



Madrid
Ahorra
con Energía



La Suma de Todos



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

Madrid, 2012



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta Guía.

Depósito Legal: M. 22.032-2012

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores

Capítulo 1. **Introducción**

Yago Massó Moreu

Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (Andimat)
www.andimat.es

Capítulo 2. **Espuma de Poliestireno Expandido**

Raquel López de la Banda

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (Anape)
www.anape.es

Capítulo 3. **Espuma de poliuretano**

Álvaro Pimentel

Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (Atepa)
www.atepa.org

Capítulo 4. **Poliestireno Extruído**

Silvia Herranz

Ursa

www.uralita.com

Marina Alonso Mistou

Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido (Aipex)
www.aipex.es

Capítulo 5. **Lana Mineral**

Mónica Herranz Méndez

Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes (Afelma)
www.aislar.com

Capítulo 6. **Unidades de vidrio aislantes**

Eduardo M.º de Ramos Vilariño

Saint-Gobain Cristalería, S. L.
www.saint-gobain-glass.com

Capítulo 7. **Espumas Flexibles**

Antonio Rodríguez Sanz

Armacell Iberia, S. L.
www.armaflex.es

Llago Massó Moreu

Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (Andimat)
www.andimat.es

Capítulo 8. **Placas de Yeso Laminado**

Sergio Fernández Casado

Ivan Fernández

Pablo Maroto

Knauf

www.knauf.es

Capítulo 9. **Sistemas de Aislamiento Térmico en la Edificación**

Grupo de Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE)

Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (Andimat) y Baumit S.L.
www.andimat.es
www.baumit.es



Índice



	PRESENTACIÓN	13
1.	INTRODUCCIÓN	15
2.	ESPUMA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	19
	2.1. Introducción	19
	2.2. Propiedades y tipos de EPS	22
	2.2.1. Propiedades Físicas	22
	2.2.2. Propiedades Químicas	33
	2.2.3. Propiedades Biológicas	34
	2.3. Aplicaciones relacionadas con la eficiencia energética	34
	2.4. Recomendaciones para el proyecto.	
	Productos recomendados	36
	2.4.1. Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)	37
	2.4.2. Aislamiento de fachadas por el interior	39
	2.4.3. Aislamiento de cubiertas planas. Caso de cubierta invertida	40
	2.4.4. Aislamiento de cubiertas inclinada bajo teja	41
	ANEXO 1	43
3.	POLIURETANO PROYECTADO	47
	3.1. Introducción	47
	3.2. Propiedades	48
	3.2.1. Aislamiento térmico	48
	3.2.2. Aislamiento Acústico	49
	3.2.3. Impermeabilidad de fachadas	51
	3.2.4. Control de Humedad	53
	3.2.5. Seguridad frente al fuego	55
	3.2.6. Salubridad	60
	3.2.7. Sostenibilidad	60
	3.2.8. Estabilidad química	61
	3.2.9. Adherencia	62
	3.2.10. Puesta en obra	62
	3.2.11. Normalización y certificación	63



3.3. Aplicaciones	64
3.3.1. Fachada con aislamiento interior y tabiquería húmeda o seca	64
3.3.2. Fachada con aislamiento exterior y revestimiento continuo	65
3.3.3. Fachada ventilada	66
3.3.4. Fachada con cámara para inyección	68
3.3.5. Cubierta plana transitable o no transitable	69
3.3.6. Cubierta inclinada	70
3.3.7. Cubierta aislada entre tabiques palomeros	71
3.3.8. Cubierta ligera	72
3.3.9. Techo	74
3.3.10. Suelo	75
3.4. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución	75
3.4.1. Control de recepción en obra	75
3.4.2. Control de Ejecución de Obra	76
3.4.3. Control de la obra terminada	77
4. POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)	79
4.1. Introducción	79
4.1.1. Descripción	79
4.1.2. Proceso de fabricación	81
4.1.3. Códigos de designación y Certificados	84
4.2. Propiedades	85
4.2.1. Propiedades térmicas	85
4.2.2. Dimensiones	86
4.2.3. Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas	87
4.2.4. Comportamiento mecánico	88
4.2.5. Comportamiento ante el agua (Absorción de agua)	90
4.2.6. Comportamiento al vapor	91
4.2.7. Comportamiento frente a las heladas	92
4.2.8. Reacción al fuego	92
4.3. Aplicaciones	93
4.3.1. Cubiertas	93
4.3.2. Fachadas	96
4.3.3. Suelos	100
4.3.4. Cámaras frigoríficas	100
4.4. Recomendaciones	101
4.5. Bibliografía	102



5.	LANAS MINERALES	103
5.1.	Introducción	103
5.2.	Propiedades	104
5.2.1.	Aislamiento acústico	105
5.2.2.	Aislamiento térmico	105
5.2.3.	Protección contra el fuego	106
5.2.4.	Triple rentabilidad	106
5.2.5.	Propiedades ambientales	107
5.2.6.	Calidad	107
5.2.7.	Residuos	108
5.2.8.	Salud	109
5.2.9.	Lanas minerales en Europa	109
5.3.	Aplicaciones	110
5.3.1.	Productos	110
5.3.2.	Usos	110
5.4.	Recomendaciones para el proyecto y la ejecución – productos recomendados	111
5.4.1.	Rehabilitación de fachadas	112
5.4.3.	Rehabilitación de elementos horizontales sobre el exterior u otros recintos	122
5.4.4.	Rehabilitación de instalaciones	124
5.4.5.	Rehabilitación de recintos para control del ruido interior: Techos absorbentes acústicos	125
5.5.	Conclusiones	127
6.	UNIDADES DE VIDRIO AISLANTES	129
6.1.	Introducción	129
6.2.	Definición	130
6.2.1.	Sistemas de Unidades de Vidrio Aislante	131
6.2.2.	Tipos de Unidades de Vidrio Aislante según sus prestaciones	135
6.3.	Propiedades	138
6.3.1.	Transmitancia térmica.	138
6.3.2.	Factor solar	144
6.3.3.	Transmisión Luminosa y Selectividad	147
6.4.	Aplicaciones	150
6.5.	Recomendaciones para proyecto y ejecución	151
6.6.	Bibliografía	154
7.	ESPUMAS FLEXIBLES	155
7.1.	Introducción	155
7.2.	Propiedades de las espumas elastoméricas	156



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

7.2.1. Conceptos Generales	156
7.2.2. El coeficiente de conductividad térmica (λ)	157
7.2.3. El factor de resistencia al vapor de agua (Factor μ)	159
7.2.4. Aislamientos elastoméricos y su reacción al fuego	160
7.2.5. Características supervisadas y el marcado CE	161
7.2.6. Legislación sobre las instalaciones térmicas de los edificios	162
7.3. Aplicaciones	164
7.3.1. El aislamiento mejora el rendimiento de las instalaciones	164
7.3.2. Protección contra la congelación	164
7.3.3. Evita las condensaciones	165
7.3.4. Insonorización de las instalaciones	169
7.3.5. Ahorro energético en edificación mediante el empleo de espumas elastoméricas	171
7.4. Recomendaciones	172
7.4.1. Control de proyectos	172
7.4.2. Control de obra. Las condiciones de los materiales de aislamiento y su recepción en obra conforme marca el RITE	173
7.4.3. Casos prácticos para la rehabilitación de edificios con espumas flexibles	173
7.5. Bibliografía	174
8. PLACAS DE YESO LAMINADO (PYL)	175
8.1. Introducción	175
8.2. Propiedades	177
8.2.1. Sostenibilidad	179
8.2.2. Aislamiento y acondicionamiento acústico	180
8.2.3. Protección al fuego	183
8.2.4. Aislamiento térmico	183
8.2.5. Normativas	184
8.3. Aplicaciones	185
8.4. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución	186
8.4.1. Rehabilitación energética	187
8.5. Conclusiones	197
9. SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)	199
9.1. Introducción	199

9.2. Propiedades de los Sistemas SATE	202
9.3. Componentes e instalación del sistema SATE	203
9.3.1. Acciones previas: tratamiento del soporte	203
9.3.2. Fijación	205
9.3.3. Aislamiento	212
9.3.4. Capa base de armadura	216
9.3.5. Capa de acabado	220
9.3.6. Accesorios	227
9.3.7. Otras consideraciones de la instalación	230
9.4. Bibliografía	232

Índice



P RESENTACIÓN

Los edificios de viviendas están configurados, básicamente, por una estructura soporte, una envolvente y unas instalaciones interiores —iluminación, calefacción, etc.—, que se asemejan o tienen cierto paralelismo con la constitución de cualquier ser humano: un esqueleto, una epidermis y unos órganos interiores.

Es evidente que cuando una persona se desea proteger de las inclemencias del tiempo recurre a abrigarse, en primera instancia. Esto supone que en el caso de los edificios, para conseguir unas condiciones de confort en el interior adecuadas, se deba conseguir con la citada envolvente térmica unas características aislantes determinadas.

De no conseguirse esas condiciones de aislamiento térmico, la demanda de energía será mayor que en el caso contrario, lo que supondrá un gasto anual importante. Actualmente, se estima que el consumo de energía final en el sector residencial de la Comunidad de Madrid alcanza el 24%, situándose como el segundo más importante por detrás del sector transporte. La demanda de energía de los edificios depende de muchas variables, pero puede afirmarse que el mayor gasto se debe a la climatización —calefacción y refrigeración— con unos porcentajes que superan siempre el 40% de la factura energética.

El parque de viviendas en nuestra región excede actualmente los 2,6 millones, por lo que el potencial de ahorro en dicho sector es muy importante. En los edificios existentes, las actuaciones de rehabilitación energética deben ir dirigidas, prioritariamente, a la mejora de la envolvente térmica, pues potenciando las denominadas medidas pasivas, mediante el aislamiento térmico de las ventanas, fachadas y cubiertas, se conseguirá reducir el consumo energético por vivienda, garantizando unas condiciones de confort en el interior, tanto térmico como acústico.

La Dirección General de Industria, Energía y Minas y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid editan esta **Guía de Materiales Aislantes y Eficiencia Energética**, con el objetivo de difundir, impul-





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

sar y promocionar las diferentes tecnologías aplicables en materia de rehabilitación energética de edificios de viviendas.

D. Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
Comunidad de Madrid

1

INTRODUCCIÓN

Yago Massó Moreu

***Asociación Nacional de Fabricantes de
Materiales Aislantes (Andimat)***



Esta Guía está dirigida a arquitectos, ingenieros, aparejadores, constructores y demás prescriptores de la edificación e industria que necesitan conocer soluciones de aislamiento para mejorar la eficiencia energética de los edificios, equipos en la edificación e instalaciones industriales.

Se podrán conocer en mayor detalle las peculiaridades de los materiales más habituales en las aplicaciones citadas, la espuma de poliestireno expandido (EPS), espuma de poliuretano (PU), espuma de poliestireno extruado (XPS), lana mineral (MW), unidades de vidrio aislante y espumas flexibles.

Los fabricantes de materiales de aislamiento continúan desarrollando y mejorando las prestaciones de sus productos y en esta Guía se recogen las características de los principales materiales de aislamiento, aplicaciones y ventajas. Además de los materiales incluidos en la Guía existen otros materiales de aislamiento como por ejemplo la arcilla expandida, corcho expandido, lana de madera, perlita expandida, vermiculita exfoliada y vidrio celular, más específicas para determinadas soluciones.

El aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética, que consiste en disminuir el consumo energético sin disminuir el confort, por lo que algunas de sus ventajas son:

- Reducir la factura energética del usuario/propietario y del país: al incorporar aislamiento térmico en el edificio se reducen las pérdidas de calor o frío (invierno/verano) dentro de la vivienda; por tanto, la energía necesaria para calentar o enfriar las habitaciones será menor, haciendo que ahorremos dinero en nuestra factura energética y, a nivel global, que se reduzca el consumo del país.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

- Mejorar el rendimiento de las instalaciones térmicas, ya que el aislamiento evita las pérdidas energéticas en las redes de distribución haciendo que mejore el rendimiento de los equipos con el consiguiente ahorro.
- Mejorar el confort y el bienestar para el usuario: el confort se expresa en una sensación respecto al ambiente. Una vivienda aislada térmicamente contribuye al bienestar del usuario ayudando a mantener una temperatura de confort dentro de la vivienda, tanto en invierno como en verano.
- Disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero (principalmente CO_2): las calderas de gas, derivados del petróleo o carbón emiten gases en su combustión (CO_2 y otros). También la producción de energía eléctrica lleva asociada emisiones de CO_2 . Una casa bien aislada térmicamente contribuye a reducir el consumo de energía y, por tanto, la emisión de gases con efecto invernadero.
- Eliminar condensaciones y mejorar el aislamiento acústico: por un lado se eliminan las humedades interiores que suelen conllevar la aparición de moho y, además, se reduce el ruido procedente del exterior o de los propios vecinos.
- Añadir valor a su edificio: las ventajas descritas pueden utilizarse como argumentos positivos en caso de alquiler o venta.
- Por último, el coste de más aislamiento se amortiza entre 3-5 años por los ahorros energéticos, y el aislamiento no necesita mantenimiento durante toda la vida útil del edificio.

Por lo expuesto puede considerarse que el aislamiento térmico es la medida más sostenible en los edificios. Es comúnmente aceptado que las medidas sostenibles son aquellas que nos permiten seguir creciendo sin hipotecar nuestro futuro. Es decir, aquellas que suponen avances en el desarrollo de la sociedad, de una forma eficiente, ganando en confort y sin atentar contra el medio ambiente. En la edificación, el aislamiento térmico es la única que cumple los tres requisitos: ahorro de energía, disminuye las emisiones de CO_2 y aporta más confort a los usuarios.

En este contexto apuntado, se debe hacer valer el lema: AISLAR MÁS,...MEJOR...Y LO ANTES POSIBLE. Más porque en España la legislación es poco exigente, estamos lejos de los estándares de los países

europeos de nuestro entorno; mejor, pues hay que hacer un esfuerzo en el conocimiento de los materiales, objeto de esta Guía así como en el control de su instalación para que los usuarios reciban lo que han comprado y, lo antes posible, porque estamos poniendo en el mercado edificios poco aislados que precisarán una rehabilitación a corto plazo si no se aíslan correctamente desde ahora.



2

ESPUMA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Raquel López de la Banda
Asociación Nacional de Poliestereno
Expandido (Anape)



2.1. Introducción

El Poliestireno Expandido o EPS es un material plástico espumado utilizado en el sector de la Construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico, en el campo del Envase y Embalaje para diferentes sectores de actividad y en una serie de aplicaciones diversas.

El Poliestireno Expandido - EPS se define técnicamente como: «Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire».

La estructura celular le proporciona sus excelentes prestaciones como aislante térmico y como material aligerante. También destacan dentro de sus cualidades la capacidad para ser moldeado y conseguir, dependiendo de su fabricación, una gran gama de productos con innumerables aplicaciones en edificación y en obra civil.

A continuación se muestra, de manera esquemática, el proceso de fabricación del poliestireno expandido, partiendo de su materia prima: el poliestireno expandible (material granulado con agente expandente en su interior), Figura 1.

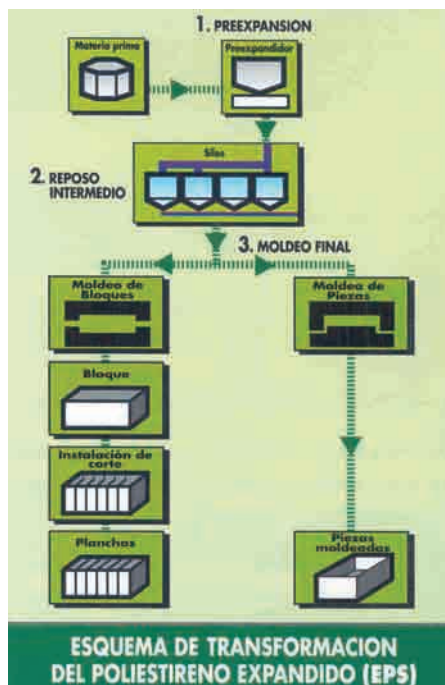


Figura 2.1. Esquema de transformación del Poliestireno Expandido (EPS).
Fuente: ANAPE.

El proceso de transformación se lleva a cabo únicamente medios físicos (el proceso de obtención de la materia prima es un proceso químico desde el pozo petrolífero hasta el envasado del llamado "Poliestireno expandible", en cambio, el proceso de transformación se lleva a cabo únicamente por medios físicos), al Poliestireno Expandido: el EPS:

1.ª Etapa: Preexpansión:

Por preexpansión se entiende el reblandecimiento de las partículas de materia prima por efecto del calor y el subsiguiente hinchamiento de estas partículas derivado del aumento de volumen del agente de expansión (pentano). Para este proceso, la materia prima se calienta en unas instalaciones especiales denominadas preexpansores, con vapor de agua a temperaturas situadas entre aprox. 80 y 110 °C. Los preexpansores pueden ser continuos (alimentación de materia prima y vapor de forma ininterrumpida) o discontinuos (cerrados y con dosificación definida de materia prima). En función de la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m³ a densidades mecánicas de las mismas que resulta muy conveniente antes del transporte neumático a los silos de reposo intermedio. En la imagen, Foto 1, se muestra el antes y después de esta etapa.



Foto 1: Materia Prima antes y después de la Etapa de Preexpansión.
Fuente: ANAPE.

Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas que oscilan, normalmente, entre los 10 - 30 kg/m³. En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

El proceso de preexpansión puede proseguir una vez transcurrido un determinado periodo de reposo intermedio cuando se desea obtener una densidad aparente menor y no es viable conseguirlo en una única pre expansión.

Lecho fluidizado: esta es una instalación de secado, que se instala a la salida del preexpansor y donde se secan las perlas dentro de una corriente de aire ascendente consiguiéndose una estabilización mecánica de las mismas que resulta muy conveniente antes del transporte neumático a los silos de reposo intermedio.

2.ª Etapa: Reposo intermedio y estabilización.

Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

intermedio del material preexpandido en silos ventilados. Durante el reposo intermedio se desarrollan simultáneamente varios procesos:

- a) Se difunde aire al interior de las celdillas a través de sus membranas consiguiendo la estabilidad mecánica de las partículas.
- b) Se emite humedad a la atmósfera mejorándose el transporte de las perlas y el llenado de moldes complicados.
- c) Se elimina por difusión el exceso de agente de expansión reduciéndolo a las cantidades estrictamente necesarias para la siguiente etapa.

3.ª Etapa: Expansión y moldeo final:

En esta etapa las perlas preexpandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas, a través de una nueva expansión se sueldan entre sí formándose una estructura poliédrica.

De esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc.) o productos conformados con su acabado definitivo.

Este proceso hace que el EPS esté compuesto por un 98% de aire, confiriéndole gran capacidad aislante y, además, se le puede dar cualquier forma deseada a través del moldeo.

2.2. Propiedades y tipos de EPS

A continuación se explican las propiedades más importantes del EPS relacionadas con el aislamiento en edificación, siguiendo las directrices marcadas en la norma armonizada UNE EN 13163 de aislamiento en edificación.

2.2.1. Propiedades Físicas

2.2.1.1. Resistencia térmica y conductividad térmica (esta propiedad siempre se declara)

Normas de ensayo: UNE-EN 12667 y UNE-EN 12939

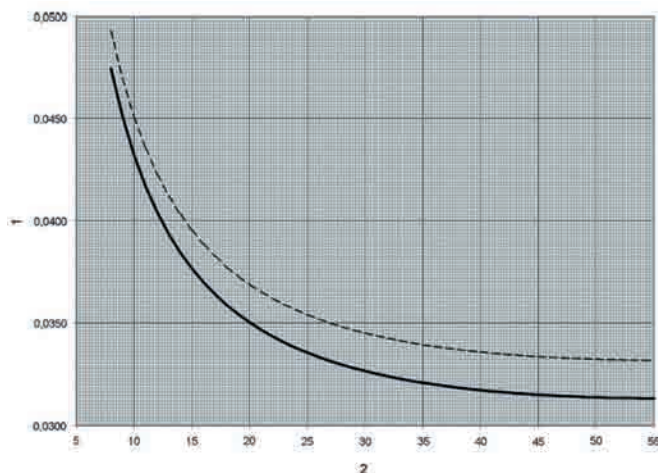
Cada fabricante debe declarar el valor de la resistencia térmica y de la conductividad térmica. Esta es una de las principales diferencias

con la anterior norma UNE que regulaba estos productos en España, en la que la propia norma marcaba el valor de la conductividad térmica para cada uno de los tipos de EPS. Ahora es el fabricante, y no la norma, el que dice cual es el valor de esta propiedad para cada uno de sus productos.

Además, esta propiedad debe obtenerse después de aplicar un proceso estadístico a los valores obtenidos por ensayo en una serie de muestras, de forma que el valor declarado represente al menos el 90 % de la producción con un nivel de confianza del 90 %. Con ello se obtienen los valores de la resistencia térmica $R_{90/90}$ y de la conductividad térmica $\lambda_{90/90}$. Estos valores se redondean a la baja y al alza, respectivamente, para obtener los valores declarados, R_D y λ_D .

Por último, estas propiedades se expresan a una temperatura de 10 °C y en $m^2 \cdot K/W$ para la resistencia térmica, y en $W/(m \cdot K)$ para la conductividad térmica.

A continuación, Gráfico 1, se reproduce la curva que aparece en el anexo B de la norma armonizada. Esta curva expresa la relación entre la conductividad térmica (para un espesor de referencia de 50 mm y a una temperatura media de 10 °C) y la densidad aparente. Esta curva sólo es válida para productos de EPS obtenidos con materias primas estándar. Otros productos obtenidos a partir de materias primas especiales que incorporan aditivos para mejorar el comportamiento térmico, tienen otra curva distinta.



Leyenda:

1. Conductividad térmica λ en $W/(m \cdot K)$

2. Densidad aparente ρ_a en kg/m^3

En línea continua se indica la conductividad térmica media λ_{med} .

En línea discontinua se indica la conductividad térmica prevista λ_{prev} .

Gráfico 1. Relación entre la conductividad térmica y la densidad aparente.
Fuente: ANAPE.





Asimismo, se puede obtener un valor más exacto de esta propiedad empleando las siguientes fórmulas (para valores de densidad comprendidos entre 8 y 55 kg/m³):

$$\lambda_{\text{med}} = 0,025314 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot r_a + 0,173606 / r_a \quad [\lambda_{\text{med}} \text{ en W/(m}\cdot\text{K)} \text{ y } r_a \text{ en kg/m}^3]$$

$$\lambda_{\text{prev}} = 0,027167 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot r_a + 0,173606 / r_a \quad [\lambda_{\text{med}} \text{ en W/(m}\cdot\text{K)} \text{ y } r_a \text{ en kg/m}^3]$$

En cualquier caso, se debe emplear en los cálculos los valores declarados por el fabricante, empleando la información anterior para obtener valores de referencia.

A continuación, en la Tabla 1, se indican los valores más habituales de la conductividad térmica, para una serie de densidades recomendadas.

Tabla 1. Conductividad térmica.

DENSIDAD KG/M³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA – W/(m·K)	
	MEDIA	PREVISTA
15	0,038	0,040
18	0,036	0,038
20	0,035	0,037
22	0,034	0,036
25	0,034	0,035
28	0,033	0,035
30	0,033	0,035
32	0,032	0,034
35	0,032	0,034

Fuente: ANAPE.

2.2.1.2. Tolerancias dimensionales (esta propiedad siempre se declara)

Normas de ensayo: UNE-EN 822, UNE-EN 823, UNE-EN 824 y UNE-EN 825

Las tolerancias dimensionales de los productos manufacturados de poliestireno expandido, no pueden exceder de los valores indicados en la Tabla 2, en función de la clase declarada por el fabricante:

Tabla 2. Tolerancias dimensionales.

PROPIEDAD	CLASE	TOLERANCIAS	
		PLANCHAS	ROLLOS
Longitud	L1	$\pm 0,6\%$ o ± 3 mm ^a	-1% + sin restricción
	L2	± 2 mm	
Anchura	W1	$\pm 0,6\%$ o ± 3 mm ^a	$\pm 0,6\%$ o ± 3 mm ^a
	W2	± 2 mm	
Espesor ^b	T1	± 2 mm	
	T2	± 1 mm	
Rectangularidad	S1	± 5 mm / 1.000 mm	
	S2	± 2 mm / 1.000 mm	
Planeidad ^c	P1	± 30 mm	
	P2	± 15 mm	
	P3	± 10 mm	
	P4	± 5 mm	
^a El que presente la mayor tolerancia numérica.			
^b Para otras clases ver 4.3.13.1.			
^c La planeidad está en metros corridos.			

Fuente: ANAPE.

2.2.1.3. Estabilidad dimensional

Normas de ensayo: UNE-EN 1603 y UNE-EN 1604

Se distinguen dos tipos de estabilidad dimensional. La primera se refiere a la obtenida en las condiciones constantes de laboratorio (23 °C y 50 % de humedad relativa), y la segunda a la obtenida bajo unas condiciones específicas de temperatura y humedad aplicadas durante un periodo de tiempo (normalmente 48 horas).

La estabilidad dimensional indica la alterabilidad del material ante los cambios ambientales y se puede usar para probar la durabilidad de la resistencia térmica frente al calor, la climatología, el envejecimiento y la degradación.

Para la estabilidad dimensional en condiciones constantes de laboratorio, Tabla 3, se distinguen dos clases (siempre se declara):





Tabla 3. Estabilidad dimensional en condiciones constantes.

CLASE	REQUISITO %
DS(N) 5	$\pm 0,5 \%$
DS(N) 2	$\pm 0,2 \%$

Fuente: ANAPE.

Para la estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad, Tabla 4, se distinguen los siguientes niveles y condiciones (se declara obligatoriamente la primera de las indicadas en la siguiente tabla):

Tabla 4. Estabilidad dimensional en condiciones específicas.

NIVEL	CONDICIONES	REQUISITO
---	48 h, $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, $(90 \pm 5) \%$ H.R.	
DS(70,-)1	48 h, 70°C	1
DS(70,-)2	48 h, 70°C	2
DS(70,-)3	48h, 70°C	3
DS(70,90)1	48h, 70°C , 90% H.R.	1

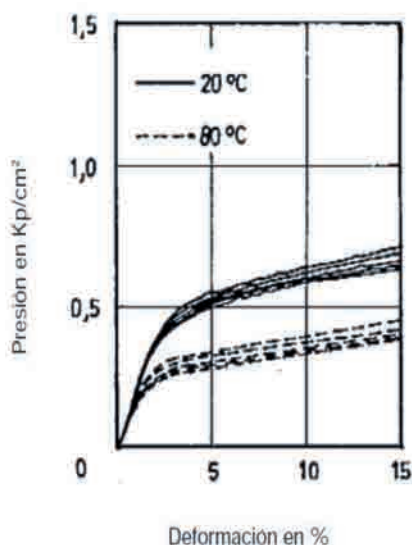
Fuente: ANAPE.

Los requisitos indicados en las tablas anteriores se entienden como el valor del cambio relativo en longitud Δe_l , anchura Δe_b y espesor Δe_e .

2.2.1.4. Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y temperatura

Norma de ensayo: UNE-EN 1605

Esta propiedad indica el comportamiento de un material sometido a carga. El comportamiento de la deformación del material depende de la temperatura ambiental, siendo mayor la deformación cuanto mayor es la temperatura, tal y como muestra la Gráfica 2.



Gráfica 2. Deformación del material vs temperatura. Fuente: ANAPE.

Para esta propiedad se distinguen los niveles, condiciones y requisitos que se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Niveles, condiciones y requisitos.

NIVEL	CONDICIONES	REQUISITO
DLT(1)5	carga: 20 kPa temperatura etapa A: (23±5)°C temperatura etapa B: (80±1)°C tiempo en cada etapa: (48±1)h	≤ 5%
DLT(2)5	carga: 40 kPa temperatura etapa A: (23±5)°C temperatura etapa B: (70±1)°C tiempo en cada etapa: (168±1)h	≤ 5%
DLT(3)5	carga: 80 kPa temperatura etapa A: (23±5)°C temperatura etapa B: (60±1)°C tiempo en cada etapa: (168±1)h	≤ 5%

Fuente: ANAPE.

El requisito indicado en la Tabla 5 expresa el valor máximo de la diferencia entre la deformación relativa después de la etapa A y la deformación relativa después de la etapa B.



2.2.1.5. Resistencia a flexión

Norma de ensayo: UNE-EN 12089

Un adecuado nivel de esta propiedad asegura una buena cohesión del material y, por tanto, unas propiedades de absorción de agua. La norma armonizada exige que el nivel mínimo de esta propiedad sea de 50 kPa (para asegurar la manipulación) pero permite que se declaren otros niveles superiores, Tabla 6. se suelen recomendar valores superiores a los 100 kPa:

Tabla 6. Resistencia a flexión.

NIVEL	REQUISITO kPa
BS50	≥50
BS75	≥75
BS100	≥100
BS115	≥115
BS125	≥125
BS135	≥135
BS150	≥150
BS170	≥170
BS200	≥200
BS250	≥250
BS350	≥350
BS450	≥450
BS525	≥525
BS600	≥600
BS750	≥750

Fuente: ANAPE.

2.2.1.6. Tensión de compresión

Norma de ensayo: UNE-EN 826

Propiedad necesaria para aplicaciones en las que se aplica carga sobre el material aislante. La propiedad indica la tensión de compresión.



sión cuando el material se deforma un 10 % de su espesor. La norma armonizada permite que se declaren los valores que se muestran en la Tabla 7 para esta propiedad:

Tabla 7. Tensión a compresión.

NIVEL	REQUISITO kPa
CS(10)30	≥30
CS(10)50	≥50
CS(10)60	≥60
CS(10)70	≥70
CS(10)80	≥80
CS(10)90	≥90
CS(10)100	≥100
CS(10)120	≥120
CS(10)150	≥150
CS(10)200	≥200
CS(10)250	≥250
CS(10)300	≥300
CS(10)350	≥350
CS(10)400	≥400
CS(10)500	≥500

Fuente: ANAPE.

Para buenas prestaciones térmicas se suelen recomendar valores superiores a 60 kPa.

2.2.1.7. Fluencia a compresión

Norma de ensayo: UNE-EN 1606

La fluencia a compresión es la deformación bajo una carga específica (σ_c) en relación con el tiempo. Con esta propiedad se declara: la reducción total de espesor, el valor máximo de fluencia a compresión, el tiempo de extrapolación en años y la tensión declarada a la que se produce. Así, por ejemplo, un código CC(2/1,5/25)50 significa una fluencia a compresión que no excede del 1,5 % y de 2 % para la reduc-



ción total de espesor después de una extrapolación de 25 años bajo una carga declarada de 50 kPa.

En el punto D.2 de la norma UNE-EN 13163 se indica una relación entre el comportamiento a compresión a largo plazo y la tensión de compresión al 10 % de deformación, de forma que se espera que los productos de poliestireno expandido se espera que tengan una fluencia a compresión del 2 % o menos después de 50 años, mientras se sometan a una tensión de compresión permanente del 30 % de la correspondiente a la tensión de compresión (es decir, para una tensión de compresión CS(10)100, la fluencia a compresión será igual o menor del 2 % para una compresión permanente de 30 kPa durante 50 años).

2.2.1.8. Absorción de agua

Norma de ensayo: UNE-EN 12087 y UNE-EN 12088

Se trata de ensayos acelerados para determinar el comportamiento del material al estar en contacto con el agua. Hay dos tipos:

- Absorción de agua a largo plazo por inmersión (UNE-EN 12087). Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 días manteniéndolo completamente sumergido. Se permiten varios niveles como muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Absorción de agua a largo plazo por inmersión.

NIVEL	REQUISITO %
WL(T)5	≤5
WL(T)4	≤4
WL(T)3	≤3
WL(T)2	≤2
WL(T)1	≤1
WL(T)0.7	≤0.7

Fuente: ANAPE.

- Absorción de agua a largo plazo por difusión (UNE-EN 12088). Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 días

siendo atravesado continuamente por vapor de agua, por ello, este ensayo es más exigente que el de inmersión. Se permiten cuatro niveles como muestra la Tabla 9:

Tabla 9. Absorción de agua a largo plazo por difusión.

NIVEL	REQUISITO %
WD(V)15	≤ 15
WD(V)12	≤ 12
WD(V)10	≤ 10
WD(V)7	≤ 7
WD(V)5	≤ 5
WD(V)3	≤ 3

Fuente: ANAPE.

2.2.1.9. Resistencia a la congelación-descongelación

Norma de ensayo: UNE-EN 12091

Se trata de un ensayo acelerado en el que se somete al material a 300 serie de ciclos de congelación (-20 °C) y de descongelación (+20 °C), comprobando la variación en el nivel de absorción de agua y en la tensión a compresión. En este caso, la exigencia de la norma UNE EN 13163 es que la variación de la tensión de compresión sea inferior al 10 % después del ensayo.

2.2.1.10. Clasificación de reacción al fuego

Norma de ensayo: UNE-EN 13501-1

La reacción ante el fuego es la única propiedad en el campo de los productos de aislamiento térmico para los cuales la Unión Europea ha impuesto Euroclases. Los productos de poliestireno expandido desnudos obtiene una clasificación E o F. En la aplicación final de uso, el conjunto poliestireno expandido más revestimiento puede obtener Euroclases E, D, C o B. Por ejemplo, el EPS recubierto de una capa de yeso o de mortero de 2 cm de espesor obtiene la clasificación **B, s1 d0**.





2.2.1.11. Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ

Norma de ensayo: UNE-EN 12086

El factor de resistencia a la difusión del vapor de agua se usa para la comprobación de las condensaciones del vapor de agua. A falta de valores declarados por el fabricante, la norma UNE-EN 13163 en su anexo D.2 indica los valores recogidos en la Tabla 10:

Tabla 10. Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua.

TIPO	TENSIÓN DE COMPRESIÓN	RESISTENCIA A FLEXIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA μ	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA δ mg/(Pa · h · m)
EPS 30	30 kPa	50 kPa	20 a 40	0,018 a 0,036
EPS 50	50 kPa	75 kPa		
EPS 60	60 kPa	100 kPa		
EPS 70	70 kPa	115 kPa		
EPS 80	80 kPa	125 kPa		
EPS 90	90 kPa	135 kPa	30 a 70	0,010 a 0,024
EPS 100	100 kPa	150 kPa		
EPS 120	120 kPa	170 kPa		
EPS 150	150 kPa	200 kPa		
EPS 200	200 kPa	250 kPa	40 a 100	0,007 a 0,018
EPS 250	250 kPa	350 kPa		
EPS 300	300 kPa	450 kPa		
EPS 350	350 kPa	525 kPa		
EPS 400	400 kPa	600 kPa		
EPS 500	500 kPa	750 kPa		

Fuente: ANAPE.

2.2.1.12. Otras propiedades mecánicas

Existen otras propiedades mecánicas que son relevantes para aplicaciones del producto con misión de aislamiento acústico, sobre todo a ruido de impacto. Estas propiedades son:

— la rigidez dinámica

Determinada según la norma UNE-EN 29052-1 y se expresa el resultado en niveles $\leq X$ (MN/m³): SD 50, SD 40, SD 30, SD 20, SD 15, SD 10, SD 7, SD 5.



— la compresibilidad

Determina la diferencia de espesor que sufre el producto sometido a una carga según la norma UNE EN 12431.

2.2.2. Propiedades Químicas

Compatibilidad con otros productos

SUSTANCIA	SUSTANCIA	SUSTANCIA	SUSTANCIA
Agua	+ Ácidos débiles:	Ácidos débiles:	Acilonitrilo -
Agua del mar	+ Ácido carbónico	+ Ácido carbónico	+ Cetonas -
Lejías:	Ácido cítrico	+ Ácido cítrico	+ Diluyentes para lacas -
Agua amoniacal	+ Ácido húmico	+ Ácido húmico	+ Dimetilformamida -
Agua de cal	+ Ácido láctico	+ Ácido láctico	+ Ester -
Lejías blanqueantes	+ Ácido tartárico	+ Ácido tartárico	+ Eter -
Potasa cáustica	+ Gases:	Gases:	Hidrocarburos halogenados -
Soluciones jabonosas	+ a) Inorgánicos:	a) Inorgánicos:	Tetrahidrofurano -
Sosa cáustica	+ Amoniacó	- Amoniacó	- Mat. Const. Inorgánicos:
Ácidos diluidos:	Bromo	- Bromo	- Anhídrita +
Ácido acético, 50%	+ Cloro	- Cloro	- Arena +
Ácido clorhídrico, 7%	+ Dióxido de azufre	- Dióxido de azufre	- Cal +
Ácido clorhídrico, 18%	+ b) Orgánicos:	b) Orgánicos:	- Cemento +
Ácido fluorhídrico, 4%	+ Butadieno	- Butadieno	- Yeso +
Ácido fluorhídrico, 40%	+ Butano	- Butano	- Mat. Const. Orgánicos:
Ácido fórmico, 50%	+ Buteno	- Buteno	- Bitumen +
Ácido fosfórico, 7%	+ Etano	+ Etano	+ Bitumen frío/masillas
Ácido fosfórico, 50%	+ Eteno	+ Eteno	+ base acuosa +
Ácido nítrico, 13%	+ Etino	+ Etino	+ Bitumen frío/masillas
Ácido nítrico, 50%	+ Gas natural	+ Gas natural	+ Base disolvente -
Ácido sulfúrico, 10%	+ Metano	+ Metano	+ Hidrocar. aromáticos:
Ácido sulfúrico, 50%	+ Óxido de propileno	- Óxido de propileno	- Benceno -
Ácidos concentrados:	Propano	+ Propano	+ Cumeno -
Ácido acético, 96%	- Propeno	+ Propeno	+ Estireno -
Ácido clorhídrico, 36%	+ Gases licuados:	Gases licuados:	Etilbenceno -
Ácido fórmico, 99%	+ a) Inorgánicos:	a) Inorgánicos:	Fenol, sol. Acu. 1% +
Ácido nítrico, 65%	+ Amoniacó	+ Amoniacó	+ Fenol, sol. Acu. 33% +
Ácido propiónico, 99%	- Dióxido de azufre	- Dióxido de azufre	- Tolueno -
Ácido sulfúrico, 98%	+ Gases nobles	+ Gases nobles	+ Xileno -
Ácidos fumantes:	Hidrógeno	+ Hidrógeno	+ Vapores de:
Ácido nítrico	- Nitrógeno	+ Nitrógeno	+ Alcanfor -
Ácido sulfúrico	- Oxígeno	+ Oxígeno	+ Naftalina -
Anhídridos:	b) Orgánicos:	b) Orgánicos:	
Anhídrido acético	- Butano	- Butano	
Dióxido de carbono, sólido	+ Buteno	- Buteno	
Trióxido de azufre	- Butadieno	- Butadieno	
	Etano	+ Etano	

+ Sin variación; ± Ligera variación; - Fuerte variación



2.2.3. Propiedades Biológicas

El poliestireno expandido no constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad el EPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados.

En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85 °C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

Para mayor información sobre estas propiedades se puede consultar EL LIBRO BLANCO DEL EPS publicado por ANAPE.

2.3. Aplicaciones relacionadas con la eficiencia energética

Por su versatilidad y su amplia gama de propiedades, el EPS puede usarse en muchas aplicaciones relacionadas con la eficiencia energética. Aunque, aparentemente, sólo las planchas de aislamiento parecen ser una causa directa de ahorro energético, también las bovedillas, originariamente pensadas para el aligeramiento, aportan aislamiento en planta baja, en voladizos o locales de distinto uso. Del mismo modo, en ingeniería civil, el uso de poliestireno expandido reduce el empleo y transporte de otros materiales más pesados que consumen más energía.

A continuación, en la Tabla 11 se hace una relación de **normas de producto** que regulan las propiedades del EPS en las aplicaciones más habituales, todas armonizadas (por lo tanto preceptivas para el mercado CE) menos la referente a bovedillas aplicadas con forjados de nervios hormigonados in situ, de momento, voluntaria.

Tabla 11. Normas de producto que regulan las propiedades del EPS en las aplicaciones más habituales.

APLICACIÓN	NORMATIVA
Aislamiento en edificación	UNE EN 13163. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS) Especificación.
Forjados	UNE EN 15037-4. Productos de hormigón prefabricado. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 4; Bovedillas de poliestireno expandido. UNE 53674. Plásticos. Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra.
Ingeniería civil	UNE EN 14933. Productos aislantes térmicos y de relleno ligero para aplicaciones en la ingeniería civil. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.
Equipos de edificación e Instalaciones industriales	UNE EN 14309. Productos aislantes térmicos para equipos de edificación e instalaciones industriales. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS) Especificación.



Fuente: ANAPE.

Las especificaciones de los productos deben quedar recogidas en las etiquetas y en la información suministrada por el fabricante. Dicha información debe recoger de forma expresa aquellas especificaciones necesarias para cada aplicación constructiva, como muestra la Figura 2.

A continuación presentamos un ejemplo de ETIQUETA de un producto de EPS empleado como aislamiento térmico en edificación.

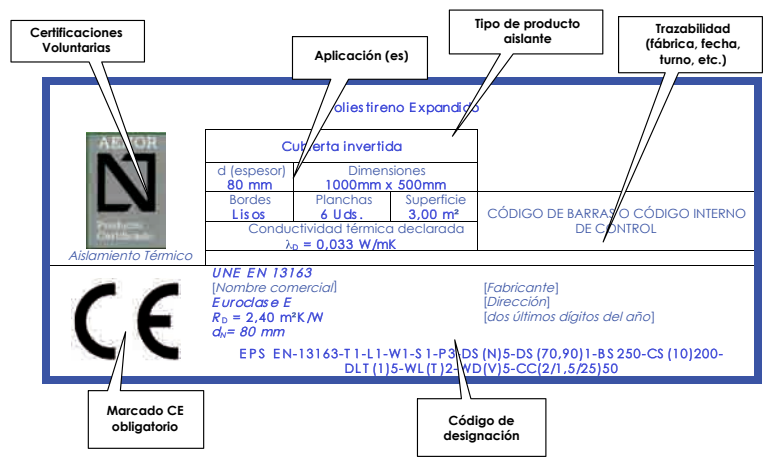


Figura 2. Ejemplo etiqueta de producto. Fuente: ANAPE.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

De todas las propiedades que se tratan en las normas, sólo algunas son de declaración obligatoria, el resto se suelen declarar cuando son relevantes para una aplicación o solución constructiva determinada.

Las soluciones constructivas más usadas en las que se usa EPS son:

FACHADAS	
Aislamiento intermedio	Doble hoja cerámica
	Trasdosado interior aislante (doublage)
	Relleno de perlas sueltas
Aislamiento por el exterior	Bajo revoco
	Fachada ventilada
CUBIERTAS	
Cubiertas Planas	Plana Invertida
	Plana convencional
Cubierta inclinada	Aislamiento sobre soporte horizontal (entre tabiquillos)
	Aislamiento sobre soporte inclinado
SUELOS, FORJADOS Y MUROS ENTERRADOS	Aislamiento en planchas interiores o exteriores
	Encofrados aislantes. ICF (Insulated concrete forms)
	Bovedillas para forjados unidireccionales o reticulares



Foto 2: Cubierta plana.
Fuente: ANAPE.



Foto 3: Cubierta inclinada.
Fuente: ANAPE.

2.4. Recomendaciones para el proyecto. Productos recomendados

No todos los productos son óptimos para todas las aplicaciones, esa es una de las ventajas que tiene el poliestireno expandido, la versatilidad. Actuando desde una materia prima especial a una optimización

de los procesos, se pueden crear productos adecuados para cada aplicación.

El modo de poder reconocer el producto adecuado, es por el código de designación presente en la etiqueta del producto.

Para poder saber que niveles de propiedades son adecuados para cada una de las soluciones constructivas recomendamos las siguientes normas y documentos:

Informe UNE 93181. Características mínimas recomendables para distintas aplicaciones. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS).

Existen otras herramientas, como los sellos voluntarios de calidad o las certificaciones específicas, que también ayudan a identificar los productos adecuados para una aplicación en concreto

Guía ETAG 004 para sistemas de aislamiento por el exterior (SATE)

Guía ETAG 031 para sistemas constructivos de cubierta plana invertida y Guía DAU del ITEC para cubierta plana invertida.

Certificado AENOR para productos de SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior).

Haremos un repaso de recomendaciones, sólo en las aplicaciones más importantes:

2.4.1. Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)

El diseño y la instalación de aislamiento por el exterior bajo revoco es una cuestión de especialistas.

Se recomienda el uso de sistemas certificados tanto en los productos aislantes como en el resto de productos que forman el sistema: fijaciones, imprimaciones, revestimientos, acabados, refuerzas, etc. En el mercado existen proveedores que disponen de Documentos de Idoneidad Técnica de todo el sistema constructivo (según guía ETAG 004), también existe un certificado AENOR de producto que se otorgan a los productos que tienen el nivel adecuado en sus propiedades para aplicarse en este sistema.



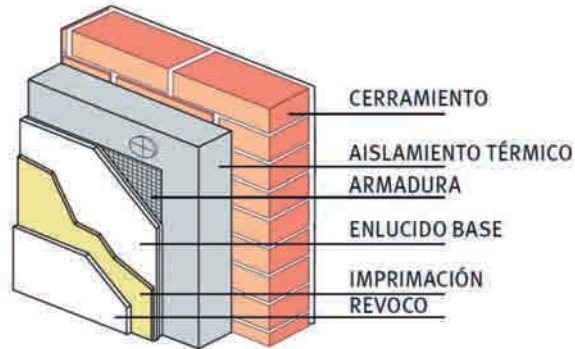


Figura 3. Composición del Sistema SATE. Fuente: ANAPE.

Las especificaciones del EPS empleado en esta aplicación deben ser al menos las que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Especificaciones del EPS empleado en SATE.

ENSAYO	APARTADO UNE-EN 13163	REQUISITO (NIVEL/CLASE)	
		EPS	EPS elastificado (EPS SD)
Conductividad térmica declarada y Resistencia térmica declarada	EN12667 EN 12939	RD ³ 1 m ² .K/W	RD ³ 1 m ² .K/W
Espesor	EN 823	T2	T2
Longitud	EN 822	L2	L2
Anchura	EN 822	W2	W2
Rectangularidad	EN 824	S2	S2
Planeidad	EN 825	P4	P4
Estabilidad dimensional en condiciones específicas de Temperatura y humedad	EN 1604	DS(70,-)2	DS(70,-)2
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras fijado con fijaciones o adhesivos	EN1607	TR 150	TR 80
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras fijado con rastreles o adhesivos	EN1607	TR 100	—
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	EN 12087 Método 2	WL(T)1	WL(T)1
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO 10456 tabulado	Valor declarado	
Reacción al Fuego	EN 13501-1	Euroclase E	Euroclase E

Fuente: ANAPE.



Foto 4: Sistema de Asilamiento Térmico por el Exterior (SATE). Fuente: ANAPE.



2.4.2. Aislamiento de fachadas por el interior

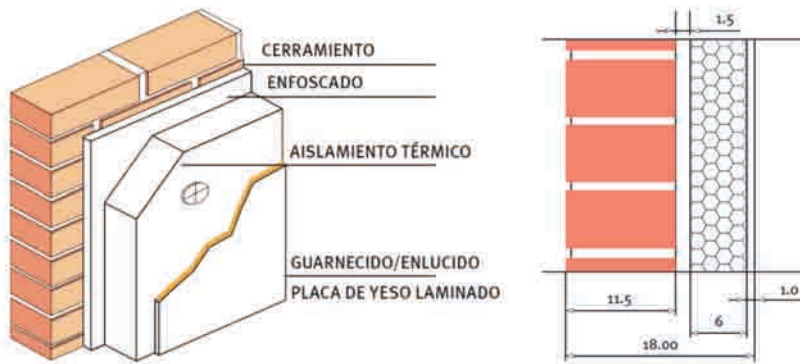


Figura 4. Composición del Aislamiento de fachadas por el interior. Fuente: ANAPE.

Sobre la cara interior de la fachada se fijan los paneles aislantes (con adhesivos o con fijaciones mecánicas) y a continuación se coloca el revestimiento que puede ser un enlucido de yeso o placa de yeso laminado. Se puede sustituir el conjunto por un complejo de aislamiento y placa de yeso laminado que normalmente se adhiere al muro soporte.

Las especificaciones del EPS empleado en esta aplicación deben ser al menos las que se muestran en la Tabla 13.



Tabla 13. Especificaciones del EPS empleado en el sistema de aislamiento por el interior

AISLAMIENTO POR EL INTERIOR		NIVEL
Especificación	Norma de ensayo	Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T1
Rectangularidad	UNE-EN-824	S1
Planimetría	UNE-EN-825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	DS(N)5
Estabilidad en condiciones específicas 48h 23°C 90% HR	UNE-EN-1604	<1%
Resistencia a la flexión	UNE-EN-12089	BS50
Transmisión al vapor de agua	UNE-EN-12086	MU 30-70

Fuente: ANAPE.

2.4.3. Aislamiento de cubiertas planas. Caso de cubierta invertida

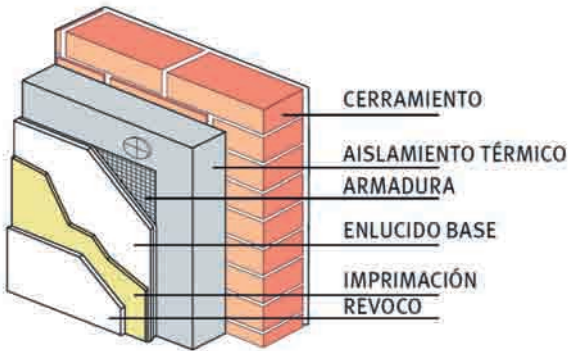


Figura 5. Composición del sistema de Aislamiento de Cubiertas Planas.
Fuente: ANAPE.

El poliestireno expandido (EPS) empleado en esta aplicación se denomina EPS-h (EPS hidrófobo). Es un material específico de baja absorción de agua, para aplicaciones que requieran esta propiedad en el aislamiento, como es el caso de la cubierta invertida.

Las especificaciones del EPS empleado en esta aplicación deben ser al menos las que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Especificaciones del EPS empleado en el sistema de aislamiento de cubierta plana

CUBIERTA PLANA INVERTIDA CON EPS-h		NIVEL
Especificación	Norma de ensayo	Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T1
Rectangularidad	UNE-ENE-824	S1
Planimetría	UNE-EN-825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	Ds(N)2
Estabilidad en condiciones específicas 48h 70°C 90%HR	UNE-EN1604	<1%
Resistencia a flexión	UNE-EN-12089	BS250
Reacción a fuego	UNE-EN-13501-1	E
Deformación bajo carga y temperatura	UNE-EN-1605	DLT(2)5
Tensión de compresión (10% deformación)	UNE-EN-826	CS(10)200
Absorción de agua a largo plazo por inmersión	UNE-EN-12087	WL(T)2
Absorción de agua a largo plazo por difusión	UNE-EN-12088	WD(V)5
Fluencia de compresión	EN 1606	CC(2/1,5/25)50

Fuente: ANAPE.

2.4.4. Aislamiento de cubiertas inclinada bajo teja

Esta aplicación se recomienda especialmente en los casos en que no es accesible el bajo cubierta o bien se aprovecha la reparación del tejado para incluir aislamiento térmico al faldón que forma la cubierta.

Esta operación exige que se levante el tejado y se realice una estructura que permita la fijación del aislante térmico antes de volver a colocar el nuevo tejado.



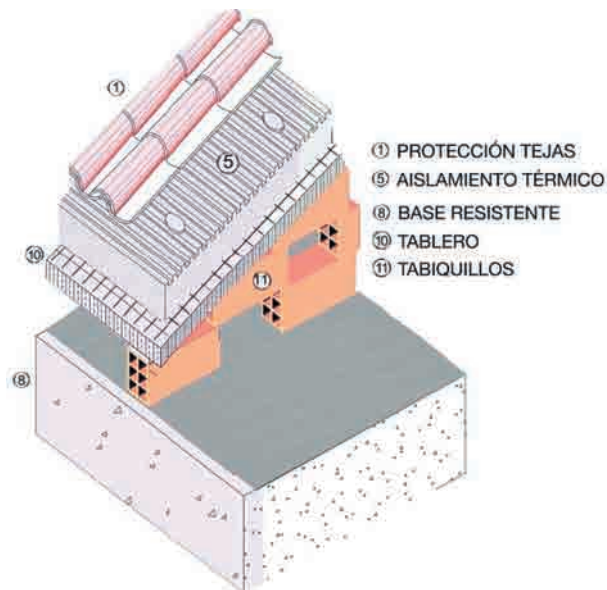


Figura 6. Composición del sistema de Aislamiento de Cubierta Inclinada bajo teja

Las especificaciones del EPS empleado en esta aplicación deben ser al menos las que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Especificaciones del EPS empleado en el sistema de aislamiento de cubierta inclinada.

CUBIERTA INCLINADA CON EPS-h		NIVEL
Especificación	Norma de ensayo	Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN823	T1
Rectangularidad	UNE-ENE824	S1
Planimetría	UNE-EN825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN1603	Ds(N)5
Estabilidad en condiciones específicas 48h 23°C 90%HR	UNE-EN1604	
Resistencia a flexión	UNE-EN-12089	BS200
Reacción a fuego	UNE-EN-13501-1	E
Tensión de compresión (10% deformación)	UNE-E826	CS(10)150

Fuente: ANAPE.

ANEXO 1

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. PRODUCTOS AISLANTES DE EPS

Símbolo	Unidades	Observaciones
 Conductividad Térmica Declarada	W/m·K Referencia 10°C	El valor declarado de la Conductividad térmica se obtiene a partir del redondeo al alza (0,001 W/m·K) del valor estadístico que representa al 90% de los productos y al 90% del valor declarado. Por ejemplo: $R_{90/90}=0,0353$ [W/m·K] implica $R_D=0,036$ [W/m·K]
Cuanto más bajo es el valor, mejores prestaciones aislantes.		
 Resistencia Térmica Declarada	$m^2 \cdot K/W$ $R_D = \frac{d_N}{\lambda_D}$	El valor declarado de la Resistencia térmica se obtiene a partir del redondeo a la baja (0,05 m²·K/W) del valor estadístico que representa al 90% de los productos y al 90% del valor declarado. Por ejemplo: $R_{90/90}=1,66$ [m²·K/W] implica $R_D=1,65$ [m²·K/W]
Cuanto más alto es el valor, mayor nivel de aislamiento.		





Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	Aplicable a:	Comentarios
Dimensiones	Tolerancias en Largo (Length)	L	1	$\pm 0,6\%$ ó ± 3	Todos los productos según su uso	
			2	± 2 mm		
	Tolerancias en ancho (Width)	W	1	$\pm 0,6\%$ ó ± 3 mm		
			2	± 2 mm		
	Tolerancias en espesor (Thickness)	T	1	± 2 mm		
			2	± 1 mm		
	Rectangularidad (Squareness)	S	1	5 mm/m		
			2	2 mm/m		
	Planimetría	P	1	30 mm		
			2	15 mm		
Estabilidad	Estabilidad en condiciones normales (Dimensional Stability under constant Normal laboratory conditions)	DS(N)	3	10 mm	Todos los productos según su uso	Indicador de la estabilización del producto
			4	5 mm		
			5	Variación $< 0,5\%$		
			2	Variación $< 0,2\%$		
	Estabilidad dimensional bajo temperatura (Dimensional Stability at specified Temperature)	DS(70,...)	1	Variación $< 1\%$	Productos utilizados en altas temperaturas	
			2	Variación $< 2\%$		
			3	Variación $< 3\%$		
	Estabilidad dimensional bajo temperatura y humedad (Dimensional Stability at specified Temperature and Humidity)	DS(70,90)	1	Variación dimensiones $< 1\%$ a 70 °C y 90 %HR	Productos utilizados en ambientes saturados de humedad	

Comportamiento mecánico	Deformación bajo carga y temperatura (Deformation under compressive Load and Temperature)			DLT(1)5		Variación dimensional < 5 % bajo 20kPa durante 48 h a 80 °C	Productos utilizados en cubiertas	Capacidad portante con alta temperatura
				DLT(2)5		Variación dimensional < 5% bajo 40kPa durante 168 h a 70°C	Complejos de trasdosado. Núcleos para paneles sandwich	Resistencia al deslaminado
				DLT(3)5		Variación dimensional < 5 % bajo 80kPa durante 168 h a 60 °C		
	Tracción			TR	20 - 400	El nivel indica la resistencia a tracción perpendicular a las caras expresada en kPa	Todos los productos.	Indicador de la cohesión del producto
	Flexión (Bending Strength)			BS	50-750	El nivel indica la resistencia a la flexión expresada en kPa		
	Compresión (Compressive Stress)			CS(10)	30-750	El nivel indica la resistencia a compresión para una deformación del 10 % expresada en kPa		
							Productos para suelos y cubiertas	Capacidad para soportar cargas





Comportamiento mecánico	Fluencia (Compressive Creep)	CC	(i1/i2/Y) □	El nivel indica la reducción total de espesor (%) / la reducción diferida (%) / el número de años y la carga considerada (kPa)		Aislamiento de cimentaciones	Capacidad de soportar cargas elevadas de forma permanente	
				5	5 mm			
				4	4 mm			
				3	3 mm			
				2	2 mm			
Comportamiento al agua	Compresibilidad (Com-Presibility)	CP	5	<5%	Suelos flotantes	Reducción de espesor bajo presión de 2kPa después de haber pasado por 50 kPa en relación al espesor inicial bajo 0,25 kPa		
			3	<3%				
			2	<2%				
			1	<1%				
			15	<15%				
Comportamiento al agua	Absorción de agua a largo plazo por inmersión total (Water absorption Long Term)	WL(T)	10	<10%	Cubiertas Invertidas Aislamiento de muros por exterior o soleras enterrados	Capacidad de estar en contacto habitualmente con agua		
			5	<5%				
			3	<3%				
			20 a 40	El valor indica el factor de difusión del vapor			Aislamiento intermedio o interior en locales con regímenes higrotérmicos elevados	Capacidad de transpiración del aislante
			30 a 70					
40 a 100								
Comportamiento al vapor	Permeabilidad al vapor de agua	MU	WD(V)	5	<5%	Cubiertas invertidas	Capacidad de soportar un gradiente elevado de humedad y presión de vapor	
				3	<3%			
Comportamiento al vapor	Permeabilidad al vapor de agua	MU	20 a 40	El valor indica el factor de difusión del vapor	Aislamiento intermedio o interior en locales con regímenes higrotérmicos elevados	Capacidad de transpiración del aislante		
			30 a 70					
Comportamiento al vapor	Permeabilidad al vapor de agua	MU	40 a 100	El valor indica el factor de difusión del vapor	Aislamiento intermedio o interior en locales con regímenes higrotérmicos elevados	Capacidad de transpiración del aislante		

3

POLIURETANO PROYECTADO

Álvaro Pimentel

Asociación Técnica del Poliuretano
Aplicado (Atepa)



3.1. Introducción

La espuma rígida de poliuretano es un material de construcción que se utiliza como aislamiento térmico de alta eficiencia, aislamiento acústico e impermeabilizante, y se fabrica in situ a partir de la reacción de dos componentes.



Foto 1. Proceso de espumación del poliuretano: Los componentes son mezclados y agitados hasta su homogenización, e inmediatamente se inicia la reacción química que genera la espuma rígida. En los sistemas de proyección, la reacción se completa en unos 10 segundos.

Fuente: ATEPA.

Existen dos sistemas de fabricación que conducen a dos productos diferenciados:

- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por proyección, o poliuretano proyectado, que se obtiene mediante pulverización simultánea de los dos componentes sobre una superficie denominada sustrato.
- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por colada, o poliuretano inyectado, en el que los dos componentes se mezclan físicamente por batido y se introducen en una cavidad donde se realiza la expansión.



3.2. Propiedades

3.2.1. Aislamiento térmico

La alta capacidad aislante del poliuretano proyectado no se consigue en la construcción con ningún otro de los materiales aislantes comúnmente empleados. Esta característica especial se debe a la baja conductividad térmica que posee el gas espumante ocluido en el interior de las celdas cerradas.

El poliuretano proyectado no supera el valor de conductividad térmica inicial de $\lambda_{10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,022\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (calculado según la Norma UNE 92202). Debido a que las celdas no impiden totalmente la difusión de gases a través de sus paredes, este valor de conductividad va aumentando ligeramente con el tiempo hasta llegar finalmente a estabilizarse. En la práctica, se considera como valor de cálculo de conductividad térmica de la espuma el obtenido después de 9 meses de envejecimiento acelerado $\lambda_{10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,028\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (procedimiento recogido en la Norma UNE 92120-1).

La capacidad de aislamiento del poliuretano proyectado es muy robusta frente a los efectos de envejecimiento a los que están expuestos habitualmente los aislamientos térmicos. Y con el poliuretano proyectado es muy fácil el tratamiento de puentes térmicos.

Conductividad térmica del poliuretano proyectado

$$\lambda = 0.028\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

Gracias a esta baja conductividad térmica, $\lambda_{10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,028\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, el poliuretano proyectado alcanza los valores de aislamiento térmico exigidos en el CTE con el mínimo espesor, lo que permite dejar una mayor superficie habitable, con el consiguiente beneficio económico.

Por otra parte, si se incorporan espesores de poliuretano similares al de otros materiales, se consigue mayor resistencia térmica y mayor ahorro energético, lo que redunda también en un beneficio económico para el usuario.

Tabla 1. Valor de Resistencia Térmica en función del espesor.
Para valores intermedios, se puede interpolar.

ESPESOR (mm)	RESISTENCIA TÉRMICA ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
20	0,71
25	0,89
30	1,07
35	1,25
40	1,43
45	1,61
50	1,79
55	1,96
60	2,14
65	2,32
70	2,50
75	2,68
80	2,86
85	3,04
90	3,21
95	3,39
100	3,57

Fuente: ATEPA.



3.2.2. Aislamiento Acústico

El poliuretano proyectado tradicional es un material compuesto de celdas cerradas (> 90 %) y ligero, de baja densidad. Puede utilizarse combinado con otros materiales para reducir la transmisión del ruido. Podemos señalar como muy positivo el efecto de sellado que realiza en los cerramientos por ser un Sistema Continuo Estanco, aportando por esta razón un buen resultado en cuanto al aislamiento al ruido aéreo, incrementando este aislamiento, según los casos, entre 7 y 9 dBA.



Tabla 2. Valores Medidos según Norma UNE-EN ISO 140-3 por LGAI Technological Center en enero 2010. Expedientes N.º 09/100816-1585, 09/100816-1586 y 09/100816-2122.

SOLUCIONES DE FACHADAS CON POLIURETANO PROYECTADO DE CELDA CERRADA			
	½ pie de ladrillo cara vista (216 kg/m²)	RA=47 dBA	RAtr=44 dBA
	½ pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + tabique hueco doble enlucido (290 kg/m²)	RA=58 dBA	RAtr=54 dBA
	½ pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + placa de yeso laminado (231 kg/m²)	RA=52 dBA	RAtr=46 dBA
	4 cm de poliuretano proyectado + 1 pie de ladrillo cara vista + enlucido de yeso (450 kg/m²)	RA=58 dBA	RAtr=56 dBA

Fuente: ATEPA.

Además hoy en día disponemos de otra gama de espumas de poliuretano proyectado de baja densidad y celda abierta, específicamente diseñadas para aislamiento y absorción acústica, que aumentan el coeficiente de absorción acústico hasta $\alpha=0,5$.

Estas espumas no alcanzan las prestaciones de las espumas de celda cerrada en cuanto a aislamiento térmico e impermeabilización, por tanto, para cumplir en determinados casos exigencias estrictas, se debe hacer una doble aplicación, primero una aplicación de espuma de celda cerrada para cumplir con la exigencia higratérmica y de impermeabilidad y después otra aplicación de espuma de celda abierta para cumplir con la exigencia acústica.

Tabla 3. Prestaciones acústicas del poliuretano de celda abierta.

SOLUCIONES DE FACHADAS CON POLIURETANO DE CELDA ABIERTA	
½ pie de ladrillo perforado + 1 cm PUR-CC + 3 cm PUR-CA + PYL13	RA=52 dBA
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PUR-CC + 3 cm PUR-CA + PYL13	RA>52 dBA
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + PYL13	RA>55 dBA
½ pie de ladrillo perforado + 3 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + PYL13	RA>60 dBA
Ladrillo hueco doble + 1 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + Ladrillo hueco doble	RA=45 dBA
PUR-CC: Poliuretano proyectado de Celda Cerrada PUR-CA: Poliuretano proyectado de Celda Abierta	

Fuente: ATEPA.

Tabla 4. Prestaciones acústicas de medianeras con poliuretano de celda abierta.

SOLUCIONES DE MEDIANERAS CON POLIURETANO DE CELDA ABIERTA	
½ pie de ladrillo perforado + 3-4 cm PUR-CA + Ladrillo hueco doble	RA=59 dBA
Ladrillo hueco doble + 3-4 cm PUR-CA + Ladrillo hueco doble	RA=53 dBA
PYL13 + 3-4 cm PUR-CA + PYL13	RA=38 dBA
PYL15 + PYL13 + 3-4 cm PUR-CA + PYL13	RA=43 dBA
PYL15 + PYL13 + 3-4 cm PUR-CA + PYL13 + PYL15	RA=44 dBA
PYL13 + 6 cm PUR-CA + PYL13	RA=39 dBA
PYL15 + PYL13 + 6 cm PUR-CA + PYL13	RA=42 dBA
PYL15 + PYL13 + 6 cm PUR-CA + PYL13 + PYL15	RA=45 dBA
PUR-CA: Poliuretano proyectado de Celda Abierta	

Fuente: ATEPA.

3.2.3. Impermeabilidad de fachadas

Según el apartado 2.3.2 del DB-HS1 del CTE, con un revestimiento continuo intermedio como el poliuretano proyectado sobre la cara interior del cerramiento exterior de la fachada, no sería necesario tomar ninguna otra precaución adicional y se cumpliría con el máximo grado de impermeabilidad, el Grado 5, válido para cualquier zona climática.

Sin un revestimiento continuo impermeable como el poliuretano proyectado, únicamente se puede alcanzar el máximo grado de impermeabilidad en fábricas vistas con una cámara ventilada de entre 3 y 10 cm y un aislante no hidrófilo contra la hoja interior.

Además, el DB-HS1 dice:

«Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo»

«El aislante térmico debe colocarse de forma continua y estable»





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

El poliuretano proyectado es no hidrófilo y se aplica en continuo, sin juntas, y adherido.

«Cuando el aislante térmico sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el aislante térmico debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante».

El poliuretano proyectado, al no ser a base de paneles o mantas, se puede aplicar directamente sobre la hoja exterior sin necesidad de estos elementos separadores, lo que simplifica notablemente su correcta instalación.

Por esto, el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE recoge el comportamiento impermeabilizante de la espuma de poliuretano en la tabla 4.2.1, donde se incluyen todas las soluciones de fachada de fábrica vista con aislamiento por el interior.

«El poliuretano proyectado con un espesor medio ≥ 40 mm y una densidad ≥ 35 kg/m³ puede considerarse revestimiento de tipo B3, además de ser aislante térmico».

Por todo esto, una proyección de poliuretano es simultáneamente un Sistema Continuo Intermedio y un Aislamiento Térmico no hidrófilo, por lo que un paramento de ladrillo cara vista, sin más especificaciones adicionales, con una proyección de poliuretano directamente sobre el ladrillo, cumplirá el máximo grado de impermeabilidad, el Grado 5, siendo una solución válida para fachadas de cualquier tipo de edificio en cualquier localización.

ATEPA, la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado, ha realizado dos ensayos a gran escala que vienen a confirmar las buenas propiedades del poliuretano proyectado para proteger frente a la entrada de agua:

- Investigación sobre nuevas aplicaciones de espuma de poliuretano aplicada in situ realizado por Instituto Eduardo Torroja (Informe del Instituto Eduardo Torroja N° 17257). Como resultado tras un año de ensayo se obtuvo que en ninguna circunstancia se detectó penetración de agua a través de las superficies cubiertas con poliuretano proyectado.
- Ensayo de resistencia al agua de lluvia según norma UNE-EN 12865, realizado por CIDEMCO sobre un murete de ladrillo cara vista revestido con poliuretano proyectado (Informe de CIDEMCO N.º

13752). El ensayo se prolongó hasta 140 minutos, elevando la presión sobre la cara mojada del muro hasta los 1800 Pa, sin que se produjesen en ningún momento penetraciones de agua. De esta forma se llegó a simular una velocidad de viento de casi 200 km/h sin penetración alguna de agua.

Por tanto el CTE DB-HS1 recoge las nuevas exigencias de protección de los edificios frente a la penetración de agua, y el poliuretano proyectado, al ser un sistema continuo intermedio, cumple sin enfoscado previo con el Grado 5 de impermeabilidad, la máxima exigencia de protección, de la forma más sencilla y económica.

3.2.4. Control de Humedad

El poliuretano proyectado actúa como una membrana reguladora de humedad, ya que, siendo impermeable, es permeable al vapor de agua. El grado de permeabilidad al vapor de agua se puede reducir aumentando la densidad de la espuma. Así en cualquier condición climática podremos encontrar el nivel de resistencia al paso de vapor de agua adecuado para evitar condensaciones y permitir el máximo flujo de vapor.

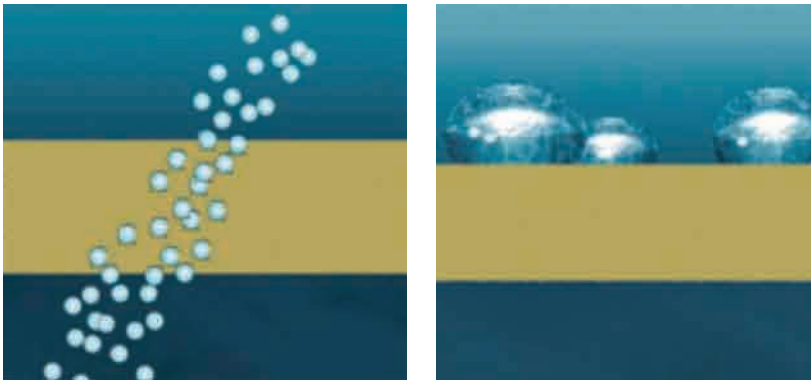


Figura 1. Poliuretano proyectado: impermeable al agua y permeable al paso de vapor de agua. Fuente: ATEPA.

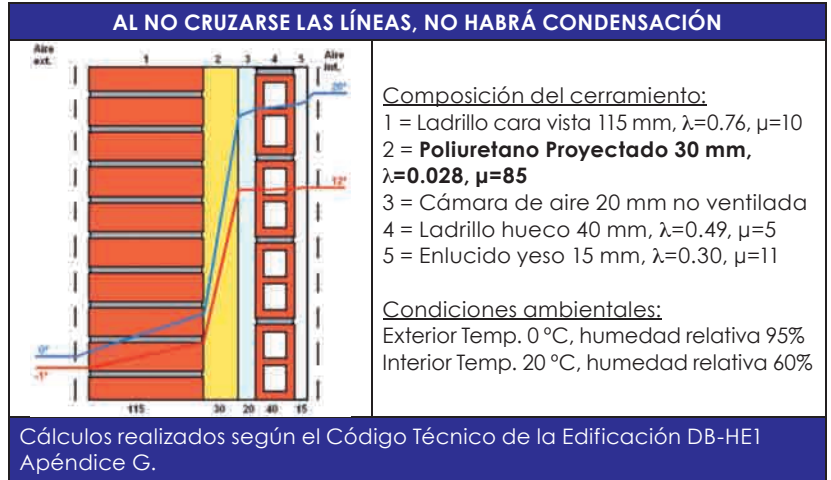
Para el poliuretano proyectado para aislamiento térmico, con densidades comprendidas entre 30 y 60 kg/m³, la resistencia a la transmisión de vapor de agua oscila entre 330 y 825 MN·s/(g·m) (factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, μ , entre 60 y 150).

**Valores del factor de resistencia al paso del vapor de agua (MU)
del poliuretano proyectado entre 60 y 150**





Tabla 5. Ejemplo de cálculo de condensaciones en una fachada aislada con Poliuretano Proyectado.



Fuente: Atepa.

En aquellas aplicaciones en las que haya un elemento muy resistente al paso de vapor de agua en la cara fría del cerramiento, existirá un mayor riesgo de condensaciones dentro del aislamiento. Esta situación se puede dar en la espuma de poliuretano al proyectar por el interior de un cerramiento de chapa metálica, o al poner sobre la espuma una tela asfáltica en una cubierta, por ejemplo. En estos casos, será necesaria la interposición de una barrera de vapor entre la cara caliente y la espuma de poliuretano.

Las barreras de vapor más adecuadas son las barreras in situ, como las emulsiones asfálticas o bituminosas, ya que son químicamente compatibles con el poliuretano, y mantienen las ventajas de adherencia y continuidad de éste último.

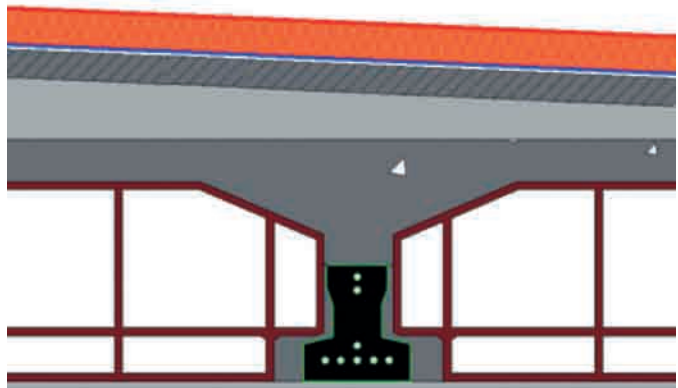


Figura 2. Barrera de vapor in situ: Químicamente compatible, adherida y continua. Fuente: ATEPA.

3.2.5. Seguridad frente al fuego

El poliuretano proyectado, como todos los polímeros, es un material orgánico y por tanto combustible. No obstante, existen espumas de poliuretano clasificadas desde C,s3-d0 hasta E, según UNE-EN 13501, debiendo aplicarse unas u otras de acuerdo con el riesgo a que vayan a estar expuestas y de acuerdo a las exigencias del CTE DB-SI.

La Norma UNE 92120-1 de sistemas para poliuretano proyectado fija que su clasificación no puede ser más desfavorable que E.

Por otra parte, la clasificación de productos según UNE-EN 13501 admite ensayos en condición de aplicación final de uso, esto es, si el poliuretano proyectado va a ir recubierto por otro material (yeso laminado, fibrocemento, plancha metálica...), el ensayo y la clasificación se realizará de esta forma.

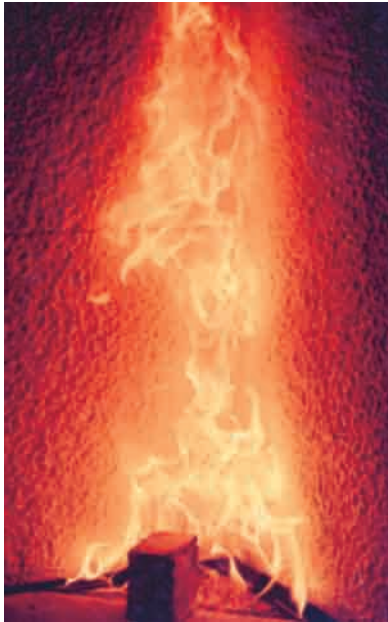


Foto 2. Probeta de poliuretano proyectado montada en el aparato de ensayo del SB, para su clasificación al fuego en Euroclases. Fuente: ATEPA

Clasificación de reacción al fuego desnudo, C,s3-d0, D,s3-d0 y E
Clasificación de reacción al fuego en aplicación final de uso,
desde B,s1-d0 hasta B,s3-d0



Si particularizamos las exigencias del CTE DB-SI1 y DB-SI2 al poliuretano proyectado, nos encontramos con que su uso estará o no permitido en función del uso del recinto y de su aplicación final de uso:

Tabla 6. Posibilidad de utilización del poliuretano proyectado en función del uso del recinto y de la aplicación final de uso.

	PAREDES Y TECHOS (INTERIOR)			Suelos (interior)	Cubiertas (exterior)	Fachadas (exterior)
	PUR tras EI-30 ⁽¹⁾	PUR tras no EI-30 ⁽¹⁾	PUR visto			
Viviendas	SI			SI	SI	SI ⁽³⁾
Resto de zonas ocupables y aparcamientos	SI	SI ⁽²⁾	NO			
Espacios ocultos no estancos (excepto vivienda)	SI	SI ⁽²⁾	NO			

- (1) EI-30 es equivalente a RF-30. Un tabiquillo enlucido de 4 cm es EI-30
(2) Dependiendo de la clasificación en aplicación final de uso
(3) Excepto fachadas ventiladas de más de 18 m de altura, o con el arranque accesible al público

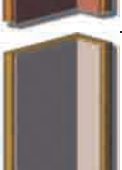
Fuente: ATEPA.



Figura 3. Cumplimiento de las exigencias de reacción al fuego.
Fuente: ATEPA.



Tabla 7. Resumen de los resultados en Euroclases de los ensayos SBI de reacción al fuego del poliuretano proyectado en aplicación final de uso, realizados por ATEPA e IPUR en el LICOF.

Comportamiento del poliuretano proyectado en aplicación final de uso		
	Montaje 0: Desnudo 6 mm de lámina de fibrocemento sustrato estándar 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³	E
	Montaje 1: Enfoscado de cemento 6 mm de lámina de fibrocemento sustrato estándar 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ Malla metálica de gallinero 15 mm de mortero de cemento	B-s1,d0
	Montaje 2: Enlucido de yeso 6 mm de lámina de fibrocemento sustrato estándar 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ Malla metálica de gallinero 15 mm de yeso	B-s1,d0
	Montaje 3: Cubierta metálica 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 0,6 mm de chapa galvanizada grecada	B-s3,d0
	Montaje 4: Cubierta de fibrocemento 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 6 mm de fibrocemento ondulado	B-s2,d0
	Montaje 5: Panel de madera 6 mm de lámina de fibrocemento sustrato estándar 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 40 mm de cámara de aire ventilada 16 mm de tablero de madera MDF clasificada B-s2,d0	B-s2,d0
	Montaje 6: Panel de yeso laminado 6 mm de lámina de fibrocemento sustrato estándar 30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 40 mm de cámara de aire ventilada 15 mm de yeso laminado	B-s1,d0*

* Placa de Yeso Laminado sobre aislante Euroclase E: **B-s1,d0**
(Clasificación sin necesidad de ensayo del Cuadro 1.3-2 del Real Decreto 110/2008)

Fuente: ATEPA.



3.2.5.1. El poliuretano proyectado en fachadas ventiladas

La aplicación de espuma rígida de poliuretano para la ejecución de fachadas ventiladas es una solución que aporta un buen aislamiento térmico, impermeabilidad, y estabilidad mecánica. Estas ventajas han hecho que esta solución de aislamiento sea la más utilizada en la actualidad en fachadas ventiladas.

Sobre la seguridad frente al fuego, el DB-SI2 dice lo siguiente:

«La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2, hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque».

Arranque de la fachada

En todos los casos, cuando el arranque de la fachada sea accesible al público (personas ajenas a los propietarios de edificio), el poliuretano deberá ir protegido hasta una altura de 3,5 m con, por ejemplo, un enfoscado de cemento de 1,5 cm de espesor.

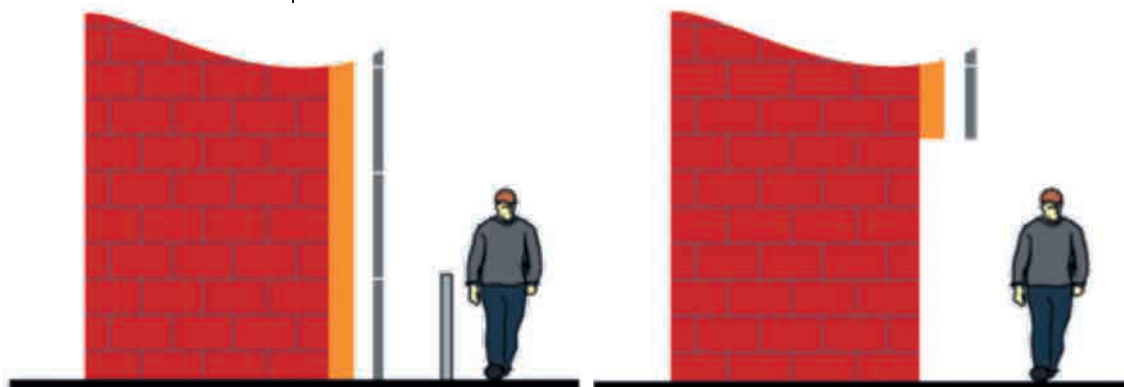


Figura 4. Si el arranque no es accesible, no hay exigencia.

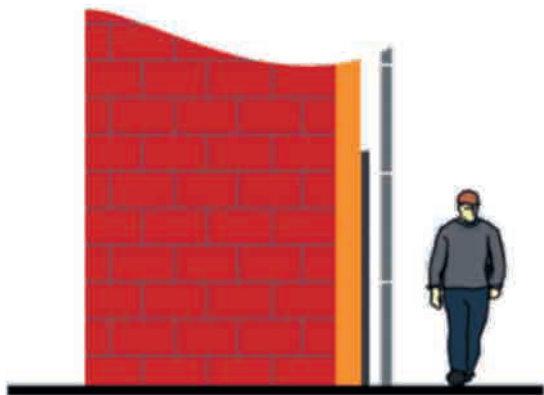


Figura 5. Si el arranque es accesible, la espuma deberá protegerse en los primeros 3,5 m.



Altura de la fachada

Además, en edificios cuya fachada ventilada tenga un desarrollo vertical mayor de 18 m, será necesario proteger la fachada en toda su superficie con un enfoscado de 1,5 cm de cemento para conseguir una reacción al fuego de B-s1,d0.

Observando estas recomendaciones se puede conseguir una fachada ventilada con magníficas prestaciones, segura, duradera, estanca, impermeable y con el nivel de aislamiento térmico y acústico exigido.

Se está analizando la posibilidad de cumplir con la exigencia del CTE con una solución alternativa consistente en aplicar poliuretano con clasificación de reacción al fuego C-s3,d0, además de compartimentar la cámara al menos cada 10 m o tres plantas con barreras horizontales corta-fuegos E30, que en caso de incendio limiten su desarrollo al menos como lo haría un material B-s3,d2 sin esta compartimentación. (Informe del Instituto Eduardo Torroja N.º 19.372)

Tabla 8. Ejemplos de barreras horizontales corta-fuegos E-30:

EJEMPLOS DE BARRERAS HORIZONTALES CORTA-FUEGOS E-30:
Acero de, al menos, 0,5 mm de grosor
Planchas de yeso, cemento o silicato cálcico con un grosor de, al menos, 12 mm
Madera de, al menos, 38 mm de grosor
Lana de roca, dispuesta en mangas de polietileno o en paneles, en ambos casos, instalada a compresión.

Fuente: ATEPA.

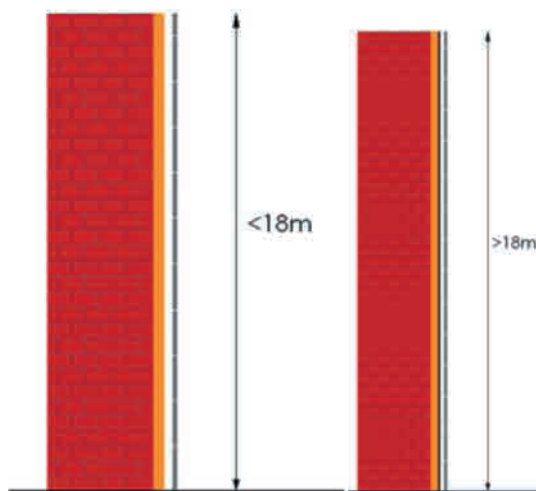


Figura 6. Si la altura de la fachada es menor de 18 m, no hay exigencia (excepto en los 3.5 primeros metros de la fachada si esta fuese accesible, tal y como se comenta en el punto anterior). Si la altura de la fachada supera los 18 m de altura, deberá protegerse la espuma Euroclase E con un enfoscado de cemento en toda su altura. Fuente: ATEPA.

3.2.6. Salubridad

El poliuretano es un material completamente inocuo y saludable para el hombre, demostrado y avalado por la multitud de usos que le damos en nuestra vida, y que no hay que renunciar a las innumerables ventajas que su uso como aislamiento térmico, acústico e impermeabilización nos reporta.

3.2.7. Sostenibilidad

El poliuretano proyectado ofrece un balance positivo en las tres facetas de la sostenibilidad: medioambiente, economía y sociedad.

Beneficio medioambiental: La eficiencia térmica del poliuretano, que alcanza mayores aislamientos con menores espesores, permite que la energía necesaria para fabricar, transportar, instalar y tratar los residuos del poliuretano proyectado se compense con la energía ahorrada durante el primer año de uso, y a lo largo de su vida útil el poliuretano proyectado ahorre casi 100 veces la energía utilizada.

Beneficio económico: Reducir las pérdidas energéticas a través de la parte ciega del cerramiento con un aislamiento como el poliureta-

no, ya sea proyectado o inyectado, es la forma más barata de ahorrar energía, según el Informe CEPS, aparte de revalorizar la vivienda. Además, el aislamiento de poliuretano no tiene gastos de mantenimiento o sustitución a lo largo de toda su vida útil.

Beneficio social: Una adecuada climatización es esencial para garantizar el confort y la salud de las personas que habitan los espacios, y el aislamiento térmico de la envolvente es el mejor modo de asegurar una temperatura de confort uniforme en cualquier lugar del edificio.

3.2.7.1. Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión del poliuretano proyectado varía linealmente con la densidad, así tenemos una resistencia a compresión mayor de 200 kPa, válido para cubiertas y suelos, en espumas de más de 40 kg/m³,



Foto 3. Proyección de poliuretano con una resistencia a compresión mayor de 200 kPa en el suelo de la planta baja. Fuente: ATEPA.

3.2.8. Estabilidad química

El poliuretano proyectado es resistente frente a los materiales habitualmente empleados en la construcción. Puede pintarse, barnizarse, pegarse, revestirse, o puede ser utilizado como revestimiento de locales con atmósferas agresivas. Es resistente a la acción de raíces, e inerte bioquímicamente frente al ataque de mohos. Es imputrescible, estable ante el detritus, inodoro, fisiológicamente no presenta inconvenientes y es químicamente neutro.





3.2.9. Adherencia

El poliuretano proyectado presenta gran adherencia sobre sustratos consistentes, limpios y secos, y la adherencia de otros materiales al poliuretano se puede elevar según la necesidad tanto físicamente, rascando la superficie, como químicamente, mediante el empleo de una imprimación.



Foto 4. La gran adherencia del poliuretano proyectado hace que no requiera de ningún otro sistema adicional de sujeción.
Fuente: ATEPA.

3.2.10. Puesta en obra

Las ventajas del poliuretano proyectado en la puesta en obra son indiscutibles:

- Sólo puede ser instalado por instaladores profesionales
- Tiene calidad certificada tanto de las materias primas como de la puesta en obra.
- Versatilidad: Ya sea como aislamiento térmico, acústico, impermeabilización, barrera contra el aire, o regulador de humedad.
- La velocidad de ejecución puede rondar los 100 m² por hora de trabajo.

- Sin transporte ni almacenamiento en obra.
- Sin desperdicios, sin recortes, sin juntas, sin residuos.
- No requiere enfoscado previo en fachadas.
- Solución impermeable desde el mismo momento de su aplicación.
- La mejor relación calidad/precio.



3.2.11. Normalización y certificación

El poliuretano proyectado tiene, desde el año 1998, Norma UNE 92120 que recoge las especificaciones tanto de los sistemas antes de la instalación como de la espuma una vez instalada.

El poliuretano proyectado, como producto de construcción, está amparado por la Directiva Europea 89/106/CE de Productos de Construcción, por lo que se está desarrollando su Norma Europea (actualmente en proyecto prEN 14315), que obligará en el futuro a realizar el Marcado CE de los sistemas.

La gran mayoría de los sistemas de poliuretano cuentan con alguna certificación de calidad (Marca N de AENOR, Marca Q de ECA o Marca A+ de APPLUS) conforme a esta Norma UNE 92120

Así mismo, muchos aplicadores de poliuretano pueden certificar la instalación con Marca N de AENOR o Marca Q de ECA.

Por tanto el poliuretano proyectado es el único material aislante que puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra



3.3. Aplicaciones

3.3.1. Fachada con aislamiento interior y tabiquería húmeda o seca

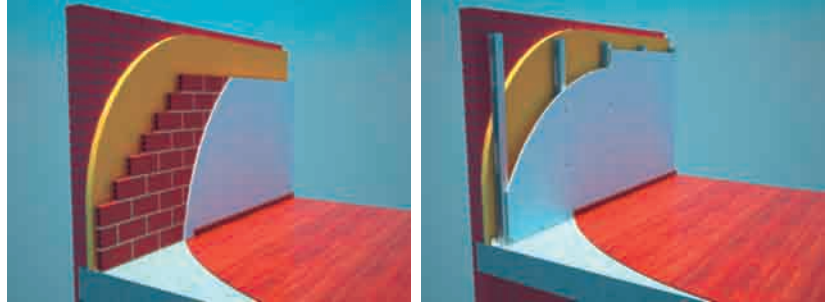


Figura 7. Cerramiento de fachada compuesto de hoja principal exterior, poliuretano proyectado y trasdosado interior de tabiquería húmeda o seca. La solución más habitual para la ejecución de fachadas en obra nueva y rehabilitación integral. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 35 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E

Ventajas

- Impermeabiliza frente al agua de lluvia sin necesidad de enfoscado intermedio.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor, aumentando el espacio habitable.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- Trata fácilmente los puentes térmicos.
- Seguridad frente al fuego.
- Permite transpirar de forma natural al cerramiento, sin riesgo de condensaciones, y sin necesidad de barreras de vapor.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.

- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.

Recomendaciones

- Limpiar la base del forjado, para garantizar una buena adherencia de la espuma en ese punto.
- En caso de proyección desde el exterior sobre tabiquería seca, se recomienda doble placa para dar rigidez al conjunto.

3.3.2. Fachada con aislamiento exterior y revestimiento continuo

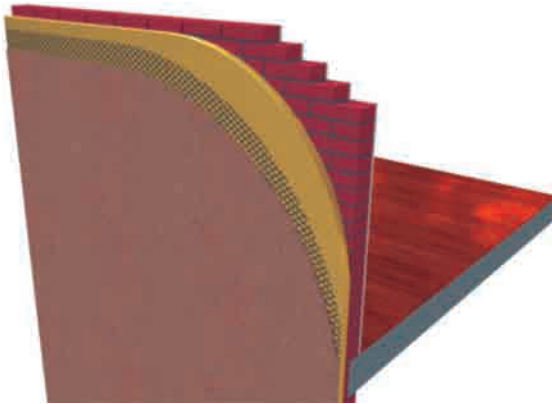


Figura 8. Cerramiento de fachada compuesto de revestimiento exterior aplicado directamente sobre el poliuretano, hoja principal y acabado interior. Solución indicada para rehabilitación. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 45 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Resistencia a la compresión $>200 \text{ kPa}$

Ventajas

- Ausencia total de puentes térmicos.





- Impermeabiliza la fachada frente al agua de lluvia.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor.
- No reduce espacio habitable.
- Seguridad frente al fuego.
- Permite transpirar de forma natural al cerramiento, sin riesgo de condensaciones.
- Se adhiere a cualquier superficie sin necesidad de fijaciones o colas, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.
- Al no tener juntas, reduce el riesgo de fisuras en el revestimiento.
- Solución recomendada para rehabilitación térmica de edificios. Actuación de bajo impacto para el usuario.

Recomendaciones

- Para mejorar la adherencia del revestimiento exterior a la espuma de poliuretano, se puede raspar ligeramente la superficie de la espuma, aplicar una resina básica como imprimación, y utilizar una malla metálica anclada a la espuma. (Ver Capítulo 2.10. ADHERENCIA).

3.3.3. Fachada ventilada

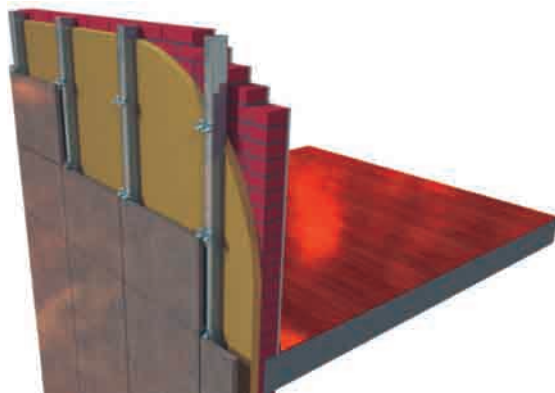


Figura 9. Cerramiento de fachada compuesto de aplacado exterior, cámara ventilada, poliuretano proyectado sobre la hoja principal, y acabado interior. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.

Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/(m·K)
- Densidad media: 35 kg/m³
- Reacción al fuego: Euroclase E

Ventajas

- Ausencia total de puentes térmicos.
- Impermeabiliza la fachada frente al agua de lluvia.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- Permite transpirar de forma natural al cerramiento, sin riesgo de condensaciones.
- Se adhiere a cualquier superficie sin necesidad de fijaciones o colas, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.
- Ligero, estable y resistente. Sin descuelgues ni deterioros.

Recomendaciones

- Para garantizar impermeabilidad, los anclajes del revestimiento exterior deberán estar colocados antes de la proyección.





3.3.4. Fachada con cámara para inyección

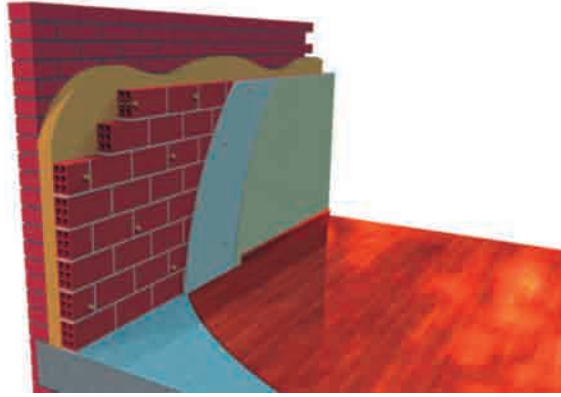


Figura 10. Cerramiento de fachada compuesto de hoja principal exterior, poliuretano inyectado y trasdosado interior. Solución recomendada para rehabilitación, cuando exista cámara de aire. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Densidad media: $<20 \text{ kg}/\text{m}^3$

Ventajas

- Reducción de las pérdidas de calefacción entre un 30 % y un 50 %.
- Solución recomendada para rehabilitación térmica de edificios. Actuación de bajo impacto para el usuario.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- Inyección en el interior de la cámara que no reduce el espacio habitable.
- Al expandir rellena todos los huecos y fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.
- Ligero, estable y resistente. No sufre asentamiento con el paso del tiempo.

Recomendaciones

- Las inyecciones se realizarán a través de taladros espaciados, como máximo, 1 m entre sí, sin que se sitúen sobre la misma línea.

- La inyección debe comenzar por los taladros situados en la parte inferior, llenando la cámara de abajo arriba lentamente ya que el material debe saturar el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas colaterales ya que éstas se pueden llegar a fisurar. Según sea más estrecha la cámara, habrá que extremar la precaución.
- En la elección de este tipo de solución se ha de tener en cuenta que el llenado del volumen de la cámara puede verse entorpecido por la presencia de cuerpos extraños en el interior de la cámara.



3.3.5. Cubierta plana transitable o no transitable

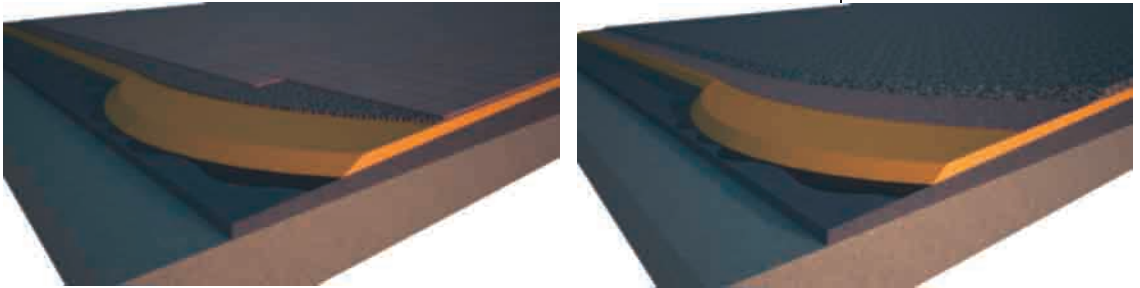


Figura 11. Cerramiento de cubierta compuesto por acabado transitable o no transitable, poliuretano proyectado, impermeabilización convencional o invertida, y soporte resistente. Solución válida para obra nueva y rehabilitación. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Densidad media: $45 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Resistencia a la compresión: $>200 \text{ kPa}$ (transitable)

Ventajas

- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Gran resistencia mecánica.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

- En cubierta invertida, la impermeabilidad, continuidad y adherencia del poliuretano proyectado impide que el agua discurra entre el aislamiento y la impermeabilización.
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).

Recomendaciones

- Utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m^3 y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa .
- En caso de proyectar sobre la tela asfáltica, esta deberá estar adherida en toda su superficie.
- No se debe aplicar con vientos superiores a 30 km/h

3.3.6. Cubierta inclinada

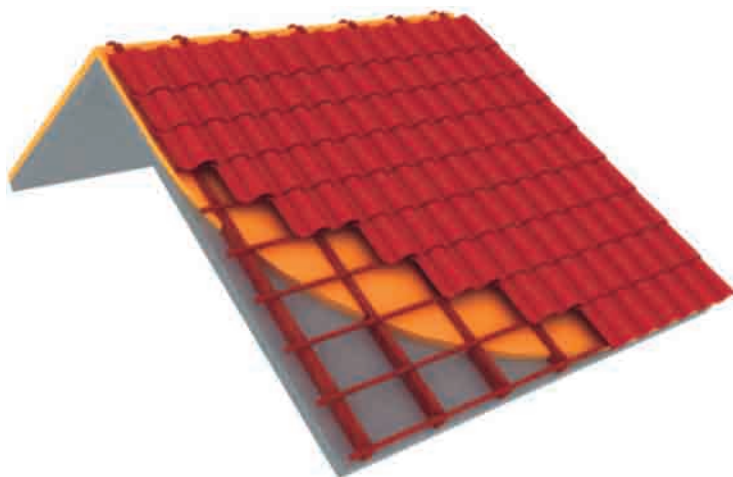


Figura 12. Cerramiento de cubierta inclinada compuesto por acabado exterior de teja, pizarra o impermeabilización autoprotegida, sistema de fijación por pelladas o rastreles, poliuretano proyectado y soporte resistente. Solución válida para obra nueva y rehabilitación. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 35 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E

Ventajas

- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, impidiendo deslizamientos.
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).

Recomendaciones

- Para evitar posibles deterioros en el poliuretano, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m^3 y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa.
- Si se aplica un producto de densidad 35 kg/m^3 se deberá proteger la superficie de la espuma al efectuar operaciones posteriores.

3.3.7. Cubierta aislada entre tabiques palomeros

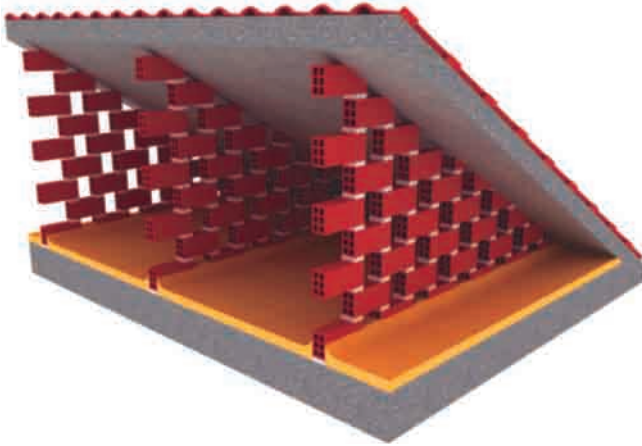


Figura 13. Cerramiento de cubierta inclinada compuesto por un forjado inclinado apoyado sobre tabiques palomeros, y aislado con poliuretano proyectado entre tabiques. Solución recomendada para rehabilitación.
Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 35 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E





Ventajas

- El poliuretano proyectado se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, penetrando en las oquedades que forman los tabiques palomeros y reduciendo al máximo los puentes térmicos.
- Capa continua de aislamiento impermeable con ausencia de juntas o solapes, que puede minimizar las consecuencias de un pequeño fallo en la impermeabilización.
- Buena resistencia mecánica.

Recomendaciones

- En caso de proyectar sobre el suelo, y si el espacio entre tabiques puede ser visitable (para almacenar objetos, por ejemplo), se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m^3 y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa para evitar posibles deterioros en el poliuretano.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C . En caso de proyectar sobre el suelo, será necesario eliminar restos de arena, cascotes o cualquier otro elemento no adherido.
- Conviene envolver con una media caña el encuentro del forjado con el tabique palomero, para reducir el puente térmico.

3.3.8. Cubierta ligera



Figura 14. Cerramiento de cubierta compuesto por chapa metálica, placa de fibrocemento o teja, aislada con poliuretano proyectado por el interior o por el exterior. Solución recomendada para rehabilitación. Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/(m·K)
- Densidad media: 35 kg/m³
- Reacción al fuego: Euroclase E

Ventajas por el interior

- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- Ligero, estable y resistente. Sin descuelgues ni deterioros.
- Consolida la cubierta, aumenta su resistencia mecánica, y elimina el riesgo de desprendimientos o emisión de sustancias peligrosas (amianto).

Ventajas por el exterior

- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Consolida la cubierta, aumenta su resistencia mecánica, mejora su impermeabilidad, y elimina el riesgo de desprendimientos.
- Aísla térmicamente la propia cubierta, reduciendo dilataciones y aumentando su duración.
- No afecta a la seguridad en caso de incendio
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).

Recomendaciones

- En caso de proyección bajo teja, el sentido de la primera proyección será el de elevación de la cubierta, para evitar que la expansión de la espuma pueda mover las tejas.
- En caso de proyección sobre un sustrato antiguo, se deberá efectuar una limpieza profunda de la superficie exterior de la cubierta.
- La superficie exterior de la espuma deberá quedar protegida de la radiación solar.





3.3.9. Techo

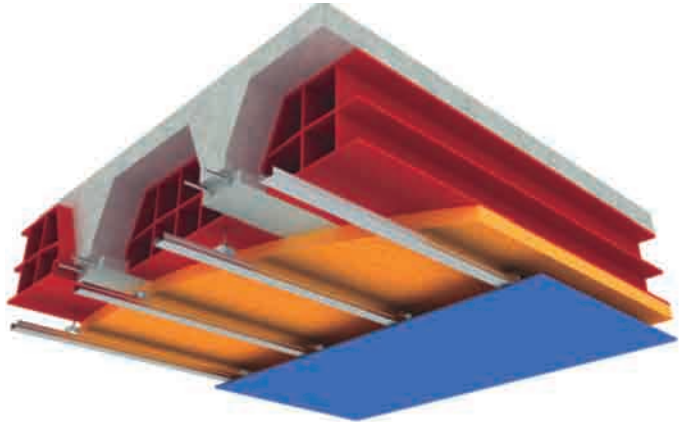


Figura 15. Cerramiento horizontal aislado por debajo con poliuretano proyectado. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.

Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 35 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E

Ventajas

- Se adhiere a cualquier superficie sin necesidad de fijaciones o co-las, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras.
- Ligero, estable y resistente. Sin descuelgues ni deterioros.
- Consolida el forjado, y elimina el riesgo de desprendimientos.

Recomendaciones

- Será conveniente que los anclajes del techo queden instalados antes de proyectar poliuretano. Si esto no fuera posible, los tacos que soporten las varillas deberán instalarse con posterioridad ta-ladrando a través de la espuma, sin romper ésta por otros medios que arranquen porciones de aislante mayores que el diámetro de la varilla.

3.3.10. Suelo

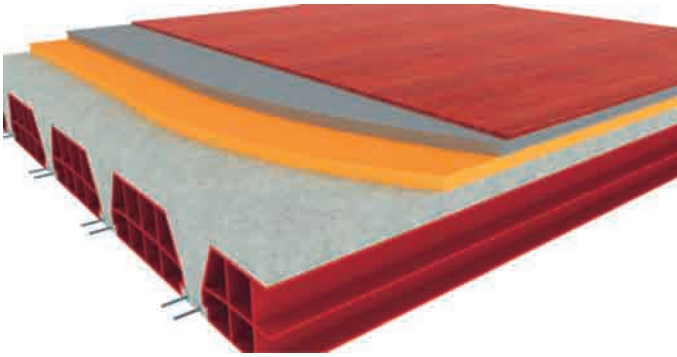


Figura 16. Cerramiento horizontal aislado por arriba con poliuretano proyectado. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.
Fuente: ATEPA.

Características recomendadas

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: $0.028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Densidad media: 45 kg/m^3
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Resistencia a la compresión $>200 \text{ kPa}$

Ventajas

- Total desolidarización del acabado con el forjado.

Recomendaciones

- Si se vierte mortero sobre la espuma, hay que respetar los tiempos de secado, porque el mortero ya no perderá agua a través del forjado, y sólo lo hará a través de la parte superior.

3.4. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución

3.4.1. Control de recepción en obra

Las características exigibles a la espuma de poliuretano proyectado, para cumplir con las exigencias recogidas en los diferentes Documentos Básicos deben estar recogidas en la información técnica, y serán las siguientes:



Tabla 9. Características exigibles al poliuretano en todas las aplicaciones.

Densidad	ρ	kg/m ³
Conductividad térmica	λ	W/(m·K)
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua	μ	Adimensional
Contenido en Celdas Cerradas	CCC	%
Reacción al fuego desnudo	Euroclases	

Fuente: ATEPA.

Tabla 10. Características exigibles al poliuretano en aplicaciones específicas.

Resistencia a la compresión	σ_m	kPa
Reacción al fuego en aplicación final de uso	Euroclases	

Fuente: ATEPA.

Para verificar el cumplimiento de estas características, es recomendable comprobar que el producto utilizado posee una certificación de calidad de producto, y que la empresa que lo aplica también tiene una certificación de calidad de producto aplicado.

Tabla 11. Documentación para el control de recepción en obra del poliuretano proyectado.

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO, FIRMADA POR PERSONA FÍSICA, QUE CONTenga AL MENOS LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:	
• Densidad	
• Conductividad térmica	
• Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua	
• Contenido en Celdas Cerradas	
• Reacción al fuego desnudo	
Con carácter voluntario, pero recomendable según los casos:	
• Resistencia a la compresión	
• Reacción al fuego en aplicación final de uso	
• Certificación de calidad de las materias primas	
• Certificación de calidad de la puesta en obra	

Fuente: ATEPA.

3.4.2. Control de Ejecución de Obra

El aplicador deberá controlar que las condiciones ambientales se encuentren dentro del rango fijado por la ficha técnica del sistema. Salvo indicación en contrario, las condiciones de aplicación deberán ser las siguientes:

- Temperatura ambiente: entre 5 °C y 45 °C
- Temperatura del sustrato: mayor de 5 °C

- Humedad ambiente: Menor del 85 %
- Humedad del sustrato poroso: Menor del 20 %
- Humedad del sustrato no poroso: Seco
- Velocidad del viento: menor de 30 km/h (8 m/s)

Durante la ejecución de la obra, si el jefe de obra desea realizar un control de la puesta en obra del poliuretano, es conveniente controlar los siguientes aspectos:

- En la proyección en fachadas, limpiar la base del forjado, para garantizar una buena adherencia de la espuma en ese punto.
- Vigilar que la aplicación se realice en capas sucesivas de espesor máximo el especificado por el fabricante del sistema.
- Todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados deberán estar convenientemente protegidos.
- Controlar el adecuado tratamiento de puentes térmicos.
- Cuando sea necesario, se deberá controlar la existencia de Barrera de Vapor.

3.4.3. Control de la obra terminada

Si se desea realizar un control de la espuma de poliuretano sobre la obra terminada, hay tres escenarios:

Caso 1: Sistemas y aplicación certificados

Si la empresa aplicadora tiene una certificación de calidad, y utiliza sistemas con certificación de calidad:

- Pedir los certificados de calidad del sistema y de la aplicación. Estos certificados recogerán los resultados de los autocontroles realizados por el aplicador.

Caso 2: Sistemas certificados y aplicación no certificada

Si la empresa aplicadora no tiene una certificación de calidad, y utiliza sistemas con certificación de calidad:

- Pedir los certificados del sistema
- Pedir la realización de al menos un ensayo interno de espesor por cada 75 m² y al menos un ensayo interno de densidad por cada 300 m²





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

Caso 3: Ni sistemas ni aplicación certificada

Si la empresa aplicadora no tiene una certificación de calidad, y utiliza sistemas sin certificación de calidad:

- Pedir el informe de ensayo de reacción al fuego del sistema
- Pedir la realización de al menos un ensayo externo de conductividad térmica por cada unidad de obra
- Pedir la realización de al menos un ensayo interno de espesor por cada 75 m² y al menos un ensayo interno de densidad por cada 300 m²



Foto 5. Punzón de no más de 2 mm de diámetro para realizar el ensayo de medición de espesor.



Foto 6. El ensayo de medición del espesor se realizará al menos cada 75 m²

4

POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)

Silvia Herranz

Ursa

silvia.herranz@uralita.com

Marina Alonso Mistou

Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido (Aipex)



4.1. Introducción

EL poliestireno extruido, al igual que la mayoría de los materiales aislantes se deben ajustar a una Normativa específica, la cual estipula los parámetros que se deben tener en cuenta, para poder ser competitivos y fiables en el mercado.

Estos materiales aislantes además de ir de la mano de la Normativa, mediante el marcado CE obligatorio, van avalados por certificados voluntarios tanto como españoles como internacionales (AENOR, ACERMI...)

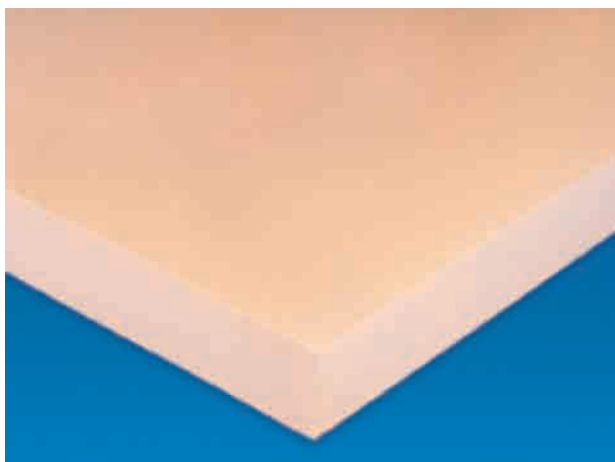


Figura 1. IPanel de Poliestireno extruido (XPS). Fuente: URSА.

4.1.1. Descripción

4.1.1.1. Definición

El poliestireno extruido (XPS) es una espuma rígida, aislante, de carácter termoplástico y de estructura celular cerrada. Por su naturaleza y



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

características técnicas, aporta a los elementos constructivos donde se incorpora notables beneficios.

La estructura celular totalmente cerrada del poliestireno extruido le proporciona sus excelentes prestaciones frente a la absorción de agua y como aislante térmico. La elevada rigidez de la estructura celular dada por la gran homogeneidad de las celdas proporciona, a su vez, una altísima capacidad de resistencia mecánica.



Figura 2. Estructura microscópica del (XPS). Fuente: URSA.

4.1.1.2. Código de designación

El código de designación, es específico para cada producto, y en el cual se pueden observar todos los valores obtenidos de los diferentes ensayos que se han realizado, para determinar sus propiedades.

Definiendo el siguiente ejemplo de código designación, se hace un ejercicio de interpretación del mismo

**XPS-EN 13164 -T2-DLT (1)5-DLT(2)5- CS(10/Y)300 – CC(2/1,5/50)100–
WL(T)3- MU 150-FT2**

Definiendo los elementos de la siguiente manera:

- XPS: abreviatura de espuma de poliestireno extruido (eXtruded PolyStyrene foam)
- EN 13164: Número de norma europea armonizada
- Ti: Tolerancia en espesor

- $CS(10\backslash Y)x$: Tensión o resistencia a la compresión.
- $DS(T+)$: Estabilidad dimensional a temperatura específica
- $DS(TH)$: Estabilidad dimensional a temperatura y humedad específicas
- $DLT(1)5$: Estabilidad dimensional bajo condiciones de carga a compresión y temperaturas específicas
- $CC(i_1/i_2/y)\sigma_c$ Fluencia a la compresión o resistencia a la compresión a largo plazo.
- $WL(T)i$: Absorción de agua a largo plazo por inmersión
- $WD(V)i$: Absorción de agua a largo plazo por difusión
- MU_i o Z_i : Transmisión de vapor de agua
- FT_i : Resistencia a ciclos de congelación-descongelación

Siendo:

- i : la clase o el nivel
- σ_c : la tensión de compresión
- y : número de años

4.1.2. Proceso de fabricación

Las principales materias primas que se utilizan en el proceso de fabricación son:

- Poliestireno en forma de granza
- Diversos aditivos:
 - Nucleante: material que se encarga de asegurar que la estructura de las celdas en el interior del material a la salida de la extrusora sea lo más regular y pequeña posible. Debido a esto se pueden alcanzar altas prestaciones mecánicas en el producto final.
 - FR o Retardante de llama: material encargado de limitar la propagación de una llama en el producto final mejorando la clasificación de reacción al fuego.
 - Colorante: Proporciona al producto final su característico color.





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

- Pequeña proporción de producto final reciclado que previamente debe ser tratado.

El poliestireno se almacena en silos de gran capacidad. El sistema de alimentación se encarga de bombear de forma continua la granza del poliestireno y mezclarlo con el resto de aditivos. La mezcla resultante alimenta la extrusora de manera continua.

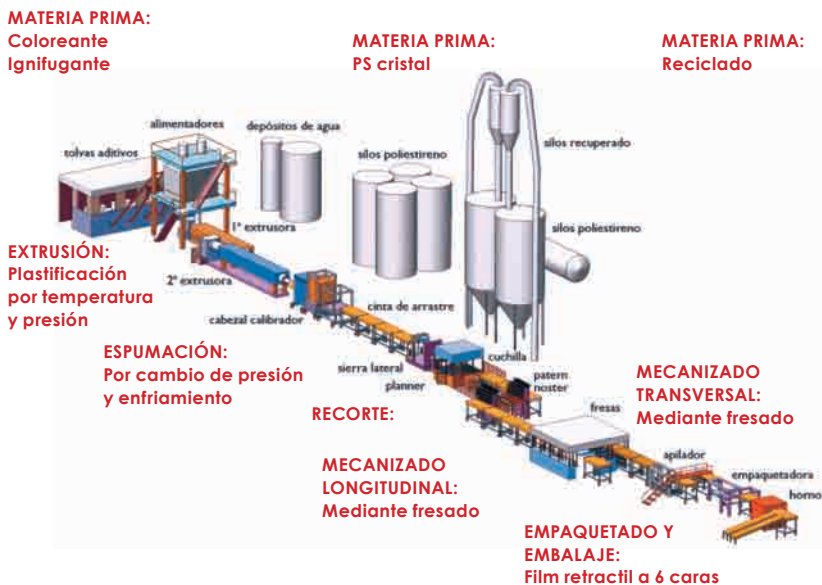


Figura 3. Proceso de Fabricación XPS. Fuente: URSA.

Extrusión

La mezcla de poliestireno y aditivos alimenta la extrusora, mecanismo formado por una camisa calefactada en cuyo interior gira un husillo. El incremento de temperatura y presión que la mezcla sufre en el interior de la extrusora permite que se funda en una masa fluida que avanza de forma continua hacia la salida de esta. En esta etapa del proceso se realiza la inyección del agente espumante, ya que debe mezclarse de forma homogénea con el resto de materias primas.

En la salida de la extrusora el cambio a presión atmosférica de manera repentina provoca la gasificación del agente espumante, que al intentar escaparse permite la espumación de la masa, y además absorbe la temperatura del poliestireno, enfriándolo y por tanto solidi-

ficándolo. La sección de la salida de la extrusora determina la sección de la banda continua de poliestireno extruido que por ella sale.

Proceso de corte

El lateral de la banda de poliestireno extruido recibe un primer mecanizado al cortarse de forma recta, ajustando la anchura aproximada a la que va a ser el ancho final. En este proceso no se realiza aún el mecanizado lateral, ya que la banda está aún muy blanda y precisa de un proceso de estabilizado.

Inmediatamente después, mediante un mecanismo de guillotina, se cortan los paneles con la longitud deseada, interrumpiendo la continuidad del material que avanza por la cinta transportadora. Este sistema es completamente automático.

Proceso de estabilización

Antes de mecanizar los paneles el gas asentado en su interior debe estabilizarse y los paneles alcanzar la temperatura ambiente. Por ello los paneles son colocados en una noria giratoria que los mantendrá en reposo durante un tiempo determinado. Tras haber superado ese tiempo, la noria ha dado una vuelta y el panel es devuelto a otra cinta transportadora para proseguir con el proceso de fresado y embalado.

Fresado

La cinta transportadora introduce los paneles en la caseta de fresas donde estos son mecanizados. Una primera línea de fresas se encarga de realizar el mecanizado longitudinal para obtener la regularidad y tolerancias necesarias. Una segunda línea realiza el mecanizado transversal. Los diferentes mecanizados que pueden darse a los laterales del panel son el acabado recto, media madera o machihembrado.

Embalado

Los paquetes una vez que salen de la caseta de fresas transversales entran en las diferentes máquinas de embalar. Estas máquinas envuelven con film todo el paquete. El número de planchas de cada pa-





quete dependerá del espesor de las planchas. La altura del paquete será igual o lo mas aproximado posible a 400 mm. Posteriormente el paquete es introducido en un horno para contraer el film retráctil.

Paletizado y flejado

Después de pasar por el horno los paquetes se dirigen a la paletizado-ra. La medida de los palets es aproximadamente de 2500 x 2500. Los paquetes se apilan sobre el palé en 6 alturas. Cuando se han completado las 6 alturas de paquetes, el palé es transportado a la flejadora. Los paquetes se flejan horizontalmente y verticalmente.

De esta manera el palet ya está listo para su almacenamiento y su distribución.

4.1.3. Códigos de designación y Certificados

En la Fig. 4, se puede observar un ejemplo de la información que debe contener un marcado CE de poliestireno extruido, que el fabricante deberá colocar en el producto o en el embalaje del mismo.

Número del organismo de certificación (para productos bajo el sistema 1)
Nombre o identificación y dirección registrada del fabricante
Últimos dos dígitos del año de obtención del marcado CE
Número del certificado de conformidad CE (si procede)
Número de esta norma EN
Identificación del producto
Clase de reacción al fuego
Resistencia térmica – Conductividad térmica
Espesor
Código de designación (de acuerdo con el capítulo 6 de esta norma para las características correspondientes de acuerdo con la tabla ZA.1)

Figura 4. Información del marcado CE. Fuente: Norma UNE EN 13164

4.2. Propiedades

El poliestireno extruido, como material aislante tiene infinidad de ventajas en el campo de la edificación. A continuación se destacan las más relevantes:

- Protección térmica
- Excelente resistencia mecánica
- Protección frente al agua
- Protección frente a la temperatura y la deformación
- Fácilmente manipulable

4.2.1. Propiedades térmicas

La conductividad térmica (λ) de los productos de poliestireno extruido depende básicamente del gas de espumación utilizado.

Los parámetros térmicos a tener en cuenta del poliestireno extruido como en el resto de materiales aislantes, son la conductividad térmica e inherentemente la resistencia térmica.

Los valores de estas características se deben dar bajo las especificaciones que recoge la norma UNE EN 13164. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de Poliestireno Extruido (XPS). Especificación. Y son los siguientes:

Conductividad térmica (λ):

Se define la **conductividad térmica**, representada mediante la letra griega λ (lambda), como la cantidad de calor que pasa por una capa de 1 m de grosor de aislante con una superficie de 1 m² cuando la diferencia de temperatura a través del material es de un grado.

Unidad en que se mide es la cantidad de calor en W por hora: **W/(m·K)**

Cuanto más bajo sea el valor λ , mejores serán las propiedades aislantes del material.





Resistencia Térmica (R):

La **resistencia térmica** es la **capacidad de un producto de resistir el flujo de calor** que lo atraviesa, es decir el grado de aislamiento térmico de un producto o capa de cerramiento. Se define como:

$$R_t = d/\lambda \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$$

Siendo:

d el espesor en m

λ la conductividad térmica del poliestireno extruido en W/(m·K)

La Norma UNE-EN 13164 establece, en el apartado 5.3.2. Resistencia Térmica y Conductividad térmica, las siguientes especificaciones:

«Resistencia térmica y conductividad térmica. La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán de acuerdo con la Norma EN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor, en las siguientes condiciones:

- A una temperatura media de $(10 \pm 0,30) ^\circ\text{C}$
- Tras un acondicionamiento según lo indicado en el apartado 5.2.
- Teniendo en cuenta el efecto de envejecimiento, según el anexo C».

La conductividad que se obtiene varía entre **0,031** y **0,038 W/(m·K)**.

4.2.2. Dimensiones

Las dimensiones se obtendrán en base a la Norma EN 822 en el caso de la longitud y anchura, en la Norma EN 824 para el espesor, la rectangularidad en longitud y anchura en la Norma EN 824 y la planicidad en la Norma EN 825.

4.2.2.1. Longitud (l), anchura (b) rectangularidad en longitud y anchura S_b y Planeidad $S_{m\acute{a}x}$

Valores resultantes del ensayo de estas dimensiones no deben desviarse de los valores nominales de la Tabla 1 (Norma UNE EN 13164):



Tabla 1. Tolerancias de longitud, anchura, rectangularidad y planeidad.

LONGITUD O AN- CHURA NOMINAL	TOLERANCIAS		
	Longitud o anchura	Rectangularidad en longitud y en anchura	Planeidad
mm	mm	S_b mm/m	$S_{m\acute{a}x}$ mm
Menos de 1000	± 8	5	7,0
1000 a 2000	± 10	5	14,0
>2000 a 4000	± 10	5	28,0
> 4000	± 10	5	35,0

Fuente: Norma UNE EN 13164

4.2.2.2. *Espesor (d)*

Valores resultantes del ensayo no deben desviarse de los valores del espesor nominal de la Tabla 2 (Norma UNE EN 13164):

Tabla 2. Clases para las tolerancias de espesor.

CLASE	TOLERANCIAS		ESPESOR MM
T1	-2	+2	<50
	-2	+3	$50 \leq d_N \leq 120$
	-2	+8	>120
T2	-1,5	+1,5	<50
	-1,5	+1,5	$50 \leq d_N \leq 120$
	-1,5	+1,5	>120
T3	-1	+1	<50
	-1	+1	$50 \leq d_N \leq 120$
	-1	+1	>120

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Aplicabilidad: todos los productos según su uso

4.2.3. Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas

4.2.3.1. *Estabilidad dimensional a temperatura específica*

Acuerdo en base a la Norma EN 1604, el ensayo se realiza tras un acondicionamiento:

— Durante 48 horas a $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Teniendo en cuenta que los cambios relativos en longitud $\Delta \epsilon_l$, en anchura $\Delta \epsilon_b$, y en espesor, $\Delta \epsilon_d$, no excederán del 5 %

Aplicabilidad: los productos utilizados en altas temperaturas.



4.2.3.2. Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad

El ensayo se realiza tras un acondicionamiento durante 48 horas a $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y a $(90 \pm 5) \%$ de Humedad, en el cual las variaciones de las dimensiones ($\Delta\epsilon_a$, $\Delta\epsilon_l$, $\Delta\epsilon_b$) no superaran del 5 %

Aplicabilidad: los productos utilizados en altas temperaturas simultáneamente en ambientes saturados de humedad.

4.2.4. Comportamiento mecánico

4.2.4.1. Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura

Se determina de acuerdo con la Norma EN 1605. Para la condición de ensayo, la diferencia entre la deformación correspondiente, ϵ_1 , después de la etapa A, y ϵ_2 , después de la etapa B, tal y como se describe en la Norma EN 1605 no superará los valores indicados en la Tabla 3 para el nivel declarado (Norma UNE EN 13164).

Tabla 3. Niveles de deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura.

NIVEL	CONDICIONES DE ENSAYO	REQUISITO %
DLT(1) 5	Carga: 20 kPa Temperatura: $(80 \pm 1) ^\circ\text{C}$ Tiempo: $(48 \pm 1)\text{h}$	≤ 5
DLT(2) 5	Carga: 40 kPa Temperatura: $(70 \pm 1) ^\circ\text{C}$ Tiempo: $(168 \pm 1)\text{h}$	≤ 5

Fuente: Norma UNE 13164.

Aplicabilidad: los productos utilizados en cubiertas (capacidad portante con alta temperatura)

4.2.4.2. Resistencia a la tracción perpendicular a las caras (σ_{mt})

Se calcula en base a la Norma EN 1607. Ningún valor de los resultados de ensayo deberá ser inferior a los de la Tabla 4 (Norma UNE EN 13164), para un nivel declarado:

Tabla 4. Niveles para tracción perpendicular a las caras.

NIVEL	REQUISITO KPA
TR100	≥ 100
TR200	≥ 200
TR400	≥ 400
TR600	≥ 600
TR900	≥ 900

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Aplicabilidad: Complejo de trasdosado. Núcleos para sándwich (resistencia al deslaminado).

4.2.4.3. Tensión de compresión o resistencia a compresión

En base a la Norma EN 826 el ensayo se realizará a una deformación de 10 %. El resultado no debe ser inferior a los valores de la Tabla 5 (Norma UNE EN 13164) para los niveles declarados.

Tabla 5. Niveles para la deformación a la compresión o resistencia a la compresión.

NIVEL	REQUISITO KPA
CS(10/Y)100	> 100
CS(10/Y)200	≥ 200
CS(10/Y)250	≥ 250
CS(10/Y)300	≥ 300
CS(10/Y)400	≥ 400
CS(10/Y)500	≥ 500
CS(10/Y)600	≥ 600
CS(10/Y)700	≥ 700
CS(10/Y)800	≥ 800
CS(10/Y)1000	≥ 1000

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Esta característica es una de las que se utiliza para determinar el grado de aptitud de un producto para soportar cargas. En la medida de la resistencia a compresión, se trata de aplicar una fuerza que provoque una deformación de un 10 % del producto a ensayar. La resistencia a compresión standard del XPS es de 300 kPa, aunque pueden conseguirse productos con resistencias de 500 y 700 kPa.

Aplicabilidad: los productos para suelos y cubiertas transitables (que deben soportar cargas).





4.2.4.4. Fluencia a compresión

En base a la Norma EN 1606 la fluencia a la compresión, ϵ_{ct} , y la reducción total de espesor, ϵ_t , se calcula después de 122 días de ensayo a una tensión de compresión declarada σ_c , a intervalos de al menos 1kPa, y los resultados se extrapolan 30 veces, correspondiente a 10 años, para obtener el nivel declarado.

Esta característica se utiliza para determinar la idoneidad de un producto para soportar cargas de muy larga duración sin fatiga. Para productos de XPS de 300 kPa de resistencia a compresión se suelen alcanzar valores alrededor de 125 kPa para cargas de 50 años de duración con deformaciones inferiores al 2 %.

La fluencia a compresión se declara por niveles i_2 , y la reducción total de espesor se declarará por niveles i_1 , a intervalos de 0,5 % de la tensión declara. Las muestras de los ensayos no tienen que exceder la tensión o resistencia a la compresión a los niveles de la Tabla 6 (Norma UNE EN 13164) por más de un 10 %.

Tabla 6. Fluencia.

Nivel	Tiempo de ensayo días	Tiempo de extrapolación años	Tensión declarada kPa	Requisito %
$CC(i_1/i_2\%,10)\sigma_c$	122	10	σ_c	i_1/i_2
$CC(i_1/i_2\%,25)\sigma_c$	304	25	σ_c	i_1/i_2
$CC(i_1/i_2\%,50)\sigma_c$	608	50	σ_c	i_1/i_2

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Aplicabilidad: los productos destinados al aislamiento de cimentaciones (capacidad de soportar cargas elevadas de forma permanente).

4.2.5. Comportamiento ante el agua (Absorción de agua)

4.2.5.1. Absorción de agua a largo plazo por inmersión W_{lt}

En base a la Norma EN 12087, método 2A. Los resultados del ensayo no deben exceder los valores de la Tabla 7 (Norma UNE EN 13164).



Tabla 7. Niveles de absorción de agua a largo plazo por inmersión total.

NIVEL	REQUISITO %
WL(T)3	≤ 3
WL(T)1,5	$\leq 1,5$
WL(T)0,7	$\leq 0,7$

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Aplicabilidad: En cubiertas invertidas, de tejas, falsos techos, aislamiento de muros o soleras enterradas. (capacidad de estar en contacto habitualmente con agua).

4.2.5.2. Absorción de agua a largo plazo por difusión, W_{dv}

En base a la Norma EN 12088. Se trata de evaluar la cantidad de agua que retiene el producto cuando penetra en forma de vapor y es condensada por una superficie fría. Los resultados del ensayo no deben exceder los valores de la Tabla 8 (Norma UNE EN 13164) para el nivel declarado.

Tabla 8. Niveles de absorción de agua a largo plazo por difusión.

NIVEL	REQUISITO ^a %		
	$D_N = 50 \text{ mm}$	$D_N = 100 \text{ mm}$	$D_N = 200 \text{ mm}$
WD(V) 5	≤ 5	≤ 3	$\leq 1,5$
WD(V)3	≤ 3	$\leq 1,5$	$\leq 0,5$

^a Valores entre espesores para ser interpolados.

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Aplicabilidad: En cubiertas invertidas (capacidad de soportar un gradiente elevado de humedad y presión de vapor).

4.2.6. Comportamiento al vapor

4.2.6.1. Factor de resistencia a la difusión del vapor (μ)

En base a la Norma EN 12086, ningún resultado del ensayo debe ser inferior al nivel declarado, escogido entre los distintos niveles: 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300. En el caso de que se declara la resistencia al vapor de agua Z , los resultados no deben ser inferiores al valor declarado.

El factor de resistencia a la difusión del vapor de agua indica la magnitud de la resistencia del producto al vapor de agua, con relación a



una capa de aire estacionario del mismo espesor a la misma temperatura. Para productos de XPS se alcanzan valores superiores a 150.

Aplicabilidad: Aislamiento intermedio o interior en regímenes higrotérmicos elevados (capacidad de transpiración del aislante)

4.2.7. Comportamiento frente a las heladas

4.2.7.1. Resistencia ciclos hielo-deshielo

Es uno de los indicadores de la durabilidad del poliestireno extruido en condiciones extremas de exposición.

Se determina de acuerdo con la Norma EN 12091. La absorción de agua W_v , no debe exceder del valor indicado en la Tabla 9 (Norma UNE EN 13164) para un nivel declarado:

Tabla 9. Niveles de resistencia a la congelación - descongelación.

NIVEL	REQUISITO %
FT1	≤ 2
FT2	≤ 1

Fuente: Norma UNE EN 13164.

Se expresa mediante el nivel 2 que implica una pérdida de resistencia a compresión $< 10\%$ y un aumento de absorción de agua $< 1\%$ después de 300 ciclos de hielo-deshielo.

Aplicabilidad: Cubierta invertida, aislamiento de muros y soleras enterrados, aislamiento en cimentaciones (Resistencia a ciclos de hielo-deshielo sin pérdida mecánica ni absorción de agua).

4.2.8. Reacción al fuego

La clasificación respecto a la reacción al fuego (Euroclases) se determina de acuerdo con la Norma EN 13501-1.

La reacción al fuego indica la contribución del producto en caso de incendio a: desprendimiento de energía, formación de humos, formación de gotas.

El poliestireno extruido incorpora agentes ignífugos que le aportan una baja contribución al desarrollo del fuego, resultando un producto de Euroclase E, autoextinguible sin presencia de gotas ardiendo que evita la propagación de llamas en caso de incendio.



4.3. Aplicaciones

Las numerosas propiedades del Poliestireno extruido, hacen de él, un material muy versátil para su aplicación en los diferentes sistemas constructivos de un proyecto, así como en rehabilitación y obra nueva.

El enfoque principal es el aislamiento de la envolvente del edificio, añadiéndole las diversas ventajas que hacen de él un material idóneo para conseguir un confort y bienestar óptimo, así como un ahorro energético en el conjunto del proyecto.

4.3.1. Cubiertas

Las cubiertas son los sistemas constructivos del edificio más expuestos a la intemperie, por lo que la elección de los elementos que la constituyen son fundamentales. El poliestireno Extruido, al ser un material aislante con un excelente comportamiento frente a la humedad, le hace enormemente competitivo, dado que sus propiedades no se ven alteradas a lo con el paso del tiempo.

4.3.1.1. Cubiertas Planas

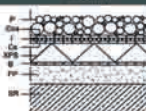
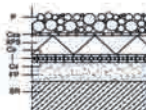
A. Cubiertas Invertidas no transitables

En este tipo de cubiertas al colocarse la membrana impermeable por debajo de el poliestireno extruido, prolonga la vida útil de la membrana, protegiéndola de las inclemencias meteorológicas, como de los factores mecánicos durante la ejecución y uso de la cubierta. A su vez facilitan el mantenimiento de la membrana y la posible implementación de material aislante en la mejora del comportamiento térmico de la cubierta.

En la siguiente Tabla 10, se puede observar la relación de espesores mínimos según la zona climática:



Tabla 10. Espesores mínimos de aislamiento en cubierta plana no transitable para el cumplimiento de DB-HE1 Ahorro Energético.

CTE 2013		Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía		U _{trans} CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
					0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Cubierta plana no transitable. No ventilada. Grava					espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1				
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
C.5.2		BC	1/(0,53+Rat)	6	7	7	8	8	
C.5.3		BH	1/(0,44+Rat)	6	7	7	8	9	
C.5.5		CC	1/(0,40+Rat)	6	7	7	8	9	
C.5.6		CH	1/(0,38+Rat)	6	7	7	8	9	
C.5.8		L	1/(0,33+Rat)	6	7	8	8	9	

Memorias descriptivas

___ m² aislamiento térmico de cubierta plana invertida, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λ_D = ___ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = ___ m²·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)130-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2-DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

___ m² aislamiento térmico de cubierta plana invertida ligera, mediante baldosa aislante compuesta por una protección consistente en una capa de mortero modificado de 10 mm de espesor y una base aislante de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λ_D = ___ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = ___ m²·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2-DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPLEX.

Las planchas que se suelen utilizar, en este tipo de cubiertas invertidas, tanto con acabados en grava como en ajardinadas son de 300 kPa de resistencia mínima a compresión, con mecanizado perimetral a media madera.

B. Cubiertas Invertidas transitables

En cubiertas con acabado con baldosa amorteradas como con baldosas flotante, las planchas son de 300 kPa de resistencia mínima a compresión. Y en el caso de Tráfico rodado esta resistencia mínima es de 500 kPa. En ambos casos con mecanizado perimetral a media madera.

C. Cubiertas ligera tipo Deck

Una vez colocado sobre la estructura soporte de chapa metálica grecada el material aislante, es importante elegir una lámina impermeable compatible con el poliestireno extruido para evitar

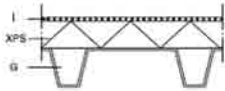
Poliestireno Extruido (XPS)



posibles migraciones de los plastificantes de las láminas, que las debilitarían, minorizando sus propiedades. Una buena solución es la colocación de una capa separadora entre la lámina y el material aislante.

En la Tabla 11, se puede observar la relación de espesores mínimos según la zona climática:

Tabla 11. Espesores mínimos de aislamiento en cubierta plana Deck ligera para el cumplimiento de DB-HE1 Ahorro Energético.

CTE	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía		U _{límite}	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
			CTE	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Cubierta plana Deck ligera. No transitable. Autoprotegida			espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1					
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
C.6.9		G	$1/(0,15+R_{\text{XPS}})$	7	7	8	9	10

Memorias descriptivas

___ m² aislamiento térmico de cubierta plana Deck, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPEX.

4.3.1.2. Cubiertas Inclizadas

Las planchas de Poliestireno extruido en este tipo de aplicaciones son de 200 kPa de resistencia mínima a la compresión, el acabado superior dependerá de la terminación de la cubierta, en el caso de una cubierta con teja amorterada la superficie exterior será ranurada, para cubiertas con piezas clavadas o con aislamiento bajo estructura será lisa y rugosa para la fabricación de paneles sándwich con recubrimientos encolados al aislante.

Los mecanizados perímetros son a media madera, excepto en panel sándwich, que será un mecanizado recto.

En la Tabla 12, se puede observar la relación de espesores mínimos según la zona climática:



Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento en cubierta inclinada para el cumplimiento de DB-HE1 Ahorro Energético.

CTE	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía						U_{perm} CTE					
							Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
						0,50	0,45	0,41	0,38	0,35		
Cubierta inclinada. Forjado/tablero inclinado. No ventilada. Con capa de protección						superior máxima (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1						
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E				
C.9.2	 cubierta convencional	BC	$1/(0,47+Rat)$	6	7	7	8	9				
C.9.3		FU										
		BH	$1/(0,38+Rat)$	6	7	7	8	9				
C.9.4	 cubierta invertida	L	$1/(0,27+Rat)$	6	7	8	8	9				

Memorias descriptivas

___ m² aislamiento térmico de cubierta inclinada, mediante planchas rígidas, ranuradas por una cara, de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·K/W; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPEX.

4.3.2. Fachadas

4.3.2.1. Fachadas aisladas por el exterior

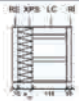
La colocación de poliestireno extruido por el exterior, proporciona innumerables ventajas, tales como:

- La reducción de la transmitancia térmica, proporcionando un importante ahorro energético, debido en parte a la corrección de los puentes térmico.
- Impedir el riesgo de condensaciones intersticiales y posibles patologías por humedades.

En el caso de su aplicación en ETICS/SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior), su resistencia mecánica, les prioriza en comparación con el resto de materiales aislantes. Con planchas de 200 kPa de resistencia mínima a compresión de superficie exterior rugosa o ranurada, el mecanizado perimetral suele ser machihembrado, o en algunos casos mecanizado recto.

Los espesores mínimos para cumplir el DB-HE1 Ahorro Energético, de un sistema SATE, con poliestireno extruido:

Tabla 13. Espesores mínimos de aislamiento en Fábrica con revestimiento continuo con aislamiento por el exterior para el cumplimiento de DB-HE1 Ahorro Energético.

CTE		Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía					
		Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
		% suplemento por PT integrados	10%	15%	15%	15%	15%
Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o cámara de aire no ventilada, aislamiento por el exterior		Espesor mínimo (cm) para no superar el valor U límite del CTE HE-1					
Código	Sección	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.4.1		$1/(0,38+R_{at})$	3	4	5	5	6
F.4.3		$1/(0,39+R_{at})$	3	4	5	5	6

Memoria descriptiva

___ m² aislamiento térmico de cerramiento vertical por el exterior, como soporte de revestimiento para SATE (ETICS), mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $RD =$ ___ m²·K/W; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T2-CS(10\Y)200-DS(TH)-TR100-SS100-MU80, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPLEX.

En Fachada ventilada, las planchas que se suelen utilizar son de 200 kPa de resistencia mínima a compresión con superficie exterior lisa, el mecanizado perimetral suele ser machihembrado, o en algunos casos mecanizado recto.

En la Tabla 14, se puede observar la relación de espesores mínimos según la zona climática:

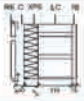
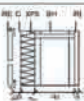




Tabla 14. Espesores mínimos de aislamiento en Fábrica con revestimiento discontinuo con aislamiento por el exterior y cámara de aire ventilada para el cumplimiento de DB-HE1 Ahorro Energético.

CTE Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía		Unidad CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
		% suplemento por PT integrativa	10%	15%	15%	15%	15%

Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior espesor mínimo con 2 para no superar el valor 12 límite del CTE HE-1

Código	Sección	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.B.1		$1/(0,47+R_{at})$	3	3	4	4	5
F.B.2		$1/(0,48+R_{at})$	3	3	4	4	5
		$1/(0,97+R_{at})$	3	3	3	3	4

Memoria descriptiva

___ m² aislamiento térmico de cerramiento vertical en cámara, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ___ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPLEX.

4.3.2.2. Fachadas aisladas en cámara y por el interior

La colocación del poliestireno extruido en fachadas por el interior es sencilla y rápida. Gracias a su elevada resistencia a la humedad, evita la colocación de un elemento que haga de barrera de vapor, cumpliendo el aislante por si mismo esta función.

En las Tablas 15 y 16, se pueden observar la relación de espesores mínimos por la zona climática:

CTE EHE-1	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	Umedio	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
		CTE	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
	% suplemento por PT integrados		30%	30%	30%	30%	30%

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPEx.

Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior							
Código	Sección	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.3.1		$1/(0,54+R_{at})$	4	5	5	6	8
F.3.3		$1/(0,42+R_{at})$	4	5	6	6	8
F.3.9		$1/(0,55+R_{at})$	4	5	5	6	8
F.3.11		$1/(0,49+R_{at})$	4	5	5	6	8

____ m² aislamiento térmico de cerramiento vertical por el interior, como soporte de revestimiento de yeso, y de puentes térmicos, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ____ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D =$ ____ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ____ m²·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10)/Y200-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

99



4.3.3. Suelos

Las planchas que se suelen utilizar son de 300, 500 y 700 kPa (las dos últimas en suelos sometidos a cargas importantes) de resistencia mínima a compresión, con una superficie exterior lisa y los mecanizados perimetrales a media madera o recto.

En la Tabla 17, se puede observar la relación de espesores mínimos según la zona climática:

Tabla 17. Espesores mínimos de aislamiento, en suelos sobre local no habitable, para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía.

CTE ESPESORES		Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía		Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
				0,53	0,52	0,50	0,49	0,48	
Suelo sobre local no habitable				espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1					
Código	Sección	Soporte resistente SR		HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
S0.1		FU	BC	1/(0,52+Rat)	5	5	5	5	5
			BH	1/(0,41+Rat)	5	5	6	6	6
		FR	CC	1/(0,38+Rat)	5	5	6	6	6
			CH	1/(0,35+Rat)	5	6	6	6	6
Suelos sobre espacio exterior									
Código	Sección	Soporte resistente SR		HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
S0.1		FU	BC	1/(0,52+Rat)	5	5	6	6	6
			BH	1/(0,41+Rat)	6	6	6	6	6
		FR	CC	1/(0,38+Rat)	6	6	6	6	6
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	6	6	6

Memoria descriptiva

__m² aislamiento térmico de suelos de uso doméstico o comercial, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de __ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D = \text{__ W/m}\cdot\text{K}$; resistencia térmica declarada $RD = \text{__ m}^2\cdot\text{K/W}$; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164. Memoria descriptiva

__m² aislamiento térmico de suelos de uso industrial o con tráfico de vehículos ligeros, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de ____ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada $\lambda_D = \text{__ W/m}\cdot\text{K}$; resistencia térmica declarada $RD = \text{__ m}^2\cdot\text{K/W}$; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)500-CC(2/1.5/50)180-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE EN 13164.

Fuente: «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPEX.

4.3.4. Cámaras frigoríficas

En los cerramientos perimetrales se suelen prefabricar paneles sándwich metálicos autoportantes, insertando el poliestireno extruido entre las chapas encoladas de acero, aluminio, PVC...



En los suelos de las cámaras frigoríficas las planchas de poliestireno extruido, se colocan entre una solera y el pavimento de hormigón, con un mecanizado a media madera, de 200, 300, 500, 700 kPa (los dos últimos valores para cámaras frigoríficas industriales) de resistencia mínima a compresión, con superficie rugosa para al prefabricación de paneles sándwich y con superficie lisa para el aislamiento de suelos.

4.4. Recomendaciones

Cada empresa comercializa productos para las aplicaciones anteriormente citadas, en la Tabla 18 se realiza un resumen de las características recomendables para los distintos sistemas constructivos:

Tabla 18. Resumen de las características principales de el Poliestireno Extruido (XPS) según aplicaciones.

APLICACIÓN	λ (W/MK)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN*	MECANIZADO	SUPERFICIE EXTERIOR
Cubierta Plana				
Invertida	0,031 - 0,038	300 / 500 (tráfico rodado)	Media madera	Lisa
Ligera Tipo Deck	0,031 - 0,038	300	Media madera / Recto	Lisa
Cubierta inclinada				
Teja amorterada	0,031 - 0,038	200	A media madera	Ranurada
Asilamiento bajo estructura	0,031 - 0,038	200	A media madera	Lisa
Panel Sandwich	0,031 - 0,038	200	Recto	Lisa
Fachada Aislada por el exterior				
SATE	0,031 - 0,038	200	Machihembrado / Recto (Casos Excepcionales)	Rugosa
Fachada Ventilada	0,031 - 0,038	200	Machihembrado / Recto (Casos Excepcionales)	Lisa
Fachada Aislada por el interior				
Trasdoso	0,031 - 0,038	200	Recto	Lisa
Suelos				
Con diferentes acabados	0,031 - 0,038	300 / 500 / 700 (Sometidos a cargas importantes)	A Media madera o recto (aplicación en doble capa con juntas contrapeadas)	Lisa

* Las resistencias a compresión son las mínimas recomendables.

Fuente: Silvia Herranz y «Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para edificación sostenible» de AIPEX.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

AIPEX, representa a las empresas productoras de Poliestireno Extruido, cuyo objetivo es defender, promocionar, investigar y perfeccionar la fabricación de productos con este material, en su web se pueden encontrar diferentes herramientas de apoyo en la aplicación de este material, así como enlaces a marcas comerciales.

4.5. Bibliografía

- Soluciones de aislamiento térmico con Poliestireno extruido (XPS) para la edificación sostenible. AIPEX
- Norma UNE EN 13164 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de Poliestireno extruido (XPS). Especificación.
- AIPEX. Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido. www.aipex.es
- CHOVA, S.A. www.chova.es
- BASF CONSTRUCTION CHEMICALS ESPAÑA, S.L. www.styrodur.com
- DOW CHEMICAL IBERICA, S.L. www.styrofoam.es
- EDILTEC AISLAMIENTOS S.A. www.ediltec.es
- IBERFIBRAN POLIESTIRENO EXTRUDIDO, S.A. www.iberfibran.pt
- KNAUF INSULATION, S.A. www.knaufinsulation.es
- TOPOX-FOAM, S.L. www.topox.es
- URSA IBERICA AISLANTES S.A. www.ursa.es

5

LANAS MINERALES

Mónica Herranz Méndez

***Asociación de Fabricantes Españoles
de Lanas Minerales Aislantes (Afelma)***



5.1. Introducción

Las Lanas Minerales Aislantes son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil.

Esta estructura permite obtener productos muy ligeros que por su peculiar configuración, ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego.

Están reconocidas internacionalmente como aislantes acústicos —por su estructura flexible— y térmicos —por el entrelazado que mantiene el aire inmóvil—, siendo, además, incombustibles, dado su origen inorgánico. Son productos naturales (arena silíceo para la lana de vidrio, roca basáltica para la lana de roca) transformados mediante el proceso de producción.

Como materiales de porosidad abierta (gracias a lo cual tienen buenas prestaciones térmicas y acústicas) pueden retener agua líquida en su interior, por lo que deben emplearse en aplicaciones que estén protegidas del contacto directo con el agua. Si accidentalmente la lana mineral se moja, las propiedades térmicas de la misma (poder aislante) se recuperarán hasta alcanzar los valores iniciales, si el agua no ha causado un daño evidente y se puede eliminar por evaporación o drenaje. En consecuencia, si por efecto del agua, la lana mineral no ha perdido su aspecto inicial, espesor, apelmazamiento, desgarró... una vez seca volverá a tener sus prestaciones aislantes iniciales.

Dentro de las Lanas Minerales se distinguen dos familias: las Lanas de Vidrio y las Lanas de Roca, elaboradas fundiendo arena o rocas basálticas, respectivamente.

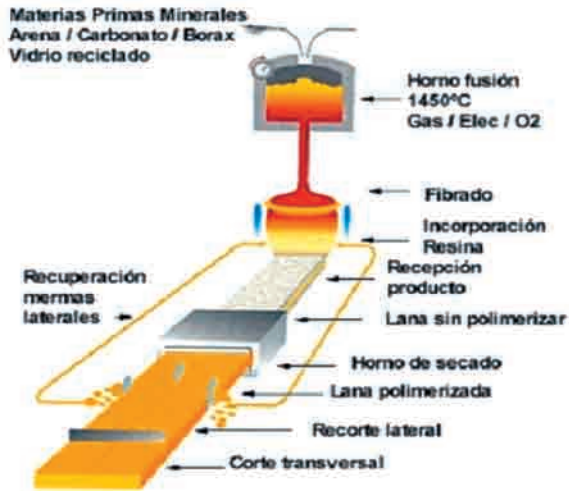


Figura 1. Proceso de fabricación de la lana de vidrio. Fuente: AFELMA.

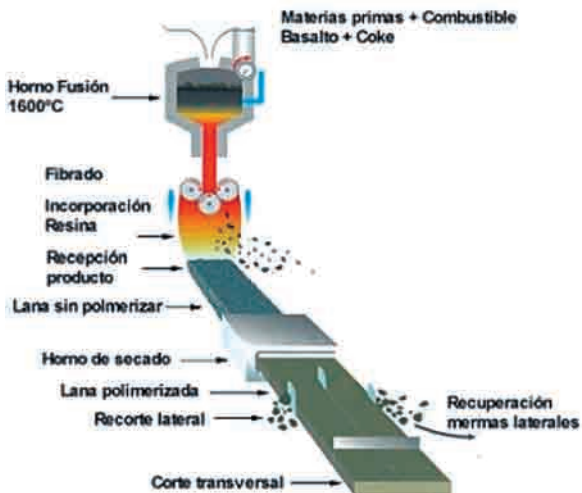


Figura 2. Proceso de fabricación de la lana de roca. Fuente: AFELMA.

5.2. Propiedades

Las Lanas Minerales son el único aislante que cumple con una triple condición: aislamiento acústico, aislamiento térmico y, por su naturaleza incombustible, protección contra el fuego. De este modo, incorporan las características técnicas que más se valoran en la sociedad actual, definida por la preocupación creciente por el hombre y su entorno, orientada hacia la mejora de la calidad de vida y la segu-

ridad de las personas, y atenta e interesada por la conservación del medio ambiente.

Además, el empleo de las Lanas Minerales permite actuar con criterios de eficiencia económica, contribuyendo también al uso racional de la energía.

5.2.1. Aislamiento acústico

La calidad de vida y la intimidad se reducen por la contaminación ambiental generada por el ruido, un problema creciente en las grandes ciudades con repercusiones civiles y penales; las Lanas Minerales son un material imprescindible para el aislamiento acústico.

Las Lanas Minerales son el único aislante térmico que proporciona una ganancia de aislamiento acústico de los elementos constructivos a los que se incorpora, permitiendo reducciones del nivel sonoro de hasta 70 decibelios, gracias a su naturaleza elástica que disipa la energía de las ondas sonoras que penetran en ellas. Así, las Lanas Minerales impiden la transmisión de los ruidos aéreos y de impacto y de sus reverberaciones, aportando auténtico confort acústico.

5.2.2. Aislamiento térmico

La población actual pasa la mayor parte de su tiempo (85 %) en espacios cerrados, por lo que el confort térmico en ellos se ha convertido en una demanda esencial. Sin embargo, dicho confort requiere un consumo energético que, en la situación actual, es necesario reducir. En este contexto, las Lanas Minerales constituyen el aislante ideal al permitir un alto grado de ahorro de energía, reduciendo el consumo energético al mínimo racionalmente posible y disminuyendo así el deterioro del medio ambiente.

En una época como la actual, la eficiencia energética es un valor incuestionable que las Lanas Minerales, como aislante térmico, promueven, favoreciendo la conservación del medio ambiente y la reducción de la factura energética de los edificios.

El ahorro energético es relevante para cualquier país, pero para España es un objetivo prioritario por su alta dependencia energética.





5.2.3. Protección contra el fuego

Por su naturaleza inorgánica, la Lana Mineral es incombustible y presenta un alto grado de resistencia al paso del calor, incluso a elevadas temperaturas, disminuyendo los riesgos de incendios y contribuyendo a aumentar la protección de personas y bienes.

Las Lanas Minerales son incombustibles y al entrar en contacto con el fuego no generan ni gases ni humos asfixiantes o tóxicos, lo que facilita la evacuación de los ocupantes de un edificio. Además, por su poder aislante, forman una barrera que protege a los elementos constructivos, aumentando la resistencia al fuego de los mismos y contribuyendo a la seguridad pasiva del edificio.

La velocidad de propagación de un incendio depende de la cantidad de material combustible presente, de ahí la importancia de contar con materiales aislantes adecuados que incrementen la seguridad.

La elección de un buen aislante es fundamental ya que está presente en un gran número de lugares de obra en cantidades muy elevadas. En este contexto, conviene tener en cuenta que la reacción frente al fuego varía en cada aislante, no sólo en lo relativo a la liberación de energía, sino también en lo que a emisiones de humos o formación de gotas se refiere.

Por todo ello, las Lanas Minerales son materiales que protegen al hombre, elevando su nivel de vida y respetando el medio ambiente.

5.2.4. Triple rentabilidad

Las Lanas Minerales ofrecen una triple rentabilidad:

- Con un sólo producto se satisfacen las exigencias de las normativas acústicas, de seguridad y térmicas y las aspiraciones de calidad de vida de los ciudadanos.
- El aislamiento es una inversión que se amortiza en menos de 5 años, ya que su coste es bajo, no requiere mantenimiento y tiene una duración idéntica a la del edificio.
- Las Lanas Minerales son el aislante presente en las soluciones constructivas más modernas, tanto en la nueva construcción, como en los procesos de reforma.

5.2.5. Propiedades ambientales

El sector de las Lanas Minerales en la UE ha realizado, de acuerdo con los criterios y los procedimientos prescritos en las normas, los oportunos estudios para comprobar la influencia en el medio ambiente de sus industrias y productos.

En el caso concreto de las Lanas Minerales se pone en evidencia que una vez considerados los impactos debidos a su uso como aislante, el impacto resultante en todos y cada uno de los indicadores es beneficioso para el medio ambiente, es decir, es un impacto negativo según el Índice del Ciclo de Vida.

Conclusiones de los estudios de impacto ambiental de las lanas minerales:

1. Existen procedimientos técnicos y rigurosos normalizados para ofrecer información sobre las características ambientales de los productos aislantes. La información que se obtiene es pormenorizada debido al carácter multifacético del medio ambiente, sin que pueda resumirse en un solo valor.
2. La declaración ambiental proporciona información transparente y fiable al mercado. El sector de las Lanas Minerales en la UE dispone de los oportunos estudios para sus industrias y productos, de acuerdo con los criterios y los procedimientos prescritos en las normas.
3. Los resultados de los estudios demuestran que el impacto de la fabricación y uso de Lanas minerales es muy beneficioso para la protección del medio ambiente.

5.2.6. Calidad

La elección de un buen aislante es, como ya se ha señalado, una cuestión fundamental debido a su presencia en numerosos lugares de la obra, a la cantidad de producto empleado en la misma y, sobre todo, a las diferencias de los productos existentes en el mercado. La calidad de las Lanas Minerales fabricadas en España viene avalada por la marca de AENOR y por los rigurosos controles de fabricación establecidos en las empresas.





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

Las Lanas Minerales para aplicaciones en la edificación cuentan con el Marcado CE, de obligado cumplimiento en toda Europa para los materiales aislantes térmicos.



Los productos de lana mineral se encuentran normalizados en toda Europa a través de la Norma UNE-EN 13162:2002 «Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW). Especificación».

La Norma UNE-EN 13162 es una norma armonizada de obligado cumplimiento en toda Europa, ya que establece los requisitos para el Marcado CE, marca de conformidad que deben ostentar todos los productos para edificación.

Además, los fabricantes españoles de Lanas Minerales tienen la Marca «N» para sus productos, marca de calidad que concede AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, a través de unos procesos de certificación que incluyen:

- Evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad del fabricante de conformidad con la Norma UNE-EN ISO 9001.
- Inspección en fábrica de los productos.
- Ensayos del producto de conformidad con las normas aplicables en un laboratorio externo y acreditado.

De ámbito europeo, la KEYMARK representa una marca de calidad voluntaria para los materiales aislantes térmicos de conformidad con las normas europeas. En Europa, la gran mayoría de los materiales aislantes con esta marca son productos de lana mineral.

5.2.7. Residuos

Las Lanas Minerales (lanas de vidrio o lanas de roca) son considerados como «residuos no peligrosos», siguiendo los criterios establecidos en

el listado europeo de residuos, publicado en España mediante la Orden Ministerial MAM/304/2002.

Las Lanas Minerales se encuentran en los siguientes epígrafes de la citada Orden Ministerial:

10 11 03 para los residuos generados durante el proceso de fabricación.

17 06 04 para los residuos generados en las obras de construcción.

La catalogación en los citados epígrafes se basa en los diferentes estudios y análisis sobre este tema y en las decisiones adoptadas por parte de las Administraciones de otros países europeos, como Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia, Islandia, Irlanda, Noruega, Suiza, Reino Unido o Alemania.

5.2.8. Salud

Todos los productos de lana mineral fabricados por los miembros de AFELMA son seguros.

Las Lanas Minerales fabricadas por las empresas asociadas a AFELMA han demostrado su inocuidad. Disponen del certificado de EUCEB, organismo europeo independiente que garantiza que los productos de Lana Mineral cumplen con la legislación europea de salud y seguridad.

Desde hace tiempo los fabricantes de lanas minerales invierten los recursos necesarios para la realización de todas las pruebas exigibles por las normas europeas y nacionales sobre salud y seguridad para la obtención del certificado EUCEB y la consiguiente clasificación como productos inocuos.

Con ello, demuestran su responsabilidad en orden a garantizar al mercado el buen comportamiento de sus productos y la buena imagen de los mismos.

5.2.9. Lanas minerales en Europa

Las Lanas Minerales son, en la actualidad, el aislante más empleado en la Unión Europea. Sin duda, esta posición viene respaldada por sus múl-





tiples características, todas ellas igualmente relevantes y ya señaladas y resumidas en las páginas anteriores: aislante acústico, aislante térmico, protección contra el fuego, respeto al medio ambiente, rentabilidad económica, salud, calidad reconocida a través de Marcas de prestigio internacional, amplia gama de productos y usos numerosos y diversos.

5.3. Aplicaciones

5.3.1. Productos

Las Lanas Minerales de vidrio y roca, ofrecen una gran diversidad de productos adecuados para los más diversos usos y aplicaciones.

Para adaptarse a las distintas utilidades, así como a la cada vez más creciente demanda del mercado, la gama de productos es muy amplia en ambos casos: paneles, rollos, mantas, coquillas, etc.

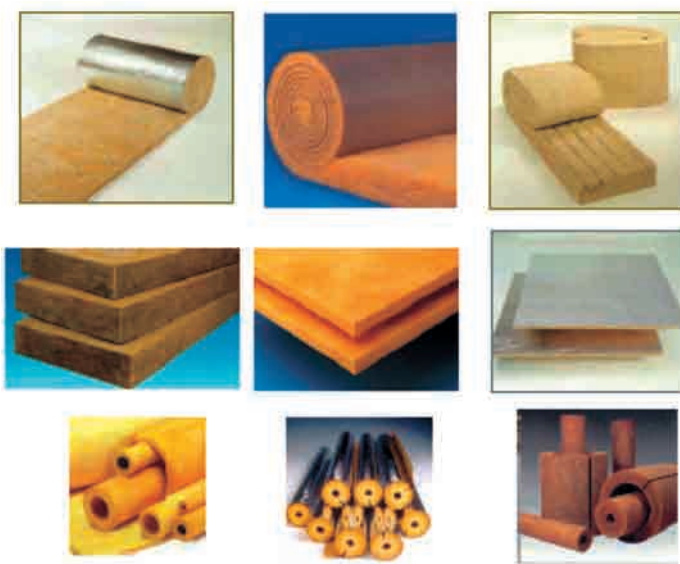


Figura 3. Productos de lana mineral. Fuente: AFELMA.

5.3.2. Usos

Las Lanas Minerales, por sus características, tienen muy diversos usos (residencial, industrial, comercial, administrativo, docente, sanitario) y

posiciones (cubiertas, fachadas, suelos, falsos techos, divisorias, conductos de aire acondicionado, protección de estructuras, puertas, mamparas, cerramientos exteriores y forjados), tanto en nueva construcción como en la rehabilitación de edificios.

En construcción, se adaptan muy bien a las necesidades de la arquitectura moderna, que busca soluciones cada vez más ligeras y de fácil colocación que cumplan los principios de resistencia mecánica. También se emplean revestimientos protectores, ligeros y permanentes en el tiempo.

También se utilizan en el sector del transporte (naval, aeronáutico, automoción, ferroviario, etc.), el industrial (calderas, acumuladores, tanques, depósitos, filtros, silenciosos, acondicionadores, motores, etc.) y en los cultivos hidropónicos (cubos para semilleros y tablas de cultivo).

5.4. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución – productos recomendados

El ahorro energético, la protección contra el fuego y la reducción de los niveles de ruido no sólo son necesarios en las nuevas construcciones, sino que son necesidades que hay que satisfacer en los edificios rehabilitados. De hecho, el Código Técnico de la Edificación también incorpora exigencias en este ámbito.

En este sentido, las Lanas Minerales ofrecen ventajas exclusivas a la hora de rehabilitar fachadas, medianeras, cubiertas, techos o suelos. Realizando la rehabilitación con Lanas Minerales obtendrán la eficiencia térmica necesaria para alcanzar la Certificación Energética de Edificios (obligatoria en todas las reformas a partir de 2007), un alto nivel de absorción y aislamiento acústico y seguridad, incorporando protección pasiva frente al fuego.

En concreto, para las fachadas, las soluciones incluyen trasdosados con placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos; aislamiento por el exterior con fachada ventilada y protección ligera; y, por último, aplacados con aislamiento por el interior con tableros de madera sobre rastreles.

En medianeras, la rehabilitación puede realizarse mediante trasdosados con placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y apla-





cados con aislamiento de Lana Mineral por el interior con tableros de madera sobre rastreles.

Las soluciones para cubiertas y techos comprenden desde un aislante sobre falso techo o falsos techos de material aislante (techos acústicos), hasta un aplacado con aislamiento por el interior con tableros de madera.

Finalmente, en suelos se puede optar entre solerías secas y tarimas colocadas sobre entramado de rastreles, con Lana Mineral en su interior.

5.4.1. Rehabilitación de fachadas

5.4.1.1. Rehabilitación por el exterior del muro

La disposición del aislamiento térmico con Lanas Minerales por el exterior del muro de fachada original permite soluciones constructivas muy válidas para rehabilitación térmica y acústica (y también para obra nueva), muy utilizadas en el ámbito europeo.

Los dos sistemas que se describen a continuación presentan las siguientes ventajas más importantes:

- La aplicación del aislante por el exterior del muro original elimina los puentes térmicos (frentes de forjado, pilares, vigas, formación de huecos de ventanas).
- Este tipo de soluciones presenta una mejora de la protección térmica del muro que dependerá de las características técnicas de la Lana Mineral utilizada y de su espesor.
- Siempre existe una ganancia en aislamiento acústico con Lana Mineral, que puede alcanzar hasta 6 dBA.
- Aprovecha toda la inercia térmica del muro existente.
- Estéticamente posibilita un cambio importante en el aspecto exterior de las fachadas.
- La realización de los trabajos de rehabilitación supone un bajo nivel de molestias para los usuarios, lo que permite seguir habitando en el interior del edificio.

- No se reduce la superficie útil del edificio o vivienda, al efectuar la intervención sólo por el exterior, aunque puede tener límites legales por ordenanzas municipales.

Como característica negativa, estos sistemas necesitan realizarse en todo el edificio al mismo tiempo.

a) Fachada ventilada

El sistema con fachada ventilada se caracteriza por disponer de una cámara de aire continua y ventilada entre el muro o revestimiento exterior y el aislamiento de la misma. La cámara funciona por efecto chimenea, al crearse por convección una corriente continua en la fachada. Dicha cámara evita la condensación del vapor de agua y, por consiguiente, la posible aparición de humedades nocivas.

Así mismo, la cámara ventilada tiene un efecto muy positivo para la evacuación de calor de radiación en el ciclo de verano.

La excelente clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1, o A2) de las Lanas Minerales contribuye en la protección pasiva contra incendios de la cámara ventilada de la fachada.

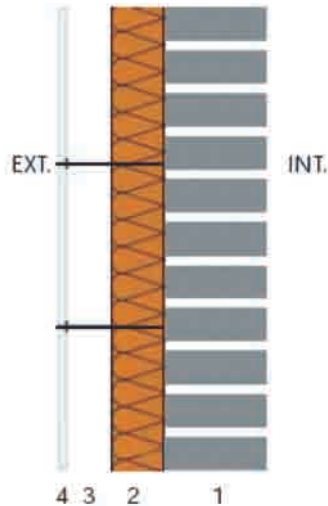
El sistema constructivo se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Muro existente, generalmente de fábrica de ladrillo o de bloques o paneles de hormigón.
- Anclajes para la sustentación de la estructura portante del material de revestimiento y acabado de la fachada, de una dimensión tal que permita la posterior formación de una cámara de aire entre el aislante y el acabado de la fachada.
- Aislante de Lana Mineral, fijado mecánicamente sobre la superficie exterior del muro.
- Cámara de aire ventilada de espesor mínimo 3 cm, que dejará los perfiles verticales y/o horizontales de la estructura portante separados del aislamiento.
- Estructura portante a base de perfiles verticales y/o horizontales, fijados a los anclajes de sustentación previamente instalados.





- Placas de acabado de la fachada, que pueden ser cerámicas, de piedra natural, metálicas, de resina, de vidrio, etc.



1. Fachada existente.
2. Lana Mineral fijada mecánicamente.
3. Cámara de aire ventilada.
4. Nuevo acabado fachada rehabilitada fijado mecánicamente a una estructura portante.

Figura 4. Sistema de fachada ventilada. Fuente: AFELMA.

b) ETICS (External Thermal Insulation Composites Systems)

Sistema habitual en la UE para rehabilitación y obra nueva, se conoce en España como SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior).

Es una solución de aislamiento térmico exterior de fachadas, compuesto de los siguientes elementos:

- Muro existente.
- Mortero para la nivelación del muro existente y fijación del aislante.
- Paneles aislantes rígidos de Lana Mineral.
- Anclaje mecánico para reforzar la fijación del aislante sobre el muro.
- Capa de mortero, armada con malla de fibra de vidrio.

- Revestimiento decorativo con material orgánico o de origen mineral como acabado final exterior.

Además de las ventajas generales estos sistemas presentan otras características específicas:

- La elevada temperatura máxima de trabajo ($> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) de la Lana Mineral usada en este tipo aplicaciones permite aplicar toda la gama cromática de acabados exteriores, incluso aquellos que supongan superficies muy absorbentes de la radiación.
- La estructura permeable de la Lana Mineral, y la permeabilidad de los morteros y revestimientos en estos sistemas, garantiza la máxima transpiración del vapor de agua y reduce el riesgo de condensaciones intersticiales.

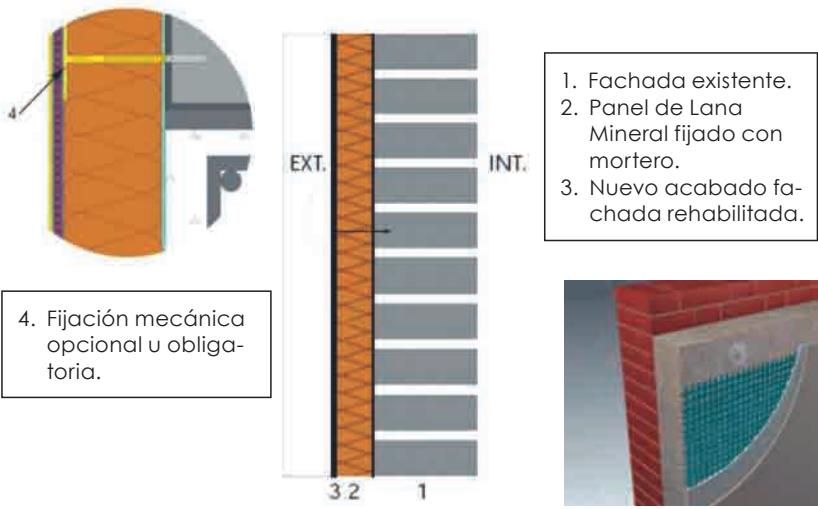


Figura 5. Sistema de aislamiento térmico por el exterior. Fuente: AFELMA.

Tabla 1. Rehabilitación de fachadas con aislamiento por el exterior.

REHABILITACIÓN DE FACHADAS CON AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo de hormigón ($U_{\text{inicial}} = 2,3\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)		
Aislamiento por el exterior con Lana Mineral de 50 mm	Transmisión térmica $U\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo dBA
Fachada ventilada	0,54	+6
ETICS (o SATE)	0,54	+6

Fuente: AFELMA.



5.4.1.2. Rehabilitación por el interior del muro

La disposición del aislamiento térmico con Lanas Minerales por el interior del muro de fachada es la intervención más habitual, tanto para obra nueva como para rehabilitación, y se realiza en el trasdós del muro de fachada.

Los trasdosados son una forma sencilla de rehabilitar térmica y acústicamente desde el interior de un edificio, resolviendo en una misma intervención diferentes problemas y patologías, ya que presentan las siguientes ventajas generales más importantes:

- Mejora del aislamiento térmico del muro mediante la incorporación en los trasdosados de Lana Mineral.
- Mejora del aislamiento acústico del edificio debido a la mejora de propiedades acústicas de la Lana Mineral introducida en el trasdós.
- Mejora las resistencias al fuego de los elementos donde se instalan las Lanas Minerales.
- Permiten la incorporación de nuevas instalaciones en el interior del trasdosado (se pueden añadir instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción, instalaciones y mecanismos eléctricos, domóticos,...). La excelente clasificación de reacción al fuego de la Lana Mineral (Euroclase A1 ó A2) contribuye así mismo a la protección pasiva contra incendios de la cámara del trasdós.
- No es necesario rehabilitar todo el edificio: cada usuario puede realizar su rehabilitación sin necesidad de llegar a un consenso con otros propietarios, ya que la obra se realiza por el interior de la propiedad.
- Se absorben las irregularidades de la pared soporte, no siendo necesario en el caso de los trasdosados cerámicos y de entramado autoportante una preparación previa de la pared soporte.
- Elimina las patologías producidas por los puentes térmicos, como pilares en fachada sin aislar, al incorporar el aislamiento.

Dentro de los trasdosados podemos encontrar diferentes soluciones:

a) Trasdosados cerámicos

Esta solución consiste en colocar Lana Mineral sobre el trasdós del muro soporte mediante fijaciones mecánicas, mortero especial para

la fijación de estos materiales, o a testa y trasdosar posteriormente con un ladrillo hueco, al que después se incorpora el enlucido de acabado.

Este tipo de soluciones presenta una mejora de la protección térmica y acústica del muro que dependerá de las características técnicas de la Lana Mineral utilizada y de su espesor.



b) Trasdodosados con entramado autoportante

La rehabilitación con trasdosado de entramado autoportante consiste en colocar junto al muro ya existente, una estructura normalizada acabada con una placa de yeso laminado (PYL), rellenando de Lana Mineral la cámara interior para obtener un aislamiento térmico y acústico adecuados.

Este tipo de soluciones presenta una mejora de la protección térmica y acústica del muro que depende de las características técnicas de la Lana Mineral y de su espesor.

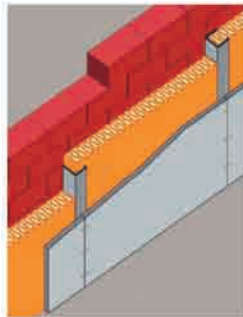


Figura 6. Trasdodosado con entramado autoportante. Fuente: AFELMA.

c) Trasdodosados con sistemas composites

En este caso, el trasdosado se realiza de forma directa sobre el muro soporte mediante pelladas. La Lana Mineral ya viene de fábrica adherida a la placa de terminación, con lo que se realiza en un solo paso la instalación del sistema.

La instalación de estos sistemas composites es muy rápida, proporcionando ventajas térmicas similares a las de los sistemas anteriores, y



acústicas elevadas, aunque algo menores que los sistemas de trasdosado con entramado autoportante.

La habitabilidad de la vivienda durante la ejecución es viable, ya que la ejecución de obra es muy rápida y con poco material de deshecho.

Tabla 2. Rehabilitación de fachadas con trasdosados.

REHABILITACIÓN DE FACHADAS CON TRASDOSADOS ½ pie de ladrillo cerámico cara vista ($U_{\text{inicial}} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)		
Rehabilitación	Transmisión térmica U $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo dBA
Lana Mineral de 50 mm y LHS de 5 cm	0,54	+ 5 *
Entramado autoportante con Lana Mineral de 50 mm + PYL de 15 mm	0,56	+15 **
Composite de Lana Mineral de 50 mm + PYL de 15 mm	0,58	+10 **

* Valores de acuerdo al Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

** Valores de ensayo en laboratorio acreditado.

Fuente: AFELMA.

5.4.2. Rehabilitación de cubiertas

Las cubiertas de los edificios son uno de los elementos de la envolvente que más sufren durante su vida útil, debido a que la cubierta está sometida a los cambios de humedad y de temperatura en función de la climatología, al ataque de la radiación solar, a su uso como soporte de instalaciones, etc.

Normalmente las rehabilitaciones de cubiertas vienen provocadas por la aparición de patologías como consecuencia del envejecimiento y el uso de las mismas.

Por lo general, los cambios se limitan a la sustitución de productos, pero pocas veces se tiene en cuenta la mejora de las soluciones empleadas; con frecuencia se procede a simples arreglos sin llegar a profundizar en las causas de las patologías para evitar que aparezcan nuevamente.

Es siempre recomendable al abordar la rehabilitación de una cubierta, aprovechar la intervención para mejorar (actualizar) sus prestaciones.

5.4.2.1. Rehabilitación de cubiertas por el exterior

La rehabilitación de cubiertas por el exterior requiere una intervención sobre la cubrición exterior actual del edificio, lo que supone que ésta sea global en toda la cubierta y necesitará normalmente nuevos elementos de cubrición. El aislamiento térmico y acústico de la cubierta rehabilitada se realiza colocando una capa de Lana Mineral encima del elemento resistente de cubierta y por debajo de la nueva impermeabilización.

El proceso por tanto se aplica normalmente a cubiertas planas, dando lugar a «cubiertas calientes», con particularidades derivadas del tipo de soporte de la cubierta y el carácter de utilización de la misma (transitable o no).

a) Cubiertas planas no transitables

Son cubiertas de muy baja pendiente (<6 %), habitualmente de estructura metálica y elemento resistente de chapa perfilada (cubiertas DECK). La colocación de la Lana Mineral (paneles de alta densidad) se efectúa mediante fijaciones mecánicas a la chapa soporte y sirven de soporte a la impermeabilización de doble capa (la superior de las cuales es autoprotegida).

b) Cubiertas planas transitables

Son también cubiertas de baja pendiente (<5/6 %), pero su estructura habitual es de hormigón: son las cubiertas de edificios residenciales o de servicios.

La colocación de la Lana Mineral (paneles de alta densidad) se efectúa sobre los elementos formadores de pendiente y sirven de soporte a la impermeabilización. Sobre la misma se coloca una capa de mortero (4 a 6 cm), que recibirá el acabado final de cubrición de la cubierta (terrazo, losetas, capas de epoxi...).





5.4.2.2. Rehabilitación de cubiertas por el interior

El aislamiento térmico y acústico de la cubierta se realiza colocando un falso techo autoportante, en cuya cámara se coloca la Lana Mineral como aislamiento térmico y aislamiento acústico.

El espesor será el necesario en función de la Lana Mineral a instalar, así como para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación.

Las ventajas de aislar cubiertas por el interior son:

- Se evita la rehabilitación por el exterior del edificio, por lo que no hay necesidad de levantar la cubrición exterior.
- Se incorpora mediante la Lana Mineral aislamiento térmico y acústico en una sola intervención.
- Permite rehabilitar una sola vivienda.
- Permite incorporar instalaciones en el interior del falso techo: nuevos sistemas de iluminación, de climatización por conductos de Lana Mineral...
- Montaje rápido y seco, siendo viable la habitabilidad práctica durante la ejecución de los trabajos.
- La rehabilitación se puede realizar tanto en cubiertas inclinadas como planas.

La instalación es sencilla y la colocación de la Lana Mineral se puede realizar mediante dos formas:

- Emplazar los paneles rígidos o semirrígidos de Lana Mineral sobre el forjado de cubierta o faldón mediante fijaciones mecánicas.
- Disponer los paneles semirrígidos o las mantas de Lana Mineral apoyados directamente sobre el soporte o falso techo cubriendo las maestras.

Las placas de yeso laminado (PYL) se fijan a las maestras, que se suspenden del forjado de cubierta o faldón mediante horquillas de presión, varillas roscadas y tacos de expansión metálicos con rosca interior (viguetas) o tacos tipo «paraguas» o de balancín para materiales huecos (bovedillas).

En cualquiera de las tipologías constructivas posibles, este tipo de soluciones presenta una mejora de la protección térmica de la cubierta que dependerá de las características técnicas de la Lana Mineral utilizada y de su espesor. La ganancia en aislamiento acústico es muy importante, siendo superior a los 8 dBA, y alcanzan habitualmente valores del orden de 13/15 dBA.



Tabla 3. Rehabilitación con techos suspendidos.

REHABILITACIÓN CON TECHOS SUSENDIDOS			
Cubiertas de forjados cerámicos 20 + 5 con acabado de teja o cubierta plana (U _{inicial} = 1,8 W/(m²·K))			
Techos suspendidos de PYL de 15 mm +	Transmisión térmica U W/(m²·K)	* Mejora aislamiento acústico	
		Ruido aéreo dBA	Ruido impacto dB
Con cámara de aire de 100 mm y Lana Mineral de 50 mm	0,48	+13	-9
Con cámara de aire de 100 mm y Lana Mineral de 80 mm	0,35	+15	-9

* Valores de acuerdo al Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

Fuente: AFELMA.

Las tipologías constructivas más habituales son:

- Cubierta de teja sobre forjado inclinado.

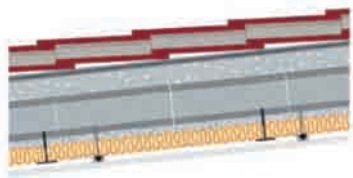


Figura 7. Cubierta de teja sobre forjado inclinado. Fuente: AFELMA.

- Cubierta de teja sobre faldón apoyada en tabiquillos.



Figura 8. Cubierta de teja sobre faldón apoyada en tabiquillos. Fuente: AFELMA.



- Cubierta plana transitable.

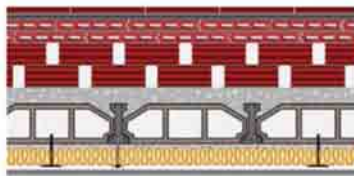


Figura 9. Cubierta plana transitable. Fuente: AFELMA.

- Cubierta plana transitable con pavimento sobre formación de pendientes.

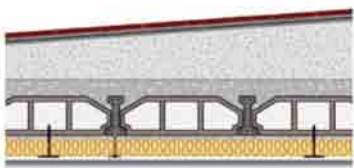


Figura 10. Cubierta plana transitable con pavimento sobre formación de pendientes. Fuente: AFELMA.

5.4.3. Rehabilitación de elementos horizontales sobre el exterior u otros recintos

5.4.3.1. Por el exterior del recinto a proteger

El aislamiento térmico y acústico del forjado se realiza como si fuera una cubierta según se indica en el apartado 4.2.1.: colocando un falso techo autoportante sobre el que se coloca la Lana Mineral como material aislante.

El espesor de la intervención será el necesario en función de la Lana Mineral a instalar, así como para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación.

Debe tenerse en cuenta que la protección térmica requerida no es la misma: será no menor que la de cubierta o fachada si el forjado está sobre el exterior. Si está sobre un local no acondicionado, el requerimiento puede ser inferior.

El elemento de cierre visto dependerá fundamentalmente de la situación final del mismo: si se sitúa sobre un local no acondicio-

nado, puede ser como se indica en el apartado anterior 4.2.1. Si la ubicación es sobre el exterior, el elemento de cierre debe proteger de la acción de la intemperie (por ejemplo, bandejas de acero o similar).

5.4.3.2. Por el interior del recinto a proteger

La intervención en este caso consiste en realizar pavimentos flotantes sobre Lanas Minerales.

El sistema consta de dos partes: un elemento rígido que se apoya en otro elástico.

- La parte rígida del sistema puede estar constituida por elementos de obra seca (placas de yeso laminado sobre las que se fija el pavimento de acabado) o de obra húmeda (una capa de mortero de reparto con la consistencia adecuada, sobre la que se fija el pavimento de acabado).
- La parte elástica (resiliente) del sistema son Lanas Minerales de bajo espesor, que se apoyan directamente sobre la capa de compresión del forjado.

Este sistema tiene las siguientes ventajas:

- Incremento suficiente del aislamiento térmico del forjado, para cumplir las exigencias del CTE.
- Reducción del ruido de impacto sobre los recintos inferiores y adyacentes, que dependerá de las características del elemento rígido, pero en todo caso superior a 25 dBA.
- Reducción del puente térmico del forjado en la unión con fachadas y/o medianerías.





Tabla 4. Rehabilitación sobre forjados cerámicos.

REHABILITACIÓN SOBRE FORJADOS CERÁMICOS 20 + 5, con pavimento de acabado ($U_{\text{inicial}} = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)			
Techos suspendidos	Transmisión térmica U $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	* Mejora del aislamiento acústico	
		Ruido aéreo	Ruido de impacto
Techo suspendido de PYL de 15 mm con cámara de aire de 100 mm y Lana Mineral de 50 mm	0,48	+15	-9
Pavimento flotante consistente en 20 mm de Lana Mineral + 2 PYL de 15 mm, con pavimento de acaba- do adherido	0,75	+10	-25 **
Pavimento flotante consistente en 20 mm de Lana Mineral + capa de mortero de 4 cm con pavimento de acabado adherido	0,95	+10	-30

* Valores de acuerdo al Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

** Valores de ensayo en laboratorio homologado.

Fuente: AFELMA.

5.4.4. Rehabilitación de instalaciones

5.4.4.1. Conductos de fluidos caloportadores (calefacción, refrigeración, ACS)

Con independencia de la calidad y rendimiento de los equipos térmicos de los edificios, se dispondrá de una red de conductos para estos fluidos que circularán con temperaturas diferentes a las del ambiente.

Esto provocará pérdidas de energía térmica en los fluidos, que dependerá de la diferencia de temperatura con el ambiente y del grado de protección térmica de los conductos.

La rehabilitación es precisamente aislar con Lanas Minerales los conductos.

La eficiencia del aislamiento térmico será suficiente para garantizar que las pérdidas térmicas no superen el 4 % de la energía total transportada.



Figura 11. Conductos de fluidos caloportadores. Fuente: AFELMA.



5.4.4.2. Conductos de climatización

Un caso específico son los conductos de climatización, cuando el aire se transporta distribuyendo aire climatizado.

Si la distribución de aire se realiza a alta presión y velocidad, la intervención será aislar térmicamente con Lanas Minerales los conductos metálicos de transporte. Así se obtienen reducciones de las pérdidas energéticas en el aire vehiculado del orden del 70 %. El ruido generado transmitido por los conductos, sin embargo, apenas se disminuye.

Si la distribución de aire se realiza a baja presión y velocidad, hay dos posibles intervenciones:

- Aislar los conductos como en el caso anterior.
- Sustituir los conductos por otros materiales a base de paneles complejos de Lana Mineral, con ventajas térmicas similares a los anteriores, pero que además reducen de modo importante el ruido transmitido por los conductos a los recintos de uso. Los valores de reducción dependen de la geometría de los conductos y de la frecuencia, pudiendo alcanzar disminuciones de 3-5 dBA/m de conducto.

5.4.5. Rehabilitación de recintos para control del ruido interior: Techos absorbentes acústicos

En todos los recintos cerrados se pueden producir fenómenos de reverberación que causan molestias indeseables (ininteligibilidad de la palabra, niveles de ruido elevados,...).



El CTE obliga a limitar las molestias producidas por estos fenómenos indeseables en cierto tipo de recintos, pero la realidad es que todos los recintos pueden padecer estas molestias.

La solución a estos problemas pasa por la disposición de techos acústicos absorbentes, que aumentan la absorción acústica total en el recinto y reducen o anulan el problema acústico citado.

Estos productos están constituidos por placas rígidas rectangulares o cuadradas, montadas sobre perfilera metálica vista u oculta, que se instalan descolgados del techo del recinto un mínimo de 10 cm, formando un falso techo continuo o no.

Hay dos tipos fundamentales de techos acústicos absorbentes:

- Techos de placas de Lana Mineral con revestimientos decorativos.
- Bandejas perforadas (metálicas, de placa de yeso laminado, ...) que se rellenan de Lana Mineral en la cámara de aire del descuelgue.

Ambos tipos de productos aumentan notablemente la absorción acústica del recinto, reduciendo fuertemente el «tiempo de reverberación» del recinto y eliminan totalmente los efectos negativos de la reverberación.

Además, mejora el nivel sonoro medio en el recinto, ya que se reduce hasta 4-7 dBA el nivel sonoro en el local, debido a las fuentes de ruido interiores.

Tabla 5. Rehabilitación de recintos para control del ruido interior.

REHABILITACIÓN DE RECINTOS PARA CONTROL DEL RUIDO INTERIOR CON TECHOS ABSORBENTES ACÚSTICOS (Recinto básico con suelo y techo de 10x8 m ² c/u y altura 4 m. Acabados de suelo en terrazo y de techo y paredes enyesado)		
Recintos	Tiempo de reverberación Tr (s)	Reducción de nivel sonoro medio de ruido interior
Según descripción	3,43 s	—
Descripción + techo acústico absorbente de $\alpha = 0,5$	1,01 s	- 5,3 dBA
Descripción + techo acústico absorbente de $\alpha = 0,9$	0,63 s	-7,4 dBA

Fuente: AFELMA.

5.5. Conclusiones

La necesidad de cumplir simultáneamente estas exigencias de energía del edificio con las otras exigencias del CTE para el mismo, especialmente la protección contra el ruido y la protección en caso de incendios, llevarán al ánimo de los proyectistas a revisar sus criterios de elección de materiales y soluciones constructivas para, reduciendo costes, conseguir mayores exigencias.

Es lo mismo que, desde hace muchos años, realizan los prescriptores del resto de países europeos, países en los que con unas exigencias térmicas y acústicas mayores el aislante más empleado son las Lanas Minerales (lana de vidrio y lana de roca) porque, tanto en nueva edificación como en rehabilitación de edificios, son los únicos materiales con los que, con un mismo producto, se consiguen tres prestaciones simultáneamente: aislamiento acústico, aislamiento térmico y protección contra el fuego.



6

UNIDADES DE VIDRIO AISLANTES

Eduardo M.^a de Ramos Vilariño
Saint-Gobain Cristalería, S. L.



6.1. Introduccion

Parece evidente que, en la mayoría de los casos, el hueco acristalado es el elemento térmicamente más débil de la envolvente del edificio tanto si consideramos obra nueva como edificación existente. En este último caso el estado de mantenimiento es fundamental para conservar las características de permeabilidad al aire del cerramiento y así evitar las entradas indeseadas de aire en el interior del edificio.

Sin embargo, día a día los huecos arquitectónicos aumentan de dimensiones, favoreciendo la entrada de luz natural y el contacto visual con el exterior. Este aumento de tamaño conlleva un aumento en el nivel de exigencia de las prestaciones relacionadas con el aislamiento térmico, el aislamiento acústico y las condiciones de seguridad de los acristalamientos.

Con una simple termografía puede observarse como las pérdidas de calor a través de los cerramientos acristalados de los huecos son muy superiores a las que se producen por las partes opacas. Los cerramientos acristalados pueden constituir verdaderos puentes térmicos si no son correctamente solucionados.

Además es preciso tener en cuenta que, el acristalamiento cuenta con unos pocos milímetros, a lo más dos o tres decenas, para dar respuesta al conjunto de prestaciones solicitadas. En ocasiones las soluciones de fachadas acristaladas más complejas se resuelven con dobles pieles de acristalamiento combinando distintas prestaciones.

Afortunadamente la industria ha sabido ir proporcionando respuesta a estas necesidades crecientes y, hoy en día, los cerramientos acristalados permiten dar cumplida respuesta a los mayores niveles de



exigencia aportando soluciones que alcanzan valores, en sus parámetros característicos, inimaginables hace algunos años.

6.2. Definición

Atendiendo al objeto de esta guía de Materiales Aislantes, es posible definir el cerramiento acristalado como aquel elemento de la envolvente térmica del edificio que permitiendo el paso de la luz natural constituye una barrera térmica entre el exterior y el interior calefactado del edificio.

El concepto de envolvente térmica del edificio está perfectamente definido en el Código Técnico de la Edificación y en su apartado DB HE1 – *Limitación de la demanda energética* contempla los requisitos «mínimos» que deben cumplir las edificaciones tanto en su parte opaca (muros) como en los huecos (cerramientos acristalados) en sus dos parámetros principales; transmitancia térmica y factor solar.

Centrada la idea en el hueco acristalado, y en particular en el acristalamiento, es necesario considerar que las prestaciones que se exigen deben considerar un planteamiento transversal y dar cumplimiento a requisitos en distintos conceptos aunando aspectos energéticos, acústicos, de seguridad de uso, protección de bienes y personas, lumínicos, de protección ultravioleta e incluso estéticos. Teniendo en cuenta todo ello puede hablarse la «multifuncionalidad» del acristalamiento.

Por tanto puede considerarse el acristalamiento como un sistema de cerramiento de huecos que, evitando el paso de aire como primer escalón en el aislamiento térmico, permiten el paso de luz y combina diferentes funciones en distintos grados, manteniendo su estabilidad mecánica en el tiempo frente a distintas acciones.

En la actualidad, debido a las exigencias normativas, el aumento de nivel socio económico y las prácticas de la edificación, el acristalamiento sencillo ha dejado de ser el habitual siendo sustituido por el denominado doble acristalamiento o Unidad de Vidrio Aislante.

La norma de producto UNE-EN 1279 define como Unidad de Vidrio Aislante o UVA el «Conjunto constituido como mínimo por dos paneles de vidrio, separados por uno o más espaciadores, herméticamente sellados a lo largo de todo el perímetro y mecánicamente estable».

La separación de los paneles u hojas de vidrio puede lograrse de diferentes modos y el sellado de los bordes puede obtenerse mediante la aplicación de diferentes materiales. Las diferentes combinaciones de espaciadores y materiales de sellado constituyen los distintos «sistemas» de UVA. Esto incluye dobles acristalamientos y triples acristalamientos, si bien, por su peso y por las características de nuestra climatología y las exigencias normativas, no son habituales en nuestro sector edificatorio.

El hecho de que la UVA se componga de varios vidrios y por tanto de varias superficies hace que sea necesario establecer un criterio único para identificarlas. El sistema más extendido en el sector, aunque no siempre respetado, es la numeración de las caras del acristalamiento desde el exterior hacia el interior, siendo por tanto la cara 1 la que se encuentra en contacto con el ambiente exterior y la cara 4 la que se encuentra en contacto con el ambiente interior. Las caras 2 y 3 son aquellas que están en contacto con la cámara de aire tal y como se representa en la Fig. 1.

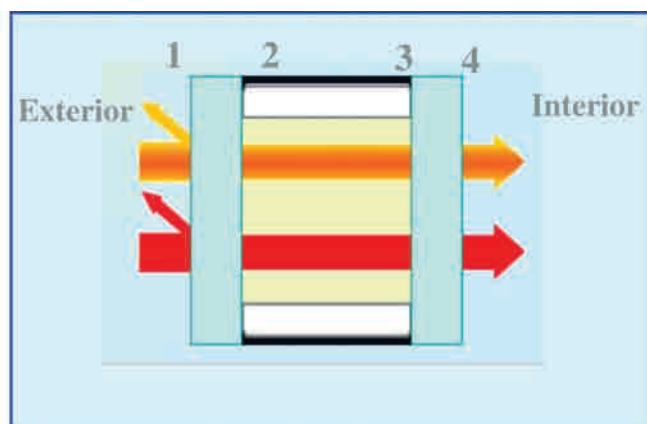


Figura 1. Esquema de numeración de las caras del acristalamiento.
Fuente: Saint-Gobain Glass – Calumen II.

6.2.1. Sistemas de Unidades de Vidrio Aislante

De una forma general y considerando los tipos más habituales de UVA en función del tipo de espaciador utilizado, del tipo de sellado realizado y del contenido de la cámara pueden definirse:





6.2.1.1. Unidades de vidrio aislante con perfil separador hueco

El espaciador utilizado para definir la distancia entre los vidrios que conforman la UVA es un tubo hueco donde se aloja un material desecante que absorbe la humedad del aire contenido en la cámara, como muestra la Foto 1. Normalmente el espaciador es de aluminio aunque también existe en acero. En los últimos años se han incorporado los espaciadores plásticos tipo «warm-edge» o de rotura de puente térmico que mejoran el comportamiento térmico del conjunto marco-vidrio al reducir en unas décimas el valor de la transmitancia de la ventana.



Foto 1. Sección de UVA con perfil separador hueco.
Fuente: Fondo fotográfico SGG CLIMALIT PLUS.

6.2.1.2. Unidades de vidrio aislante con espaciador termoplástico

El espaciador se constituye por un material termoplástico de aplicación en caliente que contiene en su interior el material desecante. En la aplicación se adhiere a los dos vidrios creando la barrera de estanquidad y adquiere el espesor necesario para definir la dimensión de la cámara. Normalmente el espaciador se constituye además en el sellado perimetral. Este tipo de sellado se conoce también por sus siglas en inglés TPS (Thermo-Plastic Spacer).

6.2.1.3. Unidades de vidrio aislante con doble barrera de sellado

Como muestra la Fig. 2, el sellado perimetral del acristalamiento se logra mediante la aplicación de dos barreras. La primera barrera realizada a base de sellantes butílicos constituye, junto con el espaciador, una auténtica barrera de vapor que impide la entrada de humedad en la cámara. Se aplica en el lateral del espaciador y logra su adhesión a las hojas de vidrio mediante presión en el momento de su ensamblado.

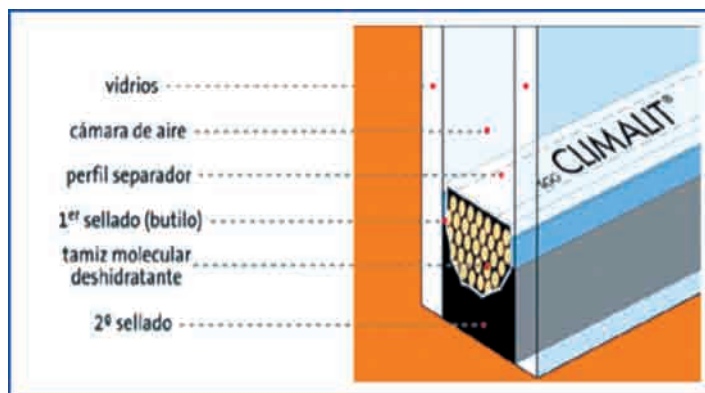


Figura 2. Sección de UVA con perfil separador hueco y doble barrera de sellado. Fuente: SGG CLIMALIT PLUS.

La segunda barrera, aplicada entre los vidrios y el espaciador se realiza con la finalidad de proporcionar estabilidad mecánica al conjunto uniendo los vidrios entre si y con el espaciador. La profundidad de este sellado, es decir la anchura de la zona de adhesión con los vidrios, depende de las dimensiones de la propia Unidad de Vidrio Aislante. Esta segunda barrera suele realizarse a base de sellantes de polisulfuro o poliuretano cuando los bordes del doble acristalamiento están ocultos en la carpintería y en siliconas, resistentes a la radiación ultravioleta, cuando los bordes están expuestos a la radiación solar directa o difusa.

6.2.1.4. Unidades de vidrio aislante con barrera de sellado sencilla

Las barreras de sellado sencillas también pueden utilizarse aunque son bastante poco frecuentes. Se realizan mediante la aplicación de un único sellante que realiza las funciones de estanqueidad y estabilidad mecánica. Dentro de esta denominación se encuentran los denominados se-





llados de cordón orgánico prácticamente desaparecidos en el mercado de la construcción español y los espaciadores termoplásticos o TPS que pueden considerarse como la segunda generación de aquellos.

Este tipo de sellado presenta una conductividad menor que los perfiles espaciadores metálicos y ello conlleva una reducción de la transmitancia térmica del conjunto de la ventana aunque no una reducción de la transmitancia térmica de la propia Unidad de Vidrio Aislante.

6.2.1.5. Unidades de vidrio aislante con cámara rellena de aire deshidratado

En esta agrupación deben considerarse aquellas unidades de vidrio aislante que en su cámara incorporan aire seco. Constituyen hoy en día más del 95% de la producción de UVA destinada a la edificación. El ensamblado de los vidrios con el perfil se realiza a presión atmosférica y en condiciones ambientales de humedad relativa. La deshidratación del aire se logra mediante la acción de un adsorbente de humedad, normalmente zeolita, denominado tamiz molecular.

6.2.1.6. Unidades de vidrio aislante con cámara rellena de gas

Se consideran aquí las unidades de vidrio aislante que en su cámara incorporan gases de menor conductividad térmica que el aire con el objetivo de mejorar el aislamiento térmico que ofrecen.

El gas utilizado normalmente para este sistema de UVA es el Argón en una concentración del 90 % con el que se logra una mejora entre 0,2 y 0,3 W/(m²K) respecto a la misma composición con cámara de aire. Otros gases que también pueden ser utilizados son el Kriptón y el Xenón con los que se logra reducir algo más el valor de transmitancia, pero su uso debe estar justificado mediante en mínimo análisis económico debido al alto coste de los mismos.

Los dobles acristalamientos con gas en su cámara no son muy frecuentes en el mercado español. Su presencia es más habitual en edificios del sector terciario que en el residencial aunque van ganando terreno poco a poco acompañando al desarrollo de los vidrios bajo emisivos o acristalamientos de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR). Mediante la combinación de los sellados, perfiles y cámaras descritos se obtienen los diferen-

tes sistemas de Unidades de Vidrio Aislante presentes en el sector de la edificación donde puede considerarse que el sistema más extendido es la Unidad de Vidrio Aislante con doble barrera de sellado, espaciador tubular hueco y cámara de aire. Poco a poco se va incorporando el doble acristalamiento con gas Argón en su cámara manteniéndose el espaciador hueco, el tamiz molecular y la doble barrera de sellado. Igualmente empieza a tener cierta presencia el espaciador plástico tubular hueco como complemento al gas en el interior de la cámara.



6.2.2. Tipos de Unidades de Vidrio Aislante según sus prestaciones

Como ya ha quedado expuesto, bajo la denominación de Unidades de Vidrio Aislante se agrupan acristalamientos de muy diferentes prestaciones. Los distintos tipos de vidrios incorporados a la unidad de vidrio aislante serán los responsables principales de las características que el conjunto aporte. Así, y ciñéndose a los aspectos de aislamiento térmico y eficiencia energética del mismo, pueden considerarse tres tipos de acristalamiento:

6.2.2.1. Acristalamiento básico

Aquel formado por dos vidrios y una cámara estanca de aire deshidratado sin ningún tratamiento que mejore sus prestaciones. Aún con la incorporación de gas en su cámara la mejora en su transmitancia térmica no resulta significativa. En la Foto 2 se observa una sección de este tipo de acristalamiento.



Foto 2. Sección de UVA básica.
Fuente: Fondo fotográfico SGG CLIMALIT PLUS



6.2.2.2. Acristalamiento de Aislamiento Térmico Reforzado o ATR

Bajo esta denominación se agrupan acristalamientos en los que al menos uno de los vidrios que lo componen es un vidrio de capa de baja emisividad. Esta capa refuerza la capacidad de aislamiento con reducciones de la transmitancia térmica que pueden significar hasta el 50 % para la misma composición de espesores y cámaras sin que ello suponga la incorporación de gas en la cámara. Esta capa es prácticamente imperceptible y como muestra la Foto 3 es necesario el uso de detectores especiales para conocer su presencia. La presencia del vidrio bajo emisivo como vidrio interior o como vidrio exterior tiene escasa incidencia en el valor de transmitancia térmica de la UVA aunque si puede modificar sensiblemente sus características de control solar. Su funcionamiento se representa en la Fig. 3.



Foto 3. UVA de ATR con capa baja emisiva y detector.
Fuente: Fondo fotográfico SGG CLIMALIT PLUS

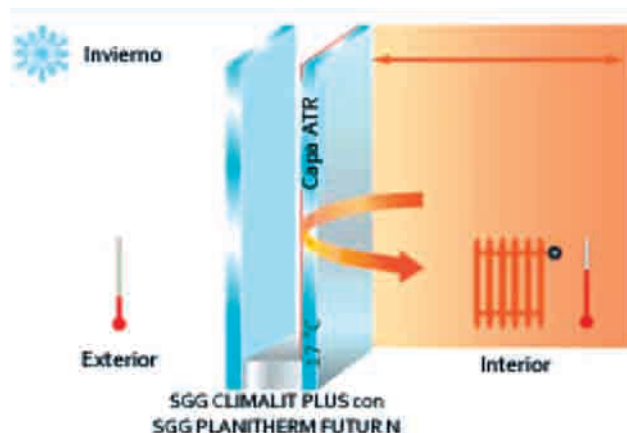


Figura 3. UVA de ATR con vidrio de baja emisividad perfil.
Fuente: SGG CLIMALIT PLUS

6.2.2.3. Acristalamiento de control solar:

Se trata de acristalamientos en los que uno de sus vidrios ha sido sometido a un tratamiento de deposición de capa que refuerza sus características de control solar reduciendo los aportes solares que penetran en el edificio con la incidencia directa del sol. A pesar de que pueden ser varios los medios para lograr esta prestación, a efectos de esta guía se consideran solo los acristalamientos de capa de control solar. Habitualmente los vidrios de control solar se sitúan como vidrios exteriores con la capa hacia el interior de la cámara, cara 2, de la UVA aunque en algún caso la capa puede situarse en cara 1.

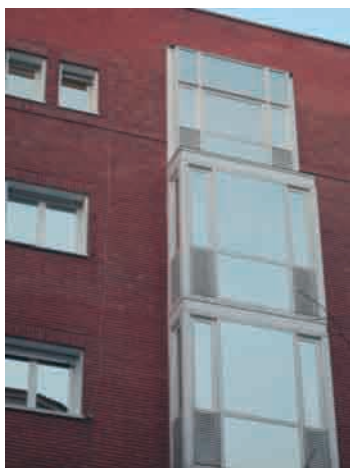


Foto 4. UVA con vidrio de capa reflectante de control solar.
Fuente: Fondo fotográfico SGG CLIMALIT PLUS

6.2.2.4. Acristamientos selectivos:

Pueden entenderse como parte de los acristamientos de control solar en tanto que hacen referencia a aquellos acristamientos o vidrios que proporcionando control solar permiten elevados aportes de luz natural. Es decir, seleccionan las longitudes de onda de la radiación solar que pueden atravesarlos, permitiendo el paso de las radiaciones correspondientes al espectro visible y reflejando en gran parte aquellas que corresponden al espectro infrarrojo, con mayor aporte calorífico. Estos acristamientos buscan el mayor aporte luminoso por lo que habitualmente con esta denominación se hace referencia a vidrios de aspecto neutro de alta transmisión luminosa y bajo factor solar.





6.3. Propiedades

Las unidades de vidrio aislante permiten aunar diferentes propiedades en un mismo cerramiento. El simple hecho de que la unidad de vidrio aislante esté constituida por al menos dos vidrios permite combinar productos con diferentes prestaciones de transmisión luminosa, control solar y baja emisividad sobre la unidad final. Si a esto se le añade que cada uno de los paneles de vidrio puede ser un vidrio laminar de diferentes espesores y que el espesor de la cámara constituye otra variable, el número de combinaciones posibles de estos elementos es significativamente elevado. Así sobre una UVA se combinan distintas prestaciones de manera que puede considerarse como una unidad multifuncional que debe definirse considerando el conjunto de necesidades en una evaluación transversal de todas ellas.

En este punto es necesario considerar que las principales características de las unidades de vidrio aislante no están referenciadas a normas que contengan límites para la denominación de los mismos. Por tanto queda sujeto a la práctica profesional y comercial la denominación de los productos. Es decir, no existe norma que defina cuando un vidrio es un vidrio bajo emisivo, ni a partir de que valor de factor solar puede considerarse que es un vidrio de control solar o que valores deben cumplirse para denominar un producto como vidrio altamente selectivo. En esta situación bajo la misma denominación es posible encontrar productos de diversas prestaciones que será necesario analizar.

Considerando los aspectos relacionados con el aislamiento térmico y la eficiencia energética, las unidades de vidrio aislante presentan tres propiedades fundamentales: Transmitancia térmica, factor solar y transmisión luminosa, estando las dos últimas relacionadas entre sí a través del concepto de selectividad.

6.3.1. Transmitancia térmica.

La transmitancia térmica (U) representa la capacidad de aislamiento térmico de un a UVA actuando como barrera de calor entre dos ambientes a diferente temperatura. Se expresa como el flujo térmico a través del acristalamiento por unidad de superficie y en función del salto térmico. Consecuentemente con lo anterior las unidades en las que se expresa son $W/(m^2K)$.

El interés como aislamiento térmico es alcanzar el valor más bajo posible reduciendo así las transferencias de calor entre el foco caliente y el foco frío. Es decir las pérdidas de calor en invierno (pérdidas de calefacción) y las entradas de calor en verano (mayor necesidad de climatización) reduciendo la demanda de energía o mejorando el nivel de confort.

La transmitancia térmica de las unidades de vidrio aislante se calcula según la norma UNE-EN 673 y representa el valor del aislamiento ofrecido en el centro de la pieza. Para su determinación se considera un salto térmico de $\Delta T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y condiciones estándar en el intercambio con el ambiente a ambos lados de la misma. La determinación de la transmitancia térmica tiene en consideración la transmisión de calor por conducción en los vidrios, la convección en el interior de la cámara y la radiación de un vidrio al otro.

Los parámetros que más influyen en el valor alcanzado son la emisividad de la superficie del vidrio y el espesor de la cámara. Sin embargo, en contra de lo que muchas veces se cree, el espesor de los vidrios y la conductividad del gas presente en su interior tienen una influencia limitada.

Al calcularse en el centro de la unidad no tiene en consideración las medidas del acristalamiento ni el efecto del perímetro, siendo igual el valor presentado para cualquier superficie considerada y cualquier perímetro presentado. La influencia del perímetro será considerada en el cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento completo (ventana o fachada) al considerar las condiciones de contorno impuestas por el marco o sistema de sujeción.

6.3.1.1. Efecto de la cámara

La cámara comprendida entre dos vidrios, normalmente rellena de aire deshidratado actúa, como un elemento de menor conductividad que el vidrio, reduciendo el flujo térmico que se produce por el mecanismo de conducción. Debido a la gran diferencia de conductividad térmica entre el vidrio ($\lambda = 1,0\text{ W/(mK)}$) y el aire ($\lambda = 0,0239\text{ W/(mK)}$) la variación ofrecida en la transmitancia térmica entre un vidrio monolítico y un Unidad de Vidrio Aislante es muy significativa. Tal y como se recoge en la Fig. X se pasa de un valor $U = 5,7\text{ W/(m}^2\text{K)}$ a un rango de valores entre $U = 3,3\text{ W/(m}^2\text{K)}$ y $U = 2,7\text{ W/(m}^2\text{K)}$.





Es necesario aclarar que no se fabrican unidades de vidrio aislante con cámaras inferiores a 6mm ya que no aportan un mínimo de aislamiento térmico.

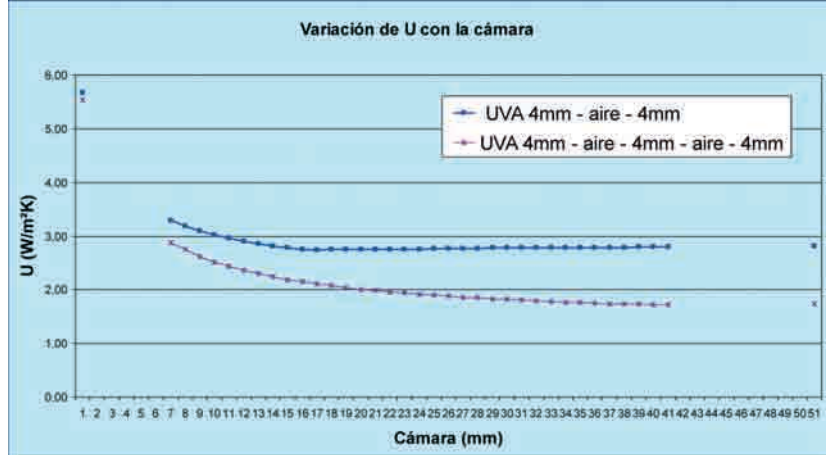


Figura 4. Transmitancia en función de la cámara de aire.
Fuente Saint-Gobain Glass

Como se aprecia en la Fig. 4 el aumento de cámara entre los 6 mm. y los 16 mm. produce una reducción paulatina en el valor de la transmitancia hasta alcanzar un mínimo en $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. A partir de los 16 mm no solo no hay ganancia de la capacidad de aislamiento ofrecido sino que se produce una ligera pérdida, aumentando el valor de la transmitancia hasta una décima para cámaras de gran espesor. Este aumento en el valor de U está producido por fenómenos de convección que tienen lugar en las cámaras a partir de 16 mm. Por tanto no estaría térmicamente justificado ampliar las cámaras más allá de este espesor salvo por otras razones diferentes al aislamiento térmico. Es decir que limitando el espesor de la cámara valores inferiores a 17 mm. se están limitando las transferencias de calor por convección.

Surge la posibilidad de considerar dos cámaras de aire en la UVA, es decir un triple acristalamiento. En este caso los valores de transmitancia mínimos que se alcanzan son de $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ con dos cámaras de 20 mm. Es decir, se necesita un espesor total de al menos 52 mm y se aumenta el peso del acristalamiento como mínimo en $10 \text{ Kg}/\text{m}^2$ al incorporar un vidrio más. Como se verá un poco más adelante en la Fig. 5 esta ganancia no justifica la instalación de triples acristalamientos con vidrios banales.

6.3.1.2. Efecto de los vidrios bajo emisivos o ATR

La incorporación de vidrios de capa de baja emisividad, conocidos como vidrios de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR), contribuye a la reducción drástica de la transmitancia térmica de la UVA. Normalmente los vidrios bajo emisivos requieren ser instalados en UVA no pudiendo ser utilizados como vidrios monolíticos por lo que al utilizar este tipo de vidrios se está actuando sobre la transferencia de calor por radiación superponiéndose al efecto logrado por la cámara.

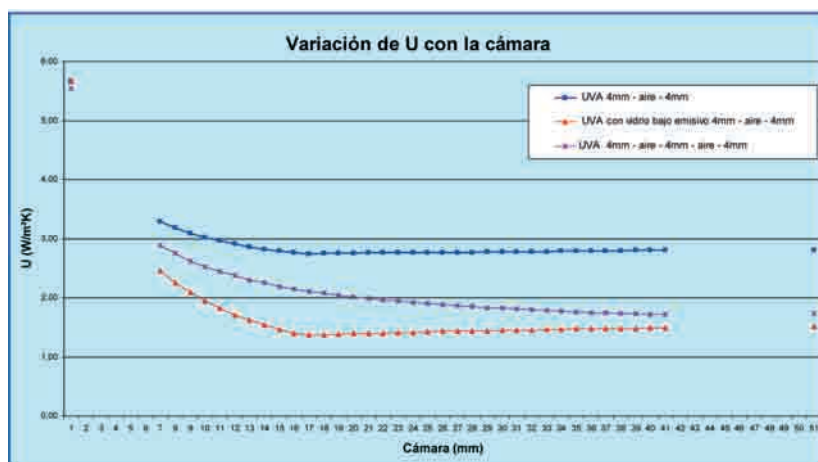


Figura 5. Transmitancia en función de la cámara de aire - Vidrio bajo emisivo: Fuente Saint-Gobain Glass

La emisividad normal de un vidrio sin ningún tratamiento es de $e = 0.89$, mientras que en los vidrios considerados bajo emisivos el valor de la emisividad puede considerarse $e \leq 0.20$ pudiendo llegar con los productos existentes hoy en el mercado de la edificación a valores de $e = 0.01$. Evidentemente cuanto menor sea la emisividad del vidrio incorporado menor será la transmitancia térmica U de la unidad de vidrio aislante. En función de la misma y de la cámara de aire pueden alcanzarse valores situados entre $U = 2,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ para cámaras de 6 mm y 16 mm respectivamente.

En la Fig. 6, puede observarse como la reducción alcanzada, respecto a un doble acristalamiento banal, puede suponer entre un 25 % y un 50 % dependiendo del espesor de la cámara y de la emisividad del vidrio considerado.

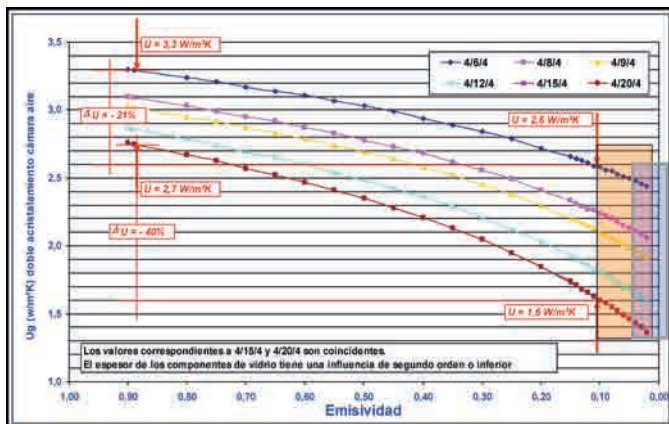


Figura 6. Transmitancia en función de la emisividad de uno de los vidrios:
Fuente Saint-Gobain Glass

Si el vidrio bajo emisivo se incorpora en un triple acristalamiento puede reducirse la U hasta valores del entorno de $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ con la incorporación de dos vidrios de baja emisividad, uno en cada cámara. Esto significa una reducción de aproximadamente el 50% sobre un doble acristalamiento con vidrio bajo emisivo.

6.3.1.3. Efecto del gas

La incorporación en la cámara de gases de menor conductividad térmica que el aire ($23,9 \text{ mW}/(\text{m K})$) evidentemente mejora el comportamiento de la unidad de vidrio aislante reduciendo su transmitancia. Habitualmente el gas empleado es el Argón (con conductividad $16,4 \text{ mW}/(\text{m K})$) ya que permite la reducción de $0,2$ o $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ respecto a la misma composición sin gas y tiene un coste aceptable en las aplicaciones de edificación. Otros gases como el Kriptón (conductividad $8,8 \text{ mW}/(\text{m K})$) o el Xenón (conductividad $5,2 \text{ mW}/(\text{m K})$) proporcionan mayores reducciones pero sus costes los sitúan en aplicaciones diferentes de la edificación.

En Europa, la incorporación de gas Argón, es una práctica habitual que tiene su causa en las mayores exigencias reglamentarias si bien se considera que el llenado de la cámara nunca se produce al 100 % y los datos de transmitancia térmica de la UVA suelen proporcionarse para una tasa de llenado de 90%.

Como puede observarse en la Fig. 7, la incorporación de gas argón en un doble acristalamiento no alcanza la reducción obtenida por

incorporación de un vidrio de baja emisividad aún con cámara de 6 mm, por tanto no puede considerarse justificada la incorporación de gas en una UVA que no esté dotada de un vidrio de baja emisividad o ATR.

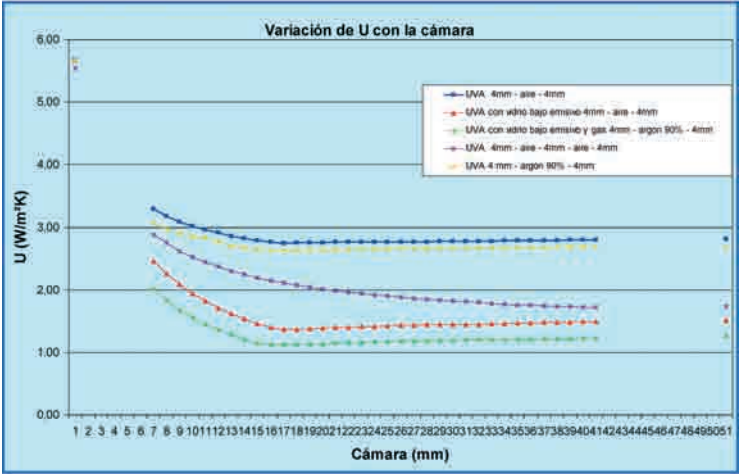


Figura 7. Transmitancia en función de la cámara.
Efecto de la incorporación de gas: Fuente Saint-Gobain Glass

Las unidades de vidrio aislante dotadas de gas Argón y vidrio bajo emisivo ofrecen valores de transmitancia situados entre $U = 2,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ para cámara de 6 mm y $U = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ para cámara de 16 mm.

Tabla 1. Reducciones de U entre diferentes UVA.
Fuente: elaboración propia

ACRISTALAMIENTOS	U (W/(M²K))	% (1)	% (2)
Vidrio monolítico 6 mm (e = 0,89)	5,7	0	—
Unidad de Vidrio Aislante 4/6/4 (e = 0,89)	3,3	42	0
Unidad de Vidrio Aislante 4/16/4 (e = 0,89)	2,7	53	18
Unidad de Vidrio Aislante con ATR 4/6/4 (e = 0,10)	2,6	54	21
Unidad de Vidrio Aislante con ATR 4/6/4 (e = 0,01)	2,4	58	27
Unidad de Vidrio Aislante con ATR 4/16/4 (e = 0,10)	1,5	26	54
Unidad de Vidrio Aislante con ATR 4/16/4 (e = 0,01)	1,3	77	61
UVA con ATR 4/16/4 (e = 0,01) y gas Argón al 90%	1,0	82	70
UVA con 2 ATR 4/16/4/16/4 (e = 0,01) y gas Argón al 90%	0,6	89	81

(1) Reducción respecto al vidrio monolítico
(2) Reducción respecto a la Unidad de Vidrio Aislante básica



6.3.1.4. Efecto del espesor de los vidrios

El efecto del espesor de los vidrios que componen la UVA tiene un efecto casi nulo en la transmitancia térmica de la unidad de vidrio aislante. Aunque entre valores muy diferentes de espesor en los vidrios puede alcanzarse alguna décima de diferencia en el valor U, en muchas ocasiones es debido al efecto del redondeo en la expresión con un decimal, como marca la norma UNE-EN 356.

Dentro del rango de espesores y temperaturas habituales en edificación puede considerarse que el efecto del espesor es despreciable en la variación de la transmitancia térmica. Por otra parte el aumento de peso debido al mayor espesor no justificaría nunca la mejora de aislamiento obtenida.

6.3.2. Factor solar

A diferencia que el muro, el cerramiento acristalado es transparente en gran medida a la radiación solar. Esta propiedad que permite los aportes de luz natural y contacto visual con el exterior del edificio, tiene gran incidencia sobre el comportamiento energético del acristalamiento.

El factor solar puede definirse como el total de la energía que penetra a través del acristalamiento o unidad de vidrio aislante cuando el sol incide sobre el. Como se muestra en la Fig. 8 el factor solar resulta de la suma de dos componentes: la transmisión energética directa y el flujo calorífico reemitido al interior. El factor solar se representa por «g» y se expresa en tanto por uno.

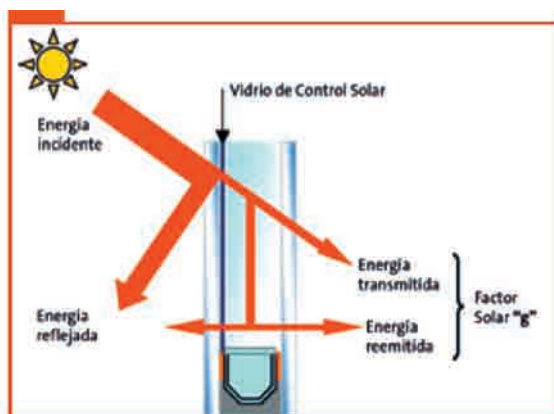


Figura 8. Transmisión energética – Factor Solar.

Fuente: Documentación SGG COOL-LITE de Saint-Gobain Glass

La transmisión energética directa (TE) se define como la parte de energía del flujo solar que es capaz de atravesar el acristalamiento. Otra parte del flujo incidente es reflejada y otra parte absorbida por la unidad de vidrio aislante. Esta última es responsable del calentamiento de los vidrios que, una vez alcanzan mayor temperatura que el ambiente con el que están en contacto, reemiten una parte hacia el interior del edificio. La suma de la transmisión energética directa y el flujo reemitido al interior es lo que denominamos factor solar «g». Su efecto se nota en el menor recalentamiento del interior del edificio como muestran la Foto 5 (UVA básica sin protección solar) y la Foto 6 (UVA con vidrio de control solar $g = 0,42$). Tras recibir los aportes solares directos las temperaturas interiores pueden variar entre 5 °C y 10 °C.



Foto 5. Temperatura en un local con acristalamiento UVA básico sin protección solar. Fuente: cedida por ANDIMAT.



Foto 6. Temperatura en un local acristalado con UVA con protección solar ($g=0,42$). Fuente: cedida por ANDIMAT.



El factor solar juega un papel muy importante en aquellos cerramientos que reciben insolación directa tanto en invierno como en verano. Los acristalamientos orientados al Norte solo reciben radiación difusa siendo mucho menos importante los aportes caloríficos solares.

Este parámetro proporciona una medida de la protección solar que ofrece la unidad de vidrio aislante, siendo mayor la protección cuanto menor es el valor de «g». Sin embargo es preciso tener en cuenta que esta propiedad se refiere a la transmisión de calor procedente del sol pero no considera la transmisión de luz ni de radiación ultravioleta. Cuando ello sea necesario habrá que recurrir a la transmisión luminosa (TL) y a la transmisión ultravioleta (TUV) respectivamente.

El diferente comportamiento del vidrio frente a las radiaciones de corta longitud de onda (ultravioleta, luz e infrarrojo producidas por el sol) y longitudes de onda superiores a los 2500 nm (infrarrojo lejano producido por cuerpos calientes a temperaturas de 60-100 °C). En el primer caso la radiación es capaz de atravesar el vidrio en un porcentaje considerable permitiendo que se produzcan aportes caloríficos al interior del edificio, mientras que en el segundo la radiación denominada infrarrojo lejano no es capaz de atravesarlo. En esta situación se produce una acumulación de calor en el interior que produce una elevación de la temperatura conocida como efecto invernadero.



Foto 7. Rehabilitación de fachada con UVA de control solar.
Fuente Propiedad del autor.

Para reducir estos aportes, sin impedir la visión del entorno exterior, puede recurrirse a los vidrios de capa de control solar. Estos vidrios, de bajo factor solar, reflejan una mayor parte de la radiación solar incidente y con ello el recalentamiento en el interior del habitáculo es menor y así reducir la demanda energética de acondicionamiento en régimen de verano. En la Foto 7 puede observarse como el tratamiento de los huecos, en el edificio de la derecha, sin considerar el control solar ha llevado a la instalación masiva de aparatos de aire acondicionado para compensar los aportes solares excesivos. Por el contrario, en la rehabilitación llevada a cabo en el edificio de la izquierda, la instalación de vidrios de control solar ha permitido la práctica eliminación de éstos.

El factor solar de la UVA se ve influenciado fundamentalmente por el color del vidrio (en el caso de vidrios con color en masa) y por la presencia de capas específicamente diseñadas para ello. Existe una gran variedad de capas con diferentes prestaciones estéticas que ofrecen una amplia gama de acristalamientos con distintos grados de control solar. Los factores solares pueden variar desde aproximadamente $g = 0,10$ para vidrios reflectantes con poca transmisión luminosa hasta valores de factor solar $g = 0,60$ para vidrios neutros muy transparentes.

El factor solar de las unidades de vidrio aislante es una propiedad que debe ser analizada en el conjunto del periodo anual valorando el comportamiento en régimen de verano pero también de invierno y teniendo en cuenta las condiciones de contorno del hueco; retranqueos, voladizos, sombras arrojadas,...

6.3.3. Transmisión Luminosa y Selectividad

Aunque puede parecer que la transmisión luminosa está distante de las propiedades de aislamiento térmico y es más fácil relacionarla con la eficiencia energética por la reducción de consumo necesario para la iluminación, esto no es así cuando se valora en función del factor solar.

La protección solar puede alcanzarse mediante elementos que limitan o reducen la cantidad de luz que entra por el hueco arquitectónico. De esta forma es fácil alcanzar buena protección solar mediante sistemas tradicionales como la persiana o el toldo, con los que se reduce el aporte solar global renunciando a la transmisión luminosa para lograr frenar la transmisión energética.





Foto 8. Protección solar mediante persiana de lamas.
Fuente: Propiedad del autor

Existen vidrios capaces de permitir un gran paso de aquellas longitudes de onda correspondientes al espectro visible y reflejar las longitudes de onda correspondientes a la radiación infrarroja, es decir aquella que presenta mayor aporte calorífico. Estos vidrios son los que se denominan vidrios selectivos o altamente selectivos. Como puede observarse en la Fig. 9, un vidrio normal posee alta transmitancia en el visible y en el infrarrojo, a la vez que una refleja poco las longitudes de onda del infrarrojo.

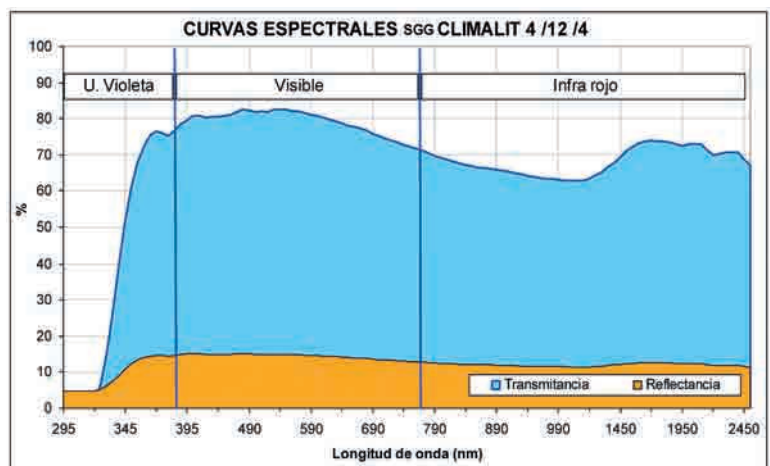


Figura 9. curvas espectrales de una UVA básica.
Fuente Saint-Gobain Cristalería

Por el contrario como muestra la Fig. 10, el vidrio altamente selectivo mantiene alta transmitancia para las longitudes de onda del visible y baja para el infrarrojo mientras que aumenta la reflectancia en el infrarrojo y procurando: que sea lo menor posible en el visible.

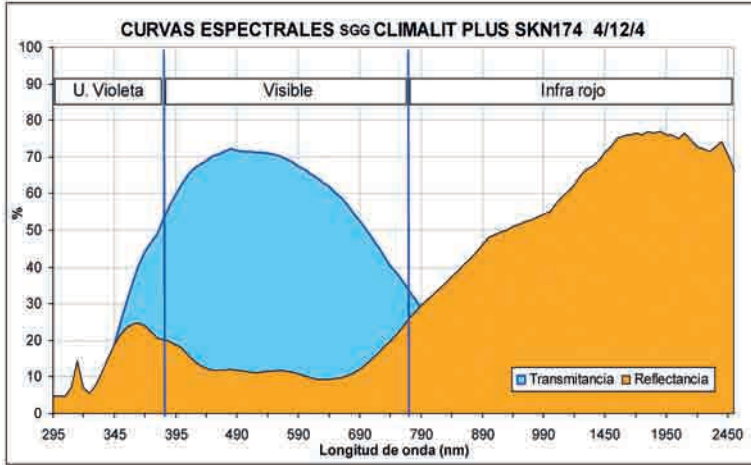


Figura 10. Curvas espectrales de UVA con vidrio alta selectividad.
Fuente Saint-Gobain Cristalería

Se denomina selectividad a la relación entre la transmisión luminosa (TL) y el factor solar del vidrio (g), cociente que nos expresa la eficacia de protección solar en función de la cantidad de luz que deja pasar. Este cociente está limitado por la propia naturaleza de la luz y no puede sobrepasar valores de 2,4 ya que físicamente es el resultado de permitir todo el aporte de luz y rechazar la energía de todo lo que no es luz (ultravioleta e infrarrojo). Cualquier disminución del factor solar se realizaría a costa de eliminar luz.

En ocasiones esta característica se expresa como cociente de la transmisión luminosa y la transmisión energética directa (TL/TE) por lo que se obtienen valores mas elevados que cuando se considera el cociente transmisión luminosa factor solar (TL/g) por lo que conviene conocer bien los datos que se está comparando a la hora de valorar la selectividad de una UVA.

Teóricamente pueden alcanzarse altas selectividades con aportes de luz medianos o reducidos siempre que el factor solar sea lo suficientemente bajo. Esto no suele ser el interés perseguido cuando se habla de vidrios de alta selectividad por lo que es necesario siempre conocer el aporte luminoso que permite el acristalamiento. Normalmente





con la denominación de vidrios de alta selectividad se hace referencia a vidrios muy neutros de media y alta transmisión luminosa (50 % - 60 %), cuyos tratamientos de capas son prácticamente inapreciables al ojo humano y que poseen factores solares muy reducidos (g del entorno de 0.45 e inferiores)

6.4. Aplicaciones

Las aplicaciones de las unidades de vidrio aislante hoy en día son todas las que pueden ser consideradas en la envolvente del edificio. Es más, podría decirse que en la envolvente no debería plantearse un acristalamiento que no fuese realizado con unidades de vidrio aislante.

En términos de aislamiento térmico debería considerarse la incorporación en todas las envolventes las unidades de vidrio aislante dotadas de vidrios bajo emisivos o ATR que incorporasen a su vez el control solar necesario para alcanzar la mayor eficiencia energética. Cualquier sistema de colocación permite la instalación de unidades de vidrio aislante dotadas de estas características.

Los sistemas más tradicionales pueden ser los enmarcados en sus cuatro lados, bien sean fijos o practicables, constituyendo las ventanas y miradores habituales en nuestra arquitectura. También es posible la instalación en fachadas y muros cortina con sujeción a dos lados bien sean los horizontales o los verticales, procediendo a un sellado entre los lados libres de los acristalamientos adyacentes. En estos casos en que los bordes no están protegidos por una carpintería, es necesario realizar el sellado con selladores resistentes a la luz ultravioleta procedente del sol y debe ser advertido al fabricante para que se realicen con siliconas especiales para este fin. Por último la instalación de las unidades de vidrio aislante mediante vidrios abotonados o anclados es posible si bien su realización requiere una alta especialización en la fabricación del producto.

Otra aplicación de las UVA son las carpinterías ocultas. Se trata de carpinterías que quedan detrás del acristalamiento presentando al exterior solamente la superficie del vidrio. En muchas ocasiones se requiere un decalage entre los vidrios exterior e interior. La unión entre los marcos y los acristalamientos se produce mediante pegado con productos especiales.

Las características aislantes de las unidades de vidrio aislante y en particular aquellas dotadas de vidrios de Aislamiento Térmico Reforzado hacen que, cuando en el exterior hace frío, las temperaturas superficiales del vidrio interior sean superiores a las de un vidrio tradicional por lo que reducen el riesgo de condensaciones superficiales en el acristalamiento a la vez que reducen el efecto de pared fría ampliando el espacio de confort en el interior del edificio.

En verano, debido a que presentan mayor control solar, o bien con acristalamientos dotados de control solar específico, las UVA dotadas de vidrios ATR presentan temperaturas inferiores a las del vidrio tradicional. Esto se traduce en mayor confort ya que los vidrios menos calientes radian menos calor al interior.

6.5. Recomendaciones para proyecto y ejecución

Las recomendaciones de acristalamiento que pueden realizarse deben responder a un análisis pormenorizado del edificio y del hueco en particular. Los condicionantes de zona geográfica, orientación, retranqueos, sombras arrojadas por voladizos o por edificios próximos, dimensiones del hueco y necesidades de vidrios que ofrezcan una seguridad de uso adecuada, e incluso el tipo de carpintería instalada con sus propiedades de galce, herrajes y pesos máximos que pueden soportar.

Sin embargo, y admitiendo que es necesaria la particularización en cada caso, pueden considerarse aspectos generales que son aplicables.

- Siempre es aconsejable buscar un valor de U reducido. El aislamiento con productos de baja U siempre será positivo para la reducción de la demanda energética.
- Como es natural, los huecos con orientación Norte, no reciben radiación solar directa por lo que los acristalamientos a instalar deben procurar la máxima transmisión luminosa y la menor transmisión térmica. Serán recomendable UVA con vidrios de ATR y que dejen pasar mucha luz.
- En climas donde predominen las condiciones que podemos considerar de invierno (fríos, nubosos, con veranos cortos y fres-





cos) es aconsejable la instalación de productos de baja U, y factor solar elevado, permitiendo los aportes solares durante todo gran parte del año. Normalmente estos climas disfrutan de veranos cortos con temperaturas suaves y que durante la noche refrescan suficientemente. La menor protección solar de verano se verá compensada por los mayores ahorros mediante aportes solares gratuitos en invierno. Respecto a los aportes luminosos se buscarán acristalamientos de alta transmisión luminosa. Ver Fig. 11.

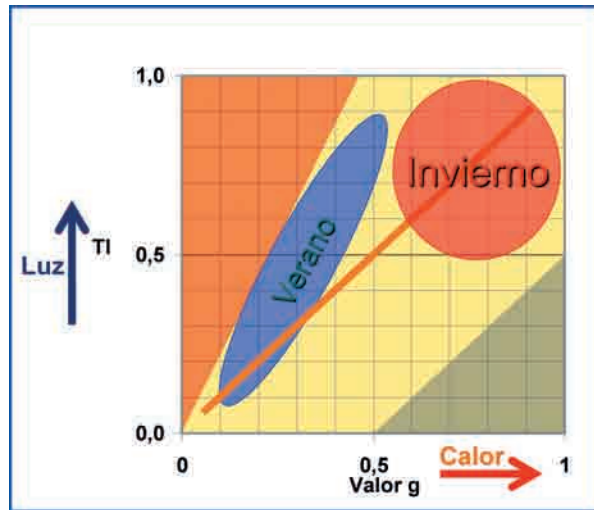


Figura 11. Criterios de selección de factor solar / transmisión luminosa.
Fuente: Saint-Gobain Glass

- En aquellos climas soleados donde a lo largo del año predomina una climatología que podemos considerar de verano (temperaturas suaves, días soleados, veranos largos y calurosos) deben instalarse acristalamientos dotados de un factor solar reforzado, inferior a 0,50, manteniendo valores de U reducidos. Considerando que los aportes luminosos, en función de orientaciones y tamaño de los huecos serán elevados, puede considerarse válida la reducción de algunos puntos de transmisión luminosa primando una reducción del factor solar «g», como queda reflejado en la zona sombreada de azul en la Fig. 11. En este caso son aconsejables los vidrios de alta selectividad cuando se busquen grandes aportes de luz y estéticas muy neutras. En climas de mucho soleamiento puede ser necesario considerar sombreadamientos externos mediante voladizos, persianas, retranqueos o incluso pantallas acristaladas.

- En la instalación de las UVA sobre marcos hay dos requisitos que deben vigilarse al máximo; el correcto calzado del vidrio y el sellado de la carpintería – vidrio.
 - El calzado del vidrio va a permitir la correcta situación de este en el galce y que se transmitan correctamente los esfuerzos recibidos. Por otra parte permitirá el correcto sellado de los acristalamientos dejando espacio suficiente entre marco y vidrios para que penetre el sellante suficientemente.
 - El sellado de la UVA al marco debe realizarse por ambos lados, exterior e interior, impidiendo así la entrada de agua de lluvia o de lavado en el interior del galce. La acumulación de agua en el galce de forma prolongada produce el deterioro de las barreras de sellado y consecuentemente la pérdida de estanqueidad de la UVA.
- Los marcos sobre los que se instalan los acristalamientos deben estar diseñados para ello y deben estar dotados de drenajes que permitan la evacuación de posibles infiltraciones en el mismo. Igualmente, desde el punto de vista térmico debe considerarse el conjunto del cerramiento y no instalar vidrios muy aislantes sobre marcos de altas transmisiones ni marcos de muy bajo valor de U con vidrios poco aislantes. A pesar de que el 70 % del valor de transmitancia del cerramiento es consecuencia de la UVA instalada, no deben producirse descompensaciones entre marco y vidrio siendo aconsejable que ambos respondan a las exigencias de aislamiento. Las unidades de vidrio aislante dotadas de vidrios de Aislamiento Térmico Reforzado deben instalarse como mínimo en carpinterías metálicas con rotura de puente térmico (RPT) o bien carpinterías de madera o PVC.
- Cualquier acristalamiento debe cumplir unos requisitos térmicos pero además también suelen tener requisitos acústicos, de seguridad de uso... Una vez resueltos los aspectos de aislamiento térmico debe realizarse un análisis transversal de otras necesidades, priorizando según la importancia de cada una de ellas.
- Hoy en día existen diversas marcas de calidad voluntarias que certifican la conformidad de las UVA con sus respectivos reglamentos de calidad. Dichos reglamentos contemplan no solo los requisitos de la norma de producto sino otros muchos que afectan tanto al control de calidad del producto como a la propia gestión de los





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

procesos desde el suministro de materias primas al almacenamiento y servicio. Es aconsejable solicitar este tipo de acreditaciones ya que una tercera parte independiente está avalando la calidad del producto instalado.

6.6. Bibliografía

- ASEFAVE, SAINT-GOBAIN GLASS, Aenor ediciones (2006). «Manual de producto. Fachadas ligeras». AENOR. Madrid. ISBN: 84-8143-465-5.
- ASEFAVE, SAINT-GOBAIN GLASS, Aenor ediciones (2005). «Manual de producto. Ventanas». AENOR. España ISBN: 84-8143-427-2.
- SAINT-GOBAIN GLASS (2000). «Manual del Vidrio». Saint-Gobain Glass. Madrid.
- (2007). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas y Despachos*. Comunidad de Madrid Dir. Gral Industria Energía y Minas – FENERCOM - Madrid.
- (2007). «Guía de Ahorro y Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas». Comunidad de Madrid. Madrid.
- IDAE (Instituto de la Diversificación y Ahorro de la Energía). Septiembre (2008). «Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios- Soluciones de Acristalamiento y Ceramamiento Acristalado». Madrid. ISBN: 978-84-96680-40-1.
- WEB SAINT-GOBAIN GLASS. www.saint-gobain-glass.com
- Web SGG CLIMALIT / S T PLUS: www.climalit.es

7

ESPUMAS FLEXIBLES

Antonio Rodríguez Sanz
Armancell Iberia, S. L.

Llago Massó Moreu
Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes
(Andimat)



7.1. Introducción

Un correcto aislamiento térmico mejora el rendimiento de la instalación a la que va destinado, dado que permite a los equipos trabajar con fluidos a una temperatura próxima a sus valores de diseño. Lo que conlleva un ahorro en el consumo de energía, e incluso en algunos casos capacita a la dirección facultativa para disminuir el tamaño de los equipos, si lo considera una ventaja.

La mayoría de los edificios históricos no incorporan un aislamiento térmico adecuado en sus instalaciones, pero si se realiza una rehabilitación, con espumas elastomérica flexible, se consigue de una manera sencilla, rápida y eficaz, una mejora notable en los consumos energéticos del edificio que se amortizan en un breve periodo de tiempo. Al tiempo que le confiere a las tuberías una protección frente al deterioro provocado por la humedad del ambiente, y el paso del tiempo.

En general, todas las viviendas que poseen conducciones de agua caliente incorrectamente aisladas, no sólo pierden energía a través de la conducción sino que también derrochan agua, ya que lo habitual es dejar correr el grifo hasta que la temperatura del agua sea la adecuada para su uso.

Otro aspecto interesante del aislamiento, es el positivo impacto acústico que se consigue, al instalarse en las conducciones de un edificio. Alcanzando reducciones del ruido próximas a 25 dBA.

Las espumas elastoméricas, son un aislamiento perfectamente asentado en el mercado, reconocidas por los profesionales, tanto de prescripción como instalación, por sus ventajas y características técnicas, sobre otros aislamientos destinados a las instalaciones de calor y frío de un edificio.



Si además añadimos su durabilidad, y la protección que ofrecen a las tuberías y equipos que recubren, las convierten en el aislamiento más completo para desempeñar el papel de aislamiento de instalaciones térmicas

7.2. Propiedades de las espumas elastoméricas

7.2.1. Conceptos Generales

Elastómero que es un término poco usado, se emplea para referirse al «caucho» ya sea obtenido naturalmente del alcornoque, o mediante procesos químicos. Dada su flexibilidad, se adapta con facilidad a cualquier superficie. En caliente es líquido y pegajoso, pero cuando se enfría, es duro y quebradizo. En cualquier caso para su aplicación es necesaria su elaboración

Elastómeros comunes son los neumáticos, las escobillas del limpiaparabrisas, las mangueras de goma para jardines, y los balones de baloncesto.

Los aislamientos térmicos flexibles de espuma elastomérica (FEF) son espumas de célula cerrada, fabricadas a partir de caucho natural o sintético que junto con otros polímeros y aditivos plastificantes, y tras un proceso de vulcanizado, dan lugar a un aislamiento que se ajusta a la normativa vigente, y cumple todos los requisitos de trabajo, y seguridad exigidos.

La espuma elastomérica, de estructura celular cerrada y con un elevado factor de resistencia a la difusión de vapor de agua. Es un producto maleable, y sus excelentes características técnicas aseguran un eficiente aislamiento térmico, y el control de la condensación.

Se presenta en el mercado en forma de coquillas para aislamiento de tuberías y en forma de planchas para aislamiento de depósitos y conductos.

Es un aislamiento térmico con un excelente rendimiento en baja y media temperatura, y además de una muy fácil instalación, reduciendo al máximo los costes de mano de obra. Posee en su estructura una barrera de vapor y un buen comportamiento en cuanto a reacción al fuego.



Por qué podemos aconsejar las espumas elastoméricas:

- Coeficiente de conductividad: 0,034-0,038 W/(m K) a 10 °C
- Por su gama de temperaturas de trabajo óptima: -40 a 105 °C
- Porque son autoextinguibles
- Por su gran flexibilidad, y facilidad de instalación
- Por su estructura de células cerradas
- Porque su piel es lisa por ambas caras
- Por la completísima gama de tamaños y espesores
- Porque es un producto fisiológicamente neutro
- Por su durabilidad
- Por su resistencia a la difusión del vapor de agua (μ 5.000-10.000)
- Por su baja absorción de agua.

7.2.2. El coeficiente de conductividad térmica (λ)

La característica más importante de todo aislamiento térmico es su coeficiente de conductividad, parámetro que indica el calor cedido en una pared, expresado por unidad de superficie y espesor en la unidad de tiempo y cuando entre sus superficies interior y exterior se establece la diferencia de temperatura de un grado. Se entiende la pared suficientemente grande para evitar flujos laterales.

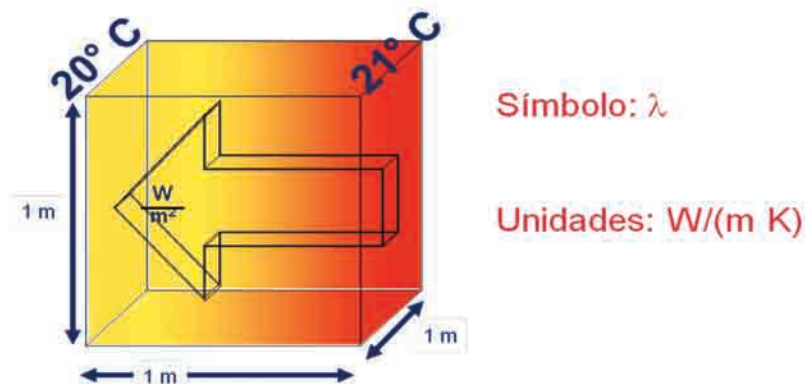


Figura 1. La flecha nos indica el flujo de calor por grado (21-20) en un m³ de pared. Fuente: Armacell.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

Se representa por el símbolo λ (lambda) siendo sus unidades físicas: $W/(m \cdot K)$.

El valor de la conductividad térmica puede consultarse en todas las publicaciones sobre aislamientos para los cálculos que se deban realizar. No se trata de un valor fijo, sino que depende de varios factores, tales como la temperatura, la densidad, la humedad, y el deterioro o envejecimiento del material.

En la actualidad el marcado CE para estos aislamientos térmicos obliga a los fabricantes a declarar una curva de conductividad térmica para el rango de temperaturas de aplicación de sus productos. Hasta ahora se daba un valor de conductividad a $10^\circ C$.

El coeficiente de conductividad está asociado al ahorro energético. Para un mismo espesor tenemos menores pérdidas cuanto menor sea la conductividad.

En otras palabras, a menor conductividad, mejor aislamiento térmico y mayor ahorro energético.

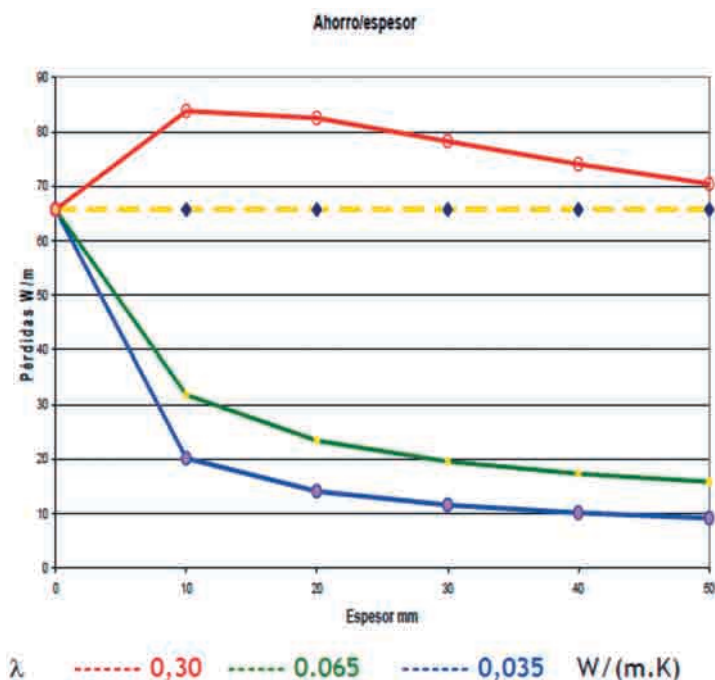


Figura 2. Gráfica representando las Pérdidas energéticas para distintos espesores y conductividades. Fuente: Armacell.

En la figura anterior, la curva inferior (azul) muestra un importante descenso de las pérdidas con el uso de un aislamiento con $\lambda = 0,035 \text{ W/(m K)}$ a 10°C .

La segunda curva, en verde, corresponde a un valor de λ de $0,065 \text{ W/(mK)}$ a 10°C .

La tercera, en amarillo y a trazos, sería una hipotética solución sin considerar λ en el cálculo, es decir una supuesta tubería de espesor cero lo que nosotros usamos normalmente para el cálculo de pérdidas energéticas o porcentajes de ahorro.

La cuarta en rojo correspondería a un material de $\lambda 0,30 \text{ W/(m K)}$, El aumento de las pérdidas que se observa, es debido a que las pérdidas por convección y radiación, debidas al coeficiente superficial de transmisión de calor h_e , pueden ser mayores que el ahorro por conducción, cuando el valor de λ está por encima de los aceptados para los materiales aislantes.

7.2.3. El factor de resistencia al vapor de agua (Factor μ)

La permeabilidad al vapor de agua de un material indica la cantidad de vapor que pasa por unidad de superficie unitaria de un material de espesor unitario en un tiempo unidad y cuando entre sus paredes se establece una diferencia de presión unitaria

Símbolo: δ

Unidades: $\text{Kg} / (\text{m s Pa})$

Estas unidades recomendadas en la Norma UNE EN ISO 9346, no son de uso frecuente y se suelen usar muy distintas según países, tipo de materiales, etc.

El factor μ es el cociente entre la permeabilidad al vapor de agua del aire estanco, y la del material en consideración.

La permeabilidad del aire a 23°C 50 % HR y 1atm, es de $1,95 \times 10^{10} \text{ kg}/(\text{m s Pa})$ o lo que es lo mismo $224 \text{ g cm}/(\text{m}^2 \text{ d mmHg})$.

Trabajar con esta unidad tiene la ventaja de que al tratarse de un cociente entre unidades homogéneas, el resultado es adimensional. Y así por ejemplo, cuando decimos que un aislamiento de espuma elas-





tomérica es $\mu > 7000$ queremos decir que es 7000 veces más resistente a la difusión del vapor de agua que el aire estanco.

Cada familia de materiales aislantes tiene por datos experimentales un coeficiente de penetración de humedad en función del tiempo, que unido al factor de resistencia al vapor de agua, nos lleva a la conclusión de que un alto factor μ asegura un mejor comportamiento de la instalación con el tiempo.

7.2.4. Aislamientos elastoméricos y su reacción al fuego

La reacción al fuego de los materiales de construcción en España, se ensaya de acuerdo con la Norma UNE-EN 13501-1:2007, más conocida como Euroclases, y basada en un método de ensayo conocido como SBI (Single Burning Item) el cual divide los productos en clases de la A a la F con un complemento para humos (s1, s2, s3)(s) y partículas o gotas inflamadas desprendidas (d0, d1, d2d). Cuando se trata de ensayar productos lineales como coquillas, la clasificación lleva un subíndice L.

El Documento Básico Seguridad contra Incendios (DB SI) del Código Técnico, establece la clasificación de acuerdo a Euroclases (Norma UNE-EN 13501-1:2002), para los elementos constructivos utilizados como revestimientos, en función del nivel de riesgo de las áreas de los edificios varios niveles de exigencia:

SITUACIÓN DEL ELEMENTO	REVESTIMIENTO	
	De techos y paredes	De suelos
Zonas ocupables	C-s2,d0	EFL
Aparcamientos	A2-s1,d0	A2FL-s1
Pasillos y riesgo especial	B-s1,d0	BFL-s1
Espacios ocultos no estancos (patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc...)	B-s3,d0	BFL-s2

Documento Básico SI Seguridad en Caso de Incendio. Tabla 4.1.

Figura 3. Clases de reacción al fuego según el CTE DB SI Tabla 4.1.
Fuente: CTE.

En Euroclases, los parámetros medidos nos dan información sobre:

- La contribución energética al fuego (A1, A2, B, C, D, E, F).
- La producción de humo (s1, s2, s3)
- La aparición de gotas inflamadas (d0, d1, d2).

Siendo B, la clasificación que contribuye energéticamente al fuego con una liberación de calor baja.

En humos se tiene s1 cuando se produce una liberación de humo mínima y s3 cuando la liberación de humo es alta.

En la liberación de gotas inflamadas se tiene d0 cuando hay no hay gotas inflamadas.

7.2.5 Características supervisadas y el marcado CE

Se han reseñado una serie de características fundamentales a exigir a un aislamiento en el campo del frío, tales como su coeficiente de conductividad, su factor de resistencia al vapor de agua y su reacción al fuego.

Los cálculos y las expectativas con respecto al comportamiento del aislamiento están basados en las informaciones publicadas por el fabricante, y dado que es realmente importante es que el aislamiento cumpla todos los requisitos exigidos por la legislación, es remarcable el control aplicado al producto que garantice su comportamiento en la práctica.

El proceso de un control de calidad se lleva a cabo por un Organismo Oficial Homologado para verificar el control interno, comprobar el marcado, tomar aleatoriamente muestras y ensayar dichas muestras para que cumplan los requisitos de la Norma correspondiente al producto.

La consecución de una marca de calidad como la marca AENOR lleva implícito además el control de calidad de la producción de acuerdo con la Norma UNE EN ISO 9000, es decir el Certificado de Empresa Registrada.





Figura 4. Sellos de Control de calidad de empresa y de producto.

La aparición del Reglamento Europeo de Productos de Construcción n.º 305/2011, anulará y sustituirá a la Directiva de productos de construcción el día 1 de julio de 2013. Esto supondrá una serie de cambios en los diferentes aspectos y tareas a realizar por los fabricantes de productos de construcción para la colocación del marcado CE en sus productos, en particular en la documentación a elaborar y, en su caso, entregar a los receptores de dichos productos.

Sin embargo para las espumas elastoméricas la presencia de la marca CE en dichos productos es obligatoria desde el 1 de Agosto de 2012. Tras dos años desde la publicación de la norma armonizada de las mismas (UNE EN 14304)

Los fabricantes de productos de construcción, tendrán que preparar y, en su caso, entregar a los receptores de dichos productos la documentación, que avale el correcto marcado CE en el ámbito del Reglamento, en sus diferentes aspectos y detalles, según el nivel de información existente en el texto del Reglamento o suministrada por la Comisión Europea hasta el momento.

La colocación del marcado CE implica que el fabricante asume la responsabilidad sobre la conformidad de ese producto con las prestaciones incluidas en la Declaración. El marcado CE significa el cumplimiento de todas las Directivas que afecten al producto. En este caso concreto las espumas elastoméricas.

7.2.6. Legislación sobre las instalaciones térmicas de los edificios

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que de-

ben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento. El documento entró en vigor con fecha 29 de febrero de 2008.

El nuevo texto deroga y sustituye al anterior Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1751/1998.

Este documento completa el Documento Básico de Ahorro de energía DB-HE, del Código Técnico de la Edificación, DB-HE 2 «Rendimiento de las instalaciones térmicas» (RITE). Siguiendo con la filosofía del Código Técnico de la Edificación presenta un enfoque basado en prestaciones que deben cumplir las instalaciones en términos de eficiencia energética (distribución de calor y frío debido principalmente al aislamiento térmico de las conducciones, el rendimiento energético de las instalaciones, la recuperación de energía), además de aspectos de seguridad y de calidad de aire.

Este Reglamento es de aplicación para todos los proyectos de instalaciones los edificios de nueva construcción o a aquellos edificios existentes que se rehabiliten y que se modifiquen las instalaciones del proyecto inicial.

Con la aprobación del actual RITE junto con el Documento Básico DB-HE1 «Limitación de demanda energética» del Código Técnico de la Edificación y el Real Decreto RD 47/2007 (Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción) se ha completado la transposición de la Directiva Europea de eficiencia energética de los edificios en nuestro país.

Frente al anterior documento y en lo que referente al aislamiento térmico, eleva los requisitos de aislamiento térmico en tuberías, equipos, accesorios y conductos. Estableciendo dos procedimientos para su cálculo. Un procedimiento simplificado de mínimos, y otro alternativo.





DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 1.2.4.2.1 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 1.2.4.2.2 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Figura 5. Tablas Reglamento Instalaciones Térmicas. Procedimiento simplificado. Fuente: RITE.

7.3. Aplicaciones

7.3.1. El aislamiento mejora el rendimiento de las instalaciones

Un buen aislamiento asegura un óptimo rendimiento, dado que los equipos trabajan con fluidos a temperaturas próximas a los valores de diseño y por tanto, el usuario recibe el fluido a temperaturas próximas a las de origen, lo que facilita el rendimiento de la instalación, llegando a disminuir el tamaño de los equipos de producción de frío y calor.

De hecho, de todos los materiales utilizados en la construcción, el aislamiento térmico es el único que aúna los tres requisitos de la sostenibilidad, ahorrar energía, reducir emisiones contaminantes, y aportar confort al usuario.

7.3.2. Protección contra la congelación

Las instalaciones de agua a la intemperie están expuestas al riesgo de la congelación en los días crudos de invierno donde la temperatura puede bajar de los cero grados.



El agua es el único líquido que aumenta de volumen (un 10 %) al solidificar. El hielo atasca las tuberías y puede llegar a reventarlas.

Si el frío es muy pertinaz, el aislamiento no resuelve este problema, pero en los casos más normales de nuestro entorno, donde las bajas temperaturas no son muy prolongadas, el aislamiento puede retrasar la congelación del agua el tiempo suficiente para que podamos reaccionar (por ejemplo, abriendo un grifo).

El siguiente ábaco, resumen de una información técnica al respecto, expresa las horas de protección de las tuberías ante la congelación a una temperatura de menos 8 °C (parte inferior) una tubería de 2" (línea azul de 60 mm a la derecha) se congelaría en 6 horas sin aislar (eje de la izquierda) mientras que necesita casi 60 horas con aislamiento RITE de 30 mm.

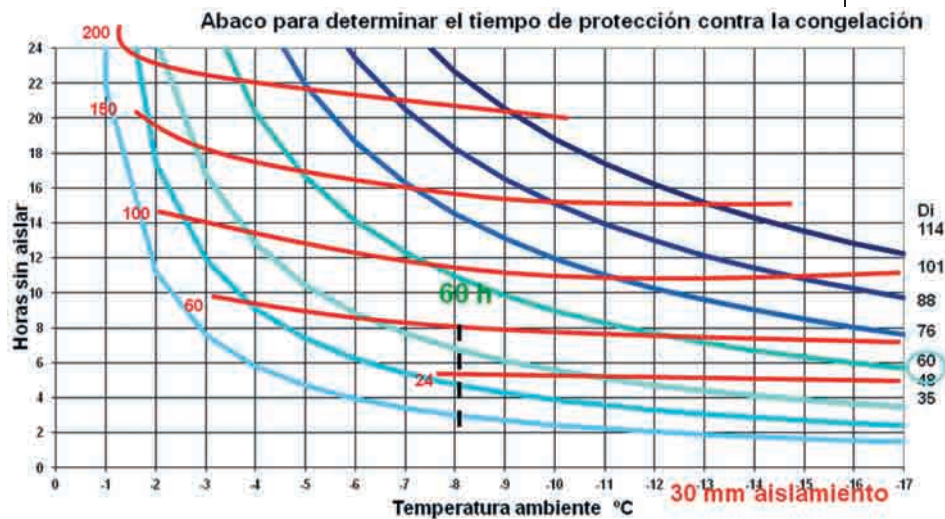


Figura 6. Gráfica de protección de tuberías ante a congelación.
Fuente: Armacell.

7.3.3. Evita las condensaciones

Desde el punto de vista histórico, evitar el problema de la condensación en instalaciones con fluidos fríos fue el principal reto que debía superar un aislamiento térmico.

En el aislamiento térmico se pueden dar dos tipos de condensación, una **la superficial** y otra **la intersticial**.



7.3.3.1. La condensación superficial

La presión atmosférica es la suma de las presiones parciales de los distintos gases y aunque es variable según la altitud y el clima, tiene un valor comúnmente aceptado de 760 mm de mercurio. El vapor de agua aporta una presión parcial en función de su concentración, que viene dada en tanto por ciento y que llamamos humedad relativa.

El valor máximo de humedad en el aire a una temperatura determinada es el punto de saturación o punto de rocío.

Cuando el aire caliente está próximo a una instalación de frío, su humedad relativa aumenta, pudiendo pasar del punto de rocío y provocar la condensación superficial.

Si se tiene un recinto cerrado y a 20 °C, con una humedad del 75 % y lo enfriamos a 10 °C. Se producirá una condensación de una parte de ese vapor de agua, y una caída de presión que provocaría un flujo de vapor si existiese una pared permeable.

En instalaciones que no están bien aisladas, las gotas de agua o el hielo de la condensación perturban sensiblemente el funcionamiento causando daños importantes y a veces irreparables.

Por esta razón, el primer objetivo de los especificadores para estas instalaciones es conseguir mediante el uso de un aislamiento térmico adecuado, que su superficie permanezca seca, lo que en primera aproximación conseguimos calculando un espesor mínimo de aislamiento que nos garantice una temperatura superficial superior a la de rocío.

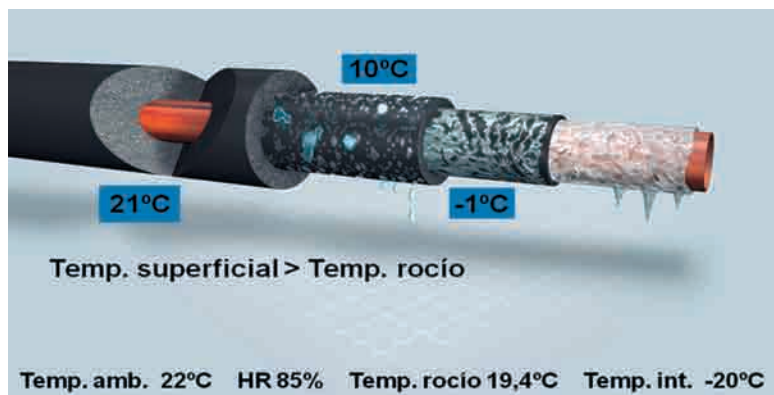


Figura 7. Tubería a baja temperatura con distintos espesores de aislamiento. Fuente: Armacell.

7.3.3.2. Cálculo del espesor de aislamiento necesario para impedir la condensación

En la norma UNE EN ISO 12241 encontramos las fórmulas que nos dan las pérdidas energéticas tanto para superficies planas como para tuberías.

De estas fórmulas obtenemos la temperatura superficial y hacemos ésta igual o superior a la de rocío con lo que podemos calcular el espesor adecuado.

Algunos fabricantes disponen de programas de cálculo para resolver este tipo de casos.

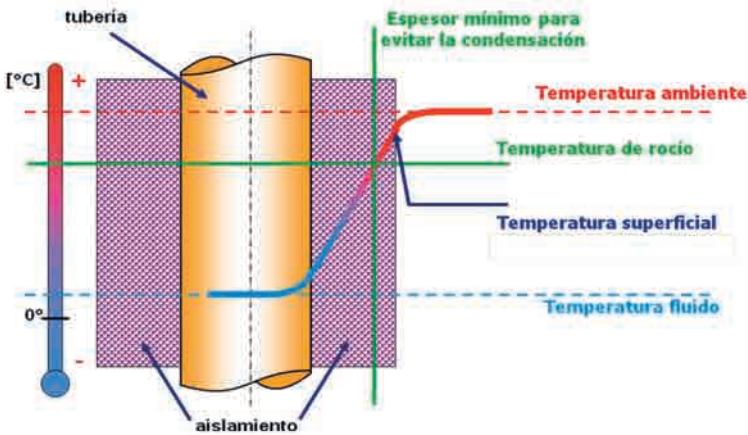


Figura 8. Caída de temperatura en el aislamiento desde la ambiente a la interior.
Fuente: Armacell.

En todas las normativas sobre instalación de aislamiento se hace mucho hincapié en mantener la estanqueidad de la instalación con el uso de una efectiva barrera de vapor, aunque determinados aislamientos como los de espuma elastomérica, por su estructura de células cerradas, impiden el paso de humedad a través de todo el espesor del aislamiento, por lo que pueden proporcionar una efectiva barrera de vapor, lo que unido a su flexibilidad, facilita el perfecto acoplamiento a codos, válvulas y piezas delicadas que suelen ser los puntos críticos de las instalaciones, consiguiendo una buena estanqueidad y un buen comportamiento con el paso del tiempo.

7.3.3.3. Relación entre superficies planas y curvas

Para mantener la misma temperatura superficial (en este caso igual o superior a la del rocío) en toda la instalación, ya sean superficies



planas o curvas, tendremos en cuenta la cantidad de aislamiento que aplicamos sobre estas superficies, que no es la misma, pues en superficies curvas, añadimos unas cuñas extra de aislamiento y como consecuencia una reducción del espesor.

Por esta razón, a menor diámetro de tubería corresponde un menor espesor de aislamiento.

La figura siguiente explica la diferencia.

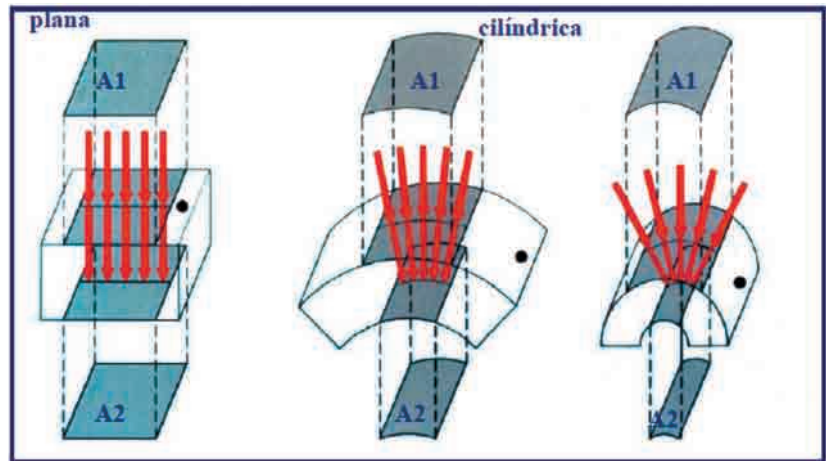


Figura 9. Las superficies curvas tienen una superficie interior menor.
Fuente: Armacell.

Equivalencia entre superficies planas y curvas mediante diagrama

Si conocemos el espesor de aislamiento para superficies planas, podemos obtener directamente su espesor equivalente para distintos diámetros

Algunos fabricantes ya tienen en cuenta estos incrementos, lo que se conoce como **espesor nominal creciente**.

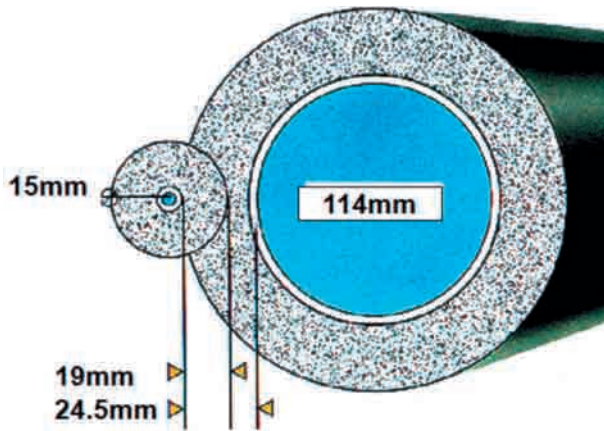


Figura 10. El concepto de espesor nominal creciente. Fuente: Armacell.



7.3.3.3. La condensación intersticial y los beneficios a largo plazo de un aislamiento con alto factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

La condensación intersticial es más compleja y difícil de detectar que la condensación superficial. Se produce en las instalaciones de frío debido a la humedad que puede penetrar en el aislamiento, como consecuencia de la diferencia de presión que origina la diferencia de temperatura ambiente e interior. Se provoca una difusión del vapor de agua y como consecuencia una condensación intersticial.

Esta condensación intersticial se va acumulando lentamente en el aislamiento y entre el aislamiento y la tubería. La humedad termina causando serios problemas en la instalación.

Los aislamientos con barrera de vapor instalada en el exterior tienen una estanqueidad difícil de asegurar con el tiempo, e incluso algunos aislamientos con «barrera de vapor incorporada» no siempre garantizan un buen comportamiento a lo largo del tiempo de funcionamiento de la instalación.

7.3.4. Insonorización de las instalaciones

Un requisito adicional que cumplen las espumas elastoméricas es su buen comportamiento como aislamientos acústicos, asunto de creciente interés entre usuarios finales.



La generación y la transmisión del ruido es un problema añadido que se produce con el transporte de líquidos y el aire a través de tuberías o conductos. El sonido se transmite a través del aire y de la estructura. Un ejemplo es el ruido que producimos al andar. Los pasos se transmiten en forma de ondas a través del techo y a través del aire, hasta el oído humano.

En el caso de las tuberías, deben evitarse los siguientes ruidos:

- Ruidos provocados por el flujo del agua.
- Ruidos provocados por la dilatación debido a los cambios de temperatura.

En el caso de conductos, deben evitarse los siguientes ruidos:

- Ruidos provocados por el flujo del aire a través de los conductos.
- Ruidos provocados por la vibración del mecanismo de ventilación.

Hasta hace poco tiempo, ensayos para evaluar esta característica en las instalaciones se basaban en la norma DIN 4109, que consiste en provocar determinados ruidos en la instalación y medir su impacto sin y con aislamiento.

Las nuevas normas europeas de aislamientos para instalaciones incluyen métodos de ensayo para medir distintas propiedades dentro de la acústica.

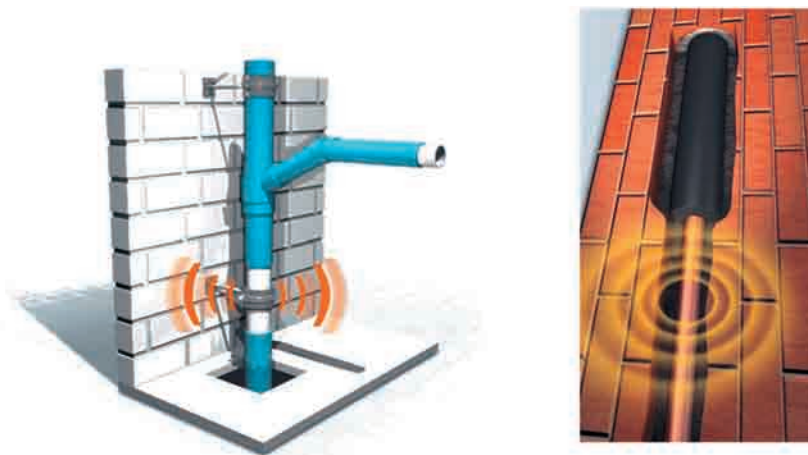


Figura 11. Reducción acústica en una tubería aislada. Fuente: Armacell.

Con aislamientos térmicos de espuma elastomérica y con los espesores recomendados en el RITE se puede conseguir una reducción del ruido superior a los 25 dBA.

7.3.5. Ahorro energético en edificación mediante el empleo de espumas elastoméricas

La Directiva sobre el Comportamiento Energético de los Edificios, (EPBD), obliga a los países europeos a fijar unas normas para ahorrar energía.

En España, la antigua Norma Básica se ha sustituido por el Código Técnico y para instalaciones existe una nueva revisión del RITE.

Como es sabido, este RITE contempla unas tablas de espesores mínimos de aislamiento para tuberías, conductos, depósitos, etc, (incluidos válvulas, bridas y accesorios), partiendo de un determinado coeficiente de conductividad. Estos espesores aumentan al aumentar el diámetro de la tubería y la diferencia de temperatura con el ambiente. Aplicando el RITE, se consiguen ahorros energéticos en torno al 85-90 % con respecto a la instalación sin aislar.

Todos los cálculos referentes a pérdidas energéticas de las instalaciones están basados en la norma UNE-EN ISO 12241 Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo.

El siguiente diagrama recoge más detalladamente las pérdidas energéticas de varias tuberías sin aislar y con distintos espesores del RITE.

La columna en rojo representa las pérdidas en tuberías sin aislar y las otras con distintos espesores recomendados en el RITE.

Asumimos, y así se recoge en el RITE, que el aislamiento se aplica sobre el diámetro exterior de las tuberías, sin entrar en el tipo o espesor de éstas.

Se puede comprobar que son los primeros milímetros de aislamiento los que mayor repercusión tienen en el ahorro energético mientras que a partir de 30 mm, para conseguir un pequeño incremento del porcentaje de ahorro, es necesario duplicar el espesor, que por ser cilíndrico, incrementa el volumen de material aislante.



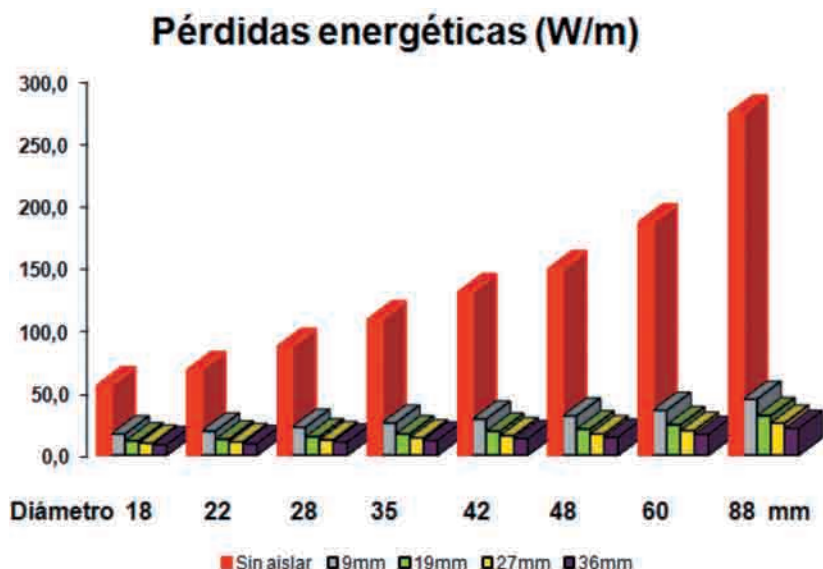


Figura 12. Detalle de pérdidas para distintos diámetro de tubería.
Fuente: Armacell.

Este argumento de aislar aunque sea con poco espesor, es válido en instalaciones en las que por problemas de espacio, (como es en el caso de la rehabilitación de edificios) situación, donde la tabiquería estrecha etcétera y, no es posible usar los espesores mínimos recomendados. Para estos casos, siempre debemos usar aislamiento térmico aunque sea una coquilla o plancha de aislamiento de espesor menor. Esto ocurre con más frecuencia en las instalaciones de fontanería y pequeños equipos de aire acondicionado.

7.4. Recomendaciones

7.4.1. Control de proyectos

El proyecto es el cimiento del proceso constructivo. Si un proyecto está mal concebido, no cumple con la normativa o los procedimientos de cálculo reconocidos no se han seguido correctamente, las necesidades del aislamiento estarán mal diseñadas y el resultado será una instalación insuficientemente aislada con los consecuentes problemas de ahorro energético, confort y eficiencia.

Todo proyecto debe determinar no sólo las características técnicas mínimas del aislamiento (conductividad, barrera de vapor, reacción al fuego) sino también el espesor del mismo de acuerdo a los paráme-

tros de diseño que marca el RITE. En todos y cada uno de los tramos de tubería, y equipos, de la instalación objeto de estudio

7.4.2. Control de obra. Las condiciones de los materiales de aislamiento y su recepción en obra conforme marca el RITE

En el Artículo 18 del RITE, se indica que todos los materiales que se incorporen con carácter permanente a los edificios llevarán el Marcado CE, siempre que se haya establecido la entrada en vigor de la norma correspondiente.

Este es el caso de los productos de espuma elastomérica cuya norma UNE EN 14304 entró en vigor el pasado 31 de Agosto de 2010. El marcado CE es de obligado cumplimiento a partir del mes de Octubre de 2012-05-10.

Los materiales deben protegerse una vez recepcionados en obra, de las inclemencias del tiempo, en particular, de la lluvia y el sol. Este último particularmente dañino para cualquier tipo de material termoplástico.

Adicionalmente, y debido a su fragilidad. Siempre que las espumas elastoméricas, no se protejan exteriormente con otro material como puede ser la chapa de aluminio, debe procurarse en todo momento que sea uno de los últimos oficios en ejecutarse en obra. Con el fin de evitar que posteriores trabajos dañen el mismo.

7.4.3. Casos prácticos para la rehabilitación de edificios con espumas flexibles

Es muy importante tener en cuenta que un buen aislamiento térmico suministrado por el fabricante debe instalarse correctamente a fin de que el usuario final pueda realmente disfrutar de la ventajas de un aislamiento térmico.

7.4.3.1. Aislar tuberías de calefacción con espuma elastomérica flexible

Este argumento de aislar aunque sea con poco espesor, es válido en instalaciones en las que por problemas de espacio, situación, tabi-





quería estrecha etc, no es posible usar los espesores mínimos recomendados y para estos casos debemos usar aunque sea un espesor menor. Esto ocurre con más frecuencia en las instalaciones de fontanería donde el aislamiento recomendado en el RITE no llega «hasta los grifos».

7.4.3.2. Aislar tuberías de energía solar con espuma elastomérica flexible

En el caso de las tuberías del circuito primario de una instalación de energía solar, es particularmente importante que se asegure el uso de espumas elastoméricas con base EPDM (Caucho de Etileno Propileno). Ya que esta materia prima nos asegura un perfecto funcionamiento hasta 150 °C.

Y aunque una instalación de energía solar no suele sobrepasar los 100 °C, cuando esta se encuentra en reposo. El líquido contenido en esta tubería en reposo puede llegar a alcanzar temperaturas superiores a estos 105 °C límite para las espumas de caucho de base butadieno (NBR)

7.5. Bibliografía

Normativa (guía IDEA, UNE 12241, UNE 14304, UNE 9229, UNE 13501, Productos de aislamiento en la edificación. El control de la instalación. RITE, CTE DB SI, etc...

8

PLACAS DE YESO LAMINADO (PYL)

Sergio Fernández Casado
Ivan Fernández
Pablo Maroto

Knauf
www.knauf.es



8.1. Introducción

El yeso es uno de los materiales de construcción más antiguo, de hecho, los hombres del Neolítico lo utilizaban para las juntas de empalizadas y en los revestimientos de las paredes de sus cabañas. A partir de entonces se empezó a utilizar en Oriente Medio, Egipto, Grecia, Roma y es finalmente el pueblo Árabe quien lo introduce en España.

En España el yeso es un material muy abundante, prácticamente en casi la mitad del territorio podemos encontrar materiales con yeso. Pero no es hasta el siglo XIX cuando se empieza a estudiar el proceso de deshidratación y fraguado del yeso, y ya bien entrado el siglo XX es cuando se empieza con la fabricación a gran escala.

El yeso es resistente a la deformación, incombustible, químicamente neutro y libre de sustancias nocivas; por tanto un material de construcción totalmente sostenible, inocuo, fácil de trabajar y aplicar, ver Tabla 1.

La placa de yeso laminado (PYL), es un material que se empezó a fabricar a escala por primera vez en Estados Unidos en 1916, aunque tuvo que ser en la II Guerra Mundial, periodo en el que no había suficiente mano de obra para la construcción, cuando se dieron cuenta que las placas de yeso laminado era un sistema mucho más eficiente y rápido que los sistemas tradicionales.



Tabla 1. Principales características del yeso.

El YESO es un recurso sostenible	No es combustible. No contiene sustancias peligrosas ni tóxicas. Es eternamente reciclable. Además de la construcción tiene cantidad de usos. Es uno de los materiales de construcción más antiguos (2.800 a.C).
Explotaciones Sostenibles	La extracción se basa: En un conocimiento profundo de la geología. En la propiedad exclusiva del terreno a explotar. Coordinación con todos los «stakeholders» o grupos de interés. Se tiene en cuenta todos los impactos (ruido, polvo, vibraciones,...) y se tratan de eliminar o reducir al máximo. Se elimina cualquier impacto a las aguas subterráneas mediante infiltraciones. Se integra el paisaje y se producen nuevos biotopos. El uso posterior igual o mejora la condición de los antiguos terrenos.
Fabricación Sostenible	Se utilizan un gran número de subproductos y productos reciclados. El consumo energético es bajo. La eficiencia energética de las instalaciones es considerada entre alta-muy alta. Las emisiones a la atmósfera son mínimas, y principalmente vapor de agua. El embalaje utilizado es mínimo. El material puede ser reciclado antes, durante y después del proceso. En algunos casos el yeso es un residuo o subproducto de otras industrias.
Sistemas Sostenibles (que permiten alargar la vida útil de las edificaciones)	Mejora la calidad ambiental interior. Aislamiento. Acústica. Fuego. Impacto/dureza. Eficiencia energética. Aligeramiento de estructuras.
Transporte Sostenible	Alta rentabilidad de carga y ocupación de espacio en camiones. Se reducen al mínimo los tiempos de carga y descarga de materiales. Rapidez de entrega.
Uso posterior	Es un material de sistema cerrado, durante todo el proceso se puede reciclar el 100% del material. Sus usos posteriores son extensos (reutilización, moldes, agricultura, neutralización, inertización de residuos,...).

Fuente: Eurogypsum.

8.2. Propiedades

La placa de yeso laminado, está formada por un alma interior de yeso ligada a dos láminas superficiales de celulosa multihoja formando placas rectangulares y con una superficie lisa, acorde a la norma UNE EN 520+A1, ver Fig. 1.

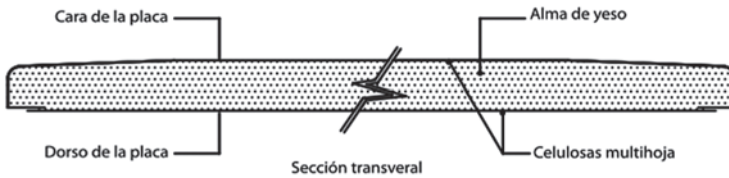


Figura 1. Sección transversal. Fuente: ATEDY.

Con la placa de yeso laminado se pueden realizar tabiques, techos, trasdosados y suelos, consiguiendo optimizar el espesor y peso consiguiendo un elevado aislamiento acústico y térmico comparado con otros sistemas tradicionales. Cualquiera que sea el ambiente o las condiciones, existen soluciones con placas de yeso laminado.

La fabricación de PYL se basa en un proceso de laminación continua que incluye una serie de etapas que conforman una cadena cuyo valor añadido se va incrementando continuamente, hasta llegar a obtener un producto de calidad que proporciona además un alto ahorro energético y un confort en nuestras viviendas.

Si miramos un proceso de fabricación de placas de yeso laminado normal, constaría de las siguientes fases; trituración del yeso una vez extraída de la cantera, molienda, calcinación, mezcladora y línea de producción:

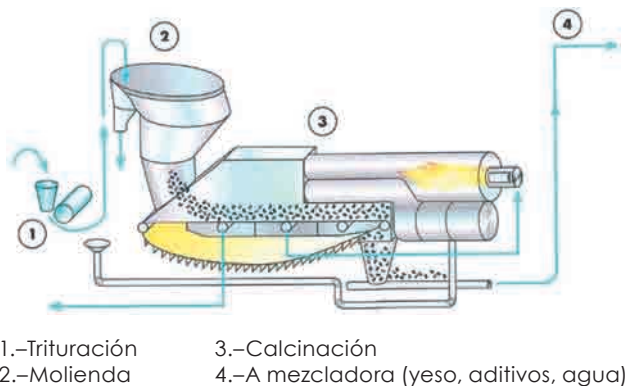
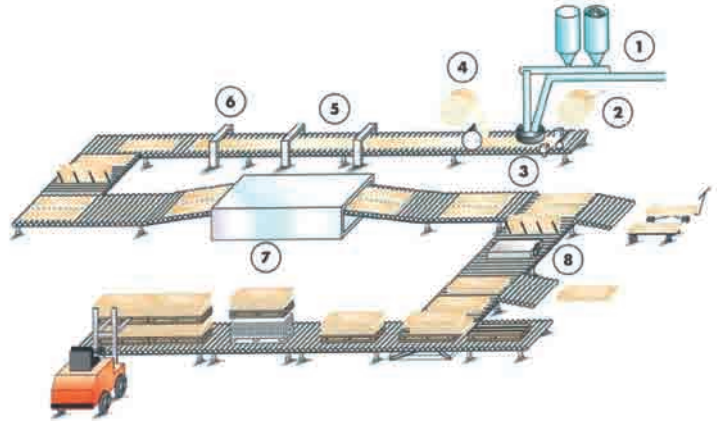


Figura 2. Trituración del yeso. Fuente: Knauf.





- | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-------------|
| 1.-Yeso, agua y aditivos | 4.-Cartón (posterior) | 7.-Secadero |
| 2.-Cartón (anterior) | 5.-Láser e imprimación en placa | 8.-Sierra |
| 3.-Mezcladora | 6.-Cizalla | |

Figura 3: Línea de producción de placas. Fuente: Knauf.

En todos los casos la moderna tecnología de los equipos empleados, garantizan un correcto funcionamiento, cumpliendo en todo momento con la estricta legislación por la que están regulados.

En función de los usos o de las características de la construcción existen varios tipos de placas. Todos estos tipos de placas vienen definidos en la Norma UNE-EN: 520+A1 en la que se detallan las calidades y características que deben cumplir cada una de ellas.



Figura 4. Ejemplo de placas de yeso laminado de izquierda a derecha; Tipo F Cortafuego, Tipo A estándar y Tipo H1 Impregnada. Fuente: Knauf.

8.2.1. Sostenibilidad

Tal y como se indica en la Tabla 1, el yeso, como materia prima para la fabricación de las placas de yeso laminado, es un material sostenible.

Las placas de yeso laminado engloban una amplia gama de productos y sistemas que ofrecen soluciones para poder ser incorporadas en edificios sostenibles.

Se trata de un material que en todo su ciclo de vida respeta el medio ambiente. Se considera un sistema de reciclado cerrado (de la cuna a la cuna) donde los residuos se pueden volver a utilizar para la fabricación del mismo material. Es un material que se puede reciclar al 100 %.

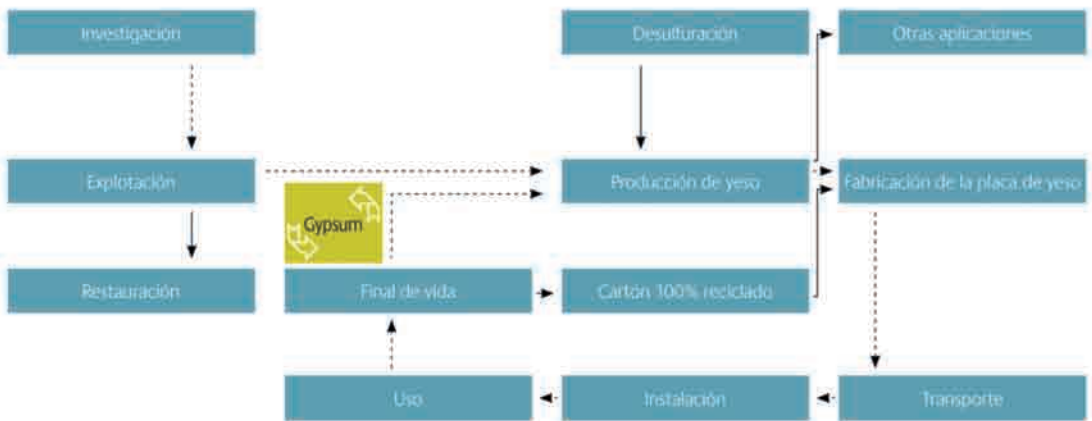


Figura 5. Ciclo de vida de la placa de yeso laminado. Fuente: Eurogypsum.

Además de que el yeso es uno de los pocos materiales que se puedan fabricar con ciclo cerrado, según Eurogypsum, comparado con otros materiales tradicionales, vemos que es un material con bajas emisiones de CO₂ en su fabricación, 1,7 kg/m², y con un consumo energético muy bajo, 35 MJ/m².

Indirectamente, la utilización de las placas de yeso laminado, puede influir en otros aspectos de la obra, entre otras, el bajo consumo de agua y el bajo peso del sistema, éste último influye en la parte estructural así como en el transporte del material y los residuos que se puedan generar.



8.2.2. Aislamiento y acondicionamiento acústico

Una de las principales características de estos sistemas es el aislamiento acústico, tanto aislamiento a ruido aéreo como a ruido de impacto.

El acondicionamiento acústico de un local consiste en controlar el sonido dentro del propio recinto, con el objeto de conseguir en el interior del recinto una distribución de la energía acústica adecuada, reduciendo el ruido de fondo y obtener un confort acústico.

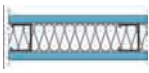
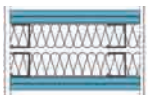
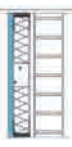
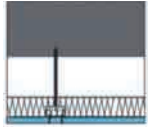
8.2.2.1. Aislamiento a ruido aéreo

Los sistemas de placa de yeso laminado se comportan acústicamente según la teoría masa-muelle-masa. A diferencia de otros sistemas tradicionales donde la mejora acústica se consigue mediante un aumento de la masa, estos sistemas combinan, la masa de las placas con el material elástico que se incorpora en la cámara de aire, es por ello que la lana mineral mejora el aislamiento gracias a su capacidad de absorción.

Cabe destacar que las lanas minerales deben ser elásticas y porosas, un valor característico a tener en cuenta, es la resistencia específica al paso del flujo del aire, en términos generales es un valor que determina la amortiguación por rozamiento cuando las ondas sonoras pasan a través del material poroso. En todo caso se ha de intentar evitar elementos rígidos ya que eliminan el efecto muelle de estos sistemas.

Para un buen aislamiento a ruido aéreo y por tanto ofrecer un buen confort acústico, podemos utilizar sistemas como tabiques, techos suspendidos, trasdosados autoportantes y suelos flotantes, todos ellos formados por placa de yeso laminado.

Tabla. 2. Ejemplo de aislamiento acústico de diferentes sistemas.

CROQUIS	DEFINICIÓN	AISLAMIENTO ACÚSTICO $R_w(C;C_{tr})dB$ R_A -dBA	PESO MEDIO APROXIMADO (Kg/m ²)	AISLAMEINTO TÉRMICO $R(m^2K/W)$
	Tabique 78/600 (48) LM 15+48+15	$R_w = 45$ (-2;-9)dB $R_A = 43$ dBA	26,34	$0,53 + R_{AT}^*$
	Tabique 146/600 (48+48) 2LM 12,5+12,5+48+... +48+12,5+12,5	$R_w = 65$ (-5;-10)dB $R_A = 62,8$ dBA	44,54	$0,76 + R_{AT}^*$
	Trasdosado autoportante 63/600 (48) LM ½ pié de ladrillo perforado cara vista	$R_w = 66$ (-5;-10)dB $R_A = 64,8$ dBA	239,30	$0,51 + R_{AT}^*$
	Losa de hormigón de 140 mm +Techo suspendido PYL 15 cámara 100 LM 50 mm espesor	$R_w = 71$ (-2;-8)dB $R_A = 69,4$ dBA	366	—

Fuente: Catálogo de soluciones acústicas y térmicas para la edificación. ATEDY y AFELMA.

* R_{AT} : Resistencia térmica de la lana mineral

8.2.2.2. Aislamiento acústico a ruido de impacto

El ruido de impacto más común es el que se genera en un local que está sobre otro, y que se transmite estructuralmente al local inferior. Suelen ser muy molestos llegando a producir trastornos a los que lo sufren, mermando su calidad de vida.

Tanto en obra nueva como en rehabilitación, existen soluciones de placa de yeso laminado para mejorar el ruido de impacto con sistemas.

Tabla. 3. Ejemplo de aislamiento acústico a ruido de impacto.

CROQUIS	DEFINICIÓN	AISLAMIENTO ACÚSTICO ΔL_{WR}	PESO MEDIO APROXIMADO (Kg/m ²)	AISLAMIENTO TÉRMICO $R(m^2K/W)$
	Solera seca PYL con aislante 2 x 12,5 + LM 15 mm de alta densidad	25 dB	35	$0,35 + R_{AT}$ Sin contar forjado ni base niveladora

Fuente: Catálogo de soluciones acústicas y térmicas para la edificación. ATEDY y AFELMA.



8.2.2.3. Absorción acústica

Con las placas de yeso laminado se puede llegar a diseñar locales de tal manera que el acondicionamiento acústico no sea un problema. Existe una gama de placas perforadas diseñadas para este fin, con diferentes tipos de perforación, dimensiones ofreciendo un sin fin de posibilidades de diseño arquitectónico de interiores. Cada vez, somos más conscientes del ruido que se puede generar en locales como restaurantes, salas de juegos, aulas... y que son debidas a un mal acondicionamiento acústico del recinto, el DB HR fija unos límites de reverberación para algunos recintos. Las placas de yeso laminado perforadas ofrecen una absorción acústica adecuada a cada necesidad. Normalmente en las soluciones de techo con este sistema, se añade una lana mineral en el plenum de tal manera que la absorción acústica del conjunto sea mayor en toda la gama de frecuencias.

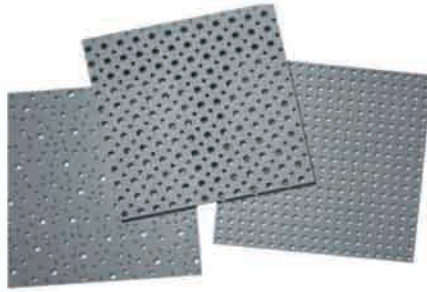


Figura 6. Ejemplo de placas de yeso laminado perforadas. Fuente: Knauf.

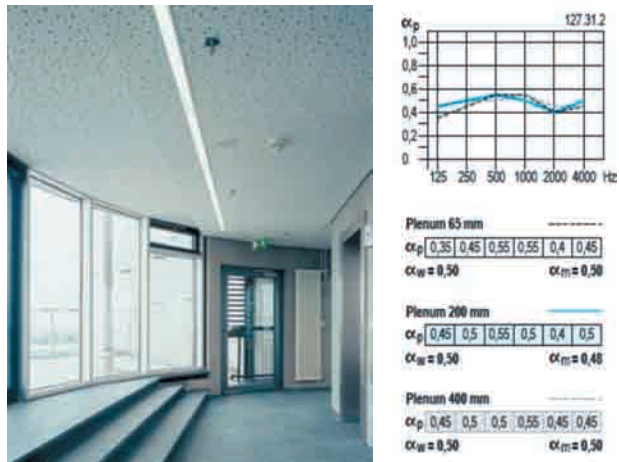


Figura 7. Techo con placa yeso laminado con perforación aleatoria 8/15/20. Fuente: Knauf.

8.2.3. Protección al fuego

El yeso es un material incombustible. En caso de someterlo al fuego, se deshidrata sin desprender gases tóxicos, además no aporta una mayor carga de fuego, no contribuyendo a la propagación del mismo.

La norma UNE EN 520 +A1 clasifica, las placas de yeso laminado, como A2s1d0 siempre que se cumplan una serie de parámetros recogidos en la propia norma.

Las numerosas combinaciones entre tipos de placa, perfilera y lana mineral, nos proporciona un abanico muy amplio en soluciones pasivas al fuego, se pueden alcanzar resistencias al fuego desde 15' hasta 240' según el sistema utilizado.

Por su versatilidad la hace idónea para sectorizar zonas de un edificio mediante tabiques, trasdosados, techos, suelos... además de protección al fuego de conductos de ventilación y protección de estructuras metálicas y de madera.



Figura 8. Protección conductos de ventilación, patinillo instalaciones y estructuras metálicas. Fuente: Knauf.

8.2.4. Aislamiento térmico

Con los sistemas de placas de yeso laminado en combinación con las lanas minerales se puede conseguir mejoras de aislamiento térmico en edificios, llegando a obtener un ahorro energético y económico, además de una reducción de emisiones de CO₂.

Hoy en día, y con perspectiva de futuro, cada vez más hemos de utilizar sistemas más eficientes que nos ayuden a reducir los gastos ener-



géticos, tanto en obra nueva como en rehabilitación con sistemas más eficientes.

La directiva europea sobre eficiencia energética aprobada el pasado 19 de mayo de 2010 marca un objetivo claro, el denominado «20-20-20», i.e. para el año 2020 reducir el 20 % las emisiones de CO₂ respecto a 1990 y el uso en energías renovables de un 20 %. Por ello en España donde la gran parte del parque inmobiliario carece de un mínimo de aislamiento térmico, es el objetivo principal por su gran consumo energético.

8.2.5. Normativas

Las placas de yeso laminado fabricadas en España cuentan con la marca N de AENOR. Estos fabricantes realizan las inspecciones y controles necesarios y acordes a las normativas vigentes. Además disponen del Marcado CE de obligado cumplimiento en Europa.

Son varias las normas aplicables a las placas de yeso laminado entre ellas:

Normas de producto:

UNE-EN 520+A1 Placa de yeso caras de cartón y sin manipulación posterior.

UNE EN 14190 Placas de yeso laminado transformadas posteriormente

UNE EN 13950 Placas de yeso laminado transformado con aislamiento acústico y térmico

UNE EN 152831 Placas de yeso con velo de fibra.

Normas de montaje de sistemas:

UNE 102.040 IN Sistemas de tabiques

UNE 102.041 IN Sistemas de trasdosados

UNE 102.042 IN Sistemas de techos continuos con entramado metálico

Estas tres normas están en fase de revisión para ser unificadas en una sola.

Una de las nuevas certificaciones que avala la minimización y mejora continua de los aspectos ambientales a lo largo del ciclo de vida de

un producto es el Ecodiseño. Para los materiales de construcción sostenibles resulta esencial tener herramientas de sistema de gestión que logren Ecodiseñar productos y sistemas dado que permitirán reducir de una manera continua el impacto global con respecto a otros sistemas o productos más tradicionales.

ATEDY es la Asociación Técnica y Empresarial del Yeso, de ámbito nacional de fabricantes de yesos, escayolas y sus derivados. Según se indica en su página web www.atedy.es, representa y defensa los intereses económicos, sociales y profesionales de sus asociados, entre los que pueden citarse, con carácter enunciativo y no limitativo, los siguientes:

- La representación, coordinación, defensa y promoción ante los Poderes Públicos o Entidades privadas o públicas, de los derechos e intereses económicos, sociales y profesionales de sus asociados.
- El fomento de:
 - El diálogo y de la solidaridad de los empresarios del sector.
 - La mejora del control, del desarrollo y de la difusión de sus productos y de las calidades de los mismos, así como de la investigación de nuevas técnicas y procedimientos.
 - La creación de marcas de calidad.
 - La formación a los trabajadores de las empresas asociadas, del personal laboral de ATEDY y de los colectivos que aplican o instalan los productos de nuestro sector.
- La promoción del consumo o empleo de estos productos
- El facilitar sistemas de arbitraje para dirimir diferencias que pudieran producirse entre sus miembros, empresarios del Sector o empresarios relacionados con el mismo.

8.3. Aplicaciones

Tal y como se ha comentado en los apartados anteriores, la diversidad de tipos de placas de yeso laminado nos ofrece un amplio abanico de posibilidades para poder ser utilizados en cualquier tipo de edificio, cumpliendo con las exigencias de las diferentes normas apli-





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

cables, entre ellas el CTE, además, pueden contribuir en la obtención de certificaciones para edificios sostenibles.

Los principales sistemas de certificación para la sostenibilidad en edificios son el sello Verde (España), LEED (USA), BREEAM (UK) y DGNB (Alemania).

Aunque el objetivo es común para todos los sistemas de certificación, evaluar la sostenibilidad, se diferencian en la ponderación de los distintos aspectos, materiales, entorno, recursos, eficiencia energética,...

Es aquí donde los sistemas de placas de yeso laminado ofrecen soluciones para rehabilitación y nueva edificación, que cumplen los estándares y criterios para adaptarse a un rendimiento óptimo de los sellos Verde, LEED, BREEAM y DGNB entre otros.

8.4. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución

El sector de la edificación es uno de los mayores responsables de los impactos ambientales totales, de hecho es responsable del consumo del 40 % de la energía de la unión Europea y del 36 % de las emisiones de CO₂. Según el Libro Blanco del arquitecto Francisco Saiz «a día de hoy se puede hablar de que entre el 33 % y el 50 % de los gases de efecto invernadero son imputables a todo el ciclo de vida del edificio». En términos globales, la energía consumida por la industria de materiales de construcción actualmente representa el 14 % de la energía total. Hay que añadir que el sector es altamente intensivo en la demanda de materiales, solamente la construcción y el mantenimiento de los edificios consume el 40 % de las materias primas utilizadas en la Unión Europea: se estima que la edificación estándar exige un manejo de entre 2 y 3 toneladas por metro cuadrado.

En España, el sector de la edificación representa el 17 % del consumo de energía final entre el sector residencial y el terciario. No se ha de pensar en el ahorro energético únicamente en obras nuevas, sino que ha de ser un concepto aplicable en rehabilitación de edificios ya que más de 20 millones de viviendas están construidas sin tener un criterio mínimo de eficiencia energética y por tanto de sostenibilidad.

Un edificio rehabilitado puede llegar a reducir más de un 40 % el consumo de energía, aplicando únicamente medidas que intervienen en

la demanda térmica. Si se rehabilitasen al año un millón de viviendas de aquí a 2020, circunstancia asumible desde el punto de vista técnico y económico, significaría una contribución final de ahorro en el consumo energético en nuestro país de entre el 5,1 % y el 8,5 % y una reducción similar para las emisiones de CO₂; en caso de aplicar además otras medidas de mejora de la eficiencia de las instalaciones se podría llegar a contribuir con una reducción de la demanda energética del 10 %.

La directiva europea sobre eficiencia energética aprobada el pasado 19 de mayo de 2010 marca un objetivo claro, el denominado «20-20-20», i.e. para el año 2020 reducir el 20 % las emisiones de CO₂ respecto a 1990 y el uso en energías renovables de un 20 %.

La directiva fijaba, en su articulado n.º 9, asimismo dos objetivos bien definidos: a partir del 31 de diciembre de 2020 todos los edificios han de ser «edificios de energía casi nula» y esta fecha se adelanta si hablamos de edificios propiedad u ocupados por administraciones públicas.

En la Industria Europea del Yeso y dentro del campo de la arquitectura sostenible, se siguen desarrollando soluciones y productos innovadores, de una alta eficiencia energética y con un alto grado tecnológico. Los productos derivados del yeso son capaces de ofrecer soluciones sostenibles para la construcción de paredes, techos, suelos, fachadas,..., todo ello sin olvidarnos de la reducción de la demanda energética que proporciona al conjunto del edificio.

8.4.1. Rehabilitación energética

Existen muchas soluciones para la rehabilitación energética de un edificio, que puede ser total del edificio o bien de una parte del mismo.

8.4.1.1. Rehabilitación fachadas por el interior

La rehabilitación de una fachada puede ser tanto por el interior como por el exterior, dependiendo en cada obra, habrá que valorar las diferentes opciones teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada solución, aunque existe la posibilidad de poder hacer una combinación de ambas soluciones para llegar a una mayor eficiencia energética.



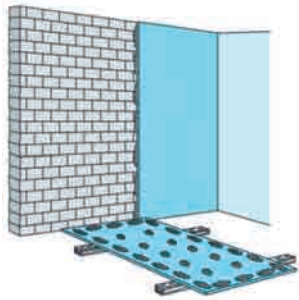


En el caso de actuar por el interior tenemos las soluciones de trasdosados autoportantes, y de trasdosados directos mediante placas de yeso laminado transformadas con aislamiento térmico y acústico.

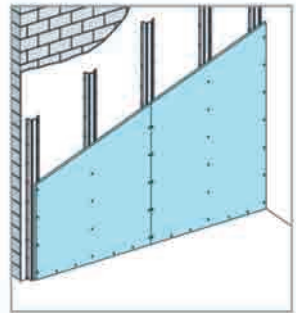
La elección del tipo de trasdosado dependerá de los requerimientos establecidos.

Existen dos tipos de trasdosados:

Trasdoso Directo:

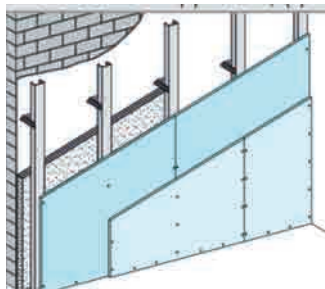


Con pasta de agarre directamente sobre el muro soporte

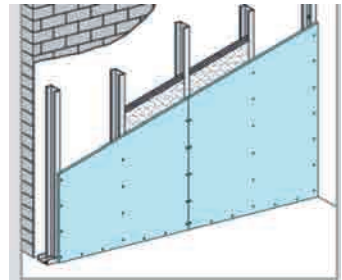


Con perfilería auxiliar con perfiles omegas fijadas al muro soporte

Trasdoso Autoportante:



Arriostrado con estructura metálica fijada puntualmente al muro soporte



Libre con estructura metálica sin fijar al muro soporte

Figura 9. Ilustraciones. Fuente: Knauf.

Los trasdosados autoportantes están formados por perfiles verticales (montantes arriostrados o no al muro base) con una modulación máxima de 60 cm encajados en los perfiles horizontales (canales) fijados a suelo y techo. A un lado de la perfilería se atornilla una placa de yeso laminado. Dependiendo del muro base, la cantidad y tipos de placas,

ancho de perfilería y tipo de aislamiento podemos obtener un sin fin de resultados acústicos, fuego y resistencia térmica.

Los trasdosados directos están formados por placas de yeso laminado fijadas directamente al muro base mediante pasta de agarre o en caso de necesitar perfilería auxiliar, se colocarían maestras omegas verticalmente cada 60 cm como máximo fijadas directamente al muro base.

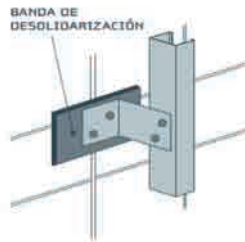


Figura 10. Detalle Arriostramiento. Fuente: Knauf.

El trasdosado autoportante, por la variedad en la combinación de placas de yeso laminado, espesores, tipos, cantidad... pueden ofrecer un mayor aislamiento acústico u a fuego superior al trasdosado directo. El trasdosado directo es más rápido de montar.

La rehabilitación por el interior supone algunas ventajas como:

- La fachada original se mantiene
- Se puede actuar en una parte del edificio
- Se mejora el aislamiento acústico y térmico.
- Se puede pasar nuevas instalaciones por la cavidad del trasdosado
- Con ayuda de otros sistemas como suelos flotantes o techos suspendidos, se pueden controlar los puentes térmicos del encuentro entre fachada y forjado. En el caso de pilares pasando el trasdosado por delante rompemos el puente térmico.
- Es una forma rápida de actuar y sencilla sin necesidad de andamiaje que moleste en la vía pública.

Rehabilitar por el interior, implica resolver los puentes térmicos como los encuentros entre fachada y forjado, capialzados, pilares... y controlar las condensaciones superficiales. En caso necesario se tendría que colocar una barrera de vapor.





Ejemplo de rehabilitación de fachada por el interior

Tabla 4. Valores U $W/(m^2K)$ aproximados, en función de la conductividad térmica del aislante. Para los cálculos se han utilizado los valores indicados en el catálogo de elementos constructivos redactado por el Instituto Eduardo Torroja.

Fachada original	Sin rehabilitar	Trasdosado autoportante PYL 15 + LM 40 mm	Trasdosado autoportante PYL 15 + LM 50 mm	Trasdosado autoportante PYL 15 + LM 60 mm
½ pié ladrillo perforado con enlucido	2.34	0.63	0,53	0,46
½ pié ladrillo perforado con Cámara aire 10 cm y LH sencillo enlucido	1.28	0.51	0,45	0,40
½ pié LH triple PUR 3 cm cámara aire 2 cm LH sencillo enlucido	0,60	0.35	0,32	0,29

Fachada original	Sin rehabilitar	Trasdosado directo PYL 10 mm + EPS 40 mm	Trasdosado autoportante PYL 10 mm + EPS 50 mm	Trasdosado autoportante PYL 10 mm + EPS 60 mm
½ pié ladrillo perforado con enlucido	2.34	0.60	0,52	0,45
½ pié ladrillo perforado con Cámara aire 10 cm y LH sencillo enlucido	1.28	0.49	0,44	0,39
½ pié LH triple PUR 3 cm cámara aire 2 cm LH sencillo enlucido	0,60	0.34	0,31	0,29

8.4.1.2. Rehabilitación fachadas por el exterior

Existen sistemas en seco de placa de yeso laminado que pueden ser utilizados en la semi-intemperie, en el caso de la rehabilitación de fachadas por el exterior, el material idóneo sería la placa de cemento revestida con una malla de fibra de vidrio.

El sistema se basa en un trasdosado autoportante formado por una placa de cemento de 12,5 mm de espesor atornillada a una estructura metálica de acero galvanizado diseñada para este fin, arriostradas al muro base mediante angulares. Entre el sistema de trasdosado y el muro base se coloca una lana mineral hidrófuga, pudiendo llegar a rellenar toda la cámara de aire. El acabado superficial del sistema se realiza mediante mortero con malla de fibra cuadrículada y finalmente un acabado mediante pintura o mortero acrílico, Fig. 11.

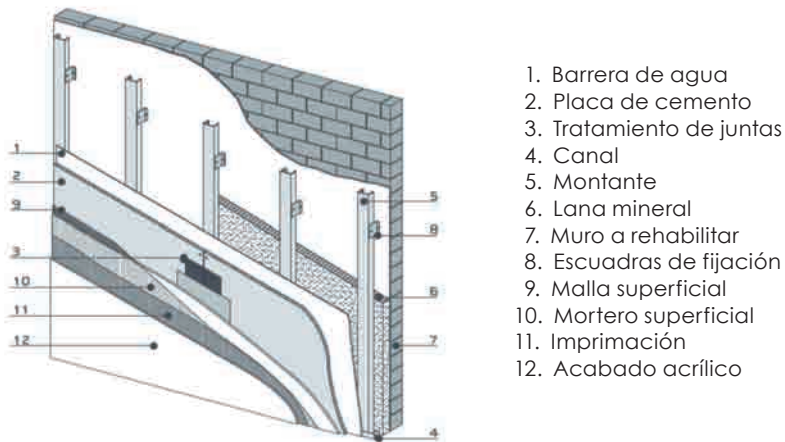


Figura 11. Esquema sistema rehabilitación exterior mediante placas de cemento. Fuente: Knauf.

Las ventajas principales son:

- Se eliminan fácilmente los puentes térmicos en cantos de forjado pilares...
- No se pierde superficie útil.
- Sistema ligero.
- Mejora del aspecto final del edificio.
- Posibilidad de incorporar grandes espesores de aislamiento.
- Se producen pocas molestias a los usuarios.
- Resistencia a los impactos.
- Placa incombustible clasificada al fuego A1.

Ejemplo de rehabilitación de fachada por el exterior



Tabla 5. Valores U $W/(m^2K)$ aproximados, en función de la conductividad térmica del aislante.

Fachada original	Sin rehabilitar	Sistema placa de cemento $e = 12,5$ mm + LM 60 mm	Sistema placa de cemento $e = 12,5$ mm + LM 80 mm	Sistema placa de cemento $e = 12,5$ mm + LM 100 mm
½ pié ladrillo perforado con enlucido	2,34	0,43	0,37	0,31
½ pié ladrillo perforado con Cámara aire 10 cm y LH sencillo enlucido	1,28	0,37	0,33	0,28
½ pié LH triple PUR 3 cm cámara aire 2 cm LH sencillo enlucido	0,60	0,28	0,25	0,22

8.4.1.3. Rehabilitación de cubiertas

Las cubiertas de los edificios, inclinadas y planas, transitables o no, son las zonas externas de los edificios más expuestas a los agentes climatológicos. En obra nueva y en rehabilitación, por lo general, lo primordial es la estanqueidad al agua, pero el aislamiento térmico y acústico no se trata, provocando un gasto innecesario de energía para intentar llegar a un cierto confort en el recinto, una situación que se da en la mayor parte de edificios construidos antes de la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE).

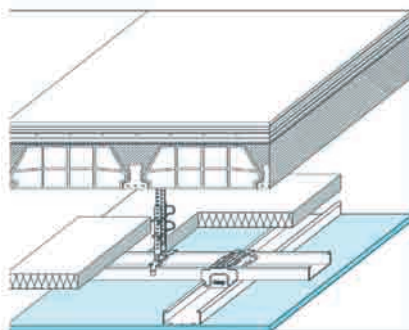


Figura 12. Techo suspendido. Fuente: Knauf.



La rehabilitación por el exterior es sumamente complicada dado que en la mayoría de los casos para realizar una correcta reparación se tendrá que restituir su impermeabilización con el riesgo que ello supone durante todo el tiempo en que se prolonguen los trabajos, más si como es habitual, la planta subyacente está ocupada. Además, la actuación en el total de la cubierta presupone un acuerdo, siempre difícil, entre todos los ocupantes del inmueble a remodelar.

Existen diferentes tipologías de cubiertas, por un lado las cubiertas planas transitables o no con una ligera pendiente y cubiertas inclinadas, dentro de las cubiertas inclinadas nos encontramos con, cubiertas con desván no habitable y habitable.

Dentro de estas tipologías son muchas las soluciones constructivas, sin embargo la solución de techo suspendido con placa de yeso laminado puede ser la misma variando el espesor de aislamiento térmico para conseguir el objetivo final y ajustando el montaje del techo en función si queremos un techo plano o bien inclinado.

En general existen varios tipos de techos suspendidos, según la norma UNE 102.042 IN se clasifican en:

Techo continuo Adosado o directo	 Adosado	 Directo
Techo Suspendido continuo	 Suspendido con perfiles de techo continuo (PTC)	 Suspendido con montantes

Figura 6, Clasificación de los techos continuos según UNE 102.041 IN.
Fuente: Atedy.



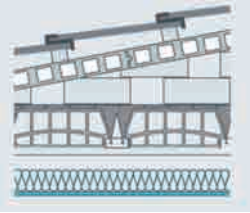
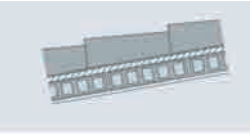
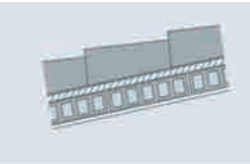
Teniendo en cuenta que las cubiertas tradicionales, ya sea por su antigüedad o por una construcción deficiente, ofrecen un aislamiento térmico muy bajo, es recomendable utilizar en su rehabilitación techos suspendidos para poder incorporar un aislante.

Tabla 6. Ejemplo rehabilitación cubierta plana.

Croquis		Transmisión térmica $U \text{ W/m}^2\text{K}$
	Cubierta formada por: Solado Mortero cola Capa separadora Capa de impermeabilización Hormigón celular es. med. 10 cm Forjado Unidireccional 30 cm Enlucido 15 mm	1,70
	Cubierta rehabilitada con: Cámara de aire de 50 mm, Lana mineral de 90 mm Techo suspendido PYL 15 mm	0,30
	Cubierta formada por: Solado Mortero cola Capa separadora Capa de impermeabilización Hormigón celular es. med. 10 cm Forjado Unidireccional 30 cm Enlucido 15 mm	1,93
	Cubierta rehabilitada con: Cámara de aire de 50 mm, Lana mineral de 90 mm Techo suspendido PYL 15 mm	0,30

Fuente: Knauf.

Tabla 7. Ejemplo rehabilitación cubierta inclinada.

Croquis		Transmisión térmica $U \text{ W/m}^2\text{K}$
	Cubierta inclinada con desván no habitable formado por: Capa de compresión Forjado unidireccional Enlucido 15 mm	1,59
	Cubierta rehabilitada con: Cámara de aire de 50 mm, Lana mineral de 90 mm Techo suspendido PYL 15 mm	0,29
	Cubierta inclinada con desván habitable formado por: Teja árabe Capa mortero Rasilla cerámica Enlucido de yeso	2,16
	Cubierta rehabilitada con: Cámara de aire de 50 mm, Lana mineral de 90 mm Techo suspendido PYL 15 mm	0,31

Fuente: Knauf.

8.4.1.4. Rehabilitación de elementos de separación horizontal

Las estructuras constructivas que delimitan las distintas plantas de un edificio se denominan forjados. Son elementos horizontales, que soporta su peso propio además de las cargas estáticas tales como tabiques, muros, sanitarios etc. y las accidentales como el tránsito de personas, muebles y demás enseres propios de una vivienda. En viviendas antiguas podemos encontrar forjados realizados con vigas de madera y revoltón cerámico, no obstante los más usuales suelen ser los unidireccionales o reticulares.

La rehabilitación de los forjados no requiere un aislamiento térmico tan elevado como en el caso de la fachada o de la cubierta, a no ser





que se trate por ejemplo, de un techo por el exterior para aislar el forjado de una vivienda. En tal caso habría que estudiar la zona climática para determinar la composición del techo suspendido mediante placa de yeso laminado tipo H1 o bien mediante placas de cemento, por un tema de comportamiento frente a la humedad y agresión del ambiente.



Figura 14. Techo suspendido con placa de cemento. Fuente: Knauf.

En cualquier caso habría que estudiar la composición final del techo suspendido, teniendo en cuenta si se trata del exterior o de un local contiguo no acondicionado.

También existen soluciones para rehabilitar los forjados mediante sistemas de suelo flotante con placa de yeso laminado, soleras secas. Este sistema es ideal para aislar forjados en contacto con el terreno o incluso para aumentar el aislamiento a ruido de impacto entre recintos.

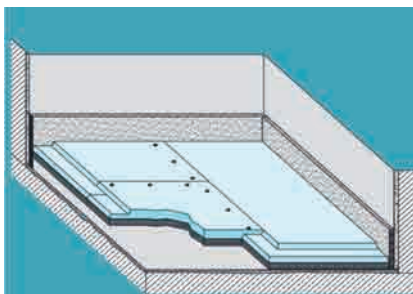
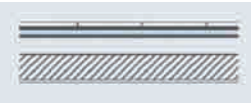


Figura 15. Suelo flotante con placa de yeso laminado. Fuente: Knauf.

Existen varios tipos de soluciones para realizar soleras secas, normalmente son placas formadas por yeso con fibras que pueden llegar a densidades $>1000 \text{ kg/m}^3$ e hidrofugadas, que le dan las características necesarias para ser utilizadas como solera seca. Puede ir con un aislante térmico como lana mineral de alta densidad o con EPS.

Tabla 8. Ejemplo de rehabilitación de forjado mediante solera seca.

Croquis		Transmisión térmica U W/m²K
	Forjado con losa de hormigón Solado Mortero de cemento Capa compresión Losa de hormigón 14 cm Guarnecido	1,99
	Forjado rehabilitado con: Solera seca 23 mm EPS 50 mm	0,54

Fuente: Knauf.

Los puentes térmicos en los cantos de forjado, pueden ser eliminados con estos sistemas, tanto con la solera seca como con los techos suspendidos. Una opción en caso de no poder suspender un techo, es estudiar la posibilidad de colocar una cuña de EPS en el perímetro de un ancho de 500 mm.

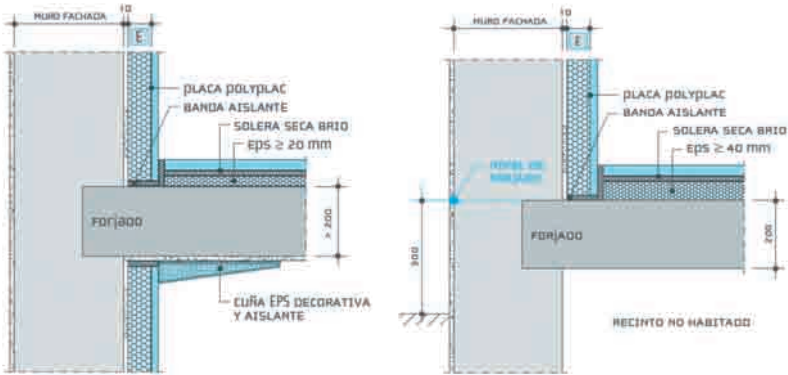


Figura 16. Ejemplo de solución de puentes térmicos en canto forjado.
Fuente: Knauf.

8.5. Conclusiones

Hemos de ser conscientes que es necesario un cambio de modelo de edificación, que sea más sostenible. El impacto de la construcción tradicional en el medio ambiente ha creado una crisis ambiental globalizada. Superar la biocapacidad del planeta, es decir la capacidad





Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

propia de regeneración, nos hace pensar en establecer unos criterios, de alguna manera regulados, para compensar e intentar evitar el cambio climático, del que, por el momento, somos conscientes a un nivel marcovectorial.

La directiva europea sobre eficiencia energética es un paso hacia la rehabilitación energética. Principalmente hemos de limitar el consumo de energía y de emisiones de CO_2 de los edificios, especialmente el parque inmobiliario existente anterior a la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación.

Según el informe de ADENA, el consumo energético medio de una vivienda se puede reducir un 85 % según estándares Passivhaus. Esto nos indica el potencial que existe en la rehabilitación energética. Si tenemos en cuenta que la vivienda nueva representa el 1 % del total de viviendas construidas, vemos que aplicar estos parámetros de sostenibilidad sobre este porcentaje se conseguiría una mejora poco importante.

9

SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)

Gruppo de Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE)

Asociación Nacional de Fabricantes de
Materiales Aislantes (Andimat) y Baumit S.L
www.andimat.es
www.baumit.es



9.1. Introducción

Se entiende como sistema SATE un sistema compuesto de aislamiento por el exterior (SATE- ETICS) que se suministra como conjunto (kit) y se utiliza para el aislamiento térmico de edificios. Estos sistemas deben tener como mínimo un valor de resistencia térmica igual o superior a $1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, como se indica en la guía ETAG 004 y normas UNE-EN 13499 y 13500. Se utilizan tanto en nueva construcción como en rehabilitación de edificios.

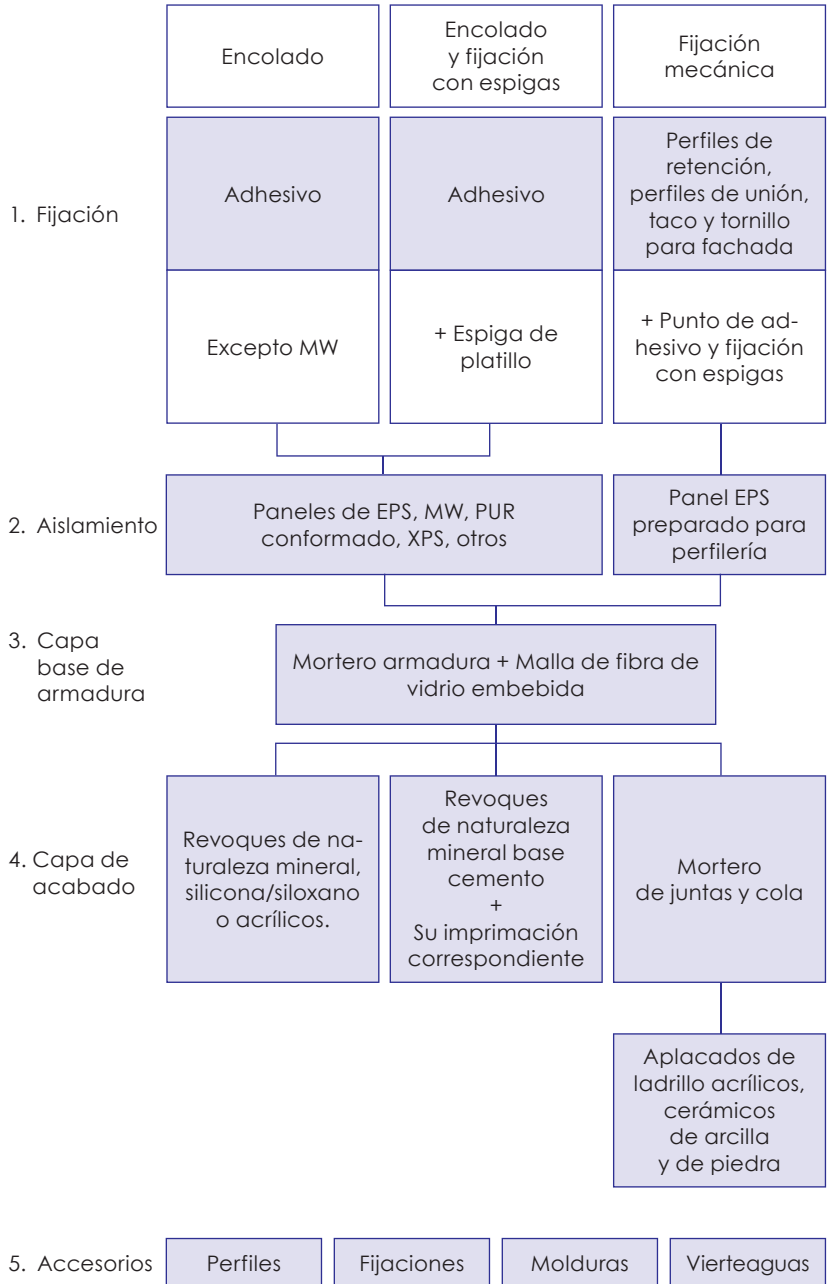
Los sistemas SATE se pueden clasificar en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y tipo de acabados.

Es especialmente importante respetar la concepción del SATE como un sistema integral de fachadas. Ello supone que cada componente forma parte del conjunto, asegurando la compatibilidad del sistema y el mejor resultado. Todos los componentes de un SATE deben estar concebidos y ensayados de forma conjunta para el uso que se va a dar al sistema. Esto debe respetarse desde la prescripción hasta el servicio postventa, pasando por el suministro y aplicación.

A nivel europeo se está trabajando en la elaboración de una norma armonizada que especificará los requisitos de los sistemas SATE e incorporará en un futuro la obligatoriedad del marcado CE de los mismos.



Esquema del sistema SATE



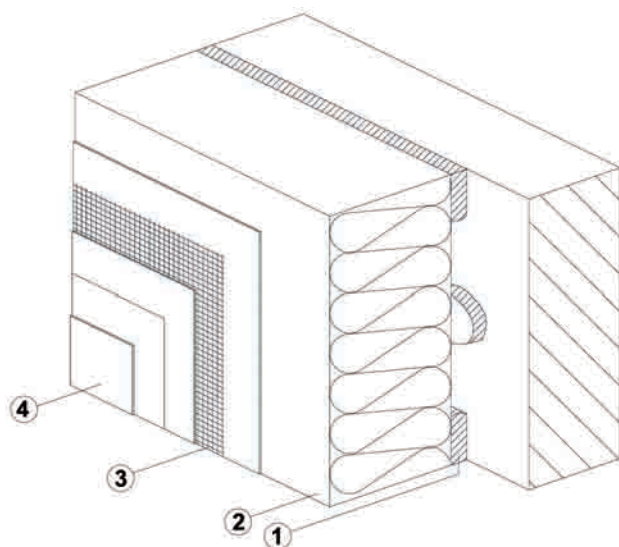


Figura 1. Esquema básico de sistema SATE. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios.

Leyenda

1. Fijación
2. Aislamiento
3. Capa base de armadura (mortero de armadura + malla de fibra de vidrio)
4. Capa de acabado
5. Accesorios (no representados en el gráfico)

Las características mínimas exigidas a los sistemas SATE y la valoración de su idoneidad para el uso previsto se especifican en los requisitos del «ETA Guidance N.º 004» referente a los sistemas de aislamiento térmico por el exterior.

El Documento de Idoneidad Técnica Europeo, en adelante DITE, se concede como resultado de la evaluación técnica realizada en base a una Guía de la EOTA (European Organisation for Technical Approvals), o bien en base a un Procedimiento consensuado de evaluación (Common Understanding Assessment Procedure). Esta evaluación se circunscribe únicamente al cumplimiento de los requisitos esenciales establecidos en la Directiva de Productos de Construcción DPC 83/106.

Los DITE basados en la guía ETAG 004, en vigor desde el 31 de mayo del 2003, tienen un período de validez de cinco años y su ámbito



es europeo. Actualmente se está elaborando a nivel europeo una norma armonizada para el Mercado CE de los sistemas SATE cuyos requisitos serán de obligado cumplimiento.

9.2. Propiedades de los Sistemas SATE

Con un sistema SATE se reviste y aísla el exterior del edificio adaptándose las geometrías del mismo, incluso las más complejas, sin discontinuidad. Por tanto cuando está correctamente concebido e instalado permite fácilmente resolver la mayoría de los puentes térmicos del edificio.



Figura 2. Edificio con defectos en los pilares y frentes de forjado.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

Los sistemas SATE que incorporan un aislamiento con un espesor óptimo aseguran drásticas reducciones de la energía disipada al exterior, demostrando una disminución del consumo de combustibles próximo al 30 % y permiten un ahorro energético consistente y continuo (calefacción en invierno; aire acondicionado en verano). Se estima que la inversión realizada para la instalación del sistema se amortiza, de media, en los cinco años siguientes.

Otras propiedades de los sistemas SATE:

- Los sistemas SATE, al mejorar el aislamiento térmico en la envolvente de un edificio, permiten alcanzar los criterios de sostenibilidad.
- Los sistemas SATE se suministran de forma integral, de esta forma se asegura la compatibilidad de los componentes.
- Se reducen los puentes térmicos en la fachada, las posibles condensaciones no deseadas y aquellas patologías ligadas a las mismas.

- Reduce la factura energética de cada usuario ya que la incorporación de un sistema SATE consigue ahorros netos de energía próximos al 30 % y se estima que la inversión realizada para la instalación del sistema se amortiza muy rápidamente.
- Ayuda al ahorro energético, lo que lleva a una reducción de emisiones de CO₂ contribuyendo a la reducción del efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente y mejorar el confort de los edificios.
- En el caso de la rehabilitación permite a los usuarios seguir viviendo en sus viviendas durante la incorporación de un sistema SATE en sus fachadas y no reduce el espacio habitable interior de las viviendas.
- Se reduce el riesgo de condensaciones intersticiales, ya que los sistemas SATE correctamente instalados, son impermeables al agua y permeables al vapor de agua.
- Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termo-higrométricas estables, contribuyendo al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas, mohos y la impregnación de la masa mural.
- En el caso de la rehabilitación puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un bloque de edificios o barrios enteros, teniendo una vida útil de más de 20 años, pudiendo considerarse un argumento positivo en caso de alquiler o venta.



9.3. Componentes e instalación del sistema SATE

9.3.1. Acciones previas: tratamiento del soporte

El tratamiento previo del soporte sobre el que se instalará el sistema SATE es fundamental para una correcta aplicación. Para ello, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- El paramento base debe tener la capacidad portante suficiente para resistir las cargas combinadas de: peso propio, peso apor-



tado por el SATE y las cargas de viento transmitidas a través del mismo.

- La planicidad y verticalidad del soporte limitará el tipo de fijación.

Tabla 1. Recomendaciones de planimetría mínima por tipo de fijación.

TIPO DE FIJACIÓN O ADHESIVO	CORRECCIÓN DE PLANIMETRÍA POR METRO
Mortero adhesivo	20 mm
Poliuretanos de expansión controlada	30 mm
Con perfiles	40 mm
Espirales distanciadores	140 mm

- Mantener las conducciones exteriores de agua, gas y electricidad originales permitiendo la accesibilidad de las mismas cuando sea necesario.



Figura 3. Fotografía de una fachada con conducciones exteriores antes de rehabilitar. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- En caso de fijación con mortero adhesivo y espigas debe revisarse la base para verificar que ésta carece de suciedad, polvo, aceite, grasa, cuerpos extraños (clavos, tacos, tirantes...), que está seca, sin humedad (incluida la de remonte capilar) y es resistente.
- Rascado y eliminación en las zonas de pinturas no resistentes y/o pinturas que no ofrecen una superficie adecuada de adherencia.

- Con fijación de perfilería, los tratamientos previos y limpieza no son obligatorios.
- No se recomienda la colocación de barrera de vapor.

Independientemente del estado y de las características de las superficies, siempre es posible garantizar la perfecta adhesión del revestimiento mediante la adopción de soluciones específicas de saneamiento y/o la elección del sistema más adecuado entre las diversas soluciones que aportan los fabricantes de sistemas SATE. La elección del sistema idóneo en cada caso será función de la superficie y tipo de soporte.

9.3.2. Fijación

9.3.2.1. Adhesivos

La función del adhesivo para el sistema SATE es triple:

- Soporta o agarra el material aislante sobre el paramento del edificio.
- Restringe los movimientos de dilatación, contracción, alabeos, tracción, y compresión del aislamiento.
- Regula o ajusta de la planicidad del paramento.

La capacidad de adherencia sobre el panel aislante se debe determinar conforme con la norma UNE-EN 13494 según se indica en la Guía ETAG 004. Como recomendación general, el valor mínimo exigido de resistencia a la tracción que deben cumplir los adhesivos debe ser mayor o igual al valor de punto de rotura a la tracción del aislamiento que se este aplicando. Como ejemplo recomendamos que para el EPS el valor debe ser mayor a 80 kPa y para la MW de 60 kPa. Se debe seguir el mismo criterio para la capacidad de adherencia con el paramento y medido bajo la norma UNE-EN-1542.

Según la naturaleza del material base, los adhesivos se pueden clasificar en tres grupos:

- a. Morteros minerales: adhesivo base cemento usado para soportes minerales tales como ladrillo, hormigón, etc. y de aplicación general para cualquier tipo de aislamiento (según indicaciones específicas).



- b. Morteros orgánicos: adhesivo de enlace de dispersión usado especialmente sobre paramentos de madera o paneles de soporte con fibras de madera y sólo se puede utilizar con aislamiento de EPS.
- c. Poliuretano de expansión controlada: adhesivo de poliuretano de baja expansión de aplicación universal para soportes y sólo se puede utilizar con aislamiento de EPS.

Existen dos formas básicas de pegar el adhesivo:

Fijación de borde y punto: se utiliza sobre soportes con irregularidades de hasta 1 cm. La cantidad de adhesivo a aplicar debe elegirse de manera que, teniendo en cuenta las tolerancias del sustrato y el espesor de capa del adhesivo (aproximadamente entre 1 y 2 cm), se obtenga una superficie de contacto con el sustrato de mínimo el 40 %. Para ello, se procede a colocar el mortero adhesivo con una anchura de 5 cm en todo el borde de la placa y en el centro del panel se aplican tres «pegotes» de mortero adhesivo.



Pegado borde-punto
en una plancha de EPS



Pegado borde-punto en
una plancha de MW. Además del
adhesivo se debe reforzar con unas
fijaciones mecánicas (p ej. Espigas)

Figura 4. Detalles del pegado borde-punto de las planchas de aislamiento.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE)
para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- *Fijación de toda la superficie:* en rehabilitación, este tipo de fijación sólo es recomendable en caso de soportes nivelados y que presenten una planimetría casi perfecta. Esta fijación se realiza aplicando el mortero con máquinas sobre el soporte o a mano sobre los paneles aislantes, mediante la utilización de una llana dentada de acero inoxidable. Con este método sólo pueden compensarse irregularidades mínimas del soporte.



Figura 5. Detalle del pegado de una plancha de aislamiento en toda la superficie. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- En los soportes siguientes, además de la fijación mediante adhesivo, será necesario fijar las superficies y los bordes con espigas adecuadas:
 - Aquellos donde la capacidad de sustentación sea insuficiente (< 80 kPa).
 - Cuando el peso por unidad de superficie del sistema supere los 30 kg/m^2 .
 - Cuando sea requerido según la carga de viento.
 - Cuando la altura del edificio sea superior a 18 metros.
 - Cuando el panel de aislamiento sea de Lana Mineral, fibra de madera, corcho, Poliuretano conformado.
- En soportes adecuados para el adhesivo con una capacidad de sustentación insuficiente (< 80 kPa), es necesario fijar las superficies y los bordes con espigas adecuadas.



Figura 6. Detalle de la instalación de una espiga sobre el aislamiento. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.





9.3.2.2. Adhesivo y fijaciones mecánicas

Existen diferentes posibilidades, la elección debe ser recomendada por el fabricante del sistema.

9.3.2.2.1. Adhesivo y fijación con espigas de platillo o espirales

Consideraciones particulares:

- La selección del tipo de fijación y la cantidad de la misma debe efectuarse siguiendo los resultados de un cálculo estático específico para la ubicación del proyecto que considere las fuerzas de viento que constituyen la carga significativa (DB SE-AE apartado 3.3). En las esquinas de los edificios se forman cargas de viento mayores.
- Cerciorarse de que se forme una distribución homogénea de fijación con espigas.
- En el caso de no existir un cálculo estático que justifique el número de espigas por m^2 , utilizar los datos recogidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de espigas por m^2 con 0,20kN de carga de servicio en los bordes.

VALOR BÁSICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO km/h	ENTORNO DEL EDIFICIO								
	I (Libre de Construcción)			II (Protegido)			III (Con un número elevado de construcciones)		
	ALTURA DE LA EDIFICACIÓN								
	< 10 m	10 m a 25 m	25 m a 50 m	< 10 m	10 m a 25 m	25 m a 50 m	< 10 m	10 m a 25 m	25 m a 50 m
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85 a 115	8	10	12	8	8	10	6	8	10
115 a 135	10	12	12	10	12	12	8	10	12

Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

En la Fig 7 se muestra la distribución de espigas por metro cuadrado. El hecho de utilizar los paneles de $0,5 m^2$ (1000 x 500 mm) es sólo una referencia visual y no implica que para paneles cortados en obra tenga que usarse la misma distribución.

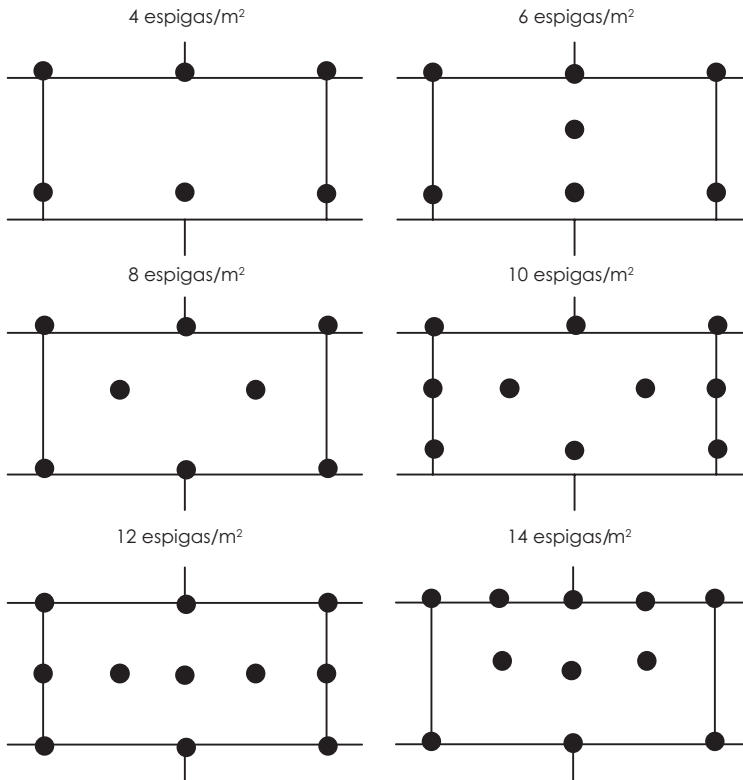


Figura 7. Esquema de la colocación de las espigas por unidad de superficie.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios.

9.3.2.2.2. Pegado y fijación con espigas

Si la capacidad de sustentación no es suficiente hay que emplear espigas adecuadas en función del estado de la fachada. La espiga debe anclarse en materiales macizos de la pared con la profundidad necesaria. Los azulejos y el revoque antiguo no se consideran un soporte de anclaje adecuado. La longitud y el diámetro de las espigas dependen de los muros correspondientes o bien del material aislante. El número de espigas depende de la altura o la situación (superficie, borde). La colocación de espigas se realiza una vez instalado el aislamiento y antes de la armadura. La distribución de las espigas debe ser regular.

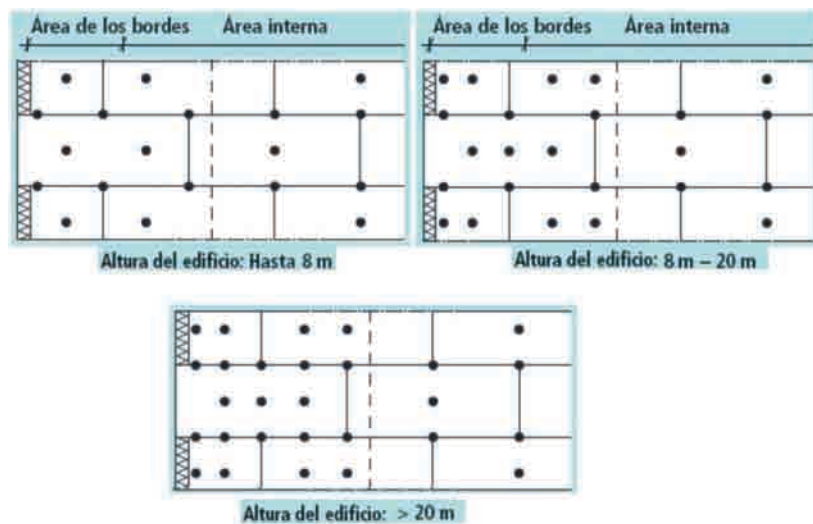


Figura 8. Esquema de colocación de espigas en las aristas del edificio.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

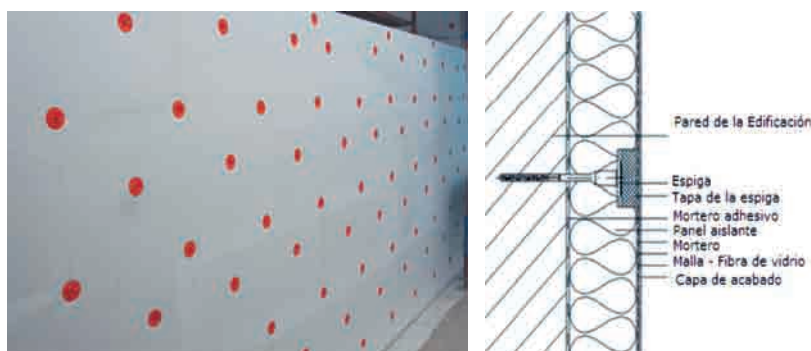


Figura 9. Fotografía de la instalación de espigas en un edificio y sección constructiva de la instalación de una espiga.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

9.3.2.2.3. Fijaciones mixtas

Este anclaje funciona de forma mecánica al instalarse mediante golpeo en el muro base a rehabilitar, antes de poner el aislamiento. Una vez anclado, se extiende una pellada de mortero adhesivo sobre el anclaje que se pegará al aislamiento (sólo válido para planchas de poliestireno expandido). De esta forma la instalación

de la plancha de aislamiento se confía no solo a la adherencia sobre la superficie antigua (revocos deteriorados, pinturas, superficies disgregadas, etc.), sino también a la resistencia mecánica del anclaje, que hace de puente de unión entre la plancha y el muro a rehabilitar.

Las particularidades del sistema mixto (mecánico sobre el muro, y adherencia sobre el EPS) son:

1. Replanteo y taladro sobre el muro a rehabilitar. Está especialmente indicado cuando debido al estado en que se encuentre el muro base, sea necesario conocer con exactitud los puntos del muro donde podemos realizar el anclaje.
2. Se consigue una misma longitud de anclaje independiente del espesor de EPS (menos acopio de longitudes).
3. Se evita los puentes térmicos en fachada, al no interrumpirse la capa de aislamiento sobre la fachada debido a los anclajes.
4. Se mejora la calidad del revoco final por posibles instalaciones defectuosas del anclaje a través de la placa.

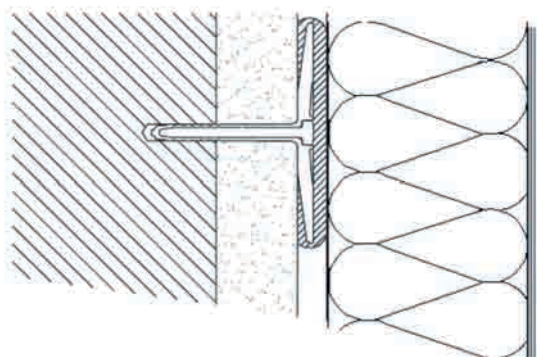


Figura 10. Sección constructiva de la fijación mixta.

Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios.

Los pasos a seguir para la fijación del anclaje adhesivo son los siguientes:

- 1.º En primer lugar se replantea la fachada siguiendo el siguiente esquema:



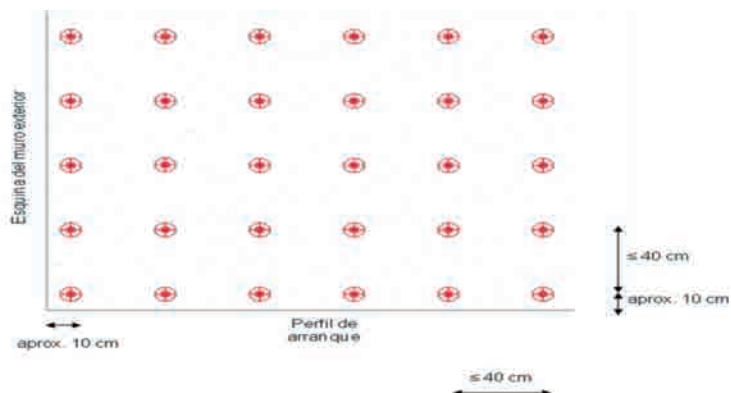


Figura 11. Esquema de la fijación mixta. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios.

- 2.º A continuación se fijan los anclajes a la fachada mediante golpeo y expansión del anclaje
- 3.º Se aplica mortero adhesivo en toda la cabeza del anclaje y en el panel aislante (en éste último de manera que la superficie con adhesivo sea superior al 40 %).
- 4.º Se adhieren los paneles aislantes en toda la superficie de fachada siempre sobre mortero fresco.

9.3.3. Aislamiento

Las prestaciones de los materiales de aislamiento utilizados en los sistemas SATE deberán cumplir las prestaciones mínimas indicadas en la Guía ETAG 004 y en la norma UNE-EN 13499 para sistemas SATE basados en poliestireno expandido (EPS) y la UNE-EN 13500 para sistemas SATE basados en lanas minerales (MW). Con independencia de las prestaciones de los materiales de aislamiento indicados en este apartado los materiales que posean una norma europea armonizada deberán disponer del marcado CE conforme con las normas UNE-EN 13162 a 13171.

Actualmente se está trabajando en una nueva norma europea armonizada dentro del CEN/TC88 WG-18, que especificará los requisitos del sistema completo incluidos los requisitos de todos los materiales de aislamiento. Por ello, una vez esté aprobada dicha norma prevalecerá sobre los requisitos mínimos indicados a continuación.

Además, el suministrador del sistema de SATE es responsable de las características funcionales del sistema, por ello es posible encontrar requisitos mayores o adicionales para los materiales de aislamiento utilizados.

9.3.3.1. Consideraciones generales sobre la instalación del aislamiento

La colocación de las planchas de aislamiento se deberá realizar siguiendo las siguientes pautas:

- Todos los elementos salientes de la fachada deben ser colocados antes que el aislamiento (vierteaguas, coronaciones y otros) para asegurar el correcto tratamiento impermeable de junta. De no ser así, requerirá un tratamiento posterior consistente en realizar un llagueado entre el precerco y el aislamiento e introducir un material sellante y elástico (DB HS 1 apartado 2.3.3.6 parte 2).
- Se debe comprobar que el material de aislamiento es el adecuado para la aplicación del sistema SATE.
- La colocación de los paneles de aislamiento debe ser contrapeada, colocados de abajo hacia arriba en los planos continuos y en las esquinas salientes del edificio, en filas horizontales y con juntas contrapeadas (al tresbolillo) en las filas sucesivas. Se considera un contrapeo correcto cuando la distancia de separación es mayor o igual que el espesor del aislante.
- Comprobar que las planchas de aislamiento se han fijado correctamente al muro soporte; bien con adhesivo o bien con fijación mecánica y adhesivo siguiendo las recomendaciones de las normas UNE-EN 13499 y 13500 o la Guía ETAG 004, en su caso.
- Se recomienda realizar el control de la planimetría durante la colocación de los paneles de aislamiento.
- Se recomienda comprobar que las juntas entre planchas de aislamiento encajan a tope unas con otras y no se han colmatado de adhesivo.
- Se recomienda rellenar los espacios abiertos entre paneles con tiras del mismo material aislante.
- Ejecutar la colocación del aislamiento desde abajo a arriba con juntas verticales, siempre discontinuas.





- En las aristas de los edificios se recomienda colocar paneles enteros o medios paneles.
- No debe acabar una plancha en la continuación de cantos de las esquinas.

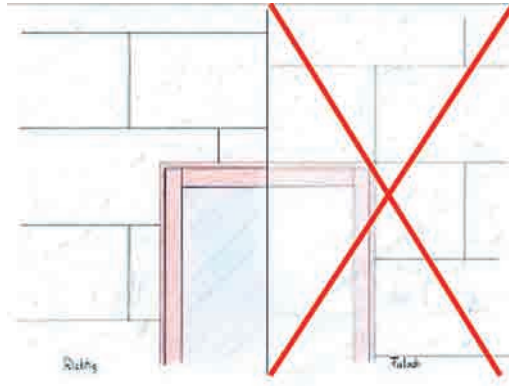


Figura 12. Detalle de la instalación de las planchas de aislamiento en los cantos de esquinas de un hueco. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- En las aristas del edificio se deben contrapear los paneles de aislamiento.

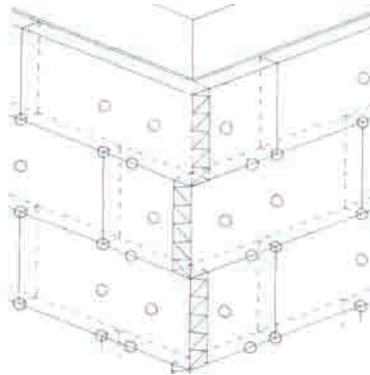


Figura 13. Detalle de la instalación de las planchas de aislamiento en las aristas del edificio. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Los paneles de aislamiento serán colocados desplazándose gradualmente. Colocar los paneles aislantes de abajo hacia arriba, apretándolos bien para conectarlos, partiendo de las aristas del edificio. Presionar los paneles sobre la pared. Retirar el exceso de adhesivo para evitar puentes térmicos.

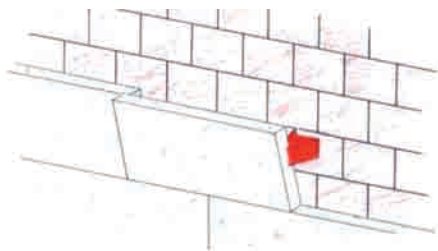


Figura 14. Detalle de la instalación de las placas de aislamiento en la fachada de un edificio. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Las tuberías ocultas serán marcadas para el anclaje posterior y evitar que sean perforadas por el taladro al colocar las espigas u otro tipo de fijación.

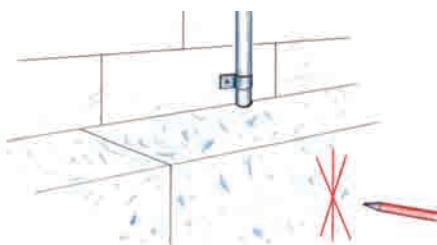


Figura 15. Detalle de la instalación de las placas de aislamiento en la fachada cuando existen conducciones externas. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Las espigas se colocarán una vez instalados los paneles de aislamiento.
- Después de fraguar el adhesivo, si es necesario, se deben lijar y limpiar los paneles de aislamiento (excepto en paneles de lana mineral que podrían deteriorarse).

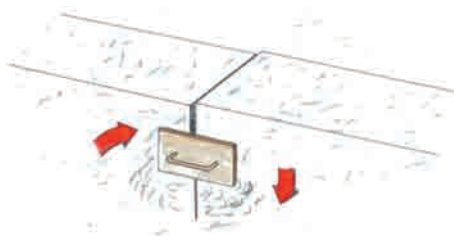


Figura 16. Lijado de las placas de aislamiento. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.





9.3.4. Capa base de armadura

La capa de armadura mejora las prestaciones mecánicas del sistema SATE. La malla de armadura está compuesta de fibra de vidrio aprestada y debe poseer un tratamiento antiálcali ya que al estar embebida en el mortero no debe perder sus propiedades. Además, contribuye a mejorar las características mecánicas de los morteros de refuerzo y a absorber las tensiones que puedan generarse entre las planchas de aislamiento.

Los fabricantes de los sistemas SATE suministran dos tipos de mallas de armadura, una convencional cuyo uso se recomienda en las aplicaciones habituales y las mallas con doble refuerzo o antivandálicas en los lugares donde existe riesgo de deterioro de la fachada debido al tránsito de vehículos o personas. En la Tabla 3 se indican las características de las mallas de armadura.

Tabla 3. Características de las mallas de armadura.

CARACTERÍSTICA	MALLA CONVENCIONAL	MALLA CON DOBLE REFUERZO
Masa por unidad de superficie	145 a 165 g/m ²	330 a 370 g/m ²
Peso del tejido en bruto	130 g/m ² ± 5 %	320 g/m ²
Pérdida por calcinación	18 ± 2 %	10 ± 2 %
Abertura de la malla	4 x 4 mm, aprox.	6 x 6 mm, aprox.
Dimensión de la malla (medidas internas)	3-5 mm	4 x 3,8 mm
Espesor medio del tejido aprestado (UNE 9311-3)	0,45 ± 0,04	0,90 ± 0,09 %
nº. de hilos de urdimbre en 5 cm (UNE 9311-1)	Min. 24	
nº. de hilos de trama en 5 cm (UNE 9311-1)	Min. 10,5	
Resistencia a la tracción (urdimbre) (UNE 9311-5)	≥ 1500 N/50 mm	≥ 4000 N/50 mm
Resistencia a la tracción tras el envejecimiento	≥ 1000 N/50 mm	≥ 2000 N/50 mm
Alargamiento a la rotura (UNE 9311-5)	4-6 %	4-6 %

Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

La adherencia del mortero de armadura sobre el panel aislante se debe determinar con la norma UNE-EN 13494. Los requisitos mínimos del espesor de mortero para la capa de armadura se muestran en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Espesores de mortero recomendados para la capa de armadura en función del tipo de aislamiento.

ESPESOR [mm]	TOLERANCIA [mm]	POSICIONAMIENTO DE LA MALLA DE ARMADURA	TIPO DE SISTEMA DE AISLAMIENTO
3	- 1	Integrada en el mortero	EPS y PUR
5	-1	Siempre integrada en el mortero antes de la última capa	Corcho, EPS, PUR y MW
8	-3	Siempre integrada en el mortero antes de la última capa	Corcho, EPS y MW

Nota: En el caso de querer un refuerzo adicional a la resistencia de golpes, por ejemplo, malla con doble refuerzo, se podrá ir a espesores de mortero mayores y habrá que consultar con el fabricante en cada caso.

Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

A continuación se presentan las siguientes consideraciones generales sobre la instalación:

- El mortero de armadura se aplica en una capa de espesor según indica la ficha técnica del producto y en estado fresco se embebe la malla de armadura.
- Debe aplicarse primero el mortero y luego sobre ella la malla.
- El tiempo de secado para poder alisar el mortero dependerá de factores como temperatura ambiente, temperatura de la superficie a aplicar, viento y humedad atmosférica. En condiciones normales el alisado es inmediato, realizado al mismo tiempo que el embebido.
- Para la aplicación, la temperatura máxima de la superficie a aplicar es de 30 °C.
- La malla y los accesorios deben solaparse un mínimo de 10 cm.
- Una vez seco, realizar un control con regla de 1 metro de largo y admitiendo una desviación absoluta máxima de 0,5 mm, intensificar el control en las zonas de solape de malla. Es posible lijar o raspar si es necesario.
- De no cumplirse la desviación admisible del punto anterior se puede aplicar una segunda capa de nivelación.

Para la instalación de la malla de armadura hay que tener en cuenta lo siguiente:





- Se aplica el mortero con una llana.
- Se embebe la malla con el mortero aún fresco.

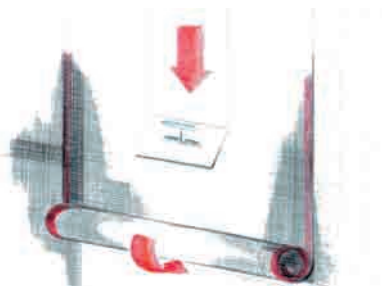


Figura 17. Detalle de la instalación de la malla de armadura sobre la fachada. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Se coloca con un solape mínimo de 10 cm incluido accesorios, cantoneras y perfiles de goteo.

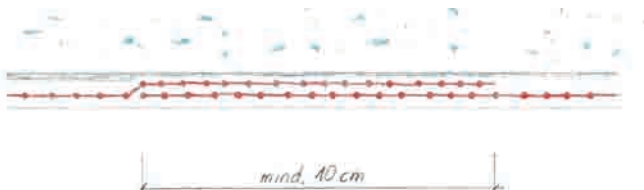


Figura 18. Detalle de solape de la malla de armadura. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Se recoge el mortero excedente.

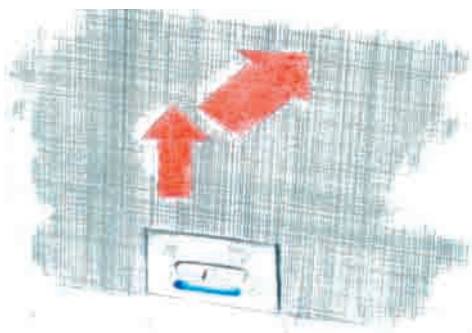


Figura 26. Detalle la instalación de la malla de armadura. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Se aplica una capa fina de regularización.
- En las esquinas de las ventanas y puertas, se debe colocar la armadura en sentido diagonal.
- También colocar armadura en el interior de las esquinas.

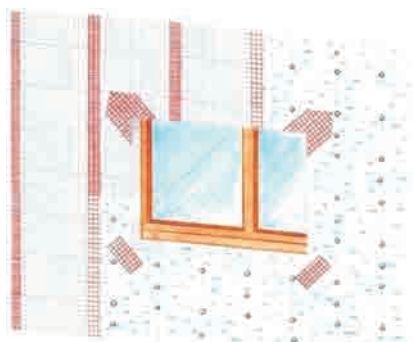


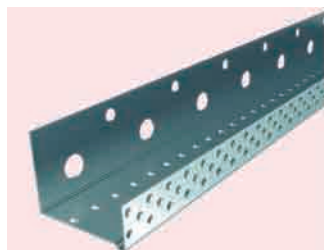
Figura 20. Detalle de aplicación de malla de armadura en el ángulo de esquinas de ventanas y puertas. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Para la formación de jambas se emplea un perfil para capialzados para lograr estanqueidad de las juntas de conexión en la zona de puertas y ventanas.

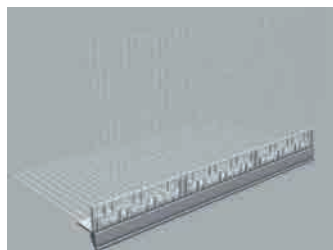


Figura 21. Instalación del aislamiento y detalle de solape de la malla de armadura en una ventana. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Cuando sea necesario se deberán colocar perfiles en aristas, perfiles de goteo y juntas de dilatación.



Detalle de perfil de arranque



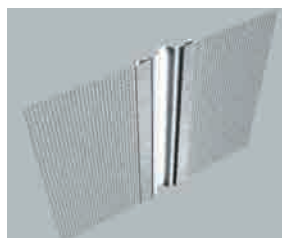
Detalle de perfil de esquina



Detalle de perfil de arista



Detalle de perfil de juntas de dilatación



Detalle de vierteaguas

Figura 22. Detalles de perfiles en arranque, arista, goteo y juntas de dilatación. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

9.3.5. Capa de acabado

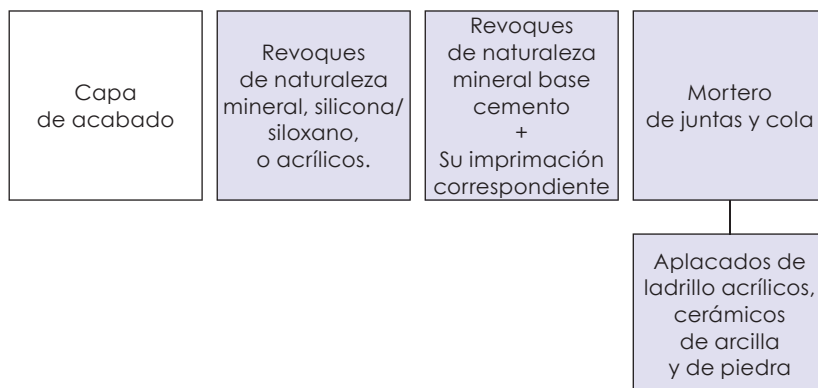
La principal función de la capa de acabado es proteger el sistema del exterior; la radiación solar, la lluvia u otros agentes exteriores y tiene que contribuir a la impermeabilidad al agua y permitir la permeabilidad al vapor de agua. Al ser la última capa es la parte más visible del sistema y le confiere una función estética al edificio (color y textura).

El espesor de la capa de acabado dependerá de su naturaleza, composición y del acabado final (liso, rugoso,...). Teniendo que respetarse los espesores mínimos de la capa de acabado incluidos en los DITES.

Los requisitos mínimos del Documento Básico de salubridad del Código Técnico de la Edificación, DB HS 1, apartado 2.3.1 *Fachadas*, indica el grado de impermeabilidad en función de la zona pluviométrica, grado de exposición al viento y altura del edificio. En función del grado de impermeabilidad descrito en el apartado 2.3.2 se pueden establecer las soluciones constructivas a las que deben responder los revestimientos exteriores en:

1. Resistencia a la filtración del revestimiento exterior.
2. Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua.
3. Composición de la hoja principal.

Los acabados con revoco pueden ser de los siguientes tipos:



Para la correcta instalación de la capa de acabado hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Remover y mezclar bien.
- Aplicar cubriendo toda la superficie
- Respetar los tiempos de trabajo establecidos en la ficha técnica aportada por el fabricante.



Figura 23. Dibujo donde se muestra la correcta instalación de la capa de acabado. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.



9.3.5.1. Capa de imprimación

La función de la imprimación es la de igualar la superficie y unir la capa de armadura y la de acabado.

La capa de imprimación esta indicada para los siguientes casos:

1. En casos de incompatibilidad del mortero de armadura y la capa de acabado.
2. Para mejorar la adherencia, según indicaciones de los fabricantes.
3. Como capa de fondo para capas de acabado con textura acanalada en los cuales se transparente el color en los canales del mismo.

Para la instalación de la capa de imprimación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se deben respetar los tiempos de secado.
- Se debe cubrir toda la superficie por medio de un rodillo.



Figura 24. Dibujo de un rodillo y brocha. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Se deben respetar los tiempos correctos para aplicar la fase siguiente según se indica en la ficha técnica del fabricante.

9.3.5.2. Acabados revocados

Además de cumplir los requisitos exigidos por la normativa DB-HS1, deben seguirse los siguientes parámetros:

- Se recomienda que el índice de reflexión de la luz no sea inferior a 25 (0- negro y 100 blanco). En cualquier caso, este valor deberán estudiarse para el sistema concreto ya que en parte dependen de la situación del edificio, orientación, geometría y tipo de aislamiento utilizado.
- El espesor de la capa depende del grano calibrado que tiene el revoque, o recomendaciones del fabricante.
- Los revoques pueden aplicarse a mano o a máquina, siguiendo las recomendaciones específicas de los fabricantes.
- Dado que hasta las mínimas imperfecciones de la fachada son visibles con luz rasante es recomendable utilizar revoques con efectos, ondulaciones o con áridos para reducir el efecto de sombras general de la fachada.
- La técnica de trabajo, la herramienta, así como la base, influyen el resultado de manera fundamental.
- Los acabados se deben prepintar y realizar con cinta de pintor en espesor según dirección facultativa. sin dejar que en ninguna zona se aplique material fresco encima del material seco.
- Ha de evaluarse una mano de pintura de igualación para tramos grandes de fachada con colores oscuros.

Ejemplos de acabado revocados:

1. Revoques de textura rugosa y uniforme, cuya rugosidad es obtenida gracias al árido de diámetro único y definido por los fabricantes.



Figura 25. Textura de un revoque rascado. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

2. Revoques de textura rugosa y acanalada. La rugosidad es obtenida por el árido y el efecto de acanalado por un árido de forma





cilíndrica. Dado que tiene el acanalado se puede dar orientación a este efecto.



Figura 26. Textura de un revoco acanalado remolinado y acanalado horizontal. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

3. Revoques de textura libre o para modelar, cuyo árido por debajo de 0,5 mm de espesor permite aplicaciones con efectos creativos. No se recomienda aplicar acabados sólo lisos con este tipo de material debido al efecto del sol rasante sobre la fachada que maximiza hasta las pequeñas imperfecciones que son admisibles.

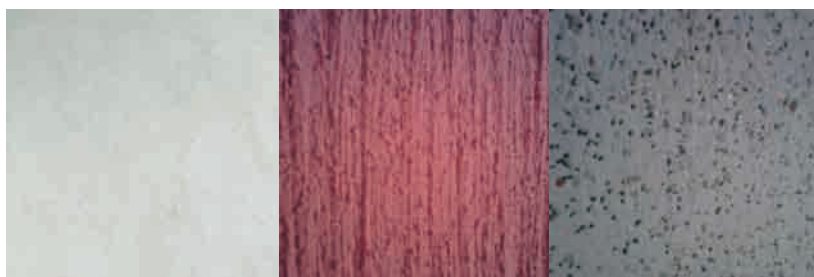


Figura 27. Texturas con efecto dado por rodillo de trapeado, con efecto por llana dentada triangular y liso con áridos proyectados. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

4. Revoques de acabado fino: al igual que en el caso anterior se recomienda el uso de efectos, en este caso por capas con el mismo color de revoco o con colores diferentes de una misma gama para crear el efecto de sombra permanente.



Figura 28. Texturas de acabado fino con efecto en un mismo color y acabado fino con efecto en dos colores de una misma gama. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

5. Revoques con ligante transparente: en este caso el árido que se utiliza para su fabricación es prepintado en diferentes colores y llevado al horno para fijación de los pigmentos, de este modo, crean el efecto deseado puestos en un medio ligante transparente.

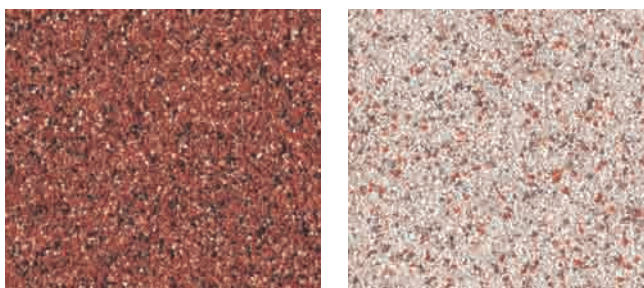


Figura 29. Texturas de acabado con ligante transparente.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

9.3.5.3. Acabados aplacados de ladrillos acrílicos, cerámicos de arcilla y piedra

Además de cumplir los requisitos exigidos por la normativa DB-HS1 se deben seguir los siguientes parámetros:

- Los adhesivos utilizados y el material de aplacado deben cumplir las exigencias de la norma UNE-EN 1348 y la norma UNE-EN ISO 10545-12, que establece la resistencia a la tracción de dichos elementos después de haber sido sometidos a ciclos sucesivos de congelación- descongelación.



- La difusión del vapor de agua se realiza a través de las juntas, es por ello que existe una limitación de tamaño de las piezas de piedra: superficie menor que $0,09 \text{ m}^2$, longitud máxima de $0,30 \text{ m}$ y espesores entre 8 a 15 mm . El volumen de aire mínimo del material de las juntas debe ser de $20 \text{ mm}^3/\text{g}$.
- El aplacado de piedra debe tener juntas de dilatación elástica según recomendaciones del fabricante y como dimensión máxima de paño de $6 \times 6 \text{ m}$ en elementos continuos sin aberturas. Cuando tenemos ventanas u otros elementos que corten la continuidad puede utilizarse áreas de $6 \times 8 \text{ m}$ ó $7 \times 7 \text{ m}$ como máximo. Las juntas de dilatación propias del edificio deben respetarse.
- El sistema utiliza una malla especial de mayor densidad. Al aplicar el mortero de armadura, de inmediato se embebe la malla y también las espigas, de manera que las espigas sostienen la malla y quedan dentro en el mortero armadura.
- La cantidad de espigas se define en base a las características del paramento, esfuerzos originados por el viento y peso del aplacado.



Figura 30. Detalle de la instalación de un acabado de aplacado imitando ladrillo cara vista. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.



Figura 31. Detalle de la instalación de un acabado de ladrillo sobre un sistema SATE y detalle de esquina. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

9.3.6. Accesorios

Una parte decisiva del sistema SATE son los accesorios, que deberán ser en cada caso los recomendados por el fabricante del sistema para asegurar y garantizar el resultado. Consideraciones:

- Para las zonas con alto riesgo de impacto colocar una malla de armadura con doble refuerzo o malla antivandalismo en una capa adicional previa de mortero de refuerzo sobre la que se embebe la malla especial (sin solaparse) con una llana. Sobre ella, se aplicará la malla estándar.
- Las fijaciones se deberán determinar en función del tipo de soporte.
- En el caso de planchas de aislamiento con espesores mayores o iguales a 8 cm, se pueden instalar espigas embutidas en el panel de aislamiento con una tapa del material aislante para romper el puente térmico generado por la espiga.



Figura 32. Espigas y tapas de aislamiento. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- En el caso de fijación mecánica mediante perfiles debe utilizarse un perfil de arranque de aluminio o PVC sujeto con tornillos a cada 30 cm. y espacio de dilatación entre perfiles de 3 mm.



Figura 33. Detalle del perfil de arranque en una arista del edificio. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.





- Una cinta expansiva de sellado, para estanqueidad del agua de lluvia, garantiza la estanqueidad en puntos donde se puede producir ingreso de agua por estancamiento o capilaridad. Su correcta aplicación implica que los vierteaguas, carpinterías metálicas, coronaciones y otros elementos salientes de fachada hayan sido colocados antes que el material aislante. La cinta se ubica alineada con la cara más exterior del panel de aislamiento y presionada hasta alcanzar un espesor de 3 mm.



Figura 34. Cinta expansiva de sellado. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Perfil antigoteo, para evitar el retorno del agua y garantizar la limpieza de las jambas de dintel (según el DB HS 1 apartado 2.3.3.6 punto 3).

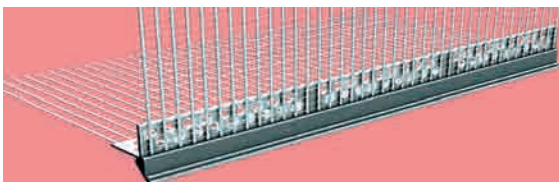


Figura 35. Perfil antigoteo. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Elementos de fijación para colocación de cargas pesadas en la fachada.



Figura 36. Elementos de fijación para cargas pesadas en fachada de espuma rígida de poliuretano (PUR), espuma de poliestireno expandido (EPS) y otros sistemas que incorporan aislamiento.



Figura 37. Instalación de un elemento de fijación para una carga pesada.
Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltente Térmica de los Edificios.

- Perfil cantonera, para refuerzo de esquinas salientes.

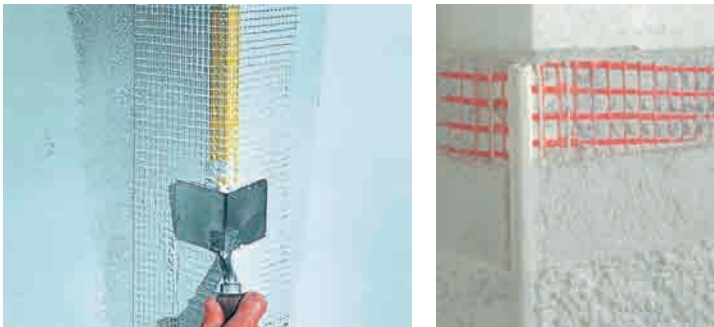


Figura 38. Detalle de aplicación de un perfil de esquina. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltente Térmica de los Edificios.



- Tapa para agujero de andamio.



Figura 39. Detalle de una tapa de anclaje de andamio y su correcta instalación. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

- Vierteaguas.



Figura 40. Detalle de un vierteaguas. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios.

9.3.7. Otras consideraciones de la instalación

9.3.7.1. Emplazamiento del andamio

Recomendaciones:

- Se recomienda el uso de andamio tubular, por las facilidades que implica al efectuar una labor que requiere varias capas de aplica-



ción. Para el uso de otro tipo de andamio se ha de determinar el procedimiento para resolver inconvenientes que pueden afectar a la estética del acabado.

- Los andamios deben estar colocados de manera que la distancia libre entre la fachada y la parte más cercana del andamio (bandeja, columna o anillo de columna) sea superior al espesor del aislamiento más 8 cm.
- Los anclajes de los andamios fijados en la fachada deben ser un cáncamo roscado que una vez ajustado debe dejar la cabeza de la misma a una distancia superior al espesor del aislamiento más 5 cm.
- Los andamios deben cumplir con las exigencias mínimas de seguridad establecidas por ley y con el plan de seguridad particular.

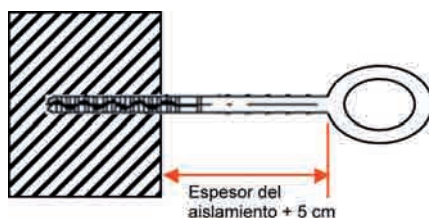


Figura 41. Detalle de la fijación del andamio a la fachada. Fuente: Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envoltura Térmica de los Edificios.

9.3.7.2. Almacenamiento de materiales

Recomendaciones:

- Los materiales deben protegerse de las heladas y siempre por encima de los 0 °C.
- No deben exponerse a la luz solar directa.
- Proteger de la lluvia.
- Almacenar sobre plataformas, para proteger de los charcos de agua.
- Los productos en base cemento, se deben conservar en un lugar seco y protegido de la humedad y de la intemperie.



Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética

- Los productos de acabado de base sintética se deben acopiar, en un lugar seco y fresco, protegido de heladas y con los recipientes perfectamente cerrados.
- Los materiales de aislamiento se deben acopiar dentro de su envoltura, en un lugar seco exento de disolventes y evitar la exposición solar directa durante tiempo prolongado.

9.4. Bibliografía

- Publicación 7 de las «Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios» editada por el IDAE: Exterior (SATE) para la rehabilitación de Envolvente Térmica de los Edificios.



Lanas Minerales

Por su rentabilidad, el aislamiento más usado en **Europa**

Aislamiento
térmico

+

Aislamiento
acústico

+

Protección
contra
el fuego

Nadie da más

Pero hay más.
Consulte las "Diez razones
para utilizar
Lanas Minerales Aislantes"
www.aislar.com

afelma
el aislamiento



El Poliestireno Expandido EPS, la evolución de los aislantes técnicos.



100% reciclable



Óptimo balance
energético



Gran versatilidad



Aislamiento acústico
y térmico

UN PRODUCTO ESPECIFICO PARA CADA APLICACIÓN

Baja conductividad • Resistente a la humedad • Elastificado



asociación nacional de poliestireno expandido

www.anape.es

Pº de la Castellana, 203 - 1º Izq. 28046 - Madrid / eps@anape.es

las casas frescas **aman** la factura de la electricidad

Las soluciones para la construcción de BASF y los materiales eco-eficientes son más rentables que los tradicionales. Gracias a aislantes como Neopor®, Elastospray y Elastopor® las casas se mantienen más frías en verano y gastan menos electricidad. Gracias a los superplastificantes Glenium® las estructuras de hormigón se ejecutan con menor consumo energético y aportan durabilidad a la edificación. ¿Ahorrar en emisiones significa ahorrar en la factura? En BASF creamos química. www.basf.es





Life

Sistemas de
Aislamiento Térmico
por el Exterior

Fachadas bellas que ahorran energía

Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior y la nueva carta de colores Life

Los sistemas de color de Baunit **Life** embellecen las fachadas de casi mil maneras. Los sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE) de Baunit ahorran a su cliente energía y dinero. La combinación de ambos forma un resultado excelente. Ahora Baunit le ofrece 888 colores, la carta cromática para fachadas más amplia en el mercado y con posibilidades de creatividad infinitas para los arquitectos. Por otro lado, la carta **Taste of Life** brinda con sus 88 combinaciones cromáticas lo mejor de lo mejor para inversores privados.

Los sistemas SATE de Baunit son duraderos y ahorran energía para toda la vida.

Life
COLORED BY BAUNIT

El genuino **openSystem** de Baunit garantiza una óptima difusión del vapor de agua incluso después del aislamiento. El **StarySystem** de Baunit emplea una calidad superior y los materiales más resistentes. Ambos son sistemas de calidad garantizados.



Baunit S.L.

Tel. +34 916 407 227 • Fax +34 916 360 092
info@baunit.es • www.baunit.com

**3au
nit**

baunit.com

Tu edificio. Tus colores. Tu vida.



Knauf España



@knaufes



knaufactualidad



SER EL PRIMERO DEL SECTOR EN RECIBIR EL CERTIFICADO
DE ECODISEÑO NO ES SUFICIENTE.

REHABILITAR CON KNAUF PUEDE LLEGAR A REDUCIR EL
CONSUMO ENERGÉTICO Y LAS EMISIONES DE CO₂ EN UN 40%.

FACHADAS
AQUAPANEL

TABIQUES

TECHOS

TRASDOSADOS

SUELOS



www.knauf.es

Incluso un pequeño paso puede marcar una gran diferencia



**global
insulation**
1er Premio Mundial
Producto sostenible del año

1er Premio
Producto más innovador

ÖKO-TEST
sehr gut
Produkt
exzellente

**HOME BUILDERS
EXECUTIVE**
1er Premio
Categoría "Batt Insulation"

eco
Top 10
Editor's Choice Award

Como compañía de aislamiento de más rápido crecimiento, jugamos un importante papel en sostenibilidad. Constantemente trabajamos para reducir el impacto medioambiental de nuestra producción, a la vez que mejoramos la calidad de nuestros productos. Nuestra ECOSE® Technology, tecnología de resina libre de formaldehídos, es un ejemplo de ello. Junto a nuestros clientes, vamos hacia los mejores resultados posibles en eficiencia energética... es lo que nos motiva.

www.knaufinsulation.es

KNAUF INSULATION
¡Ya es hora de ahorrar energía!

with **ECOSE®**
TECHNOLOGY

La referencia en Aislamiento Sostenible

www.isover.es

Con tan sólo unos clicks, esta web, intuitiva y de sencillo manejo, pone a su disposición amplia y práctica información del mundo del aislamiento en los más diversos segmentos de mercado y aplicaciones.



+34 901 33 22 11
www.isover.es
isover.es@saint-gobain.com



www.isover.es

isover
SAINT-GOBAIN



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).