

## PRESTACIONES TÉRMICAS DE LOS FILMS REFLEXIVOS EN LA EDIFICACIÓN

Se revisan los mecanismos de transmisión de calor y se analizan cómo afectan a los aislantes de tipo capas reflectantes. Se discute el comportamiento de estos materiales en la construcción, y se plantean y analizan, las principales preguntas que se hacen las personas que piensan emplearlos en la construcción.

Se considera que se deben asociar los valores de su resistencia térmica a una aplicación y/o a una norma de ensayo, no pudiendo generalizar a aplicaciones diferentes, sobre todo cuando estén en contacto con otros materiales de la construcción, pues su comportamiento térmico requiere cámaras de aire o poder reflejar las ondas térmicas.

34 artículo

### I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por **films reflectantes o reflexivos**, un conjunto de materiales semirrígidos que están formados por diversas capas, alguna de ellas son de aluminio pulido, que se comercializan en rollos y se aplican para usos diversos, tales como:

- Construcción
- Bolsas térmicas
- Mantas térmicas
- Cobertores de islas de congelados
- Empleo en el ramo del automóvil para proteger el volante de la radiación solar
- Cubre tarimas de productos alimenticios fríos.
- Tecnología aérea

Como precursores de ellos se desarrollaron los **super aislantes térmicos**, que se emplearon en el desarrollo de los cohetes espaciales, los cuales entre las capas de aluminio reflectantes disponen de materiales fibrosos u ondulados, donde se le hace un vacío medio [1]. Dado que los materiales reflectantes (**RF**) no disponen de alto vacío ni de medio con materiales de relleno fibrosos o porosos que permiten acortar el **recorrido libre medio** de las moléculas de aire, la transmisión de calor se produce por choques o por vibraciones de la materia.

Los materiales empleados, así como las formas y dimensiones de las burbujas de aire que contienen, varían de unos a otros fabricantes, así como el número de

capas reflectantes y el espesor total. Un mismo fabricante puede disponer de productos muy diferenciados en cuanto al tipo y número de capas y su constitución [2], al [10].

En el caso de la **construcción** se comenzó a aplicar en Europa para disminuir la temperatura en granjas y en techos de naves industriales, con algunos problemas higiénicos debidos a las condensaciones de agua. En otras regiones, en donde se construye con madera, se han ido introduciendo dentro de las cámaras de aire de los cerramientos. En España se está asistiendo a un momento de expansión de estos productos, apareciendo en la construcción cierta confusión.

El objetivo pretendido es el analizar las prestaciones térmicas de los films reflexivos en la edificación y contribuir a esclarecer las dudas que están apareciendo.

En la tabla nº 1, se han recogido las características y propiedades que indican algunos de los fabricantes, sacadas de las citas bibliográficas recogidas, y en donde ha sido posible se indica la norma con la cual lo han medido.

### 2. ANALISIS DE LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

El calor se sabe que se transmite por tres mecanismos muy bien diferenciados, por **conducción** o transmisión de vibraciones a través de la materia, sin

Tabla 1

Material	Espesor (mm)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Observaciones
<b>STABITHERMO</b>	7	0.35	
<b>SALE-FOIL</b>	8	1.42	UNI. EN 12667 Dos cámaras de aire 20 y 25 mm
<b>ACTIS</b>			
Triso bulle 5		1.5	
Triso bulle 7		2	
8 capas		3	
Triso-super 9 (14 capas)		5	
Multipro TS 250 (15 capas)		6	
<b>CELOTEX</b>			
	12	3.6	
	25	7.2	
<b>HOSGABE</b>			
Polynum	1.28		
<b>EHITAJA</b>			
Stabithermo	7	2.6	
	14	3.8	
	21	4.9	
<b>PROIMPER</b>			
Krafoil	0.91		
<b>OPTIMER</b>			
Polynum 1		1.45	
Super Polynum		2.98	
Poly big		3.1	
<b>TQ</b>			
Tecnotermic		1.42	EN 1934:1998
		1.68	UNE EN ISO 12543-4 1998
<b>WÜETH</b>			
	13.7	0.35	CSTB
	30	0.86	

movimientos aparentes de masa, por **convección** de fluidos, por movimiento de masas, que puede ser natural, por cambio de densidad, o forzada, y por **radiación** a través de ondas de tipo electromagnéticas.

En cada caso, suele predominar uno de ellos, enmascarando a los otros. En general en la construcción tradicional, predomina el de conducción. En las cámaras de aire se producen los tres mecanismos, siendo los predominantes los de convección, sobre todo en los de cámaras ventiladas. Un forma sencilla de tratar el tema, desde el punto de vista práctico, es introducir un **coeficiente superficial** que englobe la convección y la radiación, deducido via experimental y/o fijado de forma legal en las normas térmicas de construcción

El componente radiante puede ser muy diferente en los materiales tradicionales de construcción. El coeficiente de emisividad es próximo a 0.9 en dichos materiales, mientras en las superficies metálicas muy pulidas, como pueden ser los films de aluminio, del orden de 0.03. Un camino posible, pero hasta ahora no seguido, sería el conocer este nuevo coeficiente y hasta normalizarlo si es necesario. La norma UNE EN 6946 establece la manera de ensayarlos.

Estimamos que el orden de magnitud sería de tres veces el valor del coeficiente superficial asociado a la cara interior de un edificio. Es decir, de 2.7 W/m<sup>2</sup>.K. A dicha conclusión hemos llegado, por vía experimental, ensayando estos materiales con las normas de conductividad térmica UNE 92201 y 92202 con cámaras de aire de 40 mm a cada uno de los lados y con cajas de diversas dimensiones, haciendo balance térmico de materiales acumuladores en su interior. Valores similares se obtienen de ensayos realizados por diversos laboratorios con maquetas de una cámara de aire o de la muestra reflectante entre dos cámaras de aire de espesores similares (20 y 40 mm).

Un estudio más científico puede hacerse con los nuevos programas de cálculo matemático en el caso de cámaras no ventiladas, siendo complejo en las ventiladas.

**Resumiendo:**

No se deben tratar estos materiales como aislantes térmicos por conducción, pues en ellos el mecanismo predominante es el de transmisión por radiación. Este no tiene sentido si no hay un salto importante de temperatura entre las superficies reflectantes, es decir, que irá asociado a una cámara de aire o donde se pueda producir reflexiones de las ondas térmicas. Cuando esté pegado o yuxtapuesto a otro material aislante, la cara de contacto no presentará resistencia térmica equivalente, sólo será efectiva la cara que refleje el calor.

Los materiales multicapas sólo funcionarán muy bien con saltos de temperatura muy elevados, por ejemplo de 200 °C y cuando entre las capas sea el coeficiente de conductividad muy bajo, por ejemplo, por encontrarse alto vacío o siendo éste medio, se encuentran materiales porosos o fibrosos que acortan el espacio libre. [1].

**3. DISCUSIÓN SOBRE LOS VALORES DE RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS FILMS REFLECTANTES**

Cualquier valor de una magnitud está referida a una forma de medida y a la resistencia térmica de los

films reflectantes le pasa lo mismo. Por todo lo dicho anteriormente se puede comprender que en estos materiales influirá muchísimo. En general, la simplificación comercial de querer comparar estos materiales con espesores de los aislantes tradicionales para que den la misma resistencia térmica es muy discutible, pues las resistencias térmicas de estos materiales varía mucho con las condiciones del ensayo y cuando estas se aparten mucho de la aplicación, pueden conducir a grandes errores a los posibles usuarios.

El orden de magnitud en la construcción tradicional española con cámara de aire semiventilada y colocación centrada en ella, estimamos es del orden de 2 cm de un aislante tradicional, es decir, que se puede alcanzar valores de la resistencia térmica de  $0.5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ . No son reales, los valores muy superiores, que se pueden ver en algunas informaciones comerciales. Ver figura nº 1

Puede verse en ensayos comparativos reales que las maquetas construidas influyen grandemente en los resultados. No se debe asociar la resistencia térmica de éstos materiales sin referenciar norma de ensayo o los materiales y temperaturas de las superficies reflectantes. Pueden variar sus resistencias térmicas según sus aplicaciones. Se necesita indicar en estos materiales el valor de la resistencia térmica, junto a las condiciones en que se ha medido o calculado, no pudiendo generalizarlos en el campo de la construcción. Por tanto, dar valores relativos o equivalentes con otros materiales aislantes tradicionales, en los que el mecanismo de transmisión es el de conducción, en cuanto a su espesor, no tiene sig-

nificado y sólo puede conducir a confusión en el sector de la construcción.

Pueden ser soluciones interesantes el empleo de los FR en construcciones de madera unifamiliares y en aplicaciones particulares de granjas y hasta para naves industriales y, en climas cálidos, en techos metálicos o con fibrocemento, que no estén aislados.

En construcciones tradicionales con cámaras de aire, es muy difícil que se puedan alcanzar valores reales de resistencia térmica que cumplan las normas o códigos técnicos en España empleando exclusivamente los **FR**. En los países del Norte de Europa, que son más exigentes por sus condiciones climáticas, no pueden cumplirse las normas térmicas con su empleo.

#### 4. OTRAS CONSIDERACIONES DIFERENTES A LA RESISTENCIA TÉRMICA

Hay otros conceptos importantes que algunos fabricantes de los **FR** están introduciendo para su promoción, tales como: el papel de barrera de vapor, aislamiento acústico y de resistencia al fuego, que deben también ser tratados.

Indudablemente en la construcción, los cerramientos tienen diversas misiones, tales como: Térmicas, acústicas; además de contribuir a la resistencia estructural. En el primer caso no se puede separar la transmisión de calor y la de masa, así como la estanqueidad requerida al paso del aire. Una de las patologías más conocidas en la edificación es la condensación de agua, que puede ser por la lluvia, por ascensión capilar o por fenómenos de difusión. Cuando los cerramientos se hacen con diversas hojas y se dejan entre ellas cámaras de aire, que pueden ser aireadas, que facilitan la eliminación de las posibles condensaciones de agua interna, o estancas, se disminuyen estos problemas.

**La barrera de vapor**, cuya colocación está clara en cámaras frigoríficas y de conservación de congelados donde se instala del lado caliente antes de colocar el material aislante, no está tan clara en la construcción, así como, en algunos casos, su necesidad, pues en verano interesaría colocarla hacia el exterior y en invierno, en donde hay más peligro de condensaciones, hacia el interior. El problema aumenta en zonas costeras, en donde se reducirá cuando se generalice el empleo del aire acondicionado.

La efectividad de una barrera de vapor es buena, cuando es continua, lo que es muy difícil en la construcción con estos films, máxime si se colocan entre cámaras de aire, requiriendo de bastidores o rastreles para su sostenimiento.

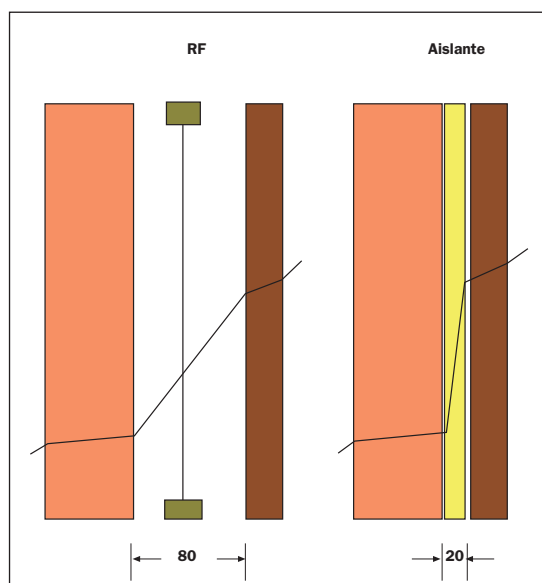


Figura nº 1 Esquema orientativo que establece la equivalencia térmica de un RF y un aislante térmico por conducción (cotas en mm.).

En el caso de cámaras de aire ventiladas, los coeficientes de convección son poco resistivos y en las no ventiladas, se tiene el riesgo de que aparezcan condensaciones.

Con respecto al **fuego** se sabe que las cámaras de aire no son buenas y menos las ventiladas, por favorecer la entrada del oxígeno que aviva el fuego.

Con respecto al **ruido aéreo** se requiere masa inerte y materiales porosos de célula abierta o fibrosos, características que estos materiales no tienen, y con respecto al **ruido de pasos**, su colocación en suelos es muy complicada, es decir, que no son adecuados como materiales aislantes acústicos.

## 5. LAS PREGUNTAS MAS USUALES QUE SE HACEN SOBRE EL EMPLEO DE LOS FR

Vamos a comentar algunas de las preguntas más usuales sobre el uso de estos materiales en la construcción.

### **Las prestaciones de los films reflexivos, ¿son comparables a las de los materiales aislantes habitualmente utilizados en construcción (lanas minerales, poliuretanos y poliestirenos) y a sus aplicaciones?**

Las prestaciones de los films reflexivos no son comparables a los materiales aislantes habituales que se emplean en construcción formando parte de los cerramientos. Los films reflexivos son materiales diseñados para reflejar las ondas térmicas que se transmiten por radiación, no el calor que se transmite por conducción. Querer comparar su comportamiento, estableciendo equivalencias de espesor, no es adecuado y puede conducir a equivocaciones. La resistencia térmica de estos films al paso del calor depende del sistema completo en donde se coloquen, de las temperaturas de las superficies con las cuales reflejen, y de las cámaras de aire, etc. Es decir, que deben evaluarse para cada tipo de aplicación.

### **¿Cuál es la sensibilidad de las prestaciones de los films al «ensuciamiento» de las superficies y al paso del tiempo? (durabilidad).**

El grado de reflexión depende del pulido de la superficie, del coeficiente de reflexión. Este puede variar con el tiempo por problemas de oxidación o ataque químico o por deposición de suciedad. En ambos casos, influye si se encuentran en cámaras de aire ventiladas

o si están a la intemperie y, sobre todo, de la protección de los films, será mínima cuando tengan capas de materiales plásticos en sus superficies. En función del tipo de metal, de su protección y del medio, pueden tener un envejecimiento grande o muy moderado. Las variaciones de sus propiedades con el tiempo son difíciles de predecir de forma general, dependerán de las aplicaciones y sobre todo del tratamiento superficial que les de cada fabricante.

### **¿Cómo afecta a sus prestaciones colocar varias capas de films en contacto directo entre sí?**

Si entre ellas no hay alto vacío, con lo cual se puede producir un alto gradiente de temperatura, no afecta el colocar muchas capas. Cuando los saltos de temperaturas sean de pocos grados como ocurre en la construcción puede afectar muy poco. Aplicándoles una lámpara de infrarrojo o radiación solar directa, en una cara, puede notarse mejora térmica al colocar varias capas en contacto entre sí. Generalmente se les introduce entre estas capas otros materiales, que sean buenos aislantes térmicos a conducción (fibrosos o gaseosos) para que entre las capas pueda haber reflexiones de las ondas de radiación térmicas.

### **¿Cuál es su prestación térmica en una cámara de aire, ya sea colocados en una de las caras o en el medio?**

El comportamiento dentro de las cámaras de aire que se emplean en la construcción es una mejora sobre la eficiencia de la cámara, mejor cuando se colocan con cámara de aire a cada lado, que en una sola de las cámaras. Su cuantía no es fácil de establecer teóricamente pues va a depender, entre otras causas de la naturaleza de las superficies y de sus temperaturas y de si están o no ventiladas. Una primera aproximación de cuales son sus prestaciones se puede conseguir suponiendo que los coeficientes superficiales de la cara o las caras, son unas tres veces menores del normal de película de los enfoscados. En las construcciones normales de nuestro país, con cámara de aire a los dos lados, pueden equivaler a una resistencia del orden de 0,5 m<sup>2</sup>.K/W.

### **Análisis de la variación de la resistencia térmica de un cerramiento con films reflexivos en función de diversos intervalos de temperatura.**

La ecuación del flujo térmico transmitida por radiación siendo  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$  las emisividades,  $T_1$  y  $T_2$  las tempe-

raturas absolutas de las dos superficies y  $\sigma_0$  la constante de Stefan, es la conocida ecuación:

$$\Phi \nabla \sigma_0 (\epsilon_1 \cdot T_1^4 - \epsilon_2 \cdot T_2^4) \quad (1)$$

La resistencia por radiación  $R_r$  puede calcularse mediante la ecuación deducida de [2], siguiente:

$$R_r = (T_1 - T_2) / (\sigma_0 (T_1^4 - T_2^4) / (1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1)) \quad (2)$$

En la tabla nº 2 se han recogido los valores de  $R_r$  en función de la temperatura media  $t_m$ , para una cámara de aire cuyas emitanancias respectivas valgan: 0.9 y 0.03, con salto de 10 °C entre las caras.

### ¿Cuál es su efectividad térmica cuando van situados directamente entre dos capas, sin cámaras de aire, como por ejemplo en un forjado?

La efectividad entre dos capas sin cámara de aire, como un elemento yuxtapuesto en un forjado es prácticamente nula, como material aislante por conducción es malo y dado su pequeño espesor, la resistencia térmica es prácticamente nula.

## 6. CONCLUSIONES

Los films reflectantes tienen su campo de aplicación donde hay un gran salto de temperatura, pues es cuando se transmite gran cantidad de calor por radiación. En el caso de la construcción solamente en algunas soluciones, como techos de granjas y de naves no aisladas en climas cálidos, o algunas construcciones en maderas en las techumbres, será interesante su empleo.

El pretender compararlos con aislantes tradicionales, que aíslan el calor transmitido por conducción, asignándoles un espesor equivalente es muy delicado, pues su resistencia térmica es función de la apli-

cación, al depender de las temperaturas y naturalezas de las superficies de los elementos que las contengan.

Se deben asociar los valores de su resistencia térmica a una aplicación y/o a una norma de ensayo, no pudiendo generalizar a aplicaciones diferentes, sobre todo cuando estén en contacto con otros materiales de la construcción, su comportamiento térmico requiere cámaras de aire o poder reflejar las ondas térmicas.

## Bibliografía

1. M.Domínguez. Transmisión de calor en los materiales alveolares .Tesis. Universidad Complutense .Ciencias Físicas .1971.
2. J.P.Holman. Transferencia de calor. Mac Graw Hill 8ª edición 1998.
3. <http://www.andima.es/asesoramiento/a0.htm>
4. <http://www.pcca.com.ve/va/articulos/va38pag18.html>
5. <http://generadorprecios.cype.es/fabricantes/optimerSystem/optimer.htm>
6. [http://64.233.183.104/search?q=cache:U8kl-yhaj\\_AJ:www.portaldelaindustria.com/Fabricantes/materialreflectivo.asp++construcci%C3%B3n+aislantes+reflectivos&hl=es&lr=&strip=0](http://64.233.183.104/search?q=cache:U8kl-yhaj_AJ:www.portaldelaindustria.com/Fabricantes/materialreflectivo.asp++construcci%C3%B3n+aislantes+reflectivos&hl=es&lr=&strip=0)
7. <http://www.sodimac.cl/HUM/HUM.nsf/CDUNID/3699FCE5132C4FF285256AD8004C09C8?EditDocument&537QYK>
8. <http://es.actisolation.com/home.php>
9. <http://www.google.es/search?hl=es&q=polynum&btnG=B%C3%BAsqueda+en+Google&meta=>
10. <http://www.hosgabe.com/caste/nove.htm>
11. <http://www.wurth.es/>
12. <http://www.ravago.es/>
13. [http://www.celotex.co.uk/pdf/Multi-foil\\_Bulletin.pdf](http://www.celotex.co.uk/pdf/Multi-foil_Bulletin.pdf)
14. <http://www.celotex.co.uk/>
15. <http://www.zeelandlumber.com/insulation/>
16. [http://www.same-foil.com/same\\_rpt1.pdf](http://www.same-foil.com/same_rpt1.pdf)
17. <http://www.same-foil.com/>
18. <http://www.same-foil.com/notizia.asp?NOTIZIA=5>
19. <http://www.ehitaja.ee/?show=artiklid&id=240>
20. <http://www.insulation4less.com/>
21. <http://www.insulation4less.com/insulation.asp>
22. [http://www.insulation4less.com/insul\\_fiberglass.asp](http://www.insulation4less.com/insul_fiberglass.asp)
23. ASTM C1224-93 Standard specification for reflective for bulding applications
24. NFX10-022
25. ISO 8301 y 2
26. CSTB Étude des caractéristiques thermiques des isolants traditionrls et des isolants a base de films réfléchissants
27. <http://www.insul.net/specs/07211ast.doc> ■

Tabla 2

$t_m$	$R_r$
°C	$m^2 \cdot K/W$
0	1,05
10	0,91
20	0,80
30	0,70
40	0,62
50	0,55