

TITULO: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MÁXIMO CONFORT MEDIANTE LA CLIMATIZACIÓN CON PANELES RADIANTES DE TECHO

AUTOR: ARTURO CHULLILLA MARTIN

EMPRESA: RUNTAL RADIADORES S.A. (una compañía de Zehnder Group)



Indice

Indice

Introducción

- Sistemas de climatización para grandes volúmenes.

- coneppto de panel radiante

Confort térmico: Conceptos, factores de influencia, temperatura operativa

Funcionamiento del panel radiante. Ventajas frente otros sistemas

La radiación. Comparativa con otros sistemas radiantes

Normativa técnica de producto – EN 14037

Ahorro energético

Características del panel

Datos técnicos

Introducción

Concepto de panel radiante.

El sol aporta calor y luz a la tierra. Sus rayos alcanzan la tierra cediendo calor cuando entran en contacto con una superficie, un objeto o un cuerpo humano. Durante este fenómeno de transmisión de energía, el aire no se calienta directamente. La percepción de la temperatura de bienestar para el hombre viene determinada básicamente por la temperatura de las superficies circundantes y la temperatura del aire.

Los paneles radiantes se inspiran en este principio natural gracias al cual la temperatura percibida es aproximadamente de 3° C superior a la temperatura del aire. El resultado es un máximo bienestar con una mínima temperatura del aire en el ambiente.



Sistemas de climatización para grandes volúmenes

El sistema más habitual para calefactar este tipo de espacios es los sistemas de climatización mediante impulsión por aire.

Al utilizar este sistema nos encontramos con frecuencia con dificultades a la hora de conseguir la temperatura operativa deseada de una manera efectiva y económica.

Estos sistemas de impulsión por aire, calientan todo el volumen de aire del recinto, lo que tiene diversas consecuencias:

- La estratificación, que se traduce en grandes diferencias de temperaturas del aire desde la parte más alta del recinto hasta el suelo, debido al gradiente vertical que se mueve entre 1 y 1,4 K por metro.
- Molestas corrientes que impiden alcanzar el confort deseado.
- Elevado consumo de energía para mantener todo ese volumen de aire a la temperatura adecuada.
- Grandes pérdidas de calor en locales donde se producen aperturas continuas de sus puertas, con caudales de intercambio de aire caliente-frío muy importantes.

Confort térmico

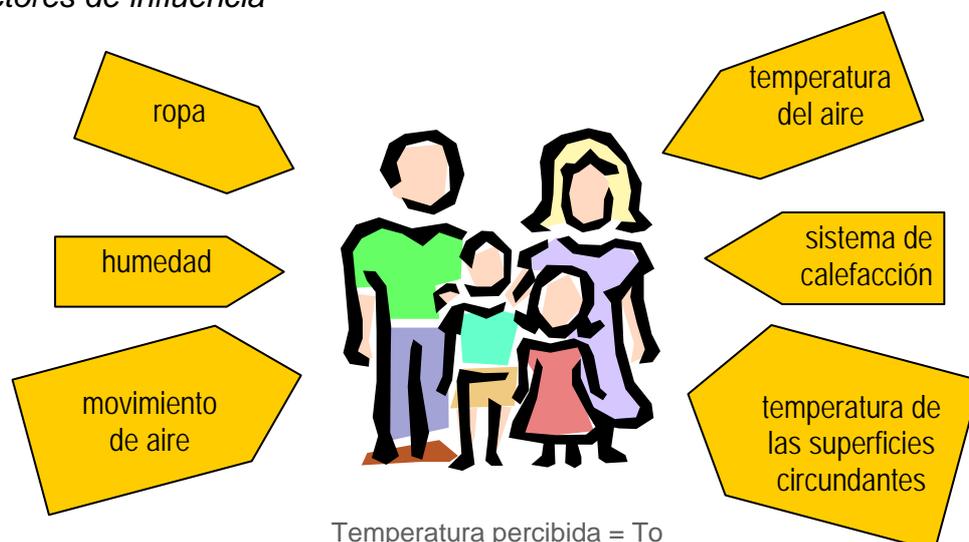
La definición de confort térmico según la normativa ISO 7730 es:

“Aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”.

Con esta definición podemos afirmar que el confort térmico es absolutamente subjetivo, dependiendo de diversos factores que influyen en esa sensación de satisfacción.

Estos factores son: la ropa, el porcentaje de humedad, el movimiento del aire, temperatura del aire, el sistema de calefacción y la temperatura de las superficies circundantes.

Factores de influencia



Todos estos factores contribuyen a obtener la **temperatura operativa**.

En los sistemas de paneles radiantes este último factor (temperatura de las superficies circundantes) adquiere mayor protagonismo a la hora de obtener la temperatura operativa ya que los paneles trabajan principalmente la radiación y al potenciar este efecto conseguimos la misma temperatura operativa con una temperatura del aire más baja.

La temperatura operativa (t_o) o temperatura percibida se define como:

“la temperatura uniforme de un local negro imaginario en el cual un ocupante intercambiaría la misma cantidad total de energía (por radiación o convección) que en el local real”.

Según ISO 7243:
$$T_o = \frac{T_r + T_a}{2}$$

Esto es, la temperatura operativa es igual a la media entre la temperatura del aire y la temperatura radiante de las superficies circundantes.

Bienestar térmico:

Durante el cálculo de una instalación de calefacción, el bienestar térmico se basa en la obtención de la temperatura del aire del local t_a deseado. Los paneles son por tanto dimensionados según el método de cálculo habitual de las potencias térmicas necesarias, con el objetivo que el panel sea capaz de suministrar la potencia necesaria para compensar las pérdidas, tanto por transmisión como por ventilación sufridas a través de la envolvente del edificio.

En un cálculo más riguroso, el alcanzar la satisfacción con el ambiente térmico supone obtener la temperatura operativa t_o . En este cálculo es considerado el efecto de calefacción por radiación.

En la mayor parte de los casos, el cálculo basándose en la temperatura del aire del ambiente – en función del tipo de actividad y de la indumentaria de las personas – conduce a resultados suficientemente correctos. El movimiento reducido del aire en los locales con calefacción por paneles radiantes de techo evita problemas de corrientes de aire. La convección provocada por la persona no está influenciada por el panel radiante.

En el caso de una instalación de calefacción por radiación, el bienestar térmico se ve perturbado solamente cuando se producen efectos radiantes excesivos sobre partes expuestas del cuerpo. Por este motivo en el caso de instalaciones donde la colocación del panel es especialmente baja, hay que respetar unas temperaturas máximas.

Por lo que respecta al bienestar térmico producido por la instalación de paneles radiantes de techo, se pueden evidenciar los siguientes puntos:

- El calor radiante produce elevado confort también en sistemas a baja temperatura;
- El suelo es calentado aproximadamente igual a la temperatura del aire del ambiente; el suelo participa, por tanto, de manera activa en el calentamiento del local;
- No hay ningún movimiento forzado de aire, por tanto no se produce movimiento de polvo;
- La distribución del calor es homogénea en todo el local;
- Gracias a la ventaja de la regulación constante de la temperatura del agua, se provoca una regulación óptima de la temperatura del panel, sin causar oscilaciones perceptibles de la temperatura percibida.

Funcionamiento del panel radiante. Ventajas frente otros sistemas

El panel de techo radiante esta siendo empleado desde hace más de medio siglo para calefactar locales de grandes y medianas dimensiones, con alturas desde 2,80 hasta 30 metros. El campo de utilización se extiende hasta las más variadas aplicaciones:

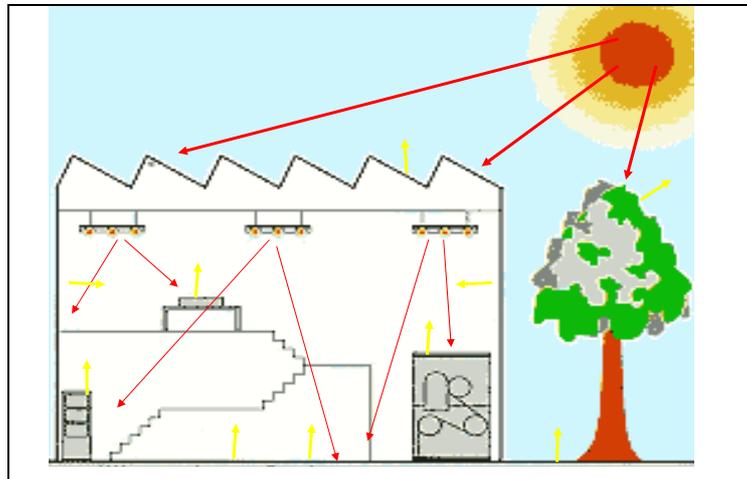
- hangares
- naves industriales;
- pabellones de exposiciones
- astilleros;
- talleres mecánicos;
- industria electrónica;
- talleres de carpintería;
- industrias de fabricación de cuero y piel;
- industria química;
- industria textil;
- locales con elevado riesgo de incendio y explosión;
- grandes almacenes;
- locales de exposición y venta;
- gimnasios;
- colegios;
- iglesias, teatros, salas de concierto;

El panel de techo radiante ocupa un espacio difícilmente aprovechable, donde se fijan los paneles con unos accesorios exclusivos de fácil montaje y económicos.

A la baja inversión inicial, se añade un extraordinario ahorro energético en su utilización, permitiendo la realización de un sistema de calentamiento y de refresco racional, higiénico y capaz de satisfacer cada exigencia de confort y de ahorro energético.

El principio de funcionamiento del sistema es la transmisión del calor por radiación: durante la estación invernal, el panel de techo radiante,

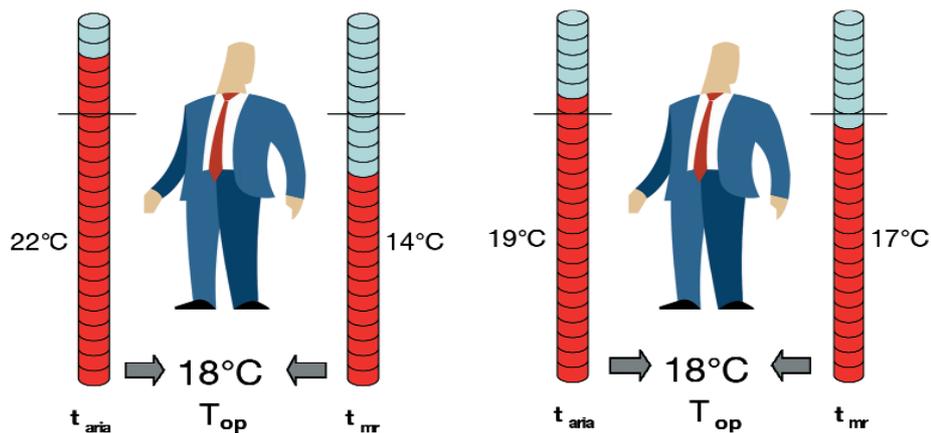
encontrándose a temperatura mayor de los objetos circundantes, emiten una radiación térmica que se transforma en calor al contacto con un cuerpo (persona, superficie, pavimento, maquinaria, ...). Y a su vez, todos los cuerpos cubiertos por esta radiación, transmiten a su alrededor una fuente de calor, cediendo calor nuevamente por radiación o convección.



RADIACIÓN DIRECTA E INDIRECTA

Esto permite obtener una distribución del calor particularmente homogénea, con un gradiente vertical de temperatura muy estable.

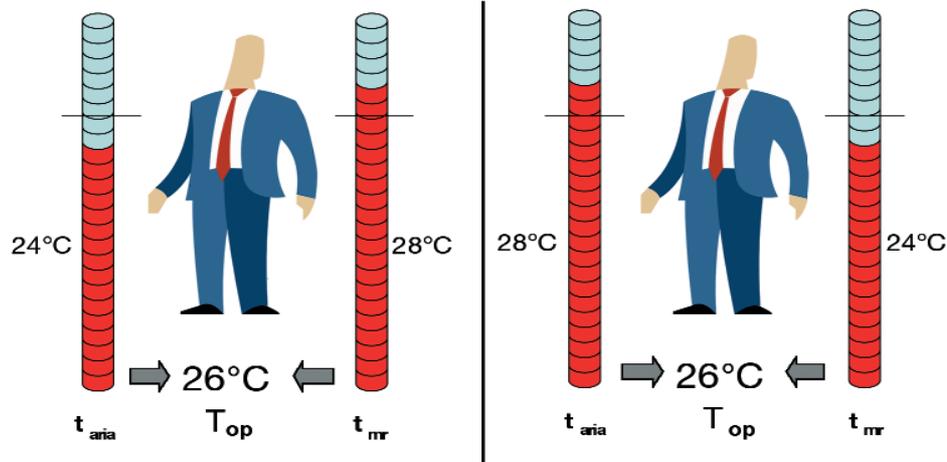
Durante el funcionamiento invernal, aumentando la temperatura media radiante de la superficie del local, es posible conferir un elevado confort en el ambiente, para una temperatura del aire no muy elevada; la menor temperatura del aire se traduce en una disminución de las pérdidas por la envolvente del local. La misma instalación térmica puede ser dimensionada con valores de potencia instalada mucho menor respecto a sistemas por impulsión por aire como aeroconvectores.



MISMO NIVEL DE CONFORT CON DIFERENTE TEMPERATURA DEL AIRE – FUNCIONAMIENTO INVERNAL

De manera análoga, pero en sentido opuesto, durante la estación estival, mediante la utilización del panel radiante en modalidad de fresco, el cuerpo humano tiende a ceder cerca del 50% de la propia energía térmica por radiación, y de nuevo, respecto a sistemas tradicionales es posible obtener una temperatura media radiante más baja y conferir por tanto un elevado nivel de

confort con bajo consumo específico. El sistema de refresco estático, no provoca movimiento del aire con indudable ventajas en términos de confort ambiental, ahorro energético, salubridad e higiene del ambiente.



MISMO NIVEL DE CONFORT CON DIFERENTE TEMPERATURA DEL AIRE – FUNZIONAMENTO ESTIVAL

De esta manera en estos edificios se evitan por completo los problemas característicos de las instalaciones con elevada circulación de aire, como son la presencia de corriente de aire con temperaturas sensiblemente diferentes del ambiente circundante, movimiento de polvo, esporas, mohos, bacteria y todas las circunstancias que podamos encontrarnos en ambientes, ruido de los ventiladores,...

Los paneles ofrecen de esta forma un sistema de calefacción o refresco estático, sin tener que recurrir a complejas instalaciones incorporadas en la estructura de las edificaciones.

En el funcionamiento invernal, el bajo exponente característico de los paneles radiantes, los hace particularmente eficaces trabajando a bajas temperaturas, en combinación con los más efectivos generadores de calor por condensación, bomba de calor o fuentes de calor alternativo.

En funcionamiento estival, la colocación en el techo permite alcanzar un ΔT muy superior respecto a un sistema de colocación en el suelo, aprovechando la mayor temperatura del aire que está en contacto con el panel.

La radiación. Comparativa con otros sistemas radiantes

Una fuente de calor radiante puntual irradia su energía térmica en todas direcciones. Los paneles radiantes irradian su energía térmica hacia la parte inferior del panel, se crea de esta manera una distribución en forma de “cono”. Mediante la disposición de los paneles en el techo, conseguimos una distribución uniforme de la radiación en todo el local. La cantidad de energía

irradiada desde la superficie de un cuerpo en todas las direcciones es sobre todas las longitudes de onda por unidad de superficie y de tiempo y proporcional a su temperatura absoluta elevada a la cuarta potencia:

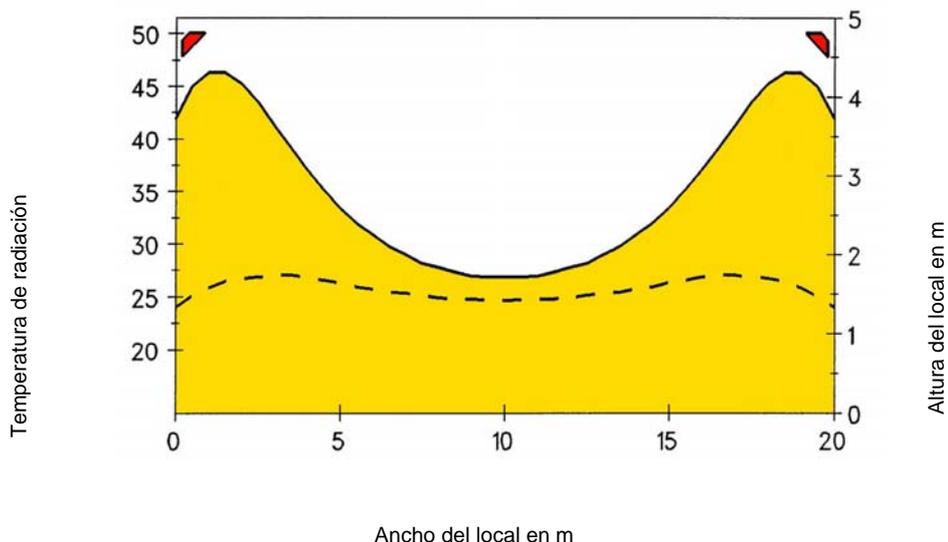
$$Q \sim (t + 273)^4$$

De la formula se puede deducir que la temperatura superficial del panel puede influenciar la distribución térmica del local considerado. Una instalación de paneles radiantes de techo es un sistema de calefacción por agua caliente que necesita temperaturas habituales de caldera para un sistema de calefacción tradicional.

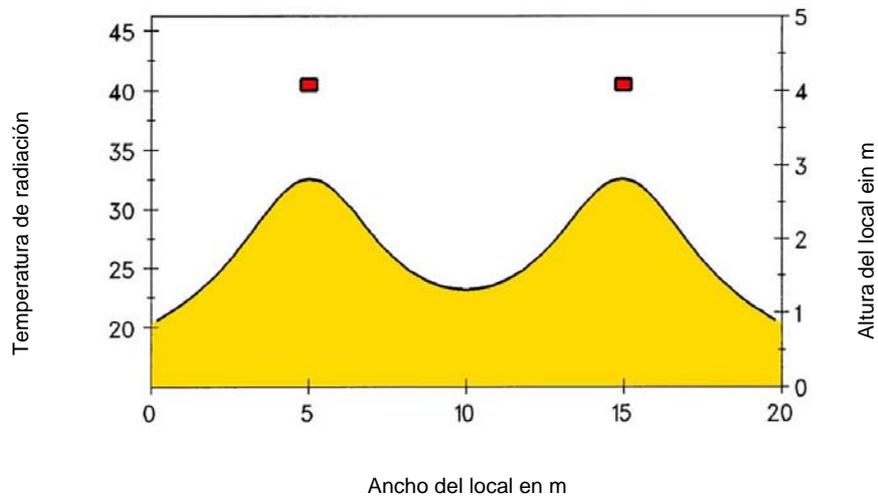
Hoy día estas instalaciones vienen implementadas de manera habitual como instalaciones a baja temperatura y esto conduce a una distribución más homogénea del calor irradiado.

Para otros sistemas de calefacción por radiación donde se utiliza una temperatura de radiación mucho más elevada (paneles según DIN 3372 capítulo 1 para temperaturas por encima de 500 °C, tubo radiante según DIN 3372 capítulo 2 para temperaturas inferiores a 500 °C), se pueden encontrar zonas con altos gradientes térmicos respecto a la distribución térmica del local.

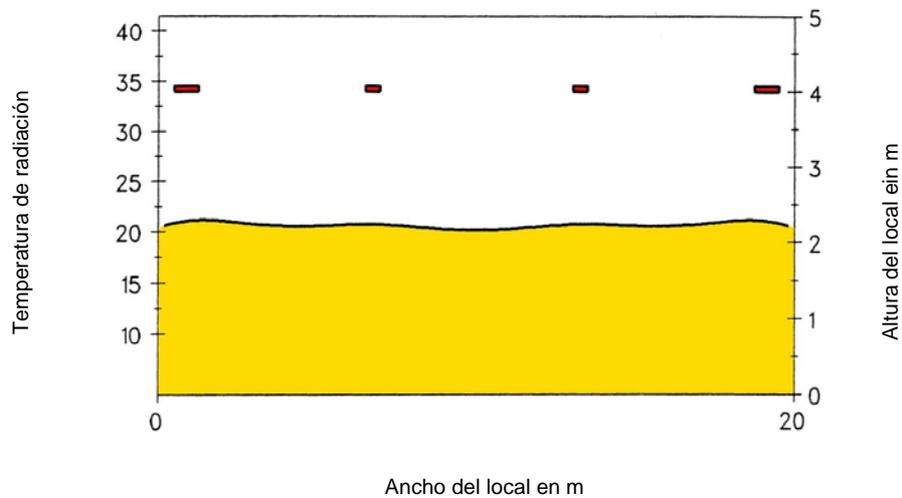
De la figura siguiente se puede deducir la distribución de la temperatura de radiación a un metro de altura emitidas por dos **quemadores radiantes a llama directa**, (según DIN 3372 capítulo 1), situados en la paredes laterales a una altura de 4,5 m. Podemos observar que en las zonas de mayor influencia de los quemadores la temperaturas alcanzadas son muy elevadas obteniendo diferencias de temperatura importante lejanas a la temperatura de confort deseada.



De la figura siguiente, podemos ver la distribución de la temperatura de radiación de dos **tubos radiantes a gas**, conforme a DIN 3372 capítulo 2 de longitud 5 metros, colocado a una altura de 4 metro. La medida se ha realizado a una altura de un metro en el eje del tubo.



De la figura siguiente es claramente visible la uniformidad de la distribución de la temperatura de radiación a un metro de altura con cuatro **paneles radiantes**, colocados a cuatro metros de altura. El calculo ha sido efectuado en base a la temperatura de ejercicio de 80/70°C – 20°C según EN 14037.



Normativa técnica de producto – EN 14037

Para paneles de techo radiante, con la normativa EN 14037, ha sido creado un estándar europeo con el cual se garantiza la calidad y la determinación de la potencia térmica. La normativa está compuesta de tres partes:

- EN 14037-1 contiene los requisitos técnicos constructivos relativos al panel radiante y los procedimientos para conformidad y marcado;
- EN 14037-2 contiene el método de prueba para la determinación de la potencia térmica;
- EN 14037-3 contiene el método de medición de la temperatura de superficie y del cálculo de la parte de potencia térmica emitida por radiación.

Los requisitos que aparecen en la EN 14037, parte 1, relativos a la ejecución técnica, constituyen un importante componente de la garantía sobre la calidad. Estos requisitos concernientes a la construcción contienen especificaciones sobre la resistencia a la presión, sobre el acabado de la superficie, sobre la estabilidad de los paneles y de los soportes así como sobre las tolerancias de las dimensiones a respetar.

El examen de las prestaciones del panel se realiza en una sala de prueba cerrada con sus seis paredes enfriadas. Los paneles de techo radiante son probados con un aislante térmico prefijado (espesor 4 cm, resistencia térmica igual a 0,04 W/m K). La convección natural en la cabina de pruebas no se debe modificar mediante agentes internos o externos. Las paredes de la sala de pruebas no deben presentar prácticamente ninguna diferencia de temperatura unas de otras. Durante el examen del funcionamiento de los paneles radiantes, el caudal de agua en el interior del tubo debe de ser de régimen turbulento. Y la temperatura de referencia del local es medida con dos termómetros; uno capaz de medir la radiación térmica y el otro protegido contra la radiación para poder obtener únicamente la temperatura del aire. La temperatura medida con el termómetro de globo corresponde a la temperatura percibida por el ser humano.

Para instalaciones de calefacción por radiación, la valoración de la temperatura de radiación puede ser importante, no sólo durante la medida de las emisiones en la cámara de prueba, sino también para el control de la temperatura en locales calefactados en situaciones reales. Sin embargo en la realidad normalmente la regulación de una instalación con paneles radiantes de techo viene realizada mediante centralitas de regulación para determinar la correcta temperatura de entrada de agua a caudal constante, en base a los registros obtenidos de la temperatura del aire externo e interno mediante una sonda.

Las emisiones de los paneles radiantes de techo medidas durante las pruebas efectuadas conforme a la norma EN 14037-2, están indicadas en las páginas siguientes. Para el refresco la norma base de referencia es la DIN 4715

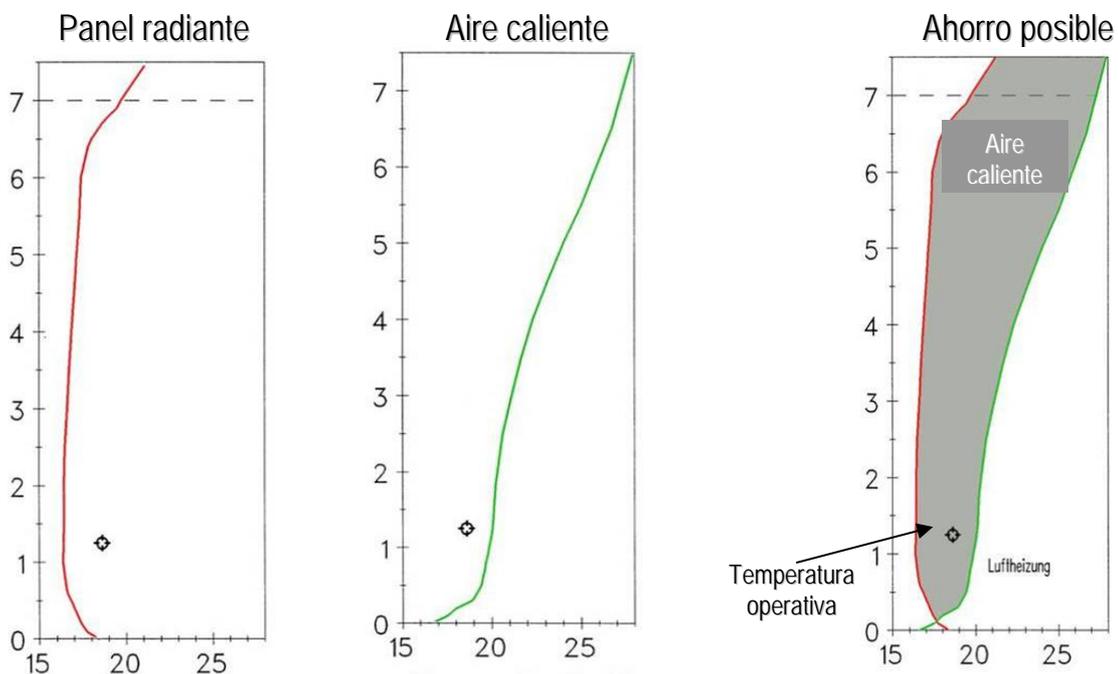
Ahorro energético

En la imagen siguiente, la figura de la izquierda muestra el modelo de la temperatura del aire y la temperatura percibida a 1,25 m de altura en un pabellón con calefacción mediante paneles radiantes de techo. La figura central muestra en cambio el modelo de temperatura del aire y de la temperatura percibida a 1,25 m de altura en un pabellón con calefacción mediante aire caliente.

La diferencia entre los dos modelos radica en el diferente gradiente térmico que encontramos en instalaciones calefactadas mediante sistemas por impulsión por aire frente a instalaciones calefactadas por paneles radiantes:

- En el caso de calefacción por aire, el gradiente vertical oscila entre 1 hasta a 1,4 K/m;
- En el caso de calefacción por panel radiante, el gradiente vertical oscila entre 0,1 hasta 0,4 K/m;

En la figura de la derecha, sobreponiendo las dos gráficas, podemos observar que la superficie sombreada representa la diferencia de energía térmica utilizada entre la calefacción mediante paneles radiantes de techo y calefacción mediante aire caliente. A temperatura percibida (temperatura operativa) idéntica, se evidencia el ahorro posible.



Características del panel

- Alta calidad constructiva – el panel es una caja autoportante con refuerzos laterales y superiores;
- Sistema modular;
- Ensamblaje fácil;
- No hay soldaduras – racores roscados M15 o a presión Ø15;
- Fácil fijación a techo mediante travesaños que reducen el número de puntos de suspensión;
- Accesorios específicos para soportarlos;
- Peso reducido;
- Potencia térmica elevada;
- Completamente galvanizado (chapa y tubos);
- Funcionamiento para refrescar (certificación DIN 50017).

Materiales utilizados en la construcción del panel:

Panel radiante en chapa de acero espesor 0,5 mm, electrogalvanizada en ambos lados con perfiles especiales, donde se insertan 4 tubos en acero de precisión Ø 15 mm según DIN 2394/C electrogalvanizados. La chapa de los paneles radiantes presenta un acabado de pintura en polvo epoxi color blanco sobre una capa de pintura de fondo por electroforesis (certificación DIN 50017). Los colectores son realizados en tubo redondo Ø 32 mm; los colectores están equipados de los racores necesarios de conexión con rosca externa 1", racor de 1/2" de cara para la purga/vaciado. Los colectores son entregados por separado, para instalar en la obra, conectándose a través de racores bicónicos al panel. Los colectores son electrogalvanizados.

Los paneles radiantes de techo son entregados para su instalación en anchuras de 320 mm y con longitudes a elegir entre 2, 3, 4, 5 o 6 m. Los paneles son conectados con racores roscados o a compresión. Para cubrir las zonas donde se conectan los paneles existen unos embellecedores que ocultan las zonas de conexión entre los paneles.

Aislante térmico de espesor 40 mm, con $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$, 25 kg/m^3 de densidad cubierto de una lámina de aluminio en la parte superior, cortado a medida cubriendo toda la longitud del panel para colocar en obra.

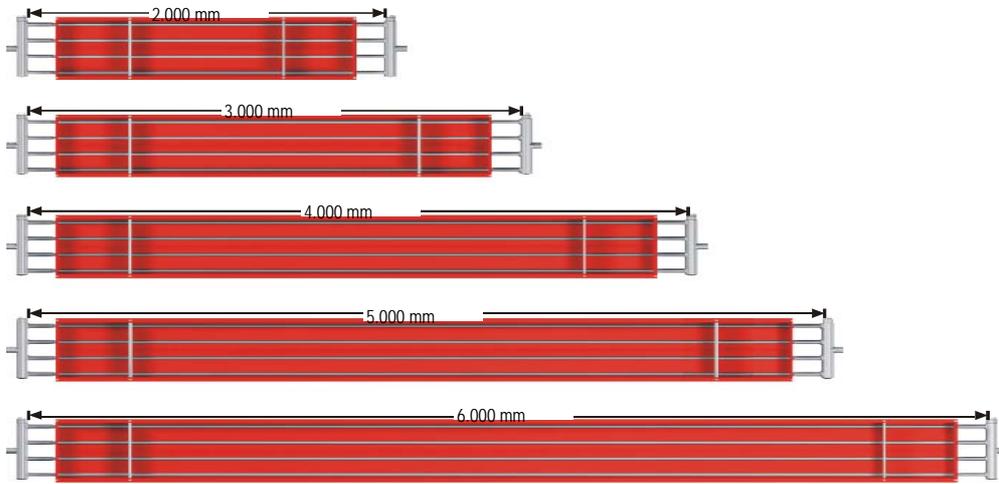
Conexiones a compresión: Racor a presión de 15 mm, galvanizado

Conexiones roscadas: Racor bicónico roscado de 15 mm, galvanizado.

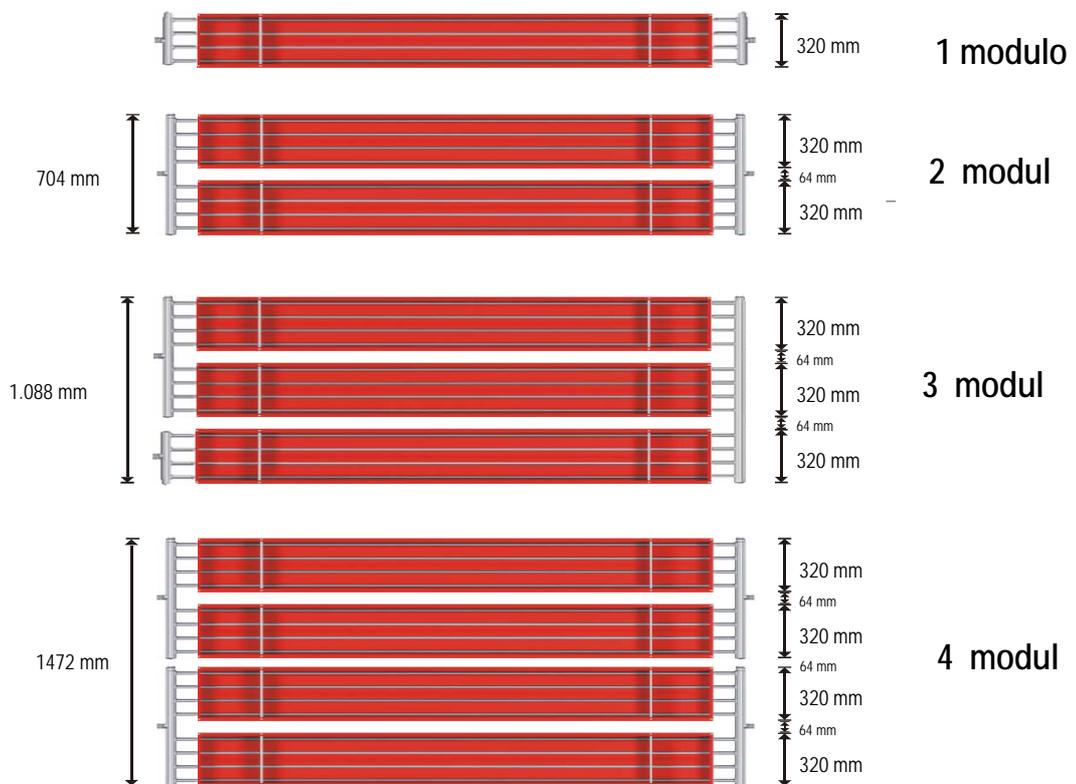
Embellecedores – Chapa en acero de espesor 0,5 mm galvanizada pintada externamente con polvo epoxi color blanco, para ocultar las zonas de conexión entre los paneles.

Dimensiones

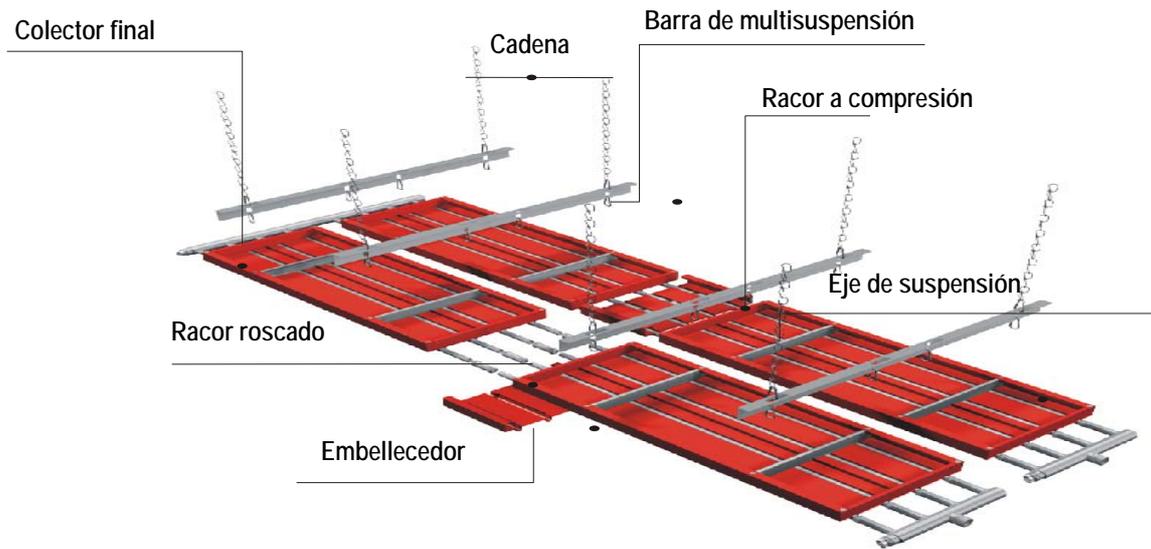
Esquema



sistema modular



Esquema de montaje



Racores roscados



Racores a compresión



Datos técnicos de los paneles radiantes

Descripción/ejecución	Unidad	
Numero de tubos por panel	N°	4
Intereje entre los tubos	mm	80
Diámetro externo del tubo	mm	15
Achura panel	mm	320
Longitud mínima del panel	m	2
Longitud máxima del panel	m	6
Peso del panel con contenido de agua y aislante	kg/m	4,7
Contenido de agua	l / m	0,53
Contenido de agua en el colector de 4 tubos	l	0,26
Contenido de agua en el colector de 8 tubos	l	0,57
Contenido de agua en el colector de 12 tubos	l	0,88
Presión máxima de servicio	bar	5
Temperatura máxima de servicio	°C	95*
Exponente característico en calefacción		1,129
Exponente característico en refrescamiento.		1,034

Potencia del panel 1 módulo potencia en vatios por metro lineal

ΔT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	65,4	69,1	73	77	80	84	88	92	96	100
30	103	107	111	115	119	123	127	131	135	139
40	143	147	151	155	159	163	168	172	176	180
50	184	188	192	197	201	205	209	213	218	222
60	226	230	235	239	243	248	252	256	260	265
70	269	273	278	282	287	291	295	300	304	308
80	313	317	322	326	331	335	339	344	348	353

Potencia del panel 2 módulos potencia en vatios por metro lineal

ΔT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	131	138	146	153	161	168	176	184	191	199
30	207	215	222	230	238	246	254	262	270	278
40	286	294	302	310	319	327	335	343	352	360
50	368	376	385	393	402	410	418	427	435	444
60	452	461	469	478	486	495	504	512	521	530
70	538	547	556	564	573	582	591	599	608	617
80	626	635	643	652	661	670	679	688	697	706

Potencia del panel 3 módulos potencia en vatios por metro lineal

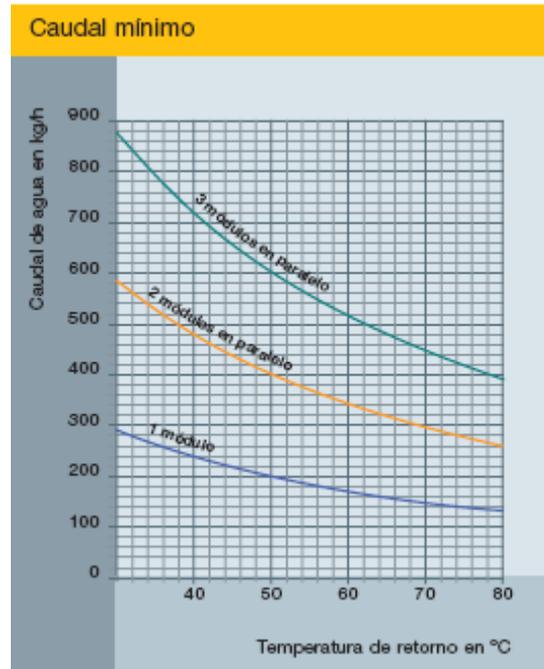
ΔT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	196	207	219	230	241	253	264	275	287	299
30	310	322	334	345	357	369	381	393	405	417
40	429	441	454	466	478	490	503	515	527	540
50	552	565	577	590	602	615	628	640	653	666
60	678	691	704	717	730	743	755	768	781	794
70	807	820	833	846	860	873	886	899	912	925
80	939	952	965	978	992	1005	1018	1032	1045	1059

Potencia del panel 4 módulos potencia en vatios por metro lineal

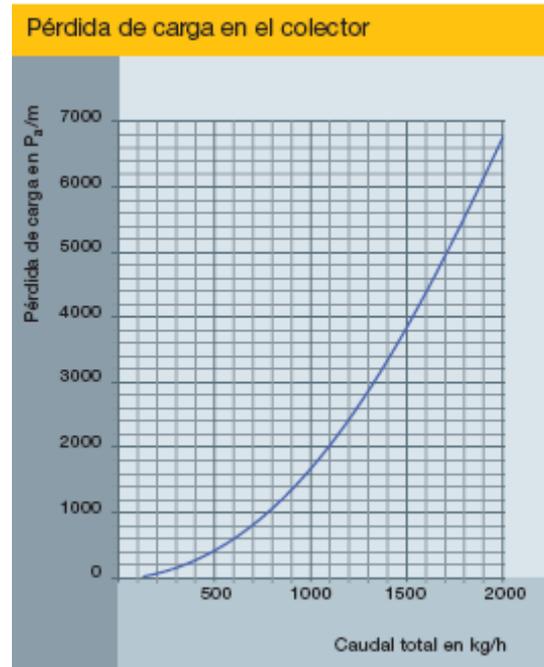
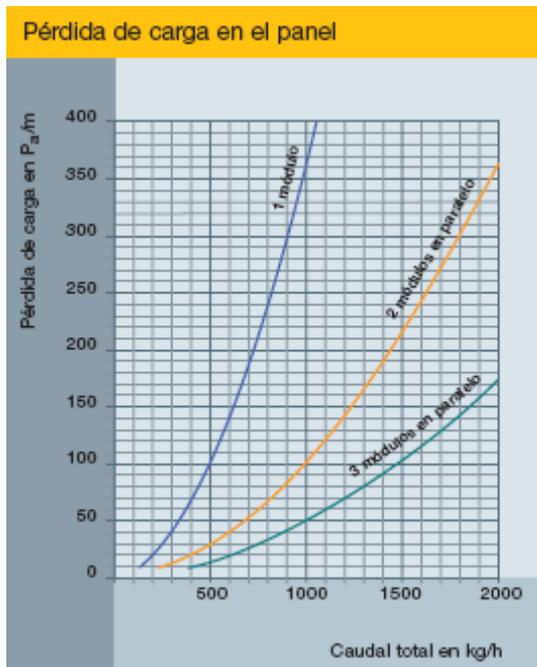
ΔT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	262	277	291	306	322	337	352	367	383	398
30	414	429	445	461	476	492	508	524	540	556
40	572	588	605	621	637	654	670	687	703	720
50	736	753	770	786	803	820	837	854	871	887

Caudal

Los valores que aparecen en la tabla de emisiones son válidos cuando tenemos un régimen turbulento del líquido caloportador. Una vez fijada la temperatura de entrada, la velocidad mínima necesaria del fluido depende de la temperatura de retorno t_u . Nuestro software de cálculo efectúa la verificación del caudal, garantizando de esta manera el correcto dimensionado del panel radiante, dándonos al mismo tiempo el valor de la pérdida de carga. El software también nos proporciona la óptima conexión de los paneles ya sea en serie o en paralelo. Solo cuando el caudal mínimo por tubo necesario no puede ser garantizado, es necesario aumentar la potencia térmica a instalar en un 18 %.



Pérdida de carga



Temperaturas máximas admisibles

Para evitar una radiación demasiado intensa, en locales calefactados con paneles radiantes, se debe respetar una cierta temperatura límite de la superficie calentamiento. Esta temperatura límite ha sido convertida y trasladada a la tabla siguiente en forma de temperatura media admisible del agua, en función de la altura de instalación del panel y del grado de ocupación del techo.

En caso de colocación del panel a una altura inferior de 3 metros o con un elevado grado de ocupación del techo, es aconsejable realizar un cálculo de la intensidad de radiación térmica según ISO 7730 para poder determinar la temperatura máxima admisible del fluido caloportador.

En locales con escasa ocupación de personas, es posible trabajar con temperaturas medias más elevadas.

Altura de colocación	Temperatura máxima de funcionamiento Grado de ocupación de la superficie del techo					
	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %
m						
3	73°	71°	68°	64°	58°	56°
4			91°	78°	67°	60°
5				83°	71°	64°
6				87°	75°	69°
7				91°	80°	74°
8					86°	80°
9						87°

Calculo de las perdidas en el local

Las pérdidas térmicas del local se calculan en base a la norma en vigor. En todo caso debe ser considerado el número de renovaciones del aire en el dimensionado de la potencia térmica instalada. Cuando las renovaciones del aire en el local sean superiores a la ventilación natural a través de juntas y fisuras (máximo 1/h), de forma particular en presencia de una ventilación forzada, se debe prever una impulsión de aire recalentada.

Disposición del panel radiante en la cubierta

La disposición de los paneles radiantes se realiza en base a las pérdidas térmicas del local considerado y de la temperatura del sistema de calefacción.

Algunas indicaciones para la disposición de los paneles radiantes:

- Disposición paralela a la pared externa más larga.
- Distancia entre la pared lateral y el primer panel desde 0,5 hasta 2,0 metros;

- Utilizar preferiblemente paneles de una cierta longitud para minimizar los costes y las pérdidas de carga;
- Para determinar el número de paneles y el tipo de conexión, se debe considerar una distancia entre paneles equivalente a la altura de instalación (distancia entre el suelo y el panel radiante);
- Es aconsejable elegir un dimensionado más grande de los paneles radiantes instalados junto a las paredes externas frente a las internas del local; esto permitirá una mejor distribución del calor (compensación de las pérdidas importantes de las paredes externas);
- En caso de alturas de instalación inferiores a 4 metros, elegir paneles radiantes de anchura limitada (tipo ZIP 1 o ZIP 2).

Regulación

El bajo contenido de agua en los paneles (baja inercia térmica) y la velocidad del agua facilitan notablemente la regulación. El corto periodo necesario para el calentamiento o enfriamiento del sistema durante la demanda de energía permiten alcanzar la temperatura deseada de una manera rápida y por tanto un ahorro energético importante. También el calor producido por eventuales máquinas de producción u otros aportes externos de energía, debido al lento comportamiento de regulación de las instalaciones tradicionales, provocarían aumentos inútiles de temperatura en el ambiente, con el consiguiente mayor consumo.

Esto puede ser evitado con la utilización de paneles radiantes de techo. Este sistema es especialmente útil en caso de una carga térmica muy variable, con posibilidad de un importante ahorro energético y económico.

Con los paneles radiantes podemos sectorizar por zonas; el número de zonas de regulación viene determinado como en las instalaciones de calefacción tradicional, por ejemplo en zonas Norte y Sur, almacenes sin presencia de personal o con una actividad elevada, etc.

La optima regulación se basa en que el caudal en el panel sea constante y que la regulación de la potencia de emisión sea efectuada mediante la regulación de la temperatura de entrada.

Un posible esquema hidráulico con un sistema de regulación correcto sería el que podemos ver a continuación.

En el caso de funcionamiento en verano es necesario que en la instalación se integre un regulador de humedad del ambiente, para poder modular la temperatura de entrada en el panel, manteniéndola superior a la temperatura de rocío.

