

GUÍAS

Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acrystalado

Colección:
Guías técnicas para
la rehabilitación de
la envolvente térmica
de los edificios

www.idae.es





IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acrystalado



Guías IDAE 018: Soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado

Edita: IDAE

Autores: Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes e IDAE

Maquetación y diseño interior: Cristina Patricio, Departamento de Comunicación IDAE

Madrid, febrero 2019

La presente Guía ha sido promovida y realizada por IDAE con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios.

Esta publicación es una reedición para actualización de contenidos de la Guía publicada en el año 2008, y se corresponde con el número 5 de la colección “Guías técnicas para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios”, editada con la anterior imagen corporativa de las publicaciones IDAE.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, por cualquier medio o procedimiento, sin la autorización previa, expresa y por escrito del IDAE.

ÍNDICE

1	Introducción	10
2	Objeto	14
3	Ámbito de aplicación	16
4	Propiedades de los vidrios y marcos	18
4.1	Propiedades del marco	18
4.2	Propiedades del vidrio	21
4.3	Propiedades del Hueco	26
5	Soluciones de rehabilitación.....	32
5.1	Carpintería de madera con vidrio monolítico.....	32
5.2	Carpintería metálica con vidrio monolítico	35
5.3	Carpintería metálica con doble acristalamiento	38
5.3.1	Carpintería metálica con doble acristalamiento banal.....	39
5.3.2	Carpintería metálica con doble acristalamiento bajo emisivo	42
5.4	Carpintería metálica RPT y doble acristalamiento	44
5.4.1	Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal.....	45
5.4.2	Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento bajo emisivo	48
5.5	Carpintería de madera con doble acristalamiento.....	49
5.5.1	Carpintería de madera con doble acristalamiento banal	50
5.5.2	Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo.....	52
5.6	Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento.....	54
5.6.1	Carpintería de PVC y doble acristalamiento banal	55
5.6.2	Carpintería de PVC y doble acristalamiento bajo emisivo.....	56
5.7	Cerramientos acristalados de alta eficiencia con triple acristalamiento.....	57
5.7.1	Carpintería metálica RPT y triple acristalamiento bajo emisivo.....	57
5.7.2	Carpintería de madera y triple acristalamiento bajo emisivo	58
5.7.3	Carpintería de PVC y triple acristalamiento bajo emisivo	58

6	Ventajas/ Recomendaciones	60
7	Ejemplo	64
7.1	Descripción del edificio sin aislamiento térmico	65
7.2	Descripción del edificio rehabilitado térmicamente	67
7.3	Resultados	67
8	Glosario	70
9	Documentación de referencia	72

1 Introducción

El sector de la edificación, desde un punto de vista energético, comprende los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios, representando el 17% del consumo de energía final nacional, del que corresponde un 10% al sector doméstico y un 7% al sector terciario. De éstos, el consumo energético de la calefacción y el aire acondicionado supone aproximadamente la mitad del consumo total de energía del edificio.

La mejora del aislamiento térmico de un edificio puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de CO₂ del 30% en el consumo de calefacción y aire acondicionado, por disminución de las pérdidas.

Las reformas importantes de los edificios existentes son una buena oportunidad para tomar medidas eficaces con el fin de aumentar su rendimiento energético, tal como propone la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética de los edificios. Para cumplir esta directiva, en España se han generado tres documentos legales nuevos: el Código Técnico de la Edificación, el nuevo RITE (revisado del de 1998) y la Certificación Energética de Edificios.

Como consecuencia de esta nueva legislación se puso en marcha el Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2005-2012, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En la primera edición de este Plan –trienio 2005-2007– se establecen diferentes medidas para todos los sectores de la actividad económica nacional: edificios, industria, transporte, servicios públicos, equipamiento residencial, agricultura, pesca y transformación de la energía.

El cumplimiento de sus objetivos puede significar el ahorro de 12 millones de toneladas equivalentes de petróleo, la reducción de un 20% de las importaciones de petróleo y una reducción de emisiones de CO₂ de 32,5 millones de toneladas.

Destaca en el Plan de Acción 2005-2007 (PAE4) la medida de “rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes”, cuyo objetivo es reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración en el sector de edificios existentes, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica.

En la segunda edición de este Plan de Acción 2008-2012 (PAE4+) se incluyen 3 medidas estratégicas para el sector edificación dirigidas al parque de edificios existentes, dos de ellas afectan al aislamiento y la tercera a mejora en instalaciones energéticas.

Así pues, como primera medida está prevista la rehabilitación de la envolvente térmica en los edificios existentes, cuyo objetivo es reducir su demanda energética en calefacción y refrigeración, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica. Se destinan a ello 175 millones de euros como apoyo público, y se espera obtener un

ahorro asociado de 2,17 millones de toneladas equivalentes de petróleo en energía primaria y de 5,23 millones de toneladas de CO₂ en reducción de emisiones.

La segunda medida consiste en promover edificios con alta calificación energética (Clase A o B), bien procedentes de nueva construcción o de la rehabilitación de edificios existentes. Para ello se habilita una línea de ayudas de 209 millones de euros, previéndose conseguir el ahorro asociado en energía primaria de 2 millones de toneladas equivalentes de petróleo y la reducción de emisiones de 5,32 millones de toneladas de CO₂.

Para la comprensión general de esta guía, se entenderá como envolvente térmica del edificio, tanto los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (cubiertas y fachadas) como las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.



2 Objeto

El propósito de esta guía es proporcionar información sobre las oportunidades de ahorrar energía mediante la reposición del vidrio de las ventanas y en algunos casos de la reposición de toda la ventana (vidrio+marco).

En la lectura de esta guía se ofrece, en primer lugar, una descripción de las componentes del cerramiento de un hueco: vidrio y marco, detallándose sus características.

A continuación, se ofrecen varios ejemplos de soluciones de rehabilitación de los huecos que permiten comparar la eficiencia energética conseguida con cada una de ellas.



3 **Ámbito de aplicación**

El contenido de esta guía es aplicable en todos los edificios existentes que tengan ventanas. La renovación de los vidrios y marcos representa una de las acciones más eficaces para la mejora de la eficiencia energética del edificio y además consigue aumentar el confort térmico en el interior de las viviendas.

La mayoría de los edificios históricos no incorporan un aislamiento térmico adecuado, siendo la actuación más sencilla que se puede realizar en la fachada del edificio la reposición de las ventanas.

Todas aquellas viviendas que tengan ventanas con una única hoja de vidrio cuentan con prestaciones térmicas muy limitadas. En este caso, la reposición del vidrio simple (monolítico) por otro vidrio de doble acristalamiento (unidad de vidrio aislante) proporciona grandes ahorros de energía en la vivienda tanto en verano como en invierno.



4 Propiedades de los vidrios y marcos

4.1 Propiedades del marco

El marco representa habitualmente entre el 25 % y el 35 % de la superficie del hueco. Sus principales propiedades, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica y su absorptividad. Estas dos propiedades van a participar en función de la fracción de superficie ocupada por el marco en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo.

Los marcos pueden clasificarse siguiendo distintos criterios. Una clasificación puede realizarse en función del material con el que están fabricados y del que dependen algunas de sus prestaciones, entre ellas sus propiedades térmicas. Así encontramos:

Marco Metálico: Normalmente son fabricados en aluminio o acero con diferentes acabados. Pueden llevar diferentes acabados: lacados en diferentes colores, anodizados, foliados imitando madera, etc.

Su participación en la superficie del hueco suele ser baja, en torno al 25%, con diferentes sistemas de cierre y apertura. Como valor comúnmente aceptado se considera una transmitancia térmica $U = 5,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

La influencia sobre el factor solar modificado del hueco es muy variable en función de los diferentes colores.

Marco Metálico con RPT¹: La rotura de puente térmico consiste en la incorporación de uno o varios elementos separadores de baja conductividad térmica que separan los componentes interiores y exteriores de la carpintería logrando reducir el paso de energía a su través, mejorando el comportamiento térmico de la carpintería. Los valores de transmitancia térmica comúnmente aceptados para este tipo de carpinterías son de $U = 4,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ hasta $U = 2,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ en función de la anchura de los elementos separadores que configuran la rotura de puente térmico.

La rotura de puente térmico tiene poca influencia sobre la absorptividad y por tanto sobre el factor solar modificado del hueco.

¹ RPT: Rotura de Puente Térmico.

Los valores anteriores pueden ser notablemente reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan en los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Marco de Madera: Estos marcos cuentan con perfiles macizos de madera que por su naturaleza alveolar proporcionan unos niveles importantes de aislamiento térmico. Su conductividad es baja lo que favorece el aislamiento térmico. Sus principales limitaciones se encuentran en las operaciones de mantenimiento necesarias aunque hoy existen en el mercado productos tratados que minimizan estos condicionantes. Los valores de transmitancia dependen de la densidad de la madera utilizada considerándose un intervalo de $U = 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ hasta $U = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Su influencia sobre el factor solar modificado es muy baja debido a la poca reemisión de la energía absorbida al interior del habitáculo.

Los valores anteriores pueden ser notablemente reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan en los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Marco de PVC: Las carpinterías están formadas por perfiles normalmente huecos de PVC, ofreciendo un comportamiento térmico de primer orden. Los valores de transmitancia comúnmente aceptados son de $U = 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ hasta $U = 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ en función del número de cámaras que tienen los marcos. Habitualmente son carpinterías cuya participación en el hueco es elevada, lo que unido a sus valores de aislamiento favorece el comportamiento del conjunto.

Los valores anteriores pueden ser notablemente reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan en los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Otros tipos de Marcos: Existen otras tipologías de marcos menos presentes en el mercado cuyas prestaciones térmicas son similares a las anteriores. Entre estas tipologías pueden citarse las ventanas mixtas madera-aluminio, mixtas aluminio-madera, poliuretano con núcleo metálico, metálicas con rotura de puente térmico rellenas de espuma aislante, etc...

Transmitancia térmica de los perfiles habituales calculados de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10077-1

Material del perfil	Transmitancia térmica U (W/m ² ·°K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4mm ≤ d < 12 mm)	4 a 3,5
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2 a 2,8
Metálico RPT d > 24 mm	2,5
Madera dura (ρ = 700 Kg/m ³ y 60 mm de espesor)	1,9
Madera blanda (ρ = 500 Kg/m ³ y 60 mm de espesor)	1,5
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8
Perfiles huecos de PVC (5 cámaras)	1,4 a 1,3
Perfiles huecos de PVC (6 cámaras)	1,1 a 1,0

Con independencia de los materiales del marco es muy importante en términos de aislamiento el sistema de apertura y cierre de la ventana. Este puede condicionar su permeabilidad al aire, es decir el paso de aire cuando la ventana cerrada se somete a una presión diferencial entre ambas caras. La clasificación de las ventanas según su permeabilidad al aire está definida en la norma UNE-EN 12207. Se clasifican en clases que oscilan de cero a cuatro. Los cerramientos acristalados con clase 4 de permeabilidad al aire representan la mejor clasificación en términos de infiltraciones de aire (mayor estanquidad) y por ende mejores prestaciones térmicas y acústicas.

4.2 Propiedades del vidrio

El vidrio es el elemento fundamental en el cerramiento si atendemos a la superficie ocupada. Su principal propiedad es la transparencia permitiendo elevados aportes de luz natural que contribuyen al confort de la vivienda, sin comprometer sus prestaciones de aislamiento térmico. En la actualidad se comercializan como productos habituales vidrios para aislamiento térmico reforzado y protección solar que pueden ser combinados con otras prestaciones como son el aislamiento acústico, la seguridad, el bajo mantenimiento (autolimpiables) o el diseño y la decoración.

Para los objetivos de esta guía se considera únicamente *vidrio sodocálcico* por ser el producto habitual en la edificación.

Desde la perspectiva del aislamiento térmico las principales características del acristalamiento a tener en cuenta son su coeficiente U o transmitancia térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ K$) y su factor solar (g). Estas definiciones están incluidas en el capítulo 8 glosario.


Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos en función de su configuración y de la presencia de capas metálicas que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico y control solar.

Vidrio sencillo (monolítico): bajo esta denominación agrupamos aquellas tipologías formadas por una única hoja de vidrio y aquellas formadas por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie, vidrios laminares. Dentro del vidrio monolítico podemos encontrar vidrios incoloros, de color, impresos, y de seguridad, así como distintos tratamientos que modifican las propiedades mecánicas, térmicas y espectrofotométricas de los mismos. Las prestaciones térmicas de un vidrio monolítico pueden considerarse estables para los vidrios incoloros habituales en tanto que transmitancia térmica y factor solar viéndose mínimamente reducidos al aumentar el espesor. Como valor de referencia podemos tomar un valor de $= 5,7 W/m^2 \cdot ^\circ K$ y factor solar (g) un valor en torno a 0,83.

Nota: En el caso de vidrios de color vidrios de capa empleados como vidrios monolíticos el factor solar puede verse fuertemente modificado. Cada producto existente en el mercado aporta sus prestaciones específicas.

Unidad de Vidrio Aislante (UVA): conocido anteriormente como doble acristalamiento o vidrio de cámara hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores, herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Las unidades de vidrio aislante, o doble acristalamiento, al encerrar entre dos paneles de vidrio una cámara de aire, inmóvil y seco, aprovechando la baja conductividad térmica del aire, limitan el intercambio de calor por convección y conducción. La principal consecuencia es un fuerte aumento de su capacidad aislante reflejado en la drástica reducción de su transmitancia térmica ($U= 3,3 W/m^2 \cdot ^\circ K$, para la composición más básica 4-6-4²).

² 4-6-4: Esta nomenclatura indica los espesores vidrio-cámara-vidrio expresados en milímetros, comenzando por el vidrio exterior.



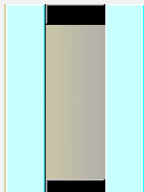
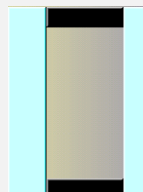
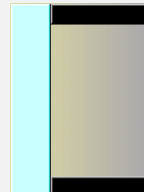
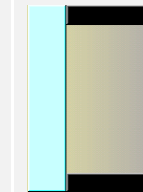
Unidad de vidrio aislante (UVA)

Conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores, herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro.

Las unidades de vidrio aislante, o doble acristalamiento, al encerrar entre dos paneles de vidrio una cámara de aire, inmóvil y seco, aprovechando la baja conductividad térmica del aire, limitan el intercambio de calor por convección y conducción.

La principal consecuencia es un fuerte aumento de su capacidad aislante reflejado en la drástica reducción de su transmitancia térmica.

El aumento progresivo del espesor de la cámara proporciona una reducción paulatina de la transmitancia térmica. Esta reducción deja de ser efectiva cuando se producen fenómenos de convección dentro de la misma (en torno a los 17 mm).

Composición ³	4-6-4	4-10-4	4-12-4	4-16-6
				
U (W/m ² ·°K)	3,3	3,0	2,9	2,7

La capacidad del aislamiento térmico se ve significativamente mejorada por la incorporación de los vidrios de baja emisividad o aislamiento térmico reforzado permitiendo alcanzar fácilmente los niveles más exigentes contemplados en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

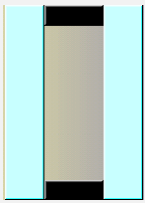
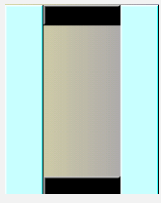
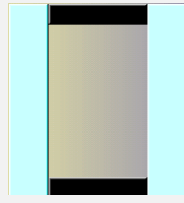
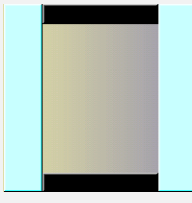
³ Los espesores del vidrio no afectan al valor de la transmitancia térmica.

Respecto a la prestación de control solar las UVAs presentan menores factores solares por el simple hecho de incorporar dos vidrios, para una UVA de 4-6-4 el valor g está en torno a 0,75. El factor solar (g) puede ser fuertemente modificado por la sustitución del vidrio exterior por un vidrio de control solar. Igualmente los vidrios de baja emisividad aportan un control solar significativo.

Las UVAs al estar formadas por dos o más vidrios monolíticos permiten la combinación de diferentes tipologías que aportan prestaciones complementarias.

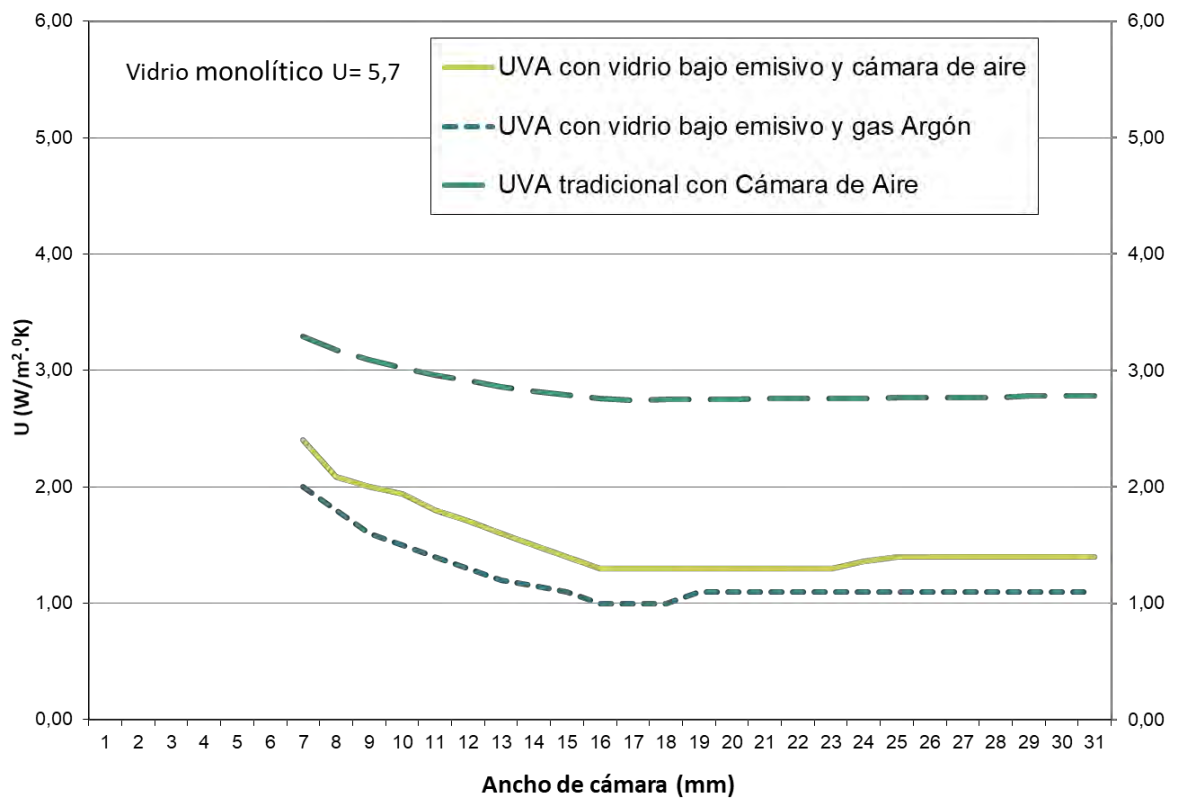
Es necesario prever la instalación de las UVAs sobre carpinterías dotadas de drenaje, bien selladas y que impidan el almacenamiento de agua y humedad permanente en el galce. La situación contraria puede ocasionar el deterioro de los sellantes y la pérdida de estanquidad de la UVA.

Vidrio de baja emisividad: Se trata de vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina (del orden de nanómetros) proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Normalmente estos vidrios deben ir ensamblados en UVA (doble acristalamiento) ofreciendo así sus máximas prestaciones de aislamiento térmico⁴.

Composición ⁵	4-6-4	4-10-4	4-12-4	4-16-6
con un vidrio normal y un vidrio de baja emisividad ($\epsilon \leq 0,01$)				
U (W/m ² .°K)	2,4	1,8	1,6	1,3

⁴ Los vidrios bajo emisivos exigen ir ensamblados en doble acristalamiento.

⁵ La posición del vidrio bajo emisivo como vidrio interior o exterior no influye en el valor de U, pudiendo verse afectado el valor de g.



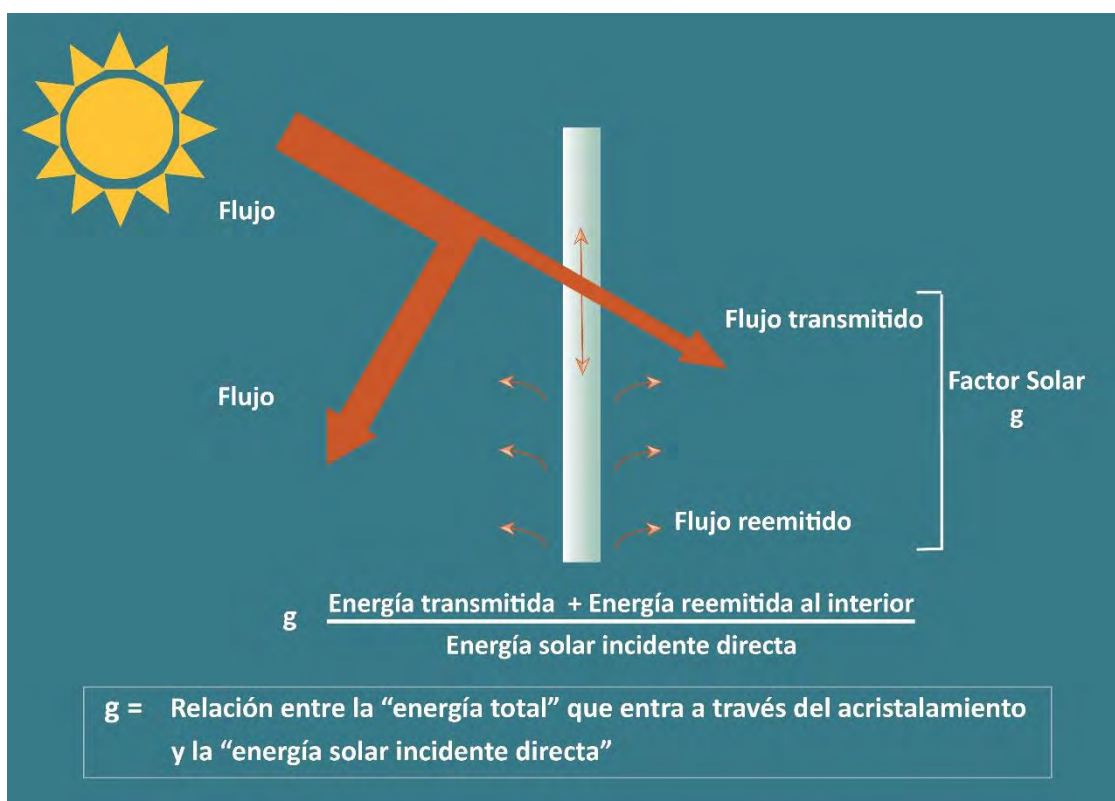
Gráfica 1: Relación entre la transmitancia con el ancho de cámara para distintas UVAs

La incorporación de vidrios de baja emisividad permite desde un primer momento alcanzar niveles de aislamiento imposibles por aumento de cámara.

Vidrio de control solar: Pueden agruparse bajo esta denominación vidrios de muy distinta naturaleza: vidrios de color, serigrafiados o de capa. Si bien, es a estos últimos los que normalmente nos referimos como vidrios de control solar.

Las distintas capas y la posibilidad de aplicarse en distintos sustratos vítreos permite una amplia gama de posibilidades con diferentes estéticas y cuyas prestaciones en térmicas de control solar pueden variar desde valores de 0,10 para los más reflectantes hasta valores de 0,65 para los vidrios incoloros de aspecto neutro.

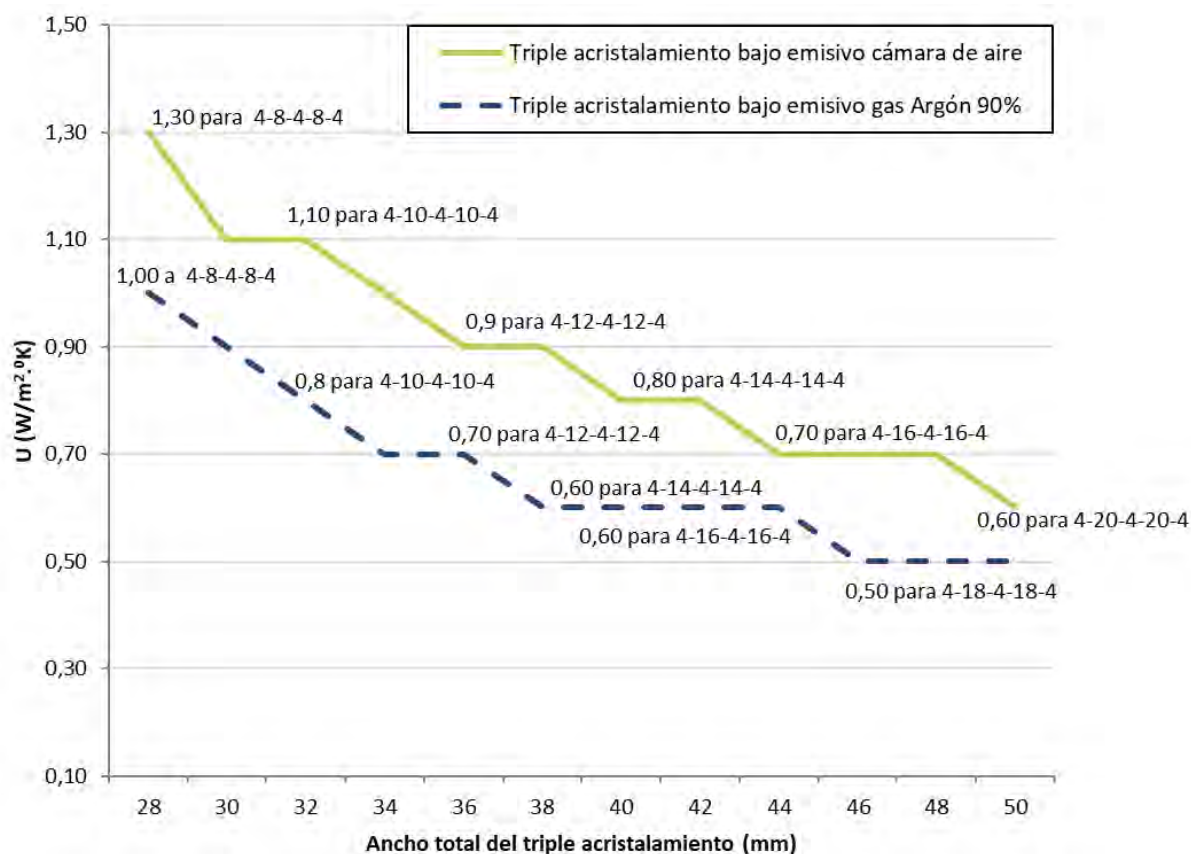
Aunque normalmente los vidrios de control solar se instalan en UVA para obtener una buena transmitancia térmica, en muchos casos pueden ser utilizados como vidrios monolíticos cuando la prioridad es la protección térmica frente a la radiación solar directa.



Triple acristalamiento: es una unidad de vidrio aislante formado por tres láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por dos espaciadores, herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Los triples acristalamientos deben llevar asociadas al menos dos vidrios de capa de baja emisividad en cada una de las cámaras para alcanzar el óptimo de aislamiento. Las dos cámaras pueden ser de aire o gas (Argón o Kriptón) que mejora las prestaciones térmicas. Las prestaciones de transmitancia térmica de los triples acristalamientos con dos vidrios bajo emisivos oscilan entre $U= 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, para la composición 4-10-4-10-4⁶ y $U=0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, para la composición 4-20-4-20-4. El aumento progresivo del espesor de la cámara proporciona una reducción paulatina de la transmitancia térmica. Esta reducción deja de ser efectiva cuando se producen fenómenos de convección dentro de la misma (en torno a los 20 mm).

En caso de triples acristalamientos con las dos cámaras rellenas de Argón al 90% y espesor de las cámaras de 18 mm, si lleva un único vidrio bajo emisivo, el valor de $U= 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, pero si lleva dos vidrios bajo emisivos en cada una de las cámaras se alcanza un valor de $U= 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

⁶ 4-10-4-10-4: Esta nomenclatura indica los espesores vidrio-cámara-vidrio-cámara-vidrio expresados en milímetros, comenzando por el vidrio exterior.



Gráfica 2. Relación entre la transmitancia con el ancho de cámara para triples acristalamientos con dos vidrios bajo emisivos en cada una de las cámaras de emisividad $\leq 0,01$

4.3 Propiedades del Hueco

El hueco puede ser considerado como uno de los elementos más débiles desde el punto de vista del aislamiento térmico permitiendo grandes fugas de calor en régimen de invierno y un exceso de aportes solares en régimen de verano que son necesarios compensar con gastos energéticos bien en calefacción o en refrigeración a fin de mantener los niveles de confort adecuados.

Los cerramientos acristalados disponen de marcado CE obligatorio desde el año 2010, teniendo que declarar las prestaciones térmicas, nivel de permeabilidad al aire, prestaciones acústicas y solares, entre otros parámetros. A nivel voluntario existe un sistema de etiquetado energético de ventanas desarrollado por ASEFAVE ⁷ adaptando las ventanas a las zonas climáticas en España.

Las prestaciones térmicas del hueco estarán limitadas tanto por los materiales empleados como por su estado de conservación. El mal estado de los marcos, las sucesivas capas de pintura, descuadres y presencia de ranuras comprometen de tal forma la permeabilidad que las entradas

⁷ www.ventanaseficientes.com

de aire no deseado se traducen en cargas térmicas que es necesario compensar mediante consumos energéticos adicionales para evitar la pérdida de confort. Estos consumos adicionales conllevan inevitablemente mayores emisiones de CO₂ y aumento de la factura energética.

La transmitancia térmica del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco y el coeficiente perimetral debido al acoplamiento entre el marco y vidrio y entre el marco y los paneles opacos. Así el CTE propone para su cálculo la siguiente fórmula:

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Siendo

$A_{H,v}$ el área de la parte acristalada [m²];

$A_{H,m}$ el área del marco [m²];

$A_{H,p}$ el área de la parte con panel opaco [m²];

U_H la transmitancia térmica del hueco (ventana, lucernario o puerta) [W/m²·°K];

$U_{H,v}$ la transmitancia térmica del acristalamiento [W/m²·°K];

$U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco [W/m²·°K];

$U_{H,p}$ la transmitancia térmica de la zona con panel opaco [W/m²·°K];

Ψ_v la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [W/m·°K];

Ψ_p la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos [W/m·°K];

L_v la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m];

L_p la longitud de contacto entre marco y paneles opacos [m];

El CTE permite el cálculo de los valores de transmitancia térmica lineal (Ψ_v y Ψ_p) o bien facilita una tabla con los siguientes valores:

Material del marco	Tipo de vidrio		
	Acrilamiento monolítico	UVA doble/triple	UVA con baja emisividad / triple con dos capas de baja emisividad
Madera o plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con RPT	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin RPT	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

Debido a la mayor participación del acristalamiento en la ventana hace que las ganancias producidas en la U del acristalamiento tengan mayor repercusión que aquellas alcanzadas por la misma ganancia sobre la U del marco.

La siguiente tabla presenta los valores de transmitancia térmica global de hueco calculados para un 30% de área ocupada por el marco y 70% de superficie acristalada de dimensiones 1,2 x 1,2 metros. En ella se han incluido los casos más frecuentes de cada uno de los principales tipos de materiales de los marcos, con cada uno de los tipos de vidrio más comunes en edificación. Los valores indicados en la tabla pueden ser reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan los perfiles y vidrios.

Transmitancia térmica del hueco ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)					
Vidrio (70%)		Marco (30%)			
		Metálico U=5,7	Metálico RPT ⁸ U=3,0	Madera ⁹ U=1,5	PVC ¹⁰ U=1,3
Monolítico 4mm	U=5,7	5,7	4,9	4,4	4,4
4-6-4	U=3,3	4,1	3,4	2,9	2,9
4-16-4	U=2,7	3,8	3,1	2,6	2,6
4-6-4 bajo emisivo ¹¹	U=2,4	3,5	2,9	2,3	2,3
4-16-4 bajo emisivo ¹¹	U=1,3	2,7	2,1	1,6	1,5

El factor solar del hueco prescindiendo de elementos de sombreado como puedan ser retranqueos, voladizos, toldos o persianas, depende fundamentalmente del acristalamiento empleado y de la superficie ocupada de este y en menor medida del material del marco. Su cálculo puede realizarse según la siguiente expresión recogida en la CTE:

$$F = (1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha$$

Siendo

FM: Fracción de marco sobre el total del hueco, en tanto por 1

g_{\perp} : factor solar del vidrio

U_m = Transmitancia térmica del marco

α = Absortividad del marco (función del color)

Si existen elementos de sombreado exterior deberá aplicarse un factor corrector, factor de sombra, tal y como recoge el CTE ya que los requisitos del CTE hace referencia al factor solar modificado.

⁸ Rotura de puente térmico mayor o igual a 12 mm

⁹ Los marcos de madera se considera una densidad de 500 kg/m³

¹⁰ Los marcos de PVC se consideran de 5 cámaras

¹¹ Vidrio de baja emisividad con $\varepsilon \leq 0,01$

5 Soluciones de rehabilitación

Dadas las características constructivas, su fácil intervención y la repercusión que este tiene sobre el aislamiento térmico de la envolvente del edificio, el cerramiento del hueco se presenta como el primer elemento a valorar técnica y económicamente a la hora de afrontar una rehabilitación térmica del edificio.

La intervención sobre los huecos incorporando materiales de mejores prestaciones y correctamente instalados es una de las mejores opciones por su rapidez, menores molestias para el usuario, eficaces un coste.

A continuación se describen diferentes situaciones en función de los distintos puntos de partida y los beneficios alcanzados según las soluciones de rehabilitación llevadas a cabo se recogen en la tabla resumen final.

5.1 Carpintería de madera con vidrio monolítico

Solución constructiva con gran presencia en la arquitectura de los años 50 y anteriores. Normalmente presenta un mal estado de conservación, sobre todo cuanto más antigüedad posean. Estas carpinterías exigen un mantenimiento de pintura, así como revisión y renovación de las



Carpintería de madera con vidrio monolítico

Solución constructiva con gran presencia en la arquitectura de los años 50 y anteriores.

Es habitual que debido al paso del tiempo y a operaciones de mantenimiento presenten una permeabilidad al aire excesiva permitiendo entradas no deseadas.

En las horas más frías es normal que aparezcan condensaciones sobre el vidrio, normalmente monolítico de poco espesor, debido a su alta conductividad.

Elemento muy sensible a la intervención y con grandes posibilidades de mejora, debido fundamentalmente a las entradas de aires y a la escasa contribución de este acristalamiento al conjunto del hueco.

juntas de estanquidad (burlletes). Es habitual que debido al paso del tiempo y a operaciones de mantenimiento presenten una permeabilidad al aire excesiva permitiendo entradas no deseadas. Suele tratarse de ventanas abatibles, aunque existan otros modelos (guillotina). El acristalamiento habitual es con vidrio monolítico de poco espesor. En las horas más frías es normal que aparezcan condensaciones sobre el vidrio debido a su alta conductividad.

Puede considerarse un elemento muy sensible a la intervención y con grandes posibilidades de mejora, debido fundamentalmente a las entradas de aires y a la escasa contribución de este acristalamiento al conjunto del hueco.



Carpintería de madera de alta prestación en cuanto a permeabilidad del aire

Permiten la instalación de UVAs con vidrios de baja emisividad.

Se utilizan maderas laminadas y tratadas que reducen significativamente las exigencias de mantenimiento.

Muy importante verificar que cuentan con los correspondientes drenajes de galce y marco, de forma que no se produzcan acumulaciones de agua que puede ser absorbida por la madera pudiendo ocasionar el deterioro de carpintería y acristalamiento.

Es necesario mencionar que actualmente existen carpinterías de madera de muy altas prestaciones en cuanto se refiere a permeabilidad al aire y que permiten la instalación de UVAs con vidrios de baja emisividad. En estas carpinterías el mantenimiento suele verse reducido ya que hoy en día se utilizan maderas laminadas y tratadas que reducen significativamente las exigencias de mantenimiento.

Es muy importante en estas carpinterías verificar que cuentan con los correspondientes drenajes de galce y marco de forma que no se produzcan acumulaciones de agua que puede ser absorbida por la madera pudiendo ocasionar el deterioro de carpintería y acristalamiento.

La tabla siguiente refleja la capacidad de ahorro de energía si sustituimos ambos componentes de la ventana, acristalamiento y marco, comparados con la situación inicial, de vidrio monolítico y marco de madera.

La combinación de distintas actuaciones posibles produciría los siguientes resultados:

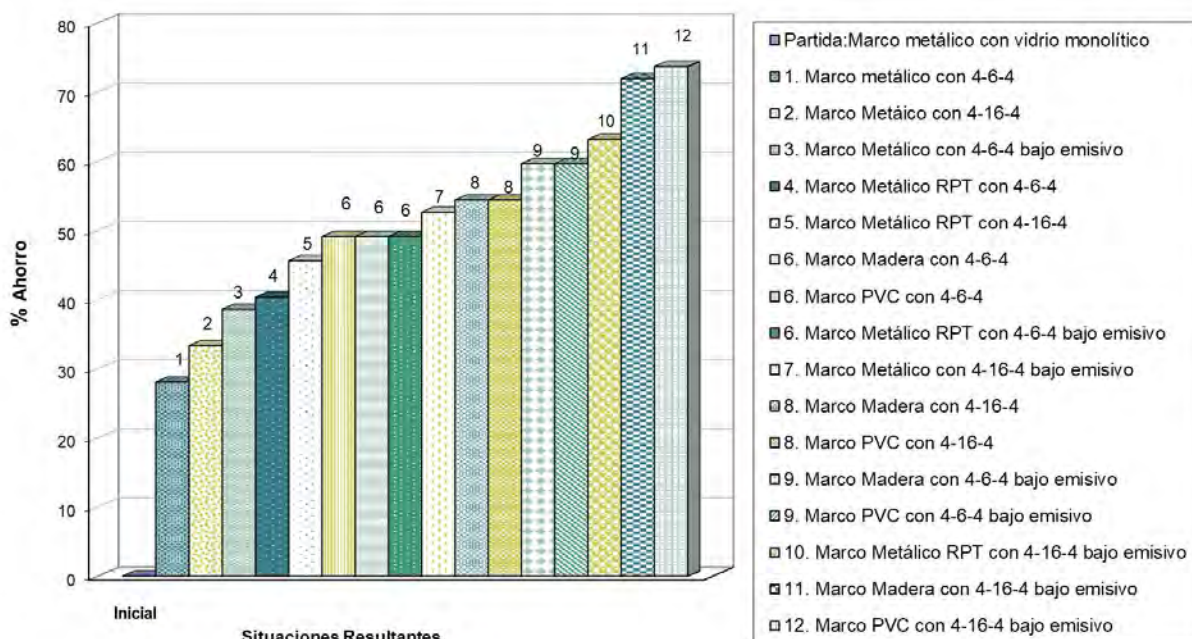
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Vidrio monolítico	-	Madera	100%	0 %
1	Doble	6	Metálica	87%	13%
2	Doble	16	Metálica	81%	19%
4	Doble bajo emisivo	6	Metálica	74%	26%
3	Doble	6	Metálica RPT	72%	28%
5	Doble	16	Metálica RPT	66%	34%
6	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	62%	38%
6	Doble	6	Madera	62%	38%
6	Doble	6	PVC	62%	38%
7	Doble bajo emisivo	16	Metálica	57%	43%
8	Doble	16	Madera	55%	45%
8	Doble	16	PVC	55%	45%
9	Doble bajo emisivo	6	Madera	49%	51%
9	Doble bajo emisivo	6	PVC	49%	51%
10	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	45%	55%
11	Doble bajo emisivo	16	Madera	34%	66%
12	Doble bajo emisivo	16	PVC	32%	68%

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 3. Carpintería de madera con vidrio monolítico. Ahorros alcanzados por la rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio monolítico con marco de madera por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16mm de cámara con marco igualmente de madera, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 34% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 66%.

5.2 Carpintería metálica con vidrio monolítico

Esta carpintería ha sido ampliamente utilizada en los años 50 a 80 bajo diversas formas que van desde la carpintería de acero “Mondragón” hasta las ventanas correderas de aluminio en bruto, lacado o anodizado. El acristalamiento instalado sobre este tipo de carpintería continuó siendo el vidrio monolítico por lo que no aportaron mejoras en términos de aislamiento térmico.

Con estas carpinterías el sistema de apertura utilizado se reparte entre abatibles y correderas con una gran presencia de éstas últimas cuando hablamos de aluminio debido a su menor peso. Normalmente cuentan con perfiles estrechos y alta superficie acristalada.

Térmicamente presentan un comportamiento poco aislante debido a la propia conductividad del material metálico y en el caso de las correderas a los cierres y mecanismos de deslizamiento que permiten la entrada de aire y las fugas de calor. En la actualidad existen carpinterías correderas de alta gama que minimizan este efecto. Por otra parte la alta conductividad del marco y vidrio

favorece las condensaciones superficiales en la cara interior con las consecuentes patologías ligadas a humedades en metales y enlucidos interiores.

Tanto el uso reiterado como la facilidad de deformación del aluminio empleado normalmente en los mecanismos de las ventanas correderas reducen significativamente el aislamiento ofrecido inicialmente. En estas carpinterías es importante vigilar su correcta ejecución tanto en las uniones de los perfiles como en los sistemas de drenaje de las posibles infiltraciones de agua.

Considerando la situación de las carpinterías descritas típicas de los años 50 a 80 encontramos uno de los casos más favorables mediante la sustitución de la ventana en su conjunto por otra cuyo marco presente menor U y dotándola de UVAs con vidrio de baja emisividad. La situación de partida es la térmicamente más desfavorable y por tanto cualquier intervención supone una mejora. Algunas carpinterías metálicas, cuya permeabilidad al aire es buena, permiten la sustitución de vidrios monolíticos por UVAs con vidrio de baja emisividad. El impacto económico de esta intervención es muy reducido y permite alcanzar mejoras considerables en algunos casos.



Carpintería acero "Mondragón"

Carpintería metálica con vidrio monolítico

Ampliamente utilizada en los años 50 a 80.

El acristalamiento instalado continuó siendo el vidrio monolítico por lo que no aportaron mejoras en términos de aislamiento térmico.

Térmicamente presentan un comportamiento poco aislante debido a la propia conductividad del material metálico.

Algunas carpinterías metálicas, cuya permeabilidad al aire es buena, permiten la sustitución de vidrios monolíticos por UVAs con vidrio de baja emisividad.

El impacto económico de esta intervención es muy reducido y permite alcanzar mejoras considerables en algunos casos.



Ventana corredera metálica

La tabla siguiente refleja la capacidad de ahorro de energía si sustituimos ambos componentes de la ventana, acristalamiento y marco, comparados con la situación inicial, de vidrio monolítico y marco metálico.

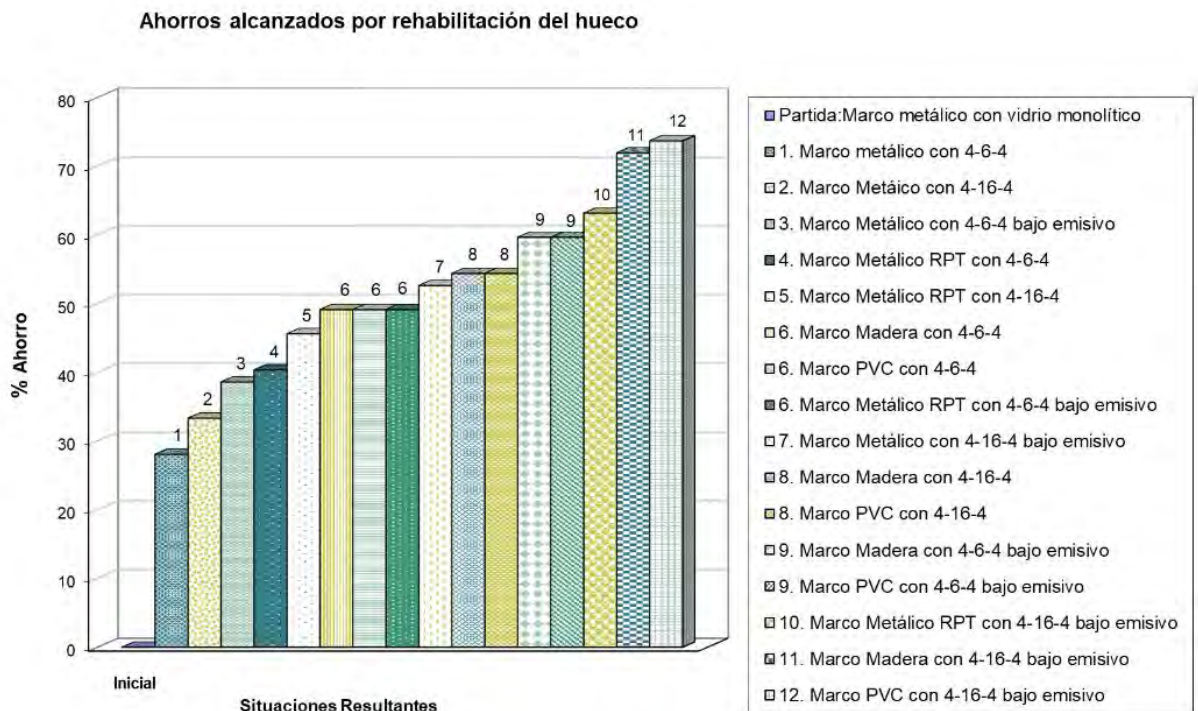
La combinación de distintas actuaciones posibles produciría los siguientes resultados:

Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Vidrio monolítico	-	Metálica	100%	0 %
1	Doble	6	Metálica	72%	28%
2	Doble	16	Metálica	67%	33%
3	Doble bajo emisivo	6	Metálica	61%	39%
4	Doble	6	Metálica RPT	60%	40%
5	Doble	16	Metálica RPT	54%	46%
6	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	51%	49%
6	Doble	6	Madera	51%	49%
6	Doble	6	PVC	51%	49%
7	Doble bajo emisivo	16	Metálica	47%	53%
8	Doble	16	Madera	46%	54%
8	Doble	16	PVC	46%	54%
9	Doble bajo emisivo	6	Madera	40%	60%
10	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	37%	63%
11	Doble bajo emisivo	16	Madera	28%	72%
12	Doble bajo emisivo	16	PVC	26%	74%

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento



Gráfica 4. Carpintería metálica con vidrio monolítico. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio monolítico con marco metálico por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco igualmente metálico con RPT, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 37% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 63%.

5.3 Carpintería metálica con doble acristalamiento

Este tipo de cerramiento aparece como una variante del anterior y según su época puede corresponder con distintos niveles de prestaciones. En este grupo no se consideran aquellas carpinterías, que pueden considerarse de gama más alta, que están dotadas de Rotura de Puente Térmico (RPT). Al igual que en el caso anterior, los sistemas de apertura (abatibles, correderas,...) pueden condicionar fuertemente las prestaciones térmicas.

Tenemos que considerar dos situaciones de partida en función del acristalamiento instalado.

5.3.1 Carpintería metálica con doble acristalamiento banal

El acristalamiento considerado es el doble acristalamiento más banal, formado por vidrios incoloros clásicos separados por una cámara de aire. Su capacidad de aislamiento varía entre 3,3 y 2,7 $W/m^2 \cdot ^\circ K$ para cámaras de 6 y 16 mm respectivamente. No se alcanzan valores menores de transmitancia térmica al aumentar la cámara de aire con este tipo de UVA. El inconveniente que pueden presentar las UVAs con cámaras muy amplias es la doble reflexión de las imágenes con lo que puede producirse un efecto de doble visión. Por encima de valores de 18-20 mm de la cámara nos encontramos con ligeras pérdidas de aislamiento térmico por efecto de convección entre los dos vidrios.



Carpintería metálica con doble acristalamiento banal

Formado por vidrios incoloros clásicos separados por una cámara de aire.

El inconveniente que pueden presentar las UVAs con cámaras muy amplias es la doble reflexión de las imágenes con lo que puede producirse un efecto de doble visión.

La primera y más fácil mejora que puede introducirse sobre este tipo de cerramientos es la sustitución de los acristalamientos por otros de igual espesor total y de mayores prestaciones térmicas. Es decir sustituir un doble acristalamiento tradicional por otro de igual composición de espesores pero dotado de vidrio neutro de baja emisividad.

Las UVAs compuestas por vidrios incoloros no aportan ninguna prestación significativa en términos de control solar, siendo su factor solar de $g = 0,75-0,70$ para espesores habituales de vidrio.

La primera y más fácil mejora que puede introducirse sobre este tipo de cerramientos es la sustitución de los acristalamientos por otros de igual espesor total y de mayores prestaciones térmicas. Es decir sustituir un doble acristalamiento tradicional por otro de igual composición de espesores pero dotado de vidrio neutro de baja emisividad. La reducción en la transmitancia del vidrio oscilará entre 27% para una cámara de 6 mm y 52% para la de 16 mm. El límite se alcanzará para cámaras rellenas de aire en torno a los 16 mm con una $U = 1,3 W/m^2 \cdot ^\circ K$ teniendo en cuenta el efecto óptico mencionado. La mejora alcanzada en el cerramiento será proporcional a la superficie acristalada (ver punto 4.3 – Cálculo de U_H) y función del marco existente.

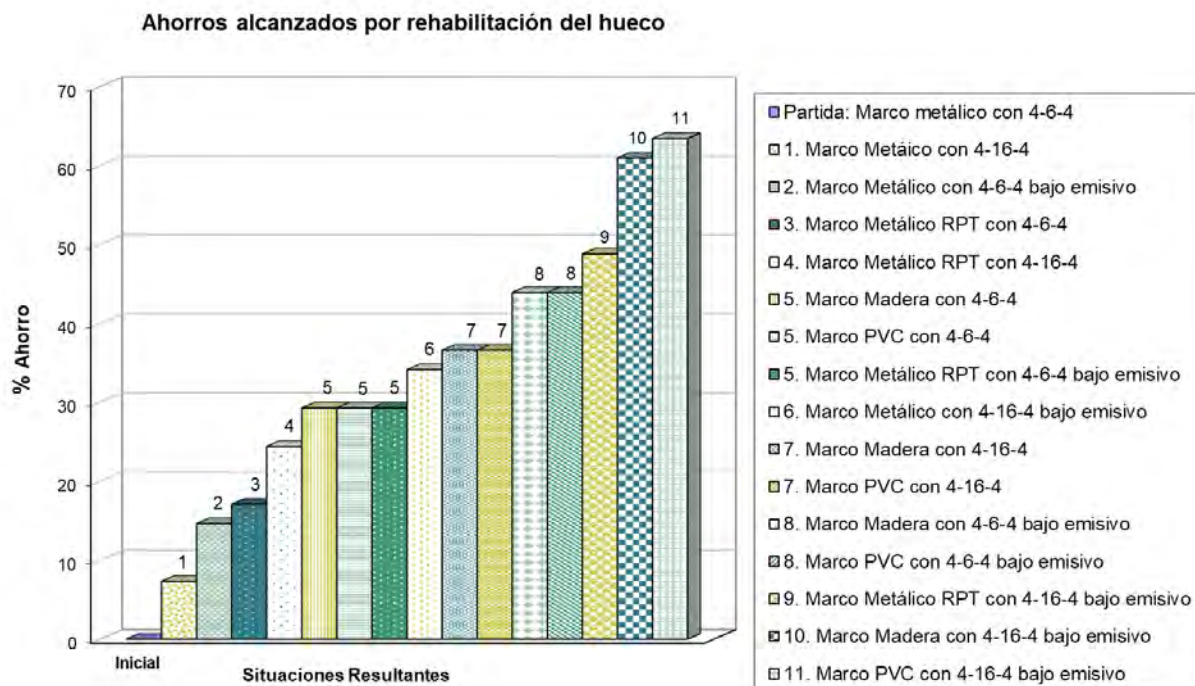
La incorporación del vidrio bajo emisivo aporta complementariamente una reducción del factor solar del acristalamiento que puede variar sensiblemente y alcanzar valores próximos al 0,4, con los consiguientes ahorros en régimen de verano.

018

Esta es la medida más lógica y de menor coste, tanto económico como en facilidad y rapidez de ejecución.

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble	6	Metálica	100%	0%
1	Doble	12	Metálica	93%	7
2	Doble bajo emisivo	6	Metálica	85%	15%
3	Doble	6	Metálica RPT	83%	17%
4	Doble	12	Metálica RPT	76%	24%
5	Doble	6	Madera	71%	29%
5	Doble bajo emisivo	12	Metálica	71%	29%
5	Doble	6	PVC	71%	29%
6	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	66%	34%
7	Doble	12	Madera	63%	37%
7	Doble	12	PVC	63%	37%
8	Doble bajo emisivo	6	Madera	56%	44%
8	Doble bajo emisivo	6	PVC	56%	44%
9	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	51%	49%
10	Doble bajo emisivo	12	Madera	39%	61%
11	Doble bajo emisivo	12	PVC	37	63



Gráfica 5. Carpintería metálica con doble acristalamiento banal. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble de 6 mm de cámara con marco metálico por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco igualmente metálico con RPT, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 51% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 49%.

5.3.2 Carpintería metálica con doble acristalamiento bajo emisivo

Cuando el acristalamiento instalado ya es un vidrio de baja emisividad, si el objetivo es alcanzar mayores reducciones será necesario intervenir sobre el marco.

Llegados a este punto es necesario analizar si el marco permite la instalación de acristalamientos con mayor cámara y si fuese así, proceder al cambio del doble acristalamiento de baja emisividad por otro de mayor espesor en la cámara y manteniendo la incorporación al mismo de un vidrio de baja emisividad.

Las mejoras alcanzables en la U del acristalamiento, quedan reflejadas en la siguiente tabla.

Variación del valor U respecto al espesor de cámara

Composición	U (W/m ² .°K)
4-6-4	2,4
4-8-4	2,0
4-10-4	1,8
4-12-4	1,6
4-14-4	1,4
4-16-4	1,3

Nota: el cálculo de los valores de U está hecho para vidrio bajo emisivo con una emisividad de $\epsilon \leq 0,01$

Estas mejoras tienen que integrarse en el cálculo total del U del hueco, que será función del porcentaje de participación de vidrio y marco. Esta actuación es prácticamente igual de sencilla que la del punto anterior.

Si la intervención sobre el marco para lograr la sustitución del acristalamiento con vidrio bajo emisivo por otro de similar producto y mayor cámara no fuese posible, la rehabilitación deberá contemplar el cambio del conjunto del cerramiento sustituyendo el marco por otro de mejores prestaciones. Normalmente el acristalamiento no será reutilizable y será precisa su sustitución. En este caso debe valorarse la instalación de un marco de mejores prestaciones que el existente (metálico con RPT, madera, PVC,...) teniendo en cuenta su sistema de apertura y su estanquidad, así como prever un acristalamiento con vidrio bajo emisivo y cámara generosa.

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

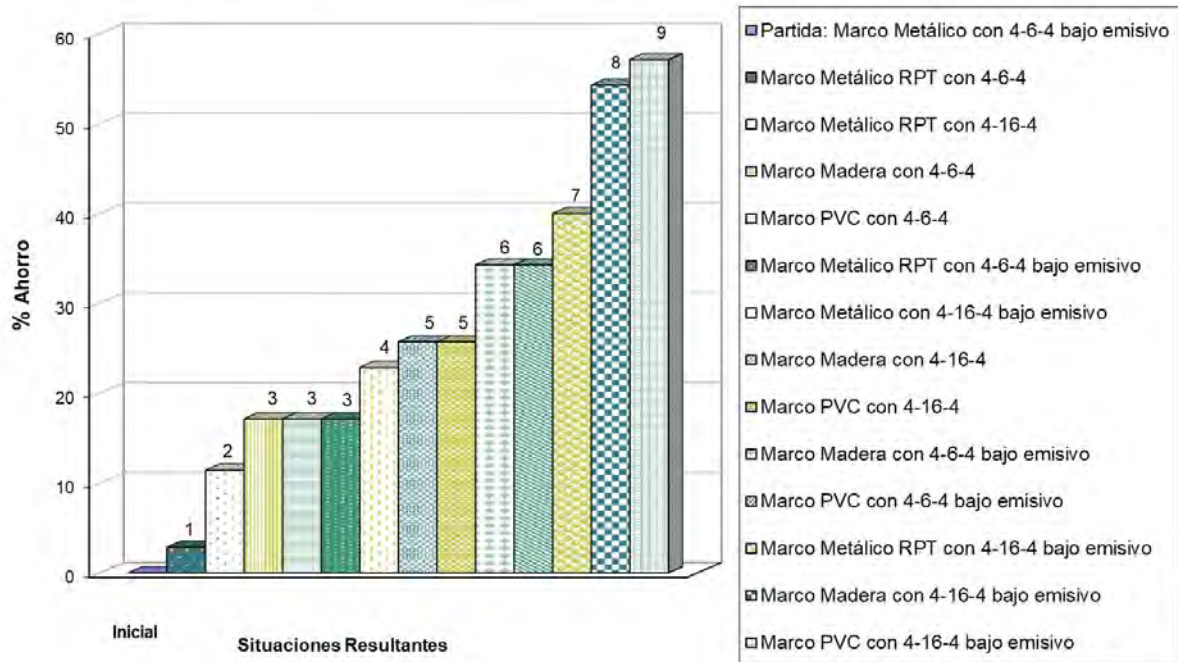
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Metálica	100%	0%
1	Doble	6	Metálica RPT	97%	3%
2	Doble	16	Metálica RPT	89 %	11 %
3	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	83 %	17 %
3	Doble	6	Madera	83 %	17 %
3	Doble	6	PVC	83 %	17 %
4	Doble bajo emisivo	16	Metálica	77 %	23 %
5	Doble	16	Madera	74 %	26 %
5	Doble	16	PVC	74 %	26 %
6	Doble bajo emisivo	6	Madera	66 %	34 %
6	Doble bajo emisivo	6	PVC	66 %	34 %
7	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	60 %	40 %
8	Doble bajo emisivo	16	Madera	46 %	54 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 6. Carpintería metálica con doble acristalamiento bajo emisivo. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble bajo emisivo de 6 mm de cámara con marco metálico por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco de PVC, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 46% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 54%.

5.4 Carpintería metálica RPT y doble acristalamiento

Esta tipología de cerramiento aparece en la edificación hacia los años 1990 como mejora en el comportamiento térmico de las carpinterías metálicas. Suelen ser carpinterías de mayor espesor y dotadas de buenos sistemas de apertura y cierre, no siendo habitual el sistema de corredera. Su comportamiento frente a la permeabilidad puede considerarse como de elevadas prestaciones.

Normalmente siempre están acristaladas con UVAs, en su mayor parte formadas por vidrio banal aunque es cierto que dado que normalmente se trata de carpinterías de un cierto nivel prestacional existe un porcentaje importante dotado de vidrio bajo emisivo.

La posible intervención estará condicionada por la posibilidad de modificar el espesor de la cámara del vidrio o su sustitución.

5.4.1 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal

En este caso la actuación de rehabilitación térmica en aquellas ubicaciones que lo aconsejen supone exclusivamente, como en el apartado 5.3.1, reemplazar el doble acristalamiento existente por uno de igual cámara dotado de vidrio de baja emisividad. Las ganancias pueden ser significativas dado el alto porcentaje de participación del acristalamiento en el hueco.



Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal

La carpintería metálica RPT y doble acristalamiento aparece en la edificación hacia los años 1990 como mejora en el comportamiento térmico de las carpinterías metálicas.

Dotadas de mayor espesor, buenos sistemas de apertura y cierre.

En el caso de carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal, la actuación de rehabilitación térmica consiste en reemplazar el doble acristalamiento existente por uno de igual cámara dotado de vidrio de baja emisividad.

Las ganancias pueden ser significativas dado el alto porcentaje de participación del acristalamiento en el hueco.

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

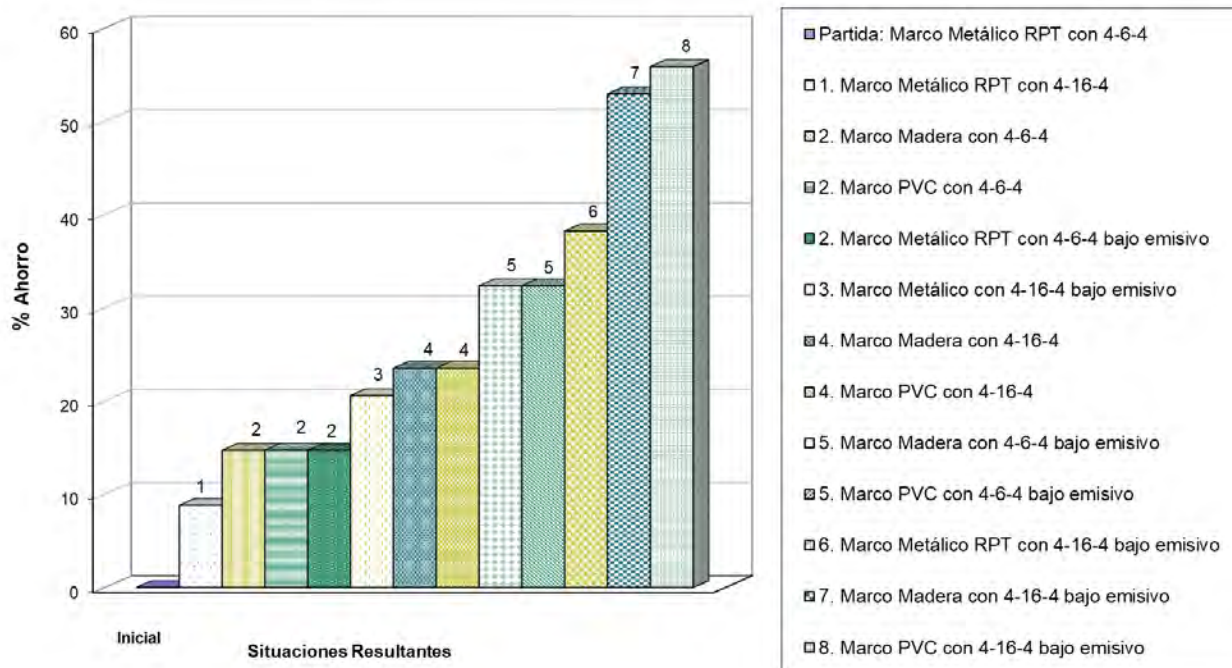
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble	6	Metálica RPT	100%	0%
1	Doble	16	Metálica RPT	91 %	9 %
2	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	85 %	15 %
2	Doble	6	Madera	85 %	15 %
2	Doble	6	PVC	85 %	15 %
3	Doble bajo emisivo	16	Metálica	79 %	21 %
4	Doble	16	Madera	76 %	24 %
4	Doble	16	PVC	76 %	24 %
5	Doble bajo emisivo	6	Madera	68 %	32 %
5	Doble bajo emisivo	6	PVC	68 %	32 %
6	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	62 %	38 %
7	Doble bajo emisivo	16	Madera	47 %	53 %
8	Doble bajo emisivo	16	PVC	44 %	56 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 7 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble de 6 mm de cámara con marco metálico por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco de madera, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 47% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 53%.

5.4.2 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento bajo emisivo

Las carpinterías metálicas de RPT dotadas con doble acristalamiento bajo emisivo corresponden a una tipología de alta gama, normalmente presentes en edificaciones modernas, de menos de 10 años, y en las que ya se ha considerado la incorporación de elementos térmicamente adecuados. Su acristalamiento, además de incorporar vidrios de baja emisividad, lo hacen con espesores de cámara medios y altos.

Dado que se parte de cámaras amplias y que no suele ser posible la modificación de la anchura del galce las mejoras posibles que en ellas pueden realizarse son limitadas y suelen conllevar un coste que es necesario analizar para cada situación. Su mejora solo estará justificada en aquellas regiones donde la climatología en régimen de invierno así lo aconseje.

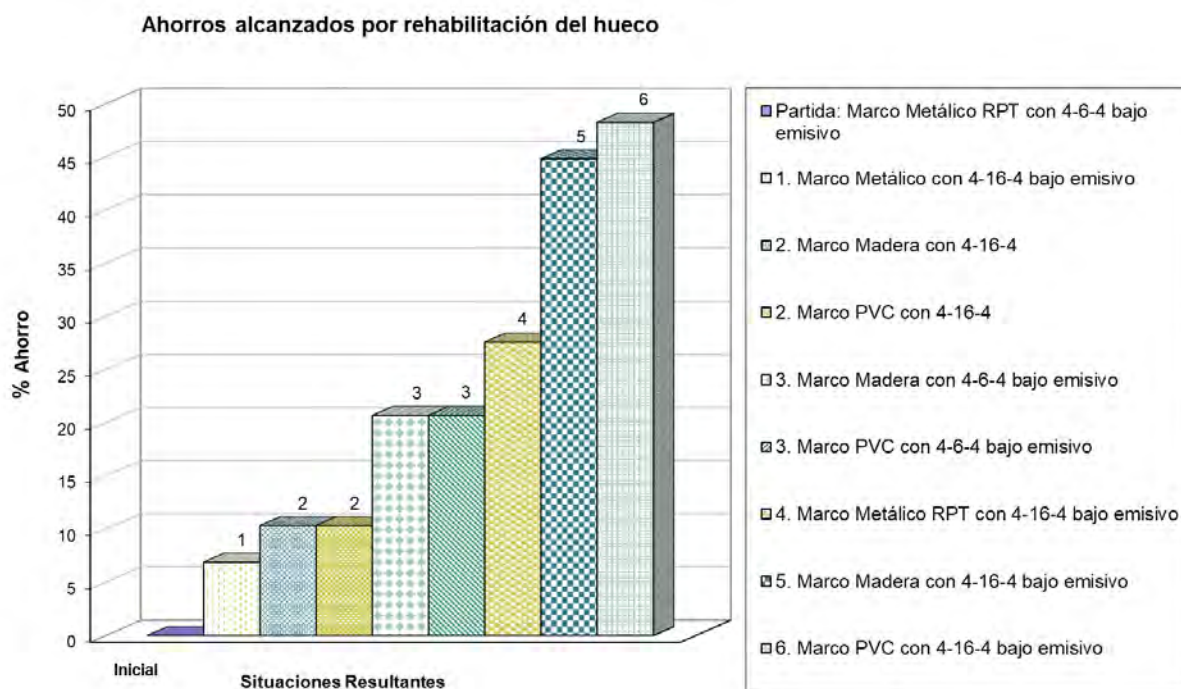
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	100 %	0 %
1	Doble bajo emisivo	16	Metálica	93 %	7 %
2	Doble	16	Madera	90 %	10 %
2	Doble	16	PVC	90 %	10 %
3	Doble bajo emisivo	6	Madera	79 %	21 %
3	Doble bajo emisivo	6	PVC	79 %	21 %
4	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	72 %	28 %
5	Doble bajo emisivo	16	Madera	55 %	45 %
6	Doble bajo emisivo	16	PVC	52 %	48 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento



Gráfica 8. Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento bajo emisivo. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble bajo emisivo de 6mm de cámara con marco metálico con RPT por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16mm de cámara con marco igualmente metálico con RPT o únicamente sustituyendo el vidrio bajo emisivo de 6 mm a 16 mm, al ser el mismo tipo de marco, se consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 72 % de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 28 %.

5.5 Carpintería de madera con doble acristalamiento

La carpintería de madera dotada de doble acristalamiento existente hoy en día en el parque edificatorio suele corresponder con marcos de media y de alta calidad, salvo intervenciones realizadas sobre marcos antiguos que corresponderían con la situación presentada en el apartado 5.1

Normalmente corresponden con sistemas de apertura abatibles y/o oscilobatientes, dotadas de buenos sistemas de cierre que permiten altas prestaciones en términos de permeabilidad.

La situación más corriente que podemos encontrar es la de marcos de madera dotados de doble acristalamiento banal, si bien, como en el caso anterior, cada vez la presencia de estos marcos conjuntamente con acristalamientos bajo emisivos es mayor.



Carpintería de madera con doble acristalamiento

La carpintería de madera dotada de doble acristalamiento existente hoy en día en el parque edificatorio suele corresponder con marcos de media y de alta calidad.

Normalmente corresponden con sistemas de apertura abatibles y/o oscilobatiente, dotadas de buenos sistemas de cierre que permiten altas prestaciones en términos de permeabilidad.

La situación más corriente que podemos encontrar es la de marcos de madera dotados de doble acristalamiento banal, si bien, cada vez es mayor la presencia de estos marcos conjuntamente con acristalamientos bajo emisivos.

5.5.1 Carpintería de madera con doble acristalamiento banal

Como en el caso 5.3.1. la intervención más sencilla, fácil, rápida y económica es la renovación de los acristalamientos, procediendo a su cambio por otros dotados de vidrio bajo emisivo. Esta operación puede aprovecharse para instalar, dentro de los límites mencionados, el acristalamiento con UVAs de la mayor cámara que permita el alojamiento en el marco.

Este caso proporciona los mismos ahorros que en el caso recogido en el apartado 5.3.1., con el mismo acristalamiento pero marco metálico. Las diferencias en estos casos de conjunto vendrán dadas por el material del marco, de su valor de U y de su tamaño, y por ende, por del porcentaje del marco sobre el total de la ventana.

Es importante señalar que la mejora obtenida por la incorporación de vidrio de baja emisividad es notablemente superior a la alcanzada por aumento de la cámara (ver gráfica 1 de apartado 4.2 propiedades del vidrio)

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

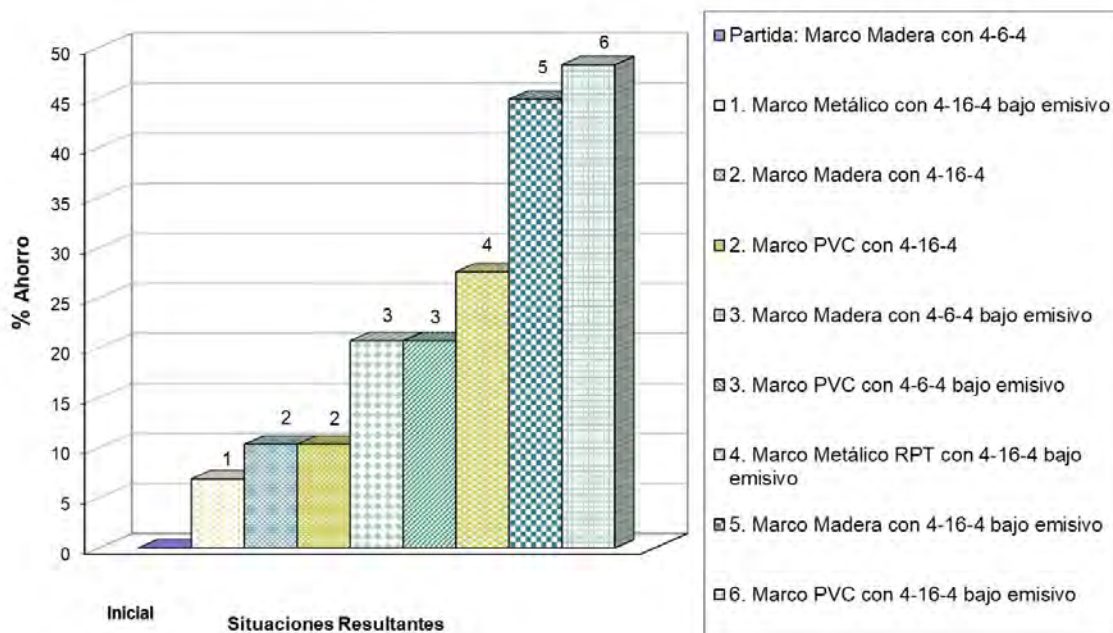
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble	6	Madera	100 %	0%
1	Doble bajo emisivo	16	Metálica	93 %	7 %
2	Doble	16	Madera	90 %	10 %
2	Doble	16	PVC	90 %	10 %
3	Doble bajo emisivo	6	Madera	79 %	21 %
3	Doble bajo emisivo	6	PVC	79 %	21 %
4	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	72 %	28 %
5	Doble bajo emisivo	16	Madera	55 %	45 %
6	Doble bajo emisivo	16	PVC	52 %	48 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 9. Carpintería de madera con doble acristalamiento banal. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble de 6 mm de cámara con marco de madera por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco igualmente de madera, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 55% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 45 %.

5.5.2. Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo

La situación presentada en este apartado es paralela a la del apartado 5.3.2. si bien es cierto que normalmente los marcos de madera ofrecen mayores posibilidades a la hora de aumentar la capacidad del galce. Si esto es posible la intervención es limpia y rápida. Dadas las prestaciones de este tipo carpintería será necesario valorar muy finamente los beneficios logrados.

Puede decirse que para un estado normal de conservación de los marcos es una situación térmicamente buena. Su mejora estará justificada en aquellas regiones donde la climatología en régimen de invierno así lo aconseje.



Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo

Cuando el acristalamiento instalado ya es un vidrio de baja emisividad, si el objetivo es alcanzar mayores reducciones será necesario intervenir sobre el marco.

Analizar si el marco permite la instalación de acristalamientos con mayor cámara para proceder al cambio del doble acristalamiento de baja emisividad por otro de mayor espesor en la cámara y manteniendo la incorporación al mismo de un vidrio de baja emisividad.

Para un estado normal de conservación de los marcos es una situación térmicamente buena. Su mejora estará justificada en aquellas regiones donde la climatología en régimen de invierno así lo aconseje.

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

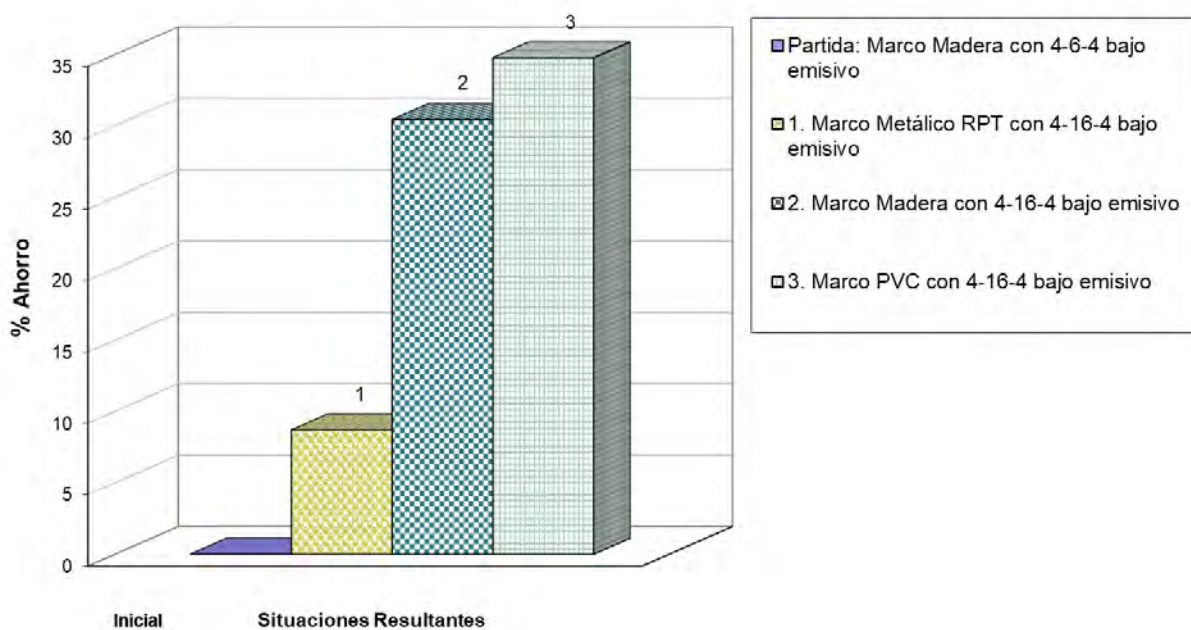
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Madera	100 %	0%
1	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	91 %	9 %
2	Doble bajo emisivo	16	Madera	70 %	30 %
3	Doble bajo emisivo	16	PVC	65 %	35 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 10. Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble bajo emisivo de 6 mm de cámara con marco de madera por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco igualmente de madera, o bien sustituyendo el vidrio, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 70% de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 30%.

5.6 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento

Las carpinterías de PVC, aunque están presentes en el mercado desde hace muchos años, ha evolucionado significativamente y hoy en día nos ofrecen prestaciones y calidades muy superiores a las de sus inicios. En el mercado coexisten diferentes sistemas entre los que diferenciamos los de 2 y 3 cámaras. Como solución de rehabilitación térmica consideramos únicamente las últimas ya que presentan un mejor comportamiento térmico.

Independientemente de las variantes estéticas suelen corresponder, como en el caso de las metálicas con RPT a cerramientos dotados de UVAs banales o dotados de vidrios de baja emisividad.



5.6.1 Carpintería de PVC y doble acristalamiento banal

La única posibilidad de mejora real en este tipo de cerramiento pasa por la sustitución de la UVA banal por otra que incorpore el vidrio de baja emisividad. Vuelve a presentarse en este caso una solución económica, rápida y eficiente.

Las mejoras aportadas serán función del acristalamiento de partida y de la situación final, pudiendo tomarse los valores de referencia indicados en 5.3.1 y posteriormente aplicarlos al marco en estudio.

El aumento de la cámara no suele ser fácil pero tampoco imposible ya que determinados sistemas permiten la modificación de la anchura del galce mediante cambio de los junquillos. En estas situaciones y con las limitaciones mencionadas en los apartados anteriores.

A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

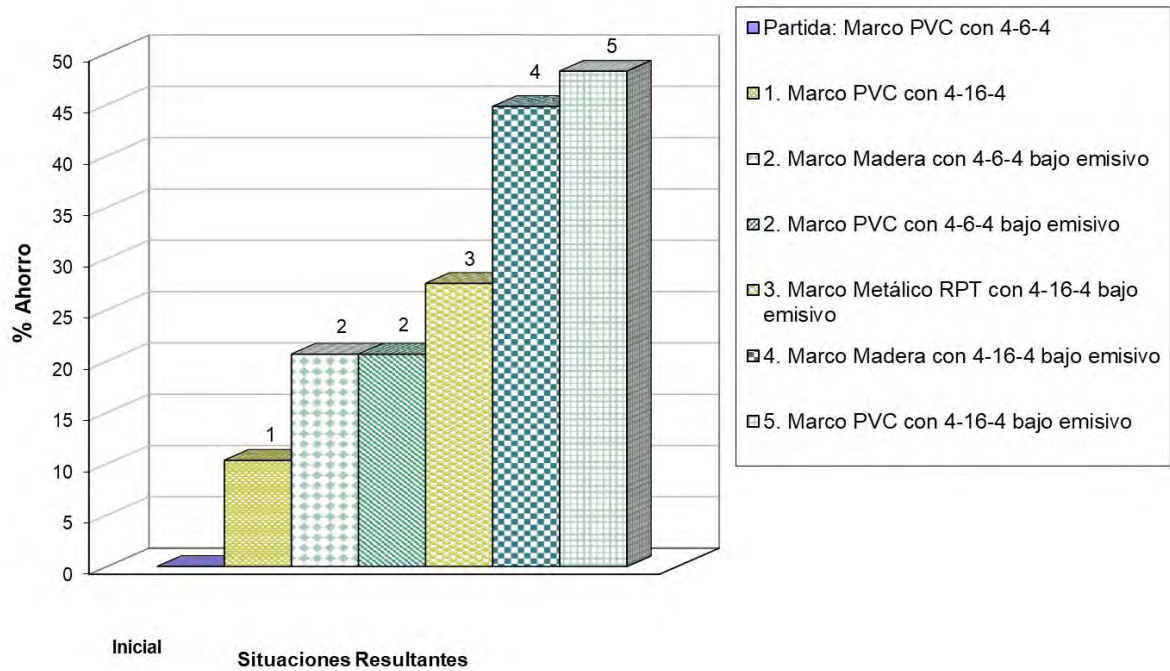
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Doble	6	Madera	100 %	0%
1	Doble	16	PVC	90 %	10 %
2	Doble bajo emisivo	6	Madera	79 %	21 %
2	Doble bajo emisivo	6	PVC	79 %	21 %
3	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	72 %	28 %
4	Doble bajo emisivo	16	Madera	55 %	45 %
5	Doble bajo emisivo	16	PVC	52 %	48 %

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30 % Marco y 70 % acristalamiento

Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco



Gráfica 11. Carpintería de PVC y doble acristalamiento banal. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Esto significa que, por ejemplo, la sustitución de una ventana de vidrio doble bajo emisivo de 6 mm de cámara con marco de PVC por otra ventana de vidrio doble bajo emisivo de 16 mm de cámara con marco igualmente de PVC, o bien sustituyendo el vidrio, consigue que las pérdidas a su través sólo sean el 52 % de la energía que se perdía en la situación inicial (100%) o, lo que es lo mismo, consigue reducir las pérdidas de calor a través del hueco en un 48 %.

5.6.2 Carpintería de PVC y doble acristalamiento bajo emisivo

Las carpinterías de PVC con varias cámaras de aire dotadas de UVAs que incluyan vidrios de baja emisividad, constituyen los cerramientos con mejor comportamiento térmico, sin descartar series de perfiles de otros materiales que presenten igual valor de U, o la incorporación de UVAs con cámaras rellenas de otro gas (Argón o Kriptón) y vidrios de baja emisividad.

Sin embargo, este tipo de ventana no es muy frecuente en España y por tanto no son objeto de esta guía en términos de punto de partida de la rehabilitación sino como una de las posibles situaciones finales.

5.7 Cerramientos acristalados de alta eficiencia con triple acristalamiento

En los últimos años los fabricantes han mejorado las prestaciones de los perfiles permitiendo mejoras significativas en valores de U, permeabilidad al aire, estanquidad al agua o resistencia al viento. Son perfiles que disponen de un galce amplio que permite incorporar triples acristalamientos. Los triples acristalamientos al disponer de una hoja de vidrio adicional tienen mayor masa que un doble acristalamiento banal, por ello los perfiles deberán soportar mayor peso por los herrajes y las hojas.

La siguiente tabla presenta los valores de transmitancia térmica global del hueco calculados de forma análoga al apartado 4.3. Los valores indicados en este capítulo pueden ser reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan a los perfiles y vidrios.

Transmitancia térmica del hueco ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)				
Vidrio (70%)		Marco (30%)		
		Metálico RPT ¹²	Madera ¹³	PVC ¹⁴
		U=2,0	U=1,2	U=1,0
4-18-4-18-4 bajo emisorio ¹⁵	U= 0,7	1,2	1,0	0,9
4-18-4-18-4 bajo emisorio y Argón 90%	U= 0,5	1,1	0,8	0,8

5.7.1 Carpintería metálica RPT y triple acristalamiento bajo emisorio

Los perfiles disponen de una o varias pletinas aislantes que actúan de rotura de puente térmico (su anchura es variable, pero cuanto más ancha sea mejores prestaciones térmicas tendrá el marco), también pueden incluir un relleno de un material aislante en el interior de las cámaras del perfil y el número de cámaras en su interior para este tipo de perfiles es de tres, aunque existen en el mercado perfiles con cinco cámaras que permiten soportar cargas de triples acristalamientos superiores y mayores dimensiones de los cerramientos acristalados.

Las prestaciones térmicas de los perfiles metálicos de RPT de altas prestaciones oscilan entre valores de U de 2,8 $W/m^2 \cdot ^\circ K$ hasta valores de 1,5 $W/m^2 \cdot ^\circ K$.

¹² Rotura de puente térmico de mayor a 24 mm

¹³ Marcos de madera laminado con ranuras

¹⁴ Marcos de PVC de 6 cámaras y refuerzos aislantes

¹⁵ 4-18-4-18-4: Esta nomenclatura indica los espesores vidrio-cámara-vidrio-cámara-vidrio expresados en milímetros, comenzando por el vidrio exterior. Para dos vidrios bajo emisivos con una emisividad de $\epsilon \leq 0,01$ en cada cámara.



5.7.2 Carpintería de madera y triple acristalamiento bajo emisivo

Los perfiles de madera para aumentar sus prestaciones térmicas se puede aumentar el grosor de la carpintería hasta un espesor de 110 mm o bien utilizar perfiles laminados de madera y modificarlos mecánicamente como por ejemplo realizando ranuras que se diseñan para que el resto de prestaciones del cerramiento no se vea afectado. Otros fabricantes han optado por el empleo de perfiles mixtos de madera con otros materiales más aislantes como por ejemplo el corcho o espumas de poliuretano.

Las prestaciones térmicas de los perfiles de madera también se ven afectadas por el tipo de madera empleada. Los valores de U oscilan entre 1,9 a 0,9 $W/m^2 \cdot ^\circ K$ para perfiles de madera laminada con ranuras.

5.7.3 Carpintería de PVC y triple acristalamiento bajo emisivo

Los perfiles de PVC para mejorar sus prestaciones de aislamiento han incorporado mayor número de cámaras, aumentado la profundidad de los perfiles y sustituyendo el refuerzo interior de los perfiles por otros materiales con mejores prestaciones aislantes que sean adecuadas para aportar la correcta rigidez al cerramiento acristalado.

Los valores de U de los perfiles de PVC además de permitir la colocación de triples acristalamientos, presentan valores de 1,0 a 0,8 $W/m^2 \cdot ^\circ K$, sin que se vean comprometidas el resto de propiedades físicas del cerramiento tales como la resistencia al viento, permeabilidad al aire y estanquidad al agua.

6 Ventajas/ Recomendaciones

Cualquier ocasión puede aprovecharse para mejorar el aislamiento térmico de los huecos, siendo una de las soluciones más eficaces tanto por los beneficios alcanzados como por la facilidad y rapidez de la actuación.

El coste de la operación de rehabilitación es muy variable en función de los elementos que se vean afectados. Aquellos casos en los que únicamente se procede a la sustitución de un acristalamiento por otro de mayores prestaciones son soluciones muy económicas y de aplicación muy sencilla. Tanto como lo es reponer un acristalamiento roto.

Las principales ventajas de mejora de la eficiencia energética de la envolvente a través de la rehabilitación de huecos mediante las soluciones aportadas pueden ser entre otras:

- Reducción de la factura energética de cada usuario y consecuentemente del conjunto. Lo que conlleva a la amortización de la intervención en los años posteriores a la misma.
- Mejora del confort térmico, a igualdad de consumo.
- Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂ contribuyendo a la reducción de efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente.
- Reducción de las entradas no deseadas de aire a través del cerramiento.
- A nivel de vivienda unifamiliar puede aplicarse a huecos y orientaciones más desfavorables (orientación norte).
- Reducción de las condensaciones superficiales, interiores a la vivienda, y de aquellas patologías ligadas a las mismas.
- Pueden alcanzarse mejoras en el comportamiento acústico cuando se eliminan marcos en mal estado.
- La actuación sobre el hueco puede realizarse gradualmente con intervención sucesiva sobre los distintos huecos de un edificio, por lo que el coste puede ser fraccionado.
- Esta intervención puede ser limpia y rápida en función de los elementos afectados.

- Esta rehabilitación de un edificio en bloque puede asumirse en términos individuales por el propietario de cada vivienda.
- Esta rehabilitación no supone una pérdida de la superficie útil de la vivienda.
- Puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un edificio.

Cuando proyecte una rehabilitación térmica de los huecos de una edificación le recomendamos:

- Informarse en cada CCAA sobre las ayudas y subvenciones que la Administración pone a disposición de los usuarios para la rehabilitación.
- Instalar vidrios bajo emisivos antes que aumentar el espesor de la cámara, ya que la reducción de U es mucho mayor y se evitan dobles imágenes por reflexión. Los vidrios de baja emisividad son siempre favorables en términos de reducción de transmitancia térmica ofreciendo mayor aislamiento frente a diferencia de temperaturas. La orientación Norte es siempre favorable a este tipo de acristalamiento, ya que no recibe radiación solar directa.
- La instalación de la doble ventana es importante prever el mantenimiento de la misma y en consecuencia las dimensiones y sistemas instalados (CTE DB-SU: Documento Básico de Seguridad de uso).
- Aproveche la ocasión para valorar otras prestaciones de los cerramientos, como son: acústica, control solar, seguridad, mantenimiento...etc
- La instalación de una doble ventana puede ser una solución tan válida como la equivalente de las mencionadas en esta guía, permitiendo acometer la mejora sin necesidad de modificar los paramentos. En este caso deben valorarse las necesidades de acristalamientos específicos en función de la orientación de los mismos y la presencia de persianas entre las dos ventanas.
- Cuando tenga previsto realizar mejoras de mantenimiento en la vivienda tales como renovación de alicatados, enlucidos o pinturas, valore la oportunidad de proceder al cambio de los cerramientos de los huecos con ocasión de los trabajos previstos.
- Cualquier actuación de rehabilitación térmica sobre la parte ciega de la envolvente del edificio (muros de fachada) debe considerar la actuación simultánea sobre los huecos.
- Si se considera la actuación de incorporar terrazas a la vivienda, es una ocasión inmejorable para dotarlas del aislamiento térmico oportuno tanto en los marcos y los paneles opacos como en los acristalamientos. El sobrecoste será únicamente el debido a

la mejora de materiales mientras que posteriores actuaciones de mejora conllevarán costes de derribo y nueva instalación adicionales a los ya realizados.

- Asesórese con profesionales especializados, compare distintas soluciones de marco y acristalamiento y solicite la documentación y certificados de producto oportunos.
- Las soluciones contenidas en esta guía (vidrios bajo emisivos, carpinterías de RPT, diferentes sistemas apertura,...) son soluciones habituales en el mercado y disponibles en los plazos normales de suministro. Solicite información a diferentes proveedores. En caso de dudas contacte con los fabricantes.
- Siempre es aconsejable optar con productos de marcas de calidad voluntarias que avalan la calidad del producto por terceras partes, así como ensayos sobre el producto y procedimientos de fabricación conforme con la normativa vigente.
- Existe un sistema de etiquetado voluntario desarrollado por ASEFAVE (Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas). La Etiqueta de Eficiencia Energética es una herramienta que ayuda en la elección de las ventanas de su vivienda, tanto en obra nueva como para rehabilitación: <https://www.ventanaseficientes.com/>



7 Ejemplo

En este apartado se analizan los diferentes comportamientos energéticos de un mismo edificio en situación sin aislamiento térmico y con rehabilitación térmica de la envolvente.

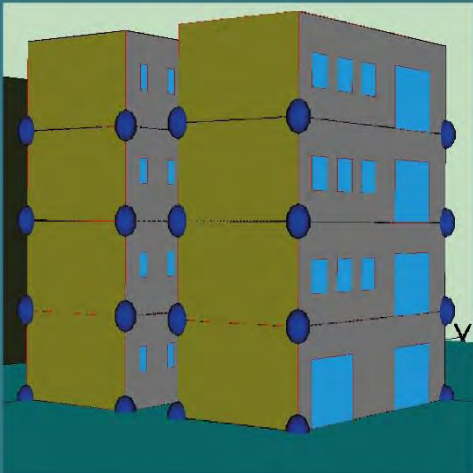
Para establecer una comparación equitativa se ha utilizado el programa de calificación energética CALENER-VYP que facilitaba el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para la certificación energética de los edificios de viviendas (*). Se han introducido en este programa los datos que describen al edificio sin aislamiento en la situación de partida y a este mismo edificio con rehabilitación térmica que se detallarán en cada caso. Además estos dos casos se ubicaron en cinco zonas climáticas diferentes para que el ejemplo resulte más ilustrativo.

(*) Sustituido actualmente por HULC, Herramienta Unificada LIDER-CALENER, disponible para descarga en la página oficial www.codigotecnico.org



7.1 Descripción del edificio sin aislamiento térmico

Se trata de un bloque de viviendas construido posterior al año 1979, situado entre medianeras compuesto de planta baja destinada a locales comerciales y tres plantas de viviendas. Del estudio se ha excluido la planta baja con el fin de obtener resultados propios de una vivienda.



Simulación energética del edificio sin aislamiento térmico

Bloque de viviendas posterior al 1979. Situado entre medianeras. Compuesto de planta baja destinada a locales comerciales y tres plantas de viviendas.

Superficie total edificio: 800 m² (200 m² por planta).

Distribución por planta: 2 viviendas (92 m² de superficie por vivienda, y una altura libre de 2,5 m) + escalera (16 m² de superficie).

Superficie acristalada por planta : 18,8 m² de las fachadas principal y posterior; y, 3,2 m² de los patios interiores.

Superficie de huecos: 16 m² de la planta baja en fachada principal y un 7% de porcentaje de huecos de la envolvente.

El consumo de energía de este edificio se debe principalmente al uso de la calefacción en la temporada de invierno. Cada vivienda dispone de una caldera individual a gas natural cuyas características no se detallan en este estudio ya que no afectan a las conclusiones pues se mantienen en ambas situaciones.

Las características principales del edificio son:

- Superficie total del edificio: 800 m²
- Superficie por planta 200 m²
- Altura libre de las viviendas: 2,5 m
- Distribución por planta: dos viviendas más escalera

Superficies:

- Superficie por vivienda: 92 m²
- Superficie escalera: 16 m²
- Superficie acristalada de las fachadas principal y posterior: 18,8 m² por planta
- Superficie acristalada de los patios interiores: 3,2 m² por planta

018

- Superficie de huecos de la planta baja = 16 m² en fachada principal
- Porcentaje de huecos de la envolvente = 7%

Elemento constructivo	Material	Transmitancia térmica (W/m ² .°K)
Fachadas	½ Pie de ladrillo perforado	1,83
	Mortero de cemento	
	Cámara de aire	
	Tabique ladrillo sencillo	
	Enlucido interior	
Divisorios interiores	Enlucido interior	3,39
	Ladrillo hueco (fábrica)	
	Enlucido interior	
Pared medianera	Enlucido	2,30
	Ladrillo perforado (fábrica)	
	Enlucido interior	
Forjado entre plantas	Pavimento gres	3,25
	Mortero	
	Forjado cerámico	
	Enlucido interior	
Cubierta	Pavimento baldosa cerámica	1,47
	Tela asfáltica	
	Hormigón de pendientes	
	Aislamiento	
	Forjado cerámico	
	Enlucido interior	
Huecos de fachada	Aluminio (marco de perfil hueco)	5,7
	Vidrio sencillo	

El consumo de energía de este edificio se debe principalmente al uso de la calefacción en la temporada de invierno. Cada vivienda dispone de una caldera individual a gas natural cuyas características no se detallan en este estudio ya que no afectan a las conclusiones pues se mantienen en ambas situaciones.

7.2 Descripción del edificio rehabilitado térmicamente

La rehabilitación térmica consiste en la sustitución de todos los huecos de fachada. Se sustituye el vidrio sencillo por un doble acristalamiento bajo emisivo de cámara de 12 mm y el marco por otro de altas prestaciones térmicas. En la siguiente tabla se recogen los valores de transmitancia térmica de los huecos en ambas situaciones:

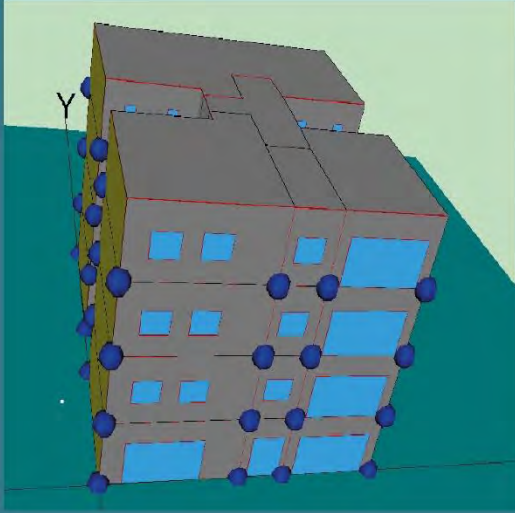
Valores de transmitancia térmica (U)	Situación inicial (valor de U en W/m ² ·°K)	Situación final (valor de U en W/m ² ·°K)
Vidrio (70%)	5,7	1,8
Marco (30%)	5,7	1,7

7.3 Resultados

En la siguiente tabla se expresan los valores de ahorro conseguidos al realizar la rehabilitación térmica del edificio únicamente sustituyendo el 7% de la fachada, o lo que es lo mismo sustituyendo los huecos para todas las diferentes zonas climáticas. Las unidades de consumo de energía primaria vienen expresadas en kWh/m² y año.

	Edificio inicial \ Edificio rehabilitado									
	% Ahorro									
Consumos o emisiones \ zona climática	A3 (Cádiz Málaga)		B3 (Valencia)		C2 (Barcelona)		D3 (Madrid)		E1 (Burgos)	
Consumo energía primaria (kWh/m²·año)	128,9	122	144,7	133,4	161,4	150,4	207,8	191,5	270,2	250,4
	5,4%		7,81%		6,82%		7,84%		7,33%	
Demanda calefacción (kWh/m²·año)	45,7	43,5	69,7	65,2	96,7	90,2	132,2	127,7	213,7	195,0
	4,81%		6,46%		6,72%		7,9 %		8,75%	
Emisiones de CO₂ (kgCO₂/m²·año)	27,7	26,1	30,5	28,0	33,4	31,1	43,5	39,9	55,4	51,3
	5,78%		8,20%		6,89%		8,3%		7,40%	

Los ahorros alcanzados oscilan entre un 5,4 y un 8% del consumo total de energía del edificio dependiendo de la zona climática donde se ubique dicho edificio.



Simulación energética del edificio rehabilitado térmicamente

Sustitución de todos los huecos de fachada. Se sustituye el vidrio sencillo por un doble acristalamiento bajo emisivo de cámara de 12 mm y el marco por otro de altas prestaciones térmicas.

Los ahorros alcanzados oscilan entre un 5,4 y un 8% del consumo total de energía del edificio dependiendo de la zona climática donde se ubique dicho edificio, teniendo en cuenta que estos datos corresponden a la rehabilitación exclusivamente del hueco.

Hay que tener en cuenta que este edificio tiene un porcentaje de huecos en fachada relativamente bajo y aún así los ahorros de energía son considerables. En situaciones donde exista mayor participación de huecos los ahorros alcanzados serán superiores.

Si la rehabilitación térmica del edificio se realizase simultáneamente tanto en el hueco como en el resto de la envolvente (las mayores pérdidas de energía se producen a través de la fachada opaca y cubierta) los ahorros de energía alcanzados podrán superar más de 40% para todas las zonas climáticas.

Es importante tener en cuenta que este edificio tiene un porcentaje de huecos en fachada relativamente bajo y aún así los ahorros de energía son considerables. En situaciones donde exista mayor participación de huecos los ahorros alcanzados serán superiores.

La simulación energética del ejemplo presenta datos de ahorros rehabilitando exclusivamente el hueco y el resto de la envolvente no se ha modificado por tanto no incorpora aislamiento térmico en más del 90% de la piel del edificio, por tanto las mayores pérdidas de energía se producen a través de la fachada opaca y cubierta. Si a dicho edificio simultáneamente se rehabilita térmicamente la cubierta y la parte opaca de la fachada los ahorros de energía alcanzados podrán superar más de 40 % para todas las zonas climáticas. Más información sobre dichos resultados están incluidos en la [Guía Práctica de la energía para la rehabilitación de edificios](#).

8 Glosario

Coefficiente U o Transmitancia térmica: expresa la transferencia térmica a través de una pared por conducción, convección y radiación. Este coeficiente representa el flujo de calor que atraviesa 1 m^2 de pared para una diferencia de temperatura de 1°C entre la cara interior y exterior. Cuanto más bajo sea el coeficiente U más difícil será transmitir el flujo de calor entre el interior y exterior, por tanto más capacidad aislante tendrá.

Emisividad: es una característica de la superficie de los cuerpos, cuanto más baja es la emisividad, menor es la transferencia de calor por radiación. La Emisividad normal del vidrio es de 0,89 y algunos vidrios que están recubiertos de una capa bajo emisiva el valor puede ser inferior a 0,10.

Factor Solar g: se define como la relación entre la energía total que entra en el local a través de dicho acristalamiento y la energía solar incidente. Esta energía total es la suma de la energía solar que entra por transmisión directa y la energía cedida por el acristalamiento al espacio interior, tras su calentamiento por absorción energética.

Galce: espacio de los perfiles destinado al alojamiento de los paneles, ciegos o acristalados. Sus dimensiones deben permitir el correcto sellado del acristalamiento con la carpintería por ambas caras del mismo y la correcta instalación de calzos.

Calzos: elementos de apoyo y sujeción que garantizan y mantienen el correcto posicionamiento del panel en el marco o bastidor.

Sellado: pueden considerarse dos tipos de sellado: el sellado perimetral de las UVAs y el sellado de marco-acristalamiento. El sellado perimetral de las UVAs hace referencia a la barrera de estanquidad de la cámara de aire y puede estar ejecutado con diferentes materiales. El sellado de marco-acristalamiento debe realizarse tanto por el interior como por el exterior del cerramiento y es fundamental para una buena durabilidad de las UVAs.

9 Documentación de referencia:

Manual de producto Ventanas ASEFAVE (Ediciones AENOR) año 2005

Manual del Vidrio – Saint-Gobain Glass. Edición 2001

Manual de producto - Fachadas Ligeras ASEFAVE (Ediciones AENOR) año 2006

[Código Técnico de la Edificación](#): Real Decreto 314/2016, de 17 de marzo y revisión del apartado HE, Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre,



IDAE, Calle Madera, 8. 28004 Madrid

Mail: comunicacion@idae.es; www.idae.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA