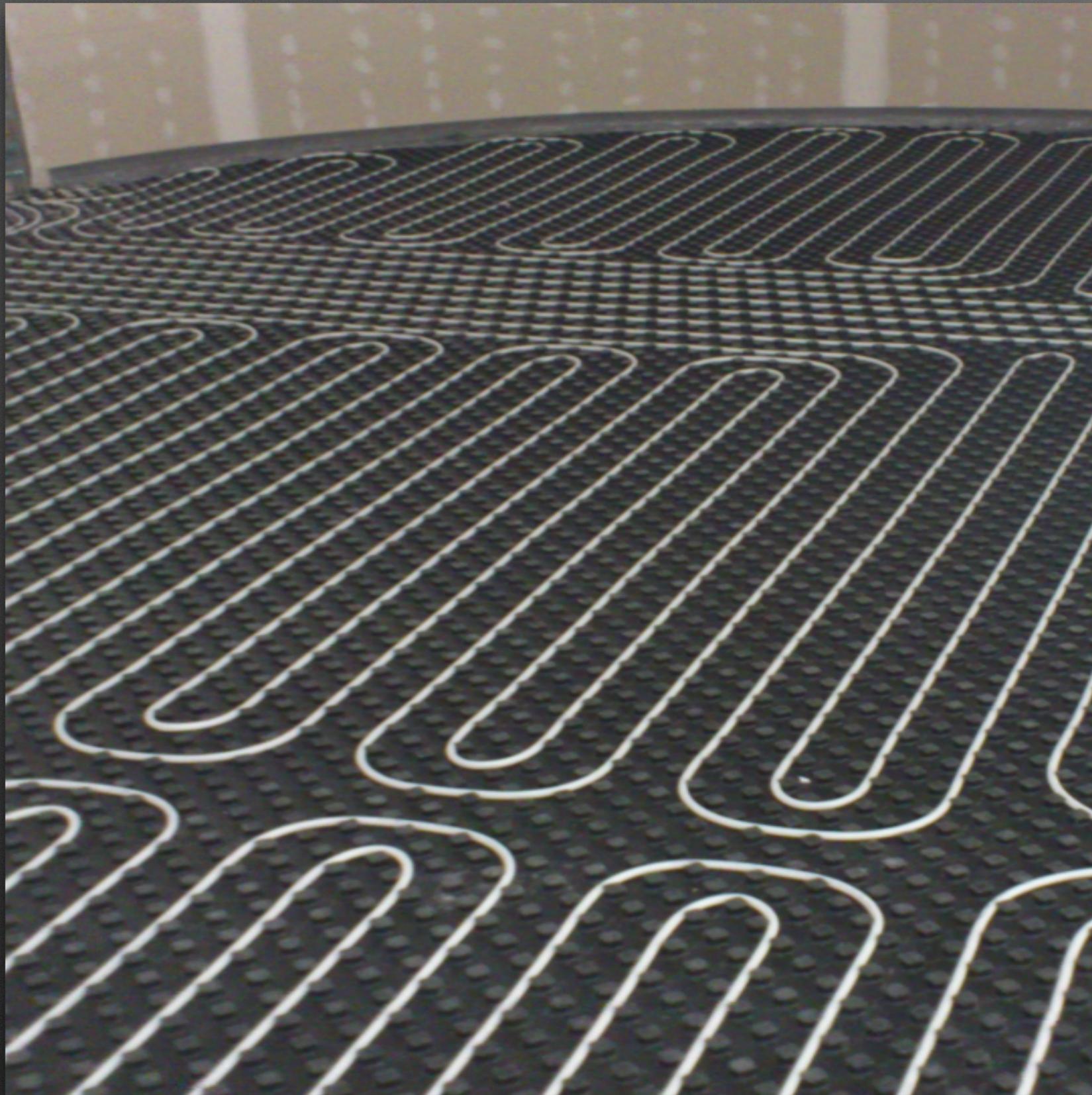
Climatización tradicional - Refrigeración

* Con una temperatura radiante más baja el cuerpo puede radiar más y consecuentemente, evapora menos.



Climatización radiante - Refrigeración

Climatización invisible - Método constructivo



Ensayo de sistema radiante con pavimento de madera

Uponor

Bona[®]



LafargeHolcim



Asociación Nacional de Fabricantes
de Parquet

Características del pavimento de madera

Formatos con espesores de entre 15 y 22 mm

Maderas poco nerviosas UNE-EN-56540

Maderas nobles con densidad $<600 \text{ kg/m}^3$ o multicapa $<500 \text{ kg/m}^3$

Resistencia térmica del pavimento $< 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

Solera con índices de humedad $<2\%$

Instalación de parquets encolados

Juntas de dilatación

UNE-EN-56810 Suelos de Madera, Colocación, Especificaciones.



Resistencias térmicas

Elemento	Resistencia térmica	Resistencia térmica total
Tubería	0,0057	0,14 < 0,17 (m ² K/W)
Losa de mortero	0,025	
Adhesivo	0,008	
Madera Roble 18 mm	0,10	

Maderas (22 mm)	Resistencia térmica (m ² k/W)
Olivo	0,074
Haya roja	0,0864
Caoba	0,1073
Aliso	0,1245

Ensayo de calefacción radiante con pavimento de madera

Ensayo calefacción radiante (90mm)

Sistema suelo radiante completo (90 mm):

- Tarima pegada de roble barnizado (130x19 mm)
- Losa de mortero en base anhidrita (30 mm)
- Tubería polietileno reticulado Ø 16 mm
- Panel liso con recubrimiento autofijación en EPS modificado con agentes mejoradores (25 mm)



Se monta una plataforma de suelo radiante de 195 x 182 cm con mortero, a partir de 14 filas de lamas de roble barnizado de largo variable y ancho 12,9 cm.



Calentamiento del sistema:

5.4 GRÁFICOS

La densidad de flujo térmico nominal se calcula de acuerdo a la norma UNE-EN 1264.

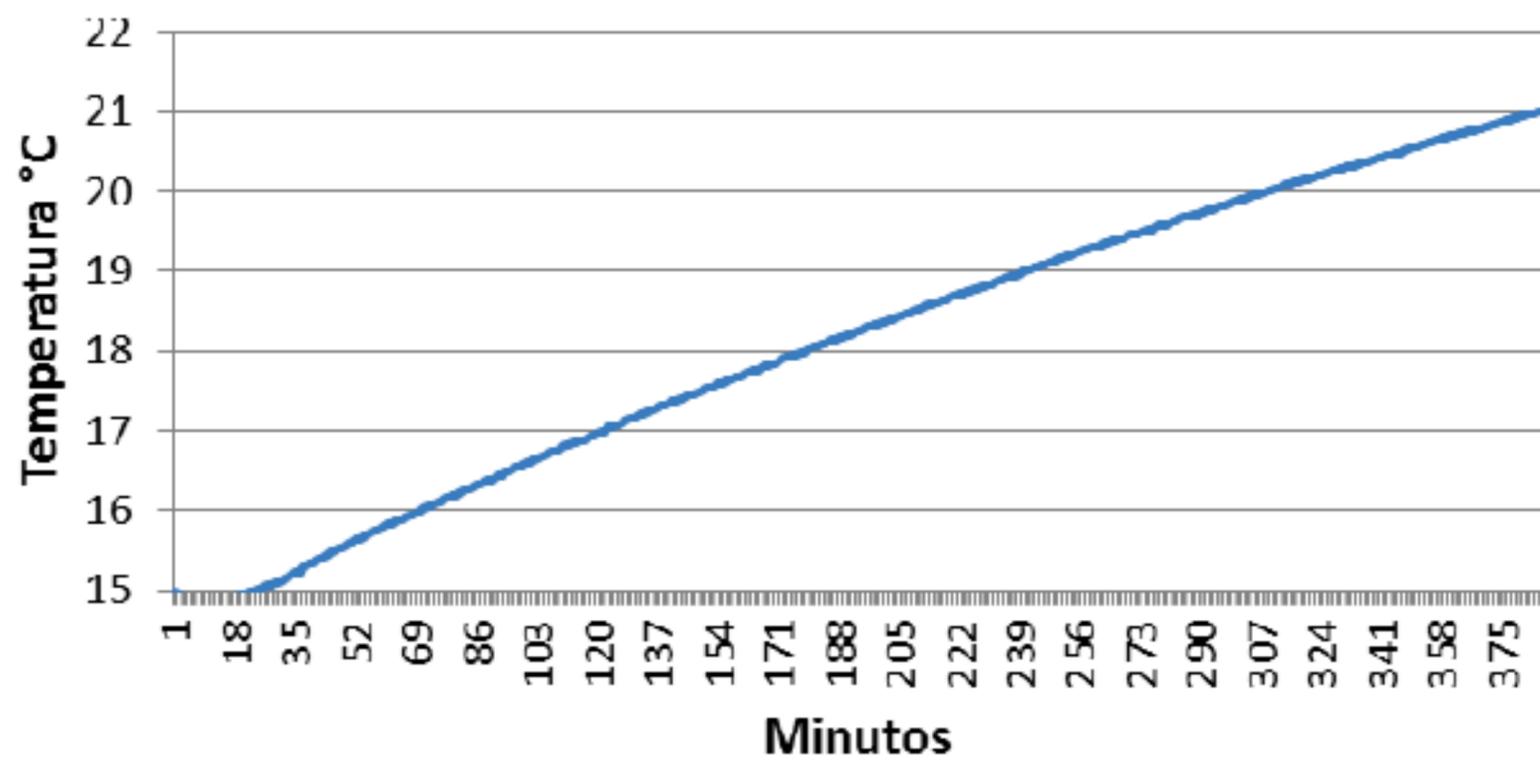
PROCESO DE CALENTAMIENTO

Temperatura de inicio: 15°C

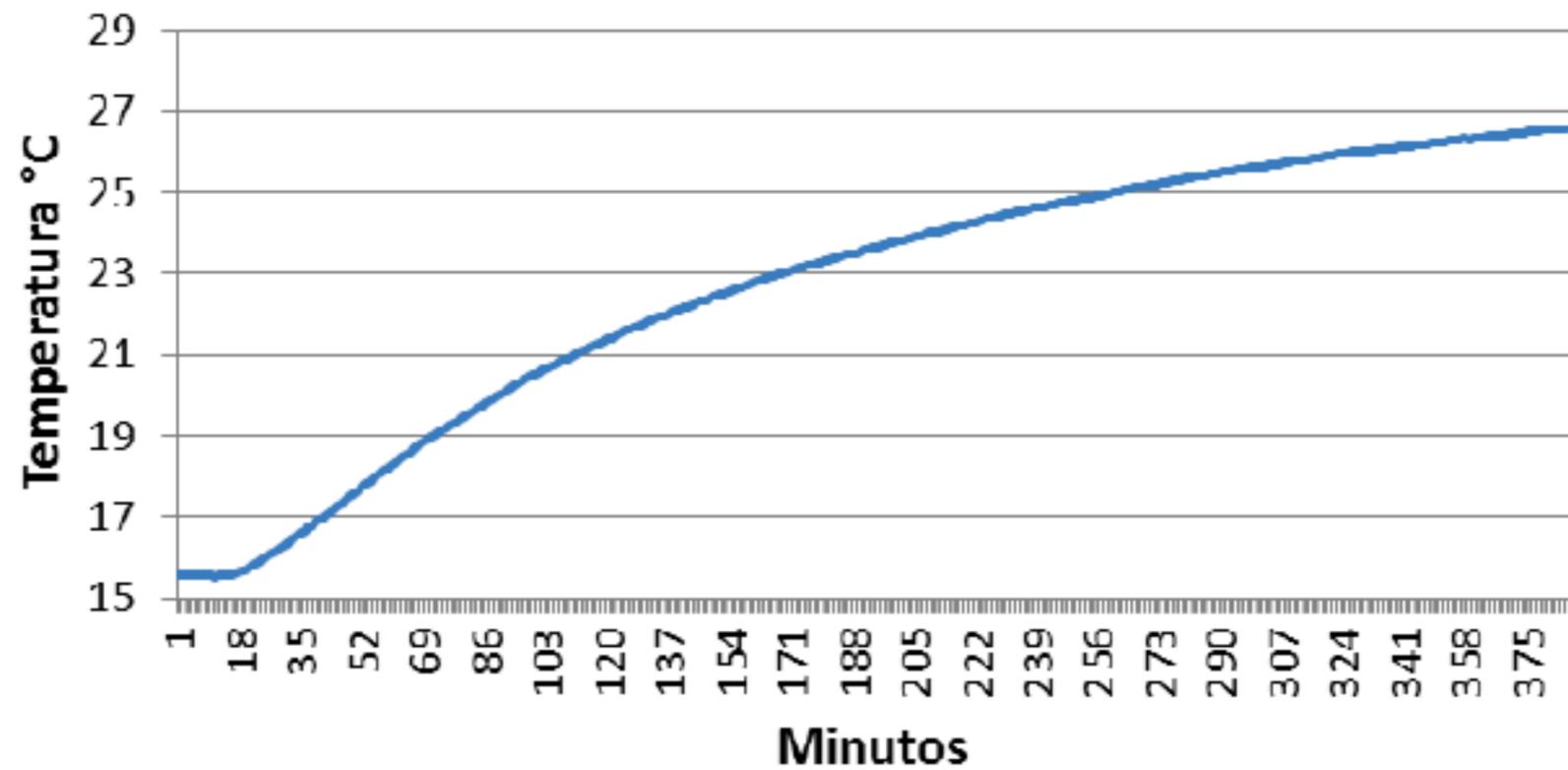
Temperatura del agua: 35°C

Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)	Densidad de flujo térmico nominal (W/m ²)
16	70	19,0	29,9
17	121	21,4	45,5
18	178	23,3	55,9
19	240	24,7	60,5
20	308	25,7	60,5
21	385	26,5	58,2

Temperatura ambiente



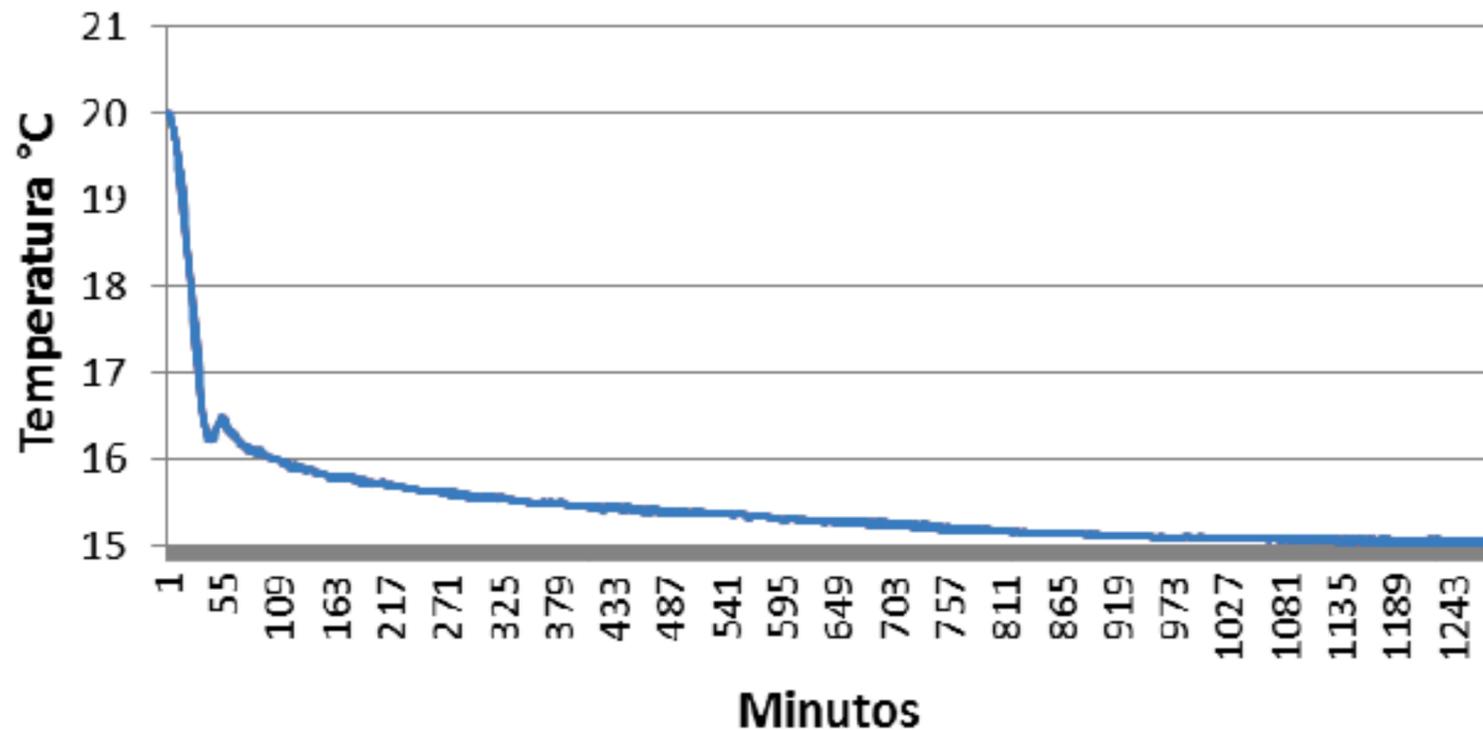
Temperatura de superficie



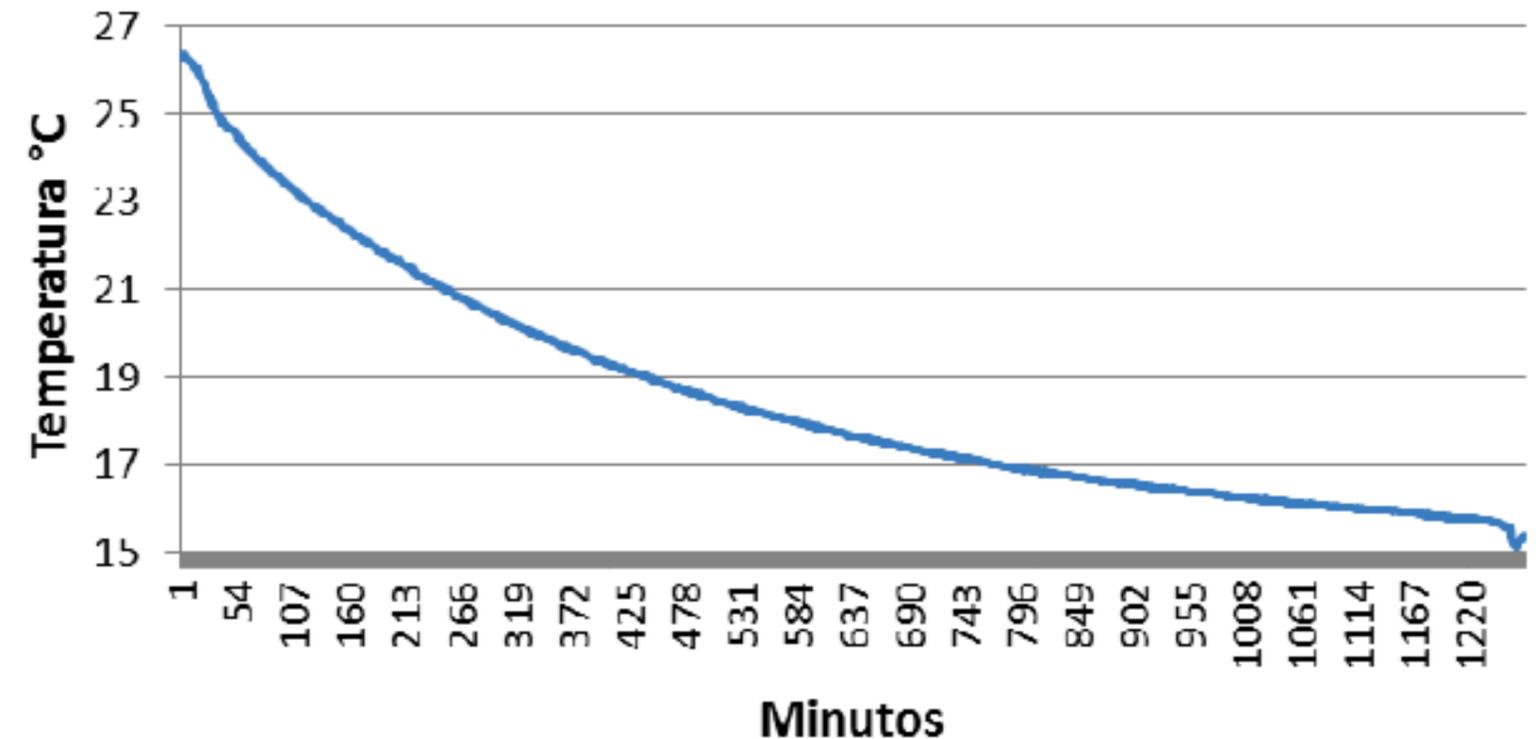
Enfriamiento del sistema:

Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)
19	17	26,0
18	25	25,6
17	32	25,2
16	105	23,3
15	1281	15,5

Temperatura ambiente



Temperatura de superficie



La madera no se mueve:

Medidas de la junta entre tablas de la misma fila:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	0,00	0,00	0,00	±2,6
2	0,15	0,15	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	
4	0,30	0,25	-0,05	
5	0,05	0,05	0,00	
6	0,25	0,25	0,00	
7	0,20	0,20	0,00	
8	0,30	0,30	0,00	
9	0,25	0,30	0,05	
10	0,20	0,20	0,00	
11	0,25	0,20	-0,05	

La madera no se mueve:

Medidas de la junta entre tablas de dos filas consecutivas:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
12	0,10	0,10	0,00	±2,6
13	0,20	0,15	-0,05	
14	0,10	0,10	0,00	
15	0,25	0,30	0,05	
16	0,00	0,00	0,00	
17	0,00	0,00	0,00	
18	0,05	0,05	0,00	
19	0,05	0,05	0,00	
20	0,15	0,15	0,00	

La madera no se mueve:

Medias de la curvatura en sentido longitudinal de la tabla:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
A	0,05	-0,09	-0,14	±0,6
B	0,10	0,04	-0,06	
C	0,02	-0,10	-0,12	
D	0,20	0,10	-0,10	
E	0,14	0,06	-0,08	
F	0,31	0,24	-0,07	
G	0,31	0,23	-0,08	

La madera no se mueve:

Medias de la curvatura en sentido transversal de la tabla:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
H	-0,03	-0,08	-0,05	±0,6
I	0,05	0,15	0,10	
J	-0,07	-0,05	0,02	
K	-0,06	-0,09	-0,03	
M	0,12	0,08	-0,04	
N	0,20	0,20	0,00	
P	-0,04	0,00	0,04	
Q	0,10	0,06	-0,04	

Ensayo calefacción radiante (45mm)

Sistema suelo radiante (45 mm):

- Tarima multicapa de roble barnizado (15 mm de grosor, 4 mm de madera noble)
- Tubería polietileno reticulado 5 capas UAX TM technology Ø 16 mm
- Panel liso EPS con recubrimiento de aluminio (30 mm)



Se monta una plataforma de suelo radiante de 197 x 190cm sin mortero a partir de 9 filas de lamas de roble barnizado



Calentamiento del sistema:

5.4.1 Punto 1 (35°C)

PROCESO DE CALENTAMIENTO

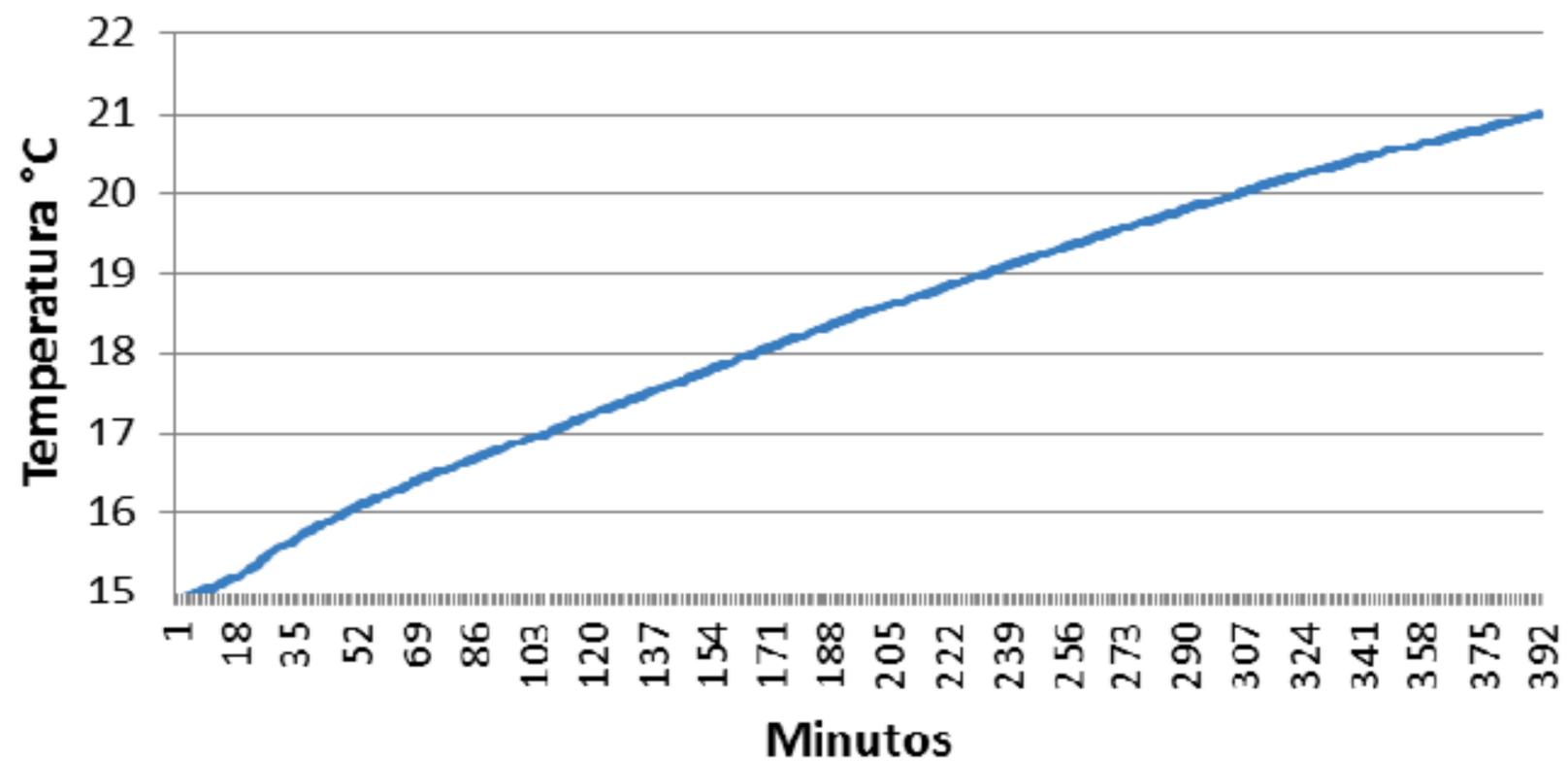
Temperatura de inicio: 15°C

Temperatura del agua: 35°C

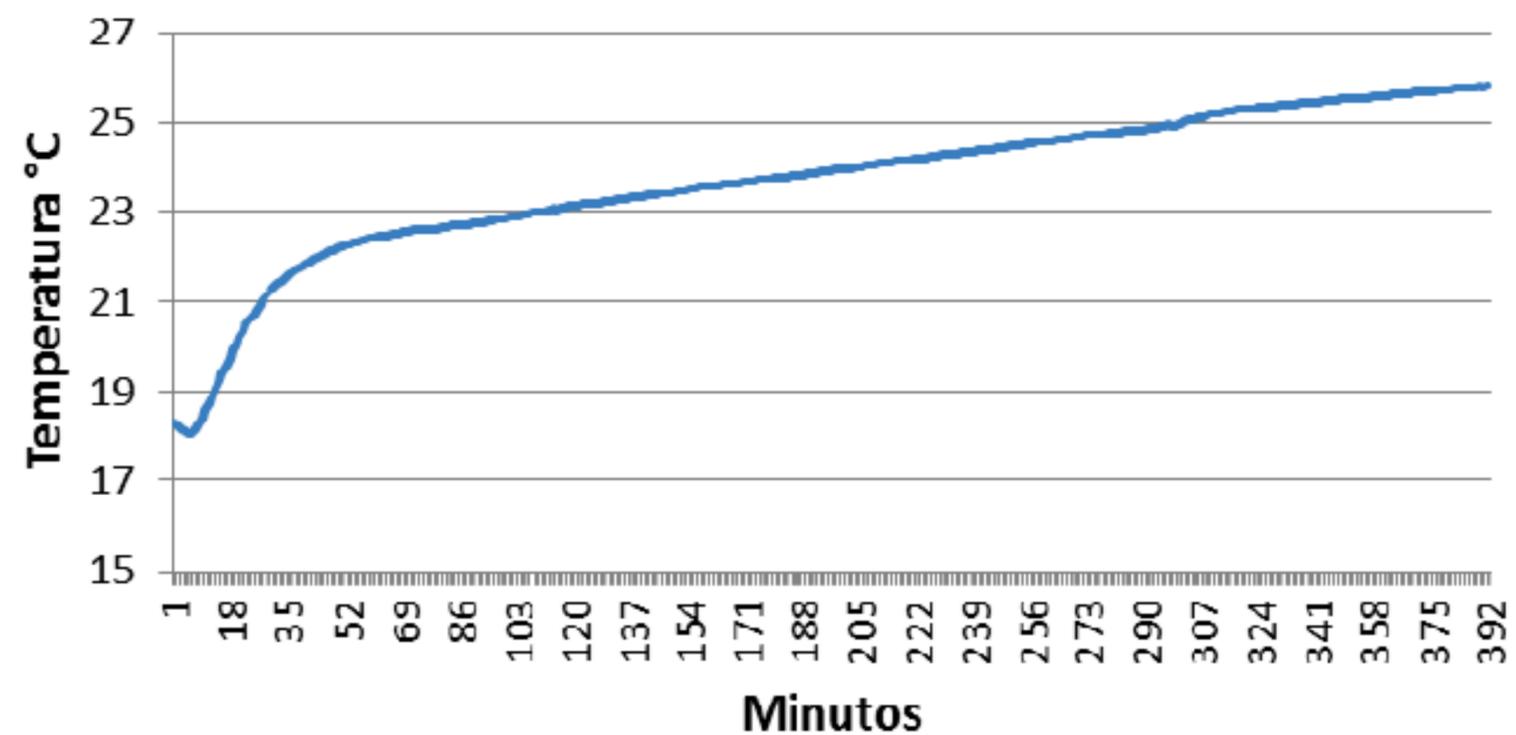
Sistema Uponor 45 mm

Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)	Densidad de flujo térmico nominal (W/m ²)
16	48	22,2	66,4
17	106	23,0	64,0
18	166	23,7	60,5
19	232	24,3	55,9
20	305	25,1	53,5
21	391	25,8	50,1

Temperatura ambiente



Temperatura de superficie



Enfriamiento del sistema:

Sistema Uponor 45 mm

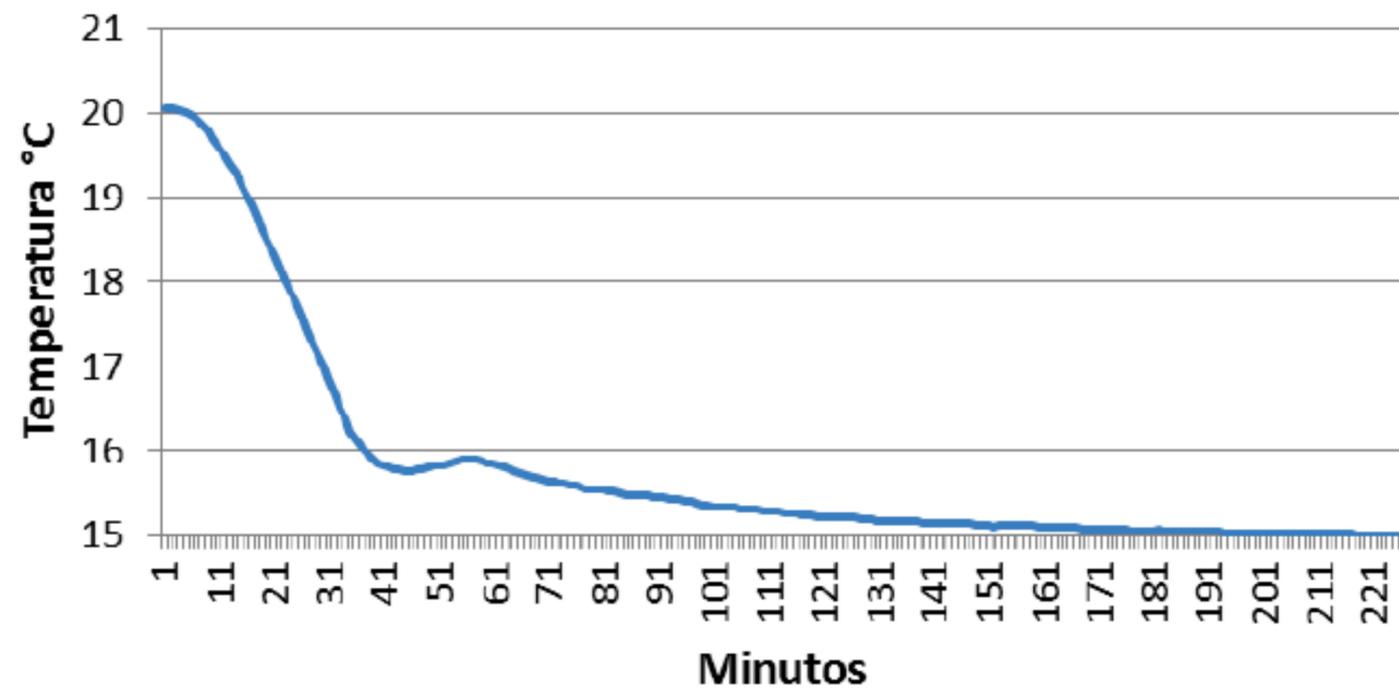
Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)
19	16	24,5
18	23	23,6
17	30	22,6
16	37	21,6
15	225	15,7

PROCESO DE ENFRIAMIENTO

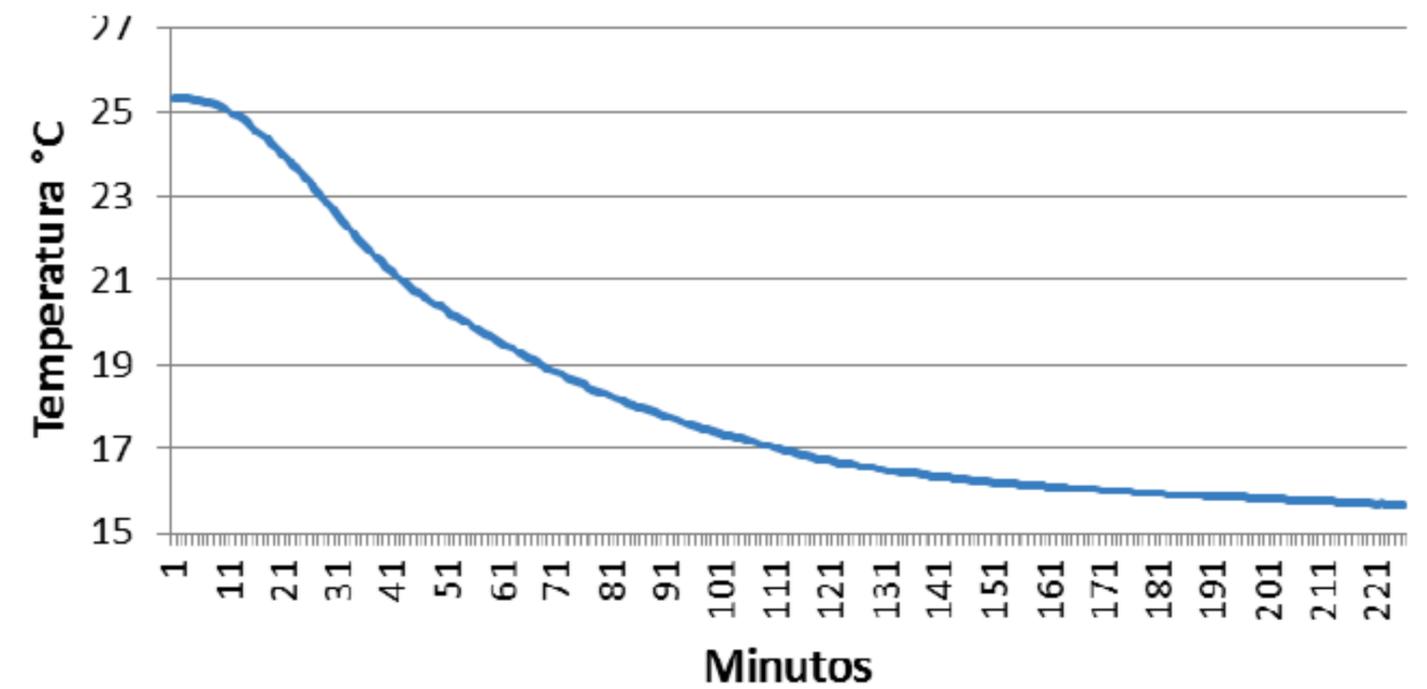
Temperatura de inicio: 20°C

Temperatura del agua: 35°C

Temperatura ambiente



Temperatura de superficie



La madera no se mueve:

Medidas de la junta entre tablas de la misma fila:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	0,30	0,35	0,05	±4,2
2	0,15	0,15	0,00	
3	0,15	0,20	0,05	
4	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	

La madera no se mueve:

Medidas de la junta entre tablas de dos filas consecutivas:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
6	0,00	0,10	0,10	±4,2
7	0,00	0,00	0,00	
8	0,15	0,15	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	0,00	
11	0,00	0,00	0,00	
12	0,00	0,00	0,00	
13	0,00	0,00	0,00	
15	0,00	0,00	0,00	

La madera no se mueve:

Medidas de la curvatura en sentido longitudinal de la tabla:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
A	-1,10	-0,05	1,05	±1,1
B	-1,16	-0,16	1,00	
C	-0,57	0,47	1,04	
D	-1,23	-0,20	1,03	
E	-0,92	-0,15	0,77	
F	-0,79	0,16	0,95	

La madera no se mueve:

Medidas de la curvatura en sentido transversal de la tabla:

Medida	Medida antes ensayo (mm)	Medida después ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
G	0,03	0,18	0,15	±1,1
H	-0,01	0,19	0,20	
I	0,11	0,31	0,20	
J	0,04	0,16	0,12	
K	0,07	0,18	0,11	
M	0,07	0,26	0,19	
N	0,07	0,16	0,09	
P	0,05	0,20	0,15	

Resultados

Sistema / Temp. Impulsión	35 °C	40 °C	45°C	Mejora
Klett Neorol (liso)	6h 25´	5h 16´	4h 48´	Hasta un 25% mejor en sistema liso
Nubos PLUS (tetones)	8h 27´	6h 04´	5h 16´	

Ensayo de refrigeración radiante con pavimento de madera

Ensayo refrigeración radiante

El ensayo consiste en, teniendo la temperatura tanto de la estancia interior como del mortero a 28°C y del ambiente exterior en 30°C (condición de verano extrema) accionar el sistema de suelo refrescante a una temperatura de impulsión de 12 °C con objeto de determinar:

- Tiempo en alcanzar la temperatura de confort (26°C) en la estancia
- Potencia proporcionada por el sistema
- Tiempo de calentamiento una vez que se llega a la temperatura de confort y se apaga el sistema de suelo refrescante, manteniendo las condiciones exteriores a 30°C
- Merma den la tarima de madera. Verificación del ancho de junta entre tablas
- Atejamiento. Verificación curvatura máxima de una tabla
- Microrrajadura. Aspecto superficial



Ensayo refrigeración radiante



Sistema Uponor Klett autofijación antes de cubrir con mortero



Probeta con cobertura de mortero

Ensayo refrigeración radiante

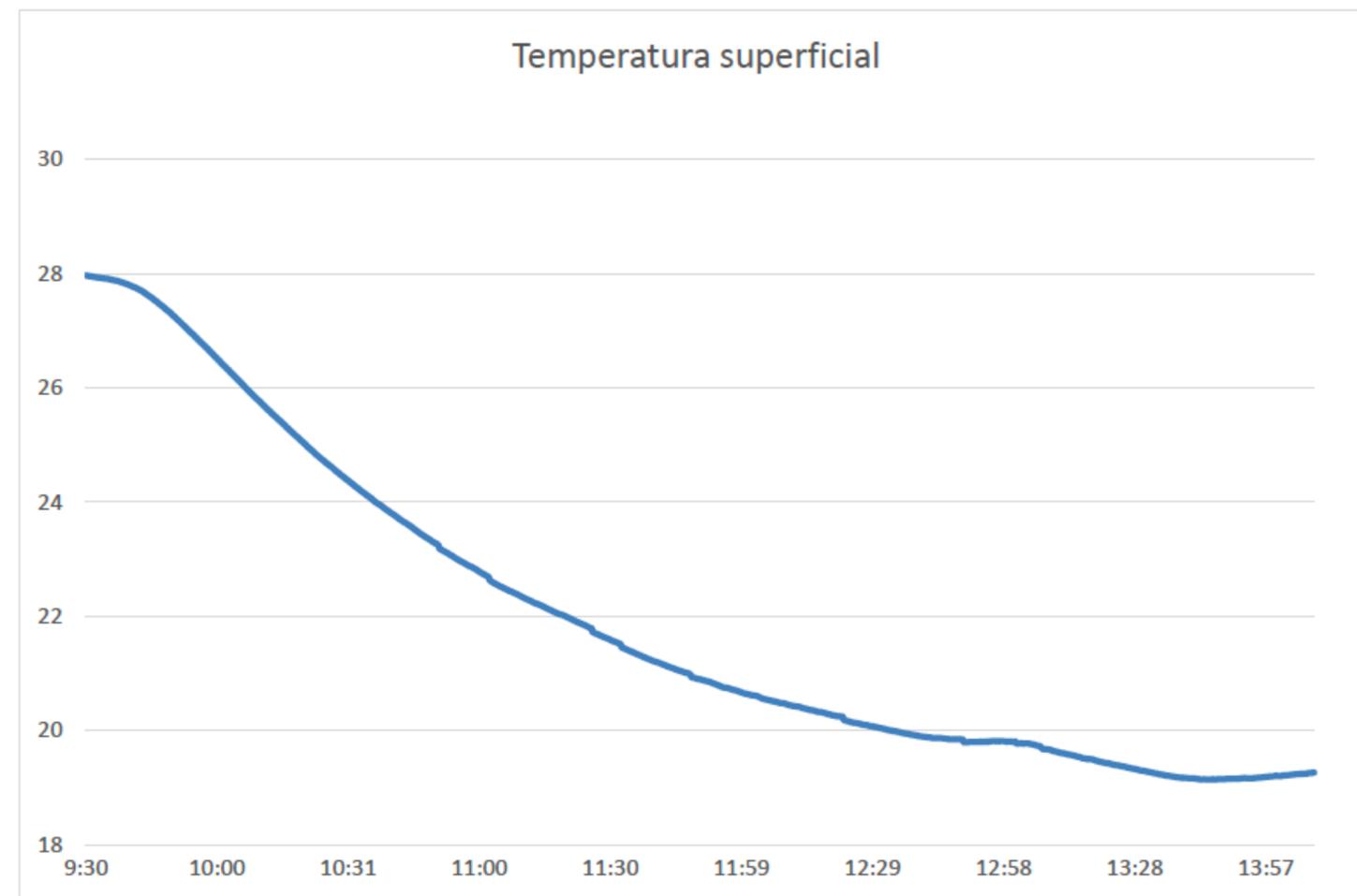
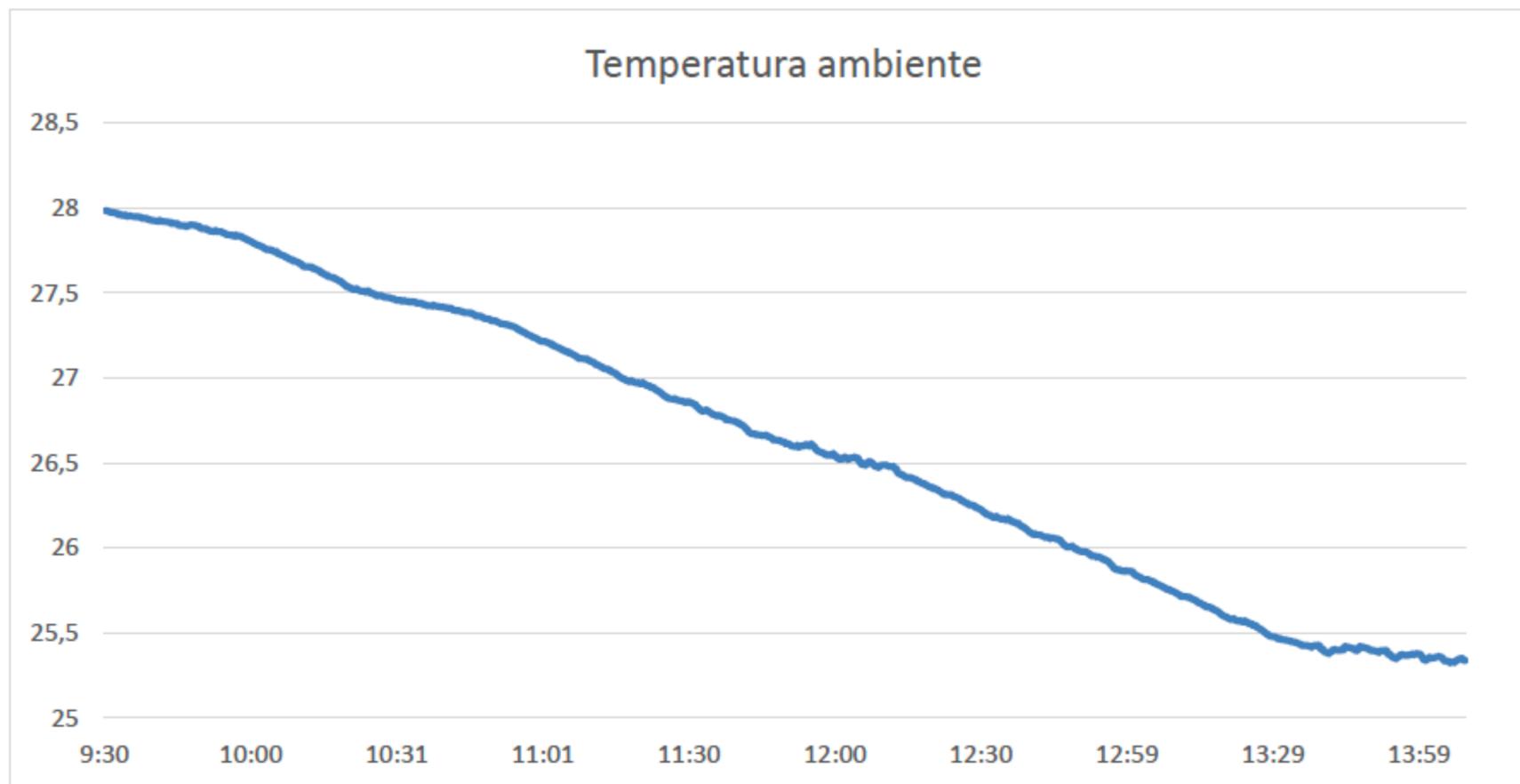


Probeta. Instalación de la madera

Variación de la temperatura: Ambiente y de la superficie del suelo

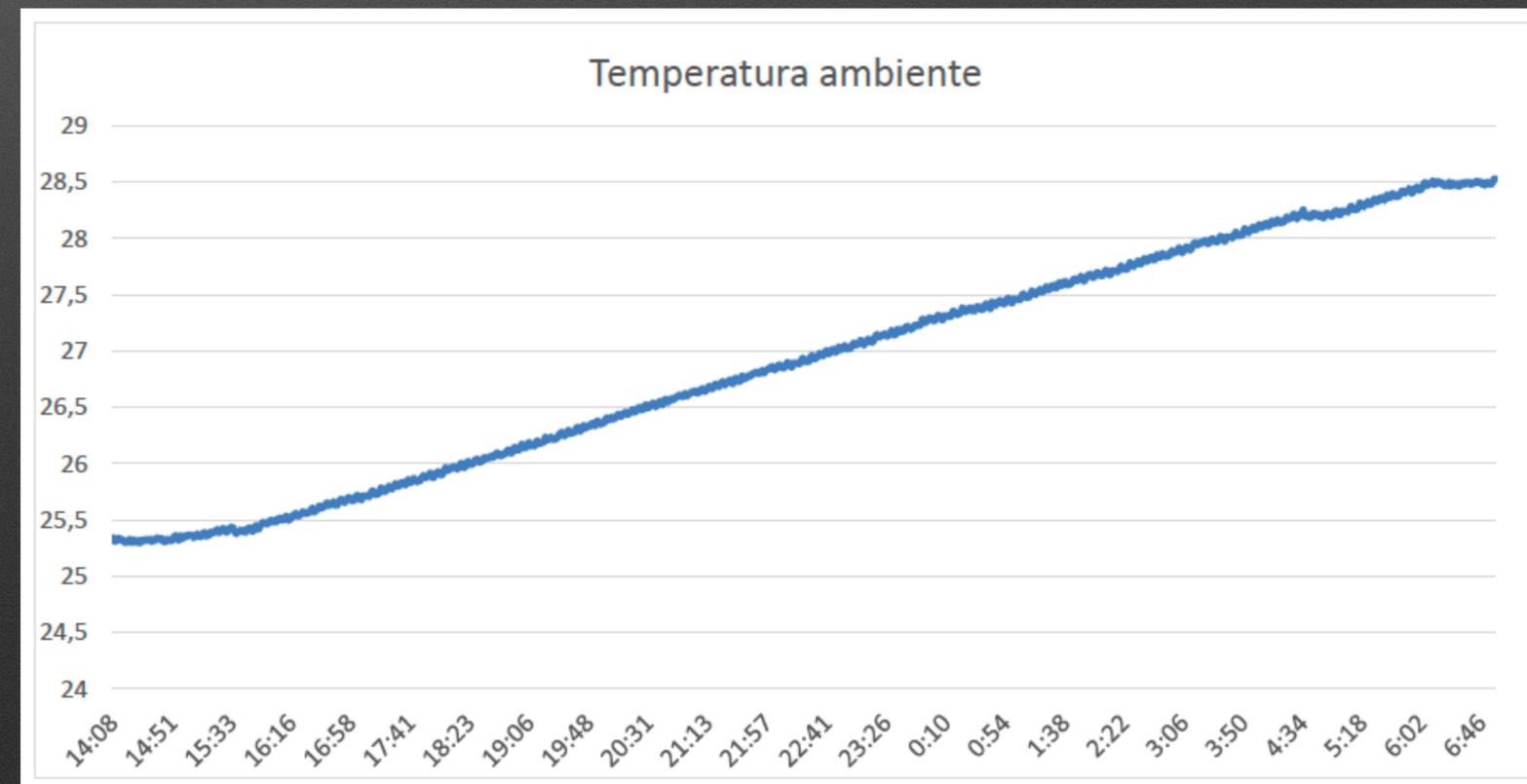
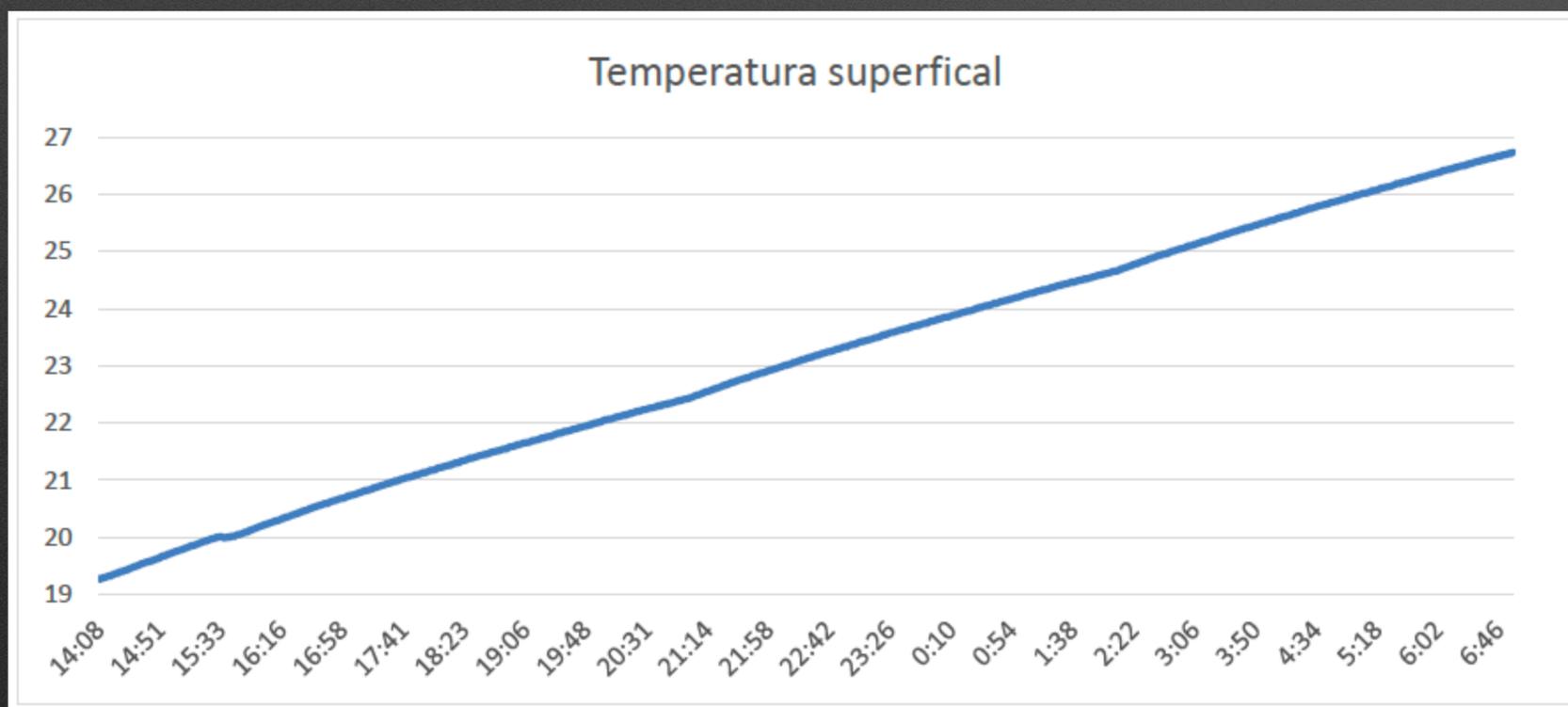
Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)	Densidad flujo térmico (W/m ²)*
27,8	31	26,5	11,9
27,6	47	25,3	22,3
27,4	73	23,7	37,6
27,2	93	22,6	47,8
27,0	107	22,1	51,2
26,8	125	21,4	57,0
26,6	141	20,9	60,5
26,4	167	20,3	65,2
26,2	181	20,0	66,4
26,0	199	19,9	65,2

*Calculada según UNE-EN 1264



Calentamiento del sistema:

Temperatura ambiente (°C)	Tiempo (min)	Temperatura superficie (°C)
26,4	232	22,0
26,8	459	22,8
23,7	574	23,7
27,6	685	24,4
28,0	804	25,3
28,4	934	26,3



La madera no se mueve:

Medida de las juntas entre tablas de la misma fila

Medida	Medida antes del ensayo (mm)	Medida después del ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	0,25	0,25	0,00	±4,2
2	0,15	0,15	0,00	
3	0,20	0,20	0,00	
4	0,30	0,30	0,00	
5	0,25	0,25	0,00	
6	0,30	0,30	0,00	
7	0,15	0,15	0,00	

La madera no se mueve:

Medida de las juntas entre tablas de dos filas consecutivas

Medida	Medida antes del ensayo (mm)	Medida después del ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	0,15	0,20	0,05	±4,2
2	0,15	0,20	0,05	
3	0,25	0,25	0,00	
4	0,15	0,15	0,00	
5	0,00	0,05	0,05	
6	0,00	0,05	0,05	
7	0,00	0,05	0,05	

La madera no se mueve:

Medida de la curvatura en sentido longitudinal

Medida	Medida antes del ensayo (mm)	Medida después del ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	-0,65	-0,90	-0,25	±1,0
2	-0,56	-0,51	0,05	
3	-0,68	-0,89	-0,21	
4	-0,57	-0,78	-0,21	
5	-0,53	-0,84	-0,31	
6	-0,44	-0,70	-0,26	
7	-0,60	-0,82	-0,22	
8	-0,29	-0,31	-0,02	

La madera no se mueve:

Medida de la curvatura en sentido transversal

Medida	Medida antes del ensayo (mm)	Medida después del ensayo (mm)	Diferencia (mm)	Valor límite (mm)
1	-0,20	-0,19	-0,01	±1,0
2	-0,19	-0,17	-0,02	
3	-0,42	-0,42	0,00	
4	-0,38	-0,33	-0,05	
5	-0,49	-0,40	-0,09	
6	-0,24	-0,22	-0,02	
7	-0,48	-0,44	-0,04	
8	-0,16	-0,15	-0,01	
9	-0,20	-0,20	0,00	
10	-0,08	-0,05	-0,03	
11	-0,18	-0,17	-0,01	
12	-0,14	-0,22	0,08	

Conclusiones

- La madera es perfectamente compatible, apenas se mueve en sistemas de calefacción y refrigeración radiante.
- Morteros autonivelante en base Anhidrita facilitan la transmisión de calor.
- Menores espesores de mortero facilitan el equilibrio entre velocidad e inercia del sistema.
- En <24h, se alcanza el confort en estancias con pavimento de madera.





Gracias por su atención

anfparquet@gmail.com
asociacionparquet.es