

POLIURETANO PROYECTADO E INYECTADO

Guía de ventajas y soluciones de espuma rígida de poliuretano proyectado e inyectado para aislamiento térmico, acústico e impermeabilización, conforme al CTE.

CTE
CÓDIGO TÉCNICO
DE LA EDIFICACIÓN
2019

DB-HE

Ahorro
de energía

DB-HR

Protección
frente al ruido

DB-HS

Salubridad

DB-SI

Seguridad
en caso
de incendio

Este libro contiene la información técnica disponible sobre el poliuretano proyectado e inyectado.

Incluye las características técnicas y ventajas competitivas, las principales aplicaciones y soluciones constructivas con la justificación del cumplimiento del CTE, e información de utilidad para todo el que intervenga en la puesta en obra y control posterior, garantizando un producto de calidad.

Compruebe la versión más reciente de este trabajo en:
www.aisla.org

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso del editor:
AISLA, Asociación de Instaladores de Aislamiento
Manuel Martínez Chumillas, 4
28250, Torreldones, MADRID
aisla@aisla.org
www.aisla.org

Madrid, Julio 2020

Toda la información incluida en este libro muestra el estado tecnológico y normativo en el momento de su edición. Es posible que contenga inexactitudes. AISLA declina cualquier responsabilidad o daños que pudieran derivarse de la interpretación de su contenido, o de la utilización de cualquiera de las soluciones constructivas incluidas. El usuario del documento acepta estas circunstancias.

Edición Patrocinada Por:



www.aisolaconpoliuretano.com

1. Descripción 5

- 1.1. Origen y obtención.....6
- 1.2. Espuma rígida de poliuretano7

2. Ventajas 9

- 2.1. Aislamiento térmico.....10
- 2.2. Aislamiento acústico14
- 2.3. Impermeabilidad de fachadas16
- 2.4. Control de humedad22
- 2.5. Seguridad frente al fuego24
- 2.6. Salubridad30
- 2.7. Sostenibilidad31
- 2.8. Resistencia mecánica33
- 2.9. Estabilidad química35
- 2.10. Adherencia36
- 2.11. Puesta en obra38
- 2.12. Normalización39
- 2.13. Certificación43
- 2.14. Mercado44

3. Soluciones Constructivas 45

- 3.1. Fachada con aislamiento interior y tabiquería húmeda46
- 3.2. Fachada con aislamiento interior y tabiquería seca.....48
- 3.3. Fachada con aislamiento exterior y revestimiento continuo50
- 3.4. Fachada ventilada.....52
- 3.5. Fachada con cámara para inyección54
- 3.6. Fachadas. Puntos singulares56
- 3.7. Cubierta plana transitable58
- 3.8. Cubierta plana no transitable.....60
- 3.9. Cubierta inclinada62
- 3.10. Cubierta aislada entre tabiques palomeros64
- 3.11. Cubierta ligera aislada por el interior66
- 3.12. Cubierta ligera aislada por el exterior68
- 3.13. Cubiertas. Puntos singulares70
- 3.14. Techo72
- 3.15. Suelo74

4. Puesta en obra 77

- 4.1. Control de recepción en obra78
- 4.2. Control de ejecución de obra.....80
- 4.3. Control de la obra terminada.....81
- 4.4. Medición y ensayos82
- 4.5. Precauciones en la puesta en obra85

5. Rehabilitación 89

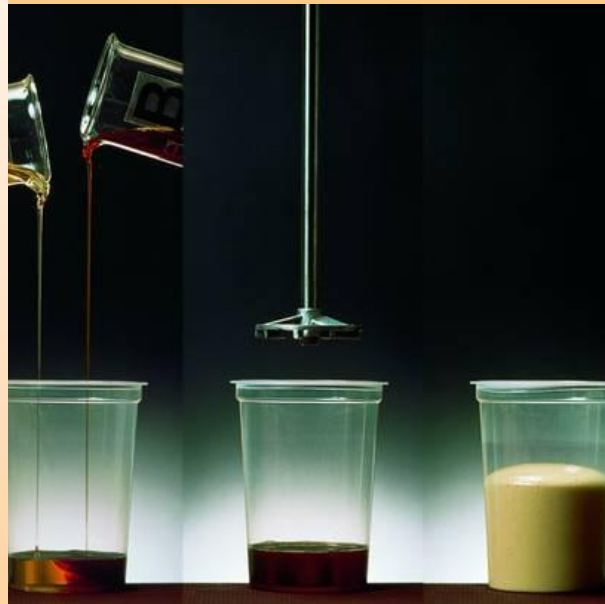
- 5.1. Rehabilitación90
- 5.2. Rehabilitación de fachada por el interior91
- 5.3. Rehabilitación de fachada por el exterior92
- 5.4. Rehabilitación de medianera93
- 5.5. Inyección en cámara.....94
- 5.6. Rehabilitación de cubierta plana95
- 5.7. Aislamiento sobre teja96
- 5.8. Aislamiento bajo teja desde arriba.....97
- 5.9. Aislamiento bajo teja desde abajo98
- 5.10. Aislamiento entre tabiques palomeros.....99
- 5.11. Rehabilitación de cubierta de fibrocemento100
- 5.12. Rehabilitación de cubierta de chapa101
- 5.13. Casos prácticos102

6. Verdades 107

7. Normativa 109

1

DESCRIPCIÓN



- 1.1. Origen y obtención.....6
- 1.2. Espuma rígida de poliuretano7

1 Origen y Obtención

1.1

El descubrimiento del poliuretano se remonta al año 1937, gracias a las investigaciones desarrolladas por Otto Bayer. Se empezó a utilizar en la década de los 50, ya que hasta entonces no existieron máquinas capaces de procesarlo.

Los sistemas de poliuretano, hoy en día, son muy versátiles y permiten una gama amplísima de aplicaciones que forman parte de nuestra vida. Su uso se extiende, por ejemplo, a:

- Colchones y sofás (en forma de relleno)
- Automóviles (volantes, spoilers, alerones, asientos, salpicaderos, como amortiguación de vibraciones y ruidos, etc.)
- Suelas del calzado (sobretudo deportivo)
- Fabricación de muebles
- Pinturas y barnices
- Ventanas
- Ingeniería médica (fabricación de piezas para trasplantes y ortopedias, hemofiltros, etc.)
- Ingeniería aeroespacial
- Industria del frío (tuberías, cámaras frigoríficas, neveras, criogenia, etc.)
- Y, por supuesto, en la edificación, como aislamiento térmico, acústico e impermeabilizante.

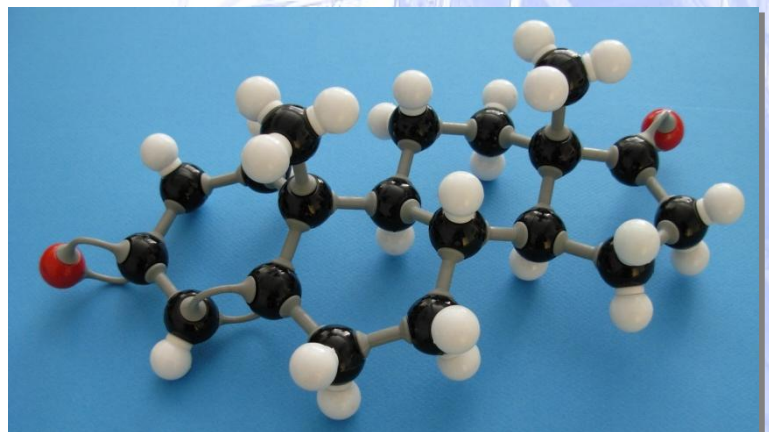
Las materias primas proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener, después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente ISOCIANATO y POLIOL. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos y los aditivos que se incorporen, un material macizo o poroso, rígido o flexible, de celdas abiertas o cerradas, etc.



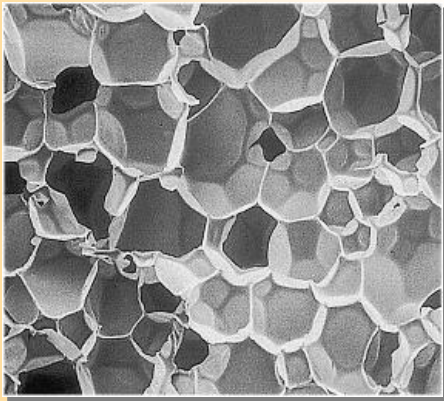
Aplicación de los años 70 de una capa de espuma de poliuretano a un depósito de almacenamiento de petróleo, para que actúe como aislante.



La versatilidad del poliuretano, macizo o poroso, rígido o flexible... permite una amplia gama de aplicaciones.



El poliuretano se genera por una reacción química entre dos componentes: Isocianato y Polioli.

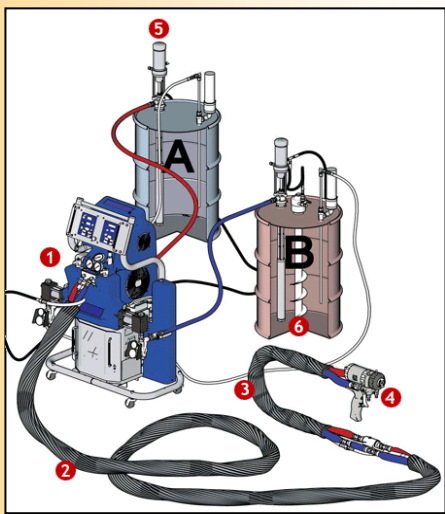


Vista microscópica de las celdas cerradas de la espuma de poliuretano.

La mezcla de los dos componentes POLIOL e ISOCIANATO, que son líquidos a temperatura ambiente, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el polioliol y el isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente. Si el calor que desprende la reacción se utiliza para evaporar un agente hinchante, se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denominamos espuma rígida de poliuretano, o PU.

La espuma rígida de poliuretano es un material sintético duroplástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de 35 kg/m³, sólo el 3% del volumen es materia sólida).

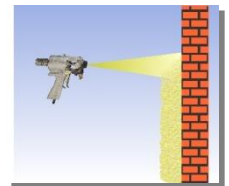
Existen dos sistemas de fabricación que conducen a dos productos diferenciados:



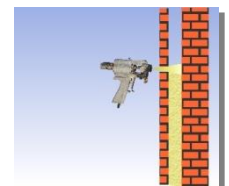
Esquema de una máquina para proyectar espuma de poliuretano:

- A- Componente Isocianato
- B- Componente Polioliol
- 1- Máquina de proyección
- 2- Manguera calefactada
- 3- Empalme de manguera
- 4- Pistola
- 5- Bombas de trasiego
- 6- Agitador

- 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.



Poliuretano Proyectado



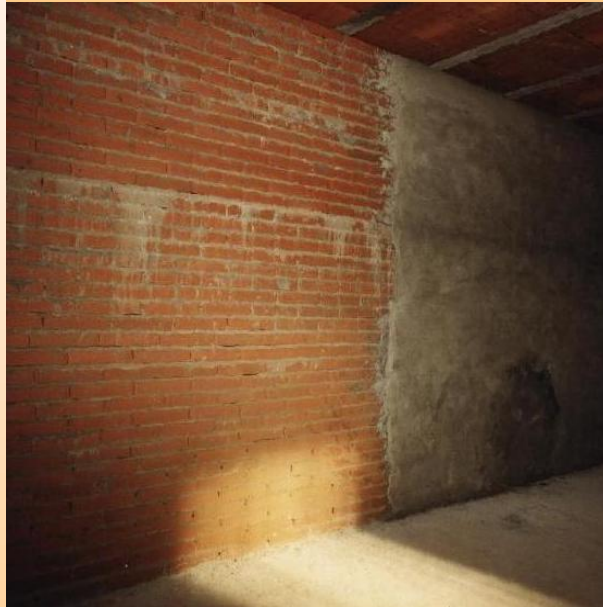
Poliuretano Inyectado



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.

2

VENTAJAS



2.1.	Aislamiento térmico	10
2.2.	Aislamiento acústico	14
2.3.	Impermeabilidad de fachadas.....	16
2.4.	Control de humedad	22
2.5.	Seguridad frente al fuego	24
2.6.	Salubridad.....	30
2.7.	Sostenibilidad	31
2.8.	Resistencia mecánica.....	33
2.9.	Estabilidad química	35
2.10.	Adherencia	36
2.11.	Puesta en obra	38
2.12.	Normalización	39
2.13.	Certificación.....	43
2.14.	Mercado	44

La alta capacidad aislante del poliuretano no se consigue en la construcción con ningún otro de los materiales aislantes comúnmente empleados. Esta característica especial se debe a la estructura de pequeñas celdas que forma la espuma, y a la composición del gas aislante ocluido en el interior de dichas celdas.

Gracias a esta baja conductividad térmica, el poliuretano 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.

La conductividad térmica del poliuretano depende de varios factores, como el porcentaje de celda cerrada, el tamaño de la celda, el gas espumante utilizado, o el espesor de aislamiento instalado. Además, la resistencia térmica depende de la conductividad y del espesor del aislamiento instalado. Por eso, los fabricantes de sistemas de poliuretano declaran la resistencia térmica en el Mercado CE y en la Declaración de Prestaciones mediante una tabla de prestaciones.

La Conductividad Térmica y Resistencia Térmica del poliuretano proyectado e inyectado se declara mediante una tabla de prestaciones en función del espesor.

El mejor valor de conductividad térmica, unido a la estanqueidad, ausencia de juntas o huecos, adaptabilidad a cualquier sustrato y adherencia hacen del poliuretano proyectado el aislamiento más eficaz.

Poliuretano y Edificios de Energía Casi Nula:

[Descargar aquí.](#)

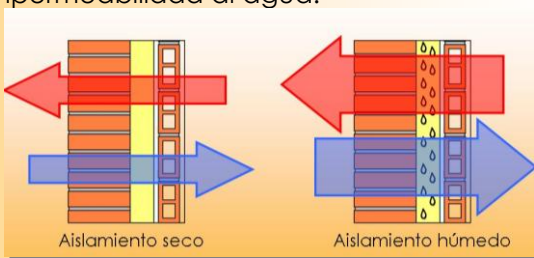


Valor de conductividad térmica robusto

El valor de conductividad térmica de la espuma de poliuretano es muy robusto frente a los efectos de envejecimiento como presencia de humedad, suciedad, falta de estanqueidad al aire, presencia de huecos en el aislamiento, deterioro del mismo o la falta de integridad física.

Presencia de humedad

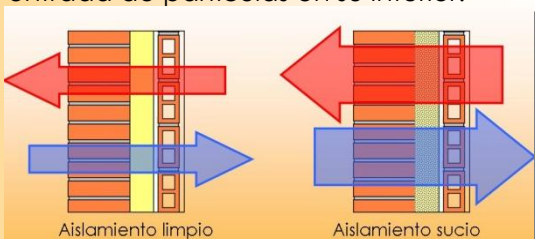
La conductividad térmica de un producto aislante húmedo es mayor que la de un aislante térmico seco, de la misma forma que un jersey húmedo abriga menos que un jersey seco. Será necesario evitar que un aislamiento pueda coger agua ya que un aislamiento térmico con un contenido de agua del 1% en volumen puede incrementar su conductividad térmica entre un 75% y un 105%. (Building Regulations for the Conservation of Fuel and Power. Impact Assessment, BRUFMA). El poliuretano proyectado de celda cerrada presenta impermeabilidad al agua.



Disminución de la capacidad aislante por efecto del agua.

Suciedad

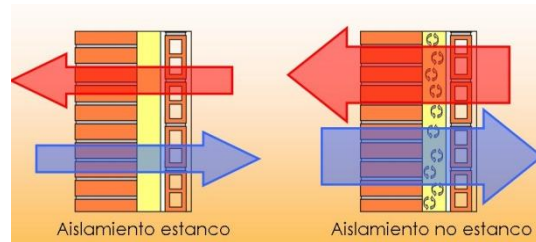
La conductividad térmica se verá gravemente perjudicada por la presencia de suciedad en el interior del aislamiento por lo que será preferible que el producto utilizado mantenga sus propiedades térmicas independientemente de la suciedad presente en el ambiente. La estructura de celdas cerradas del poliuretano proyectado impide la entrada de partículas en su interior.



Disminución de la capacidad aislante por efecto de la suciedad.

Falta de estanqueidad al aire

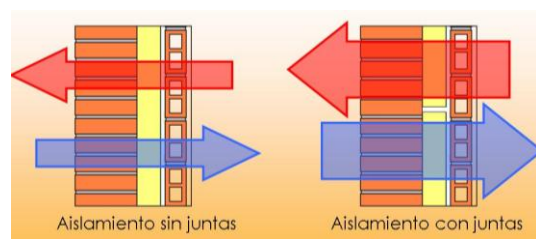
Si la hoja principal está compuesta de fábrica de ladrillo, o de bloque aligerado, es posible que existan infiltraciones de aire desde el exterior al interior de la cámara. El poliuretano evitará estas infiltraciones de aire frío. Los movimientos de aire a través de un aislante no estanco o con juntas pueden reducir los valores de aislamiento hasta en un 40%. ("Experimental and theoretical investigation of the influence of natural convection in walls with slab type insulation" y "Sensitivity of insulation wall and ceiling cavities to workmanship").



Disminución de la capacidad aislante por efecto de las infiltraciones de aire.

Presencia de huecos en el aislamiento

Las juntas, la terminación superior e inferior, los huecos de persianas... etc., podrían producir corrientes de convección que comunicarían ambas caras del aislamiento y reducirían su efectividad. Será necesario asegurar la ausencia total de huecos en el aislamiento, ya que la presencia de huecos en el 6% de la superficie aislada provocaría un incremento de la conductividad térmica del 30% (Retrofitting: Wall insulation and roof spraying. BRUFMA conference 2004). El poliuretano proyectado o inyectado, al ser un producto adherido, en continuo y sin juntas, no se verá perjudicado por este efecto.

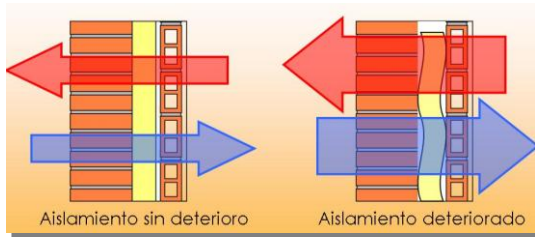


Disminución de la capacidad aislante por efecto de las juntas.

Deterioro del aislamiento

En todos los productos aislantes la instalación es el aspecto más importante para que el producto final alcance todas las prestaciones térmicas declaradas. Una mala instalación podría provocar despegues y descuelgues

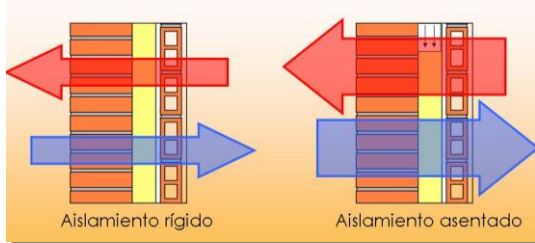
que perjudicarán gravemente la efectividad de aislamiento.



Disminución de la capacidad aislante por efecto del deterioro.

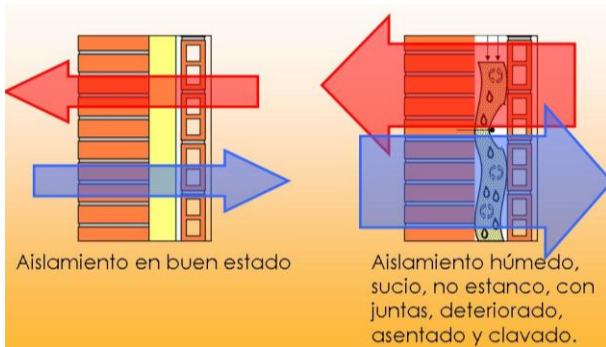
Integridad física

El paso del tiempo puede provocar asentamientos y compactación en productos poco consistentes. El poliuretano proyectado o inyectado, al ser un material rígido, no puede sufrir estos efectos.



Disminución de la capacidad aislante por efecto del asentamiento.

Todos estos efectos pueden darse de forma combinada



Gran disminución de la capacidad aislante por la combinación de diversos efectos.

Al ser el poliuretano proyectado o inyectado un producto continuo y sin juntas, hay ausencia total de puentes térmicos ocasionados por las juntas, los solapes, o los encuentros con los forjados, y resulta muy sencillo tratar los puentes térmicos integrados en fachada como pilares, cajas de persiana y contornos de huecos.

Resistencia térmica

A partir del valor de conductividad declarada, y conociendo el espesor aplicado, se puede conocer la resistencia térmica aplicando la siguiente relación.

$$R = e / \lambda$$

Donde:

R es la resistencia térmica, en $m^2 \cdot K/W$

e es el espesor, en m

λ es la conductividad térmica, en $W/m \cdot K$

e Espesor mm	λ 0.026 W/m K	λ 0.028 W/m K	λ 0.030 W/m K	λ 0.032 W/m K
30	1,15	1,05	1,00	0,90
40	1,50	1,40	1,30	1,25
50	1,90	1,75	1,65	1,55
60	2,30	2,10	2,00	1,85
70	2,65	2,50	2,30	2,15
80	3,05	2,85	2,65	2,50
90	3,45	3,20	3,00	2,80
100	3,80	3,55	3,30	3,10
110	4,20	3,90	3,65	3,40
120	4,60	4,25	4,00	3,75
130	5,00	4,60	4,30	4,05
140	5,35	5,00	4,65	4,35
150	5,75	5,35	5,00	4,65
160	6,15	5,70	5,30	5,00
170	6,50	6,05	5,65	5,30
180	6,90	6,40	6,00	5,60
190	7,30	6,75	6,30	5,90
200	7,65	7,10	6,65	6,25

Valor de Resistencia Térmica, en $m^2 \cdot K/W$, en función de la conductividad y el espesor. Para valores intermedios, se puede interpolar.



Fácil tratamiento de puentes térmicos.

Espesor equivalente

El espesor equivalente de un material aislante es el espesor que hace que dos materiales diferentes aporten la misma resistencia térmica.

Para calcular el espesor equivalente es necesario igualar las resistencias térmicas de ambos productos.

$$R = e_1 / \lambda_1 = e_2 / \lambda_2$$

Donde:

- R** es la resistencia térmica, en $m^2 \cdot K/W$
- e₁** es el espesor del material 1, en mm
- λ₁** es la conductividad térmica del material 1, en $W/m \cdot K$
- e₂** es el espesor del material 2, en mm
- λ₂** es la conductividad térmica del material 2, en $W/m \cdot K$

Ejemplo

Se quiere establecer la equivalencia entre un producto dado de conductividad térmica $0.036 W/m \cdot K$ y espesor $80 mm$ y el poliuretano proyectado de conductividad $0.028 W/m \cdot K$.

Datos de partida:

- e₁** Espesor del producto dado: $80 mm$
- λ₁** Conductividad térmica del producto dado: $0.036 W/m \cdot K$
- e_{PU}** Espesor del poliuretano proyectado
- λ_{PU}** Conductividad térmica del poliuretano proyectado: $0.028 W/m \cdot K$

$$R = \frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{e_{PU}}{\lambda_{PU}}$$

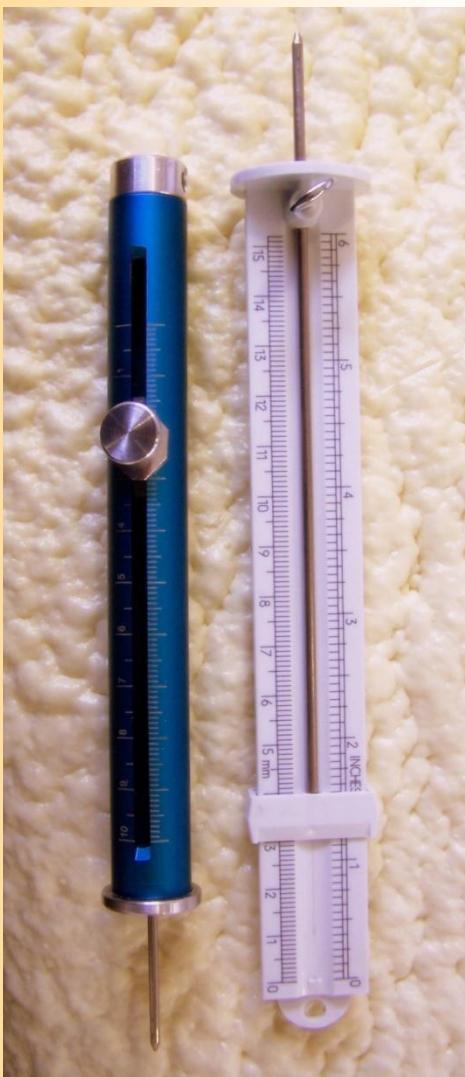
$$\frac{80}{0.036} = \frac{e_{PU}}{0.028}$$

$$e_{PU} = 80 \times \frac{0.028}{0.036} \approx 60mm$$

Es decir que sustituyendo $80 mm$ del producto dado por $60 mm$ de poliuretano proyectado, conseguiremos igualar la resistencia térmica.

Se puede consultar la tabla de equivalencia de espesores en el siguiente enlace:

<https://www.aisla.org/documentacion/aislamiento-termico/>



Punzones para medir el espesor del poliuretano proyectado.

Conclusión

- El poliuretano es un material aislante con un valor de conductividad térmica muy bajo.
- La capacidad de aislamiento del poliuretano es muy robusta frente a los efectos de envejecimiento.
- Con el poliuretano proyectado es muy fácil el tratamiento de puentes térmicos.
- El poliuretano proyectado alcanza el máximo nivel de aislamiento con el mínimo espesor.

Prestaciones acústicas del poliuretano proyectado de celda cerrada

El poliuretano proyectado de celda cerrada CCC4 (Contenido en Celda Cerrada >90%) es un material ligero y de baja densidad. Por tanto, no destaca por su capacidad de absorción acústica, ya que presenta una superficie de absorción limitada, ni tampoco destaca como absorbente elástico.

No obstante, 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 dB.

Coefficiente de absorción del poliuretano proyectado de celda cerrada en función de la frecuencia.

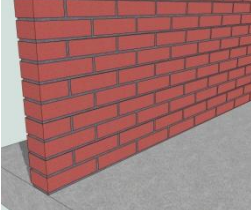
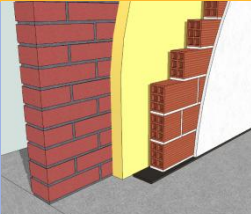
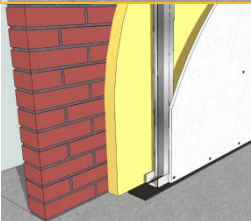
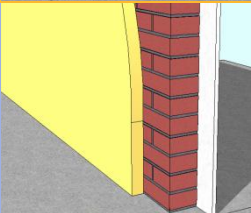
Poliuretano proyectado de celda cerrada: Hasta 58 dB

Poliuretano proyectado de celda abierta: Hasta 60 dB

También en la construcción actúa muy eficazmente como amortiguador de vibraciones, ayudando a la eliminación de resonancias. En la siguiente tabla figura el coeficiente de absorción en función de la frecuencia. El coeficiente de reducción de transmisión de ruidos es 0,32.

Frecuencia (Hz)	Coefficiente de absorción
125	0,12
250	0,18
350	0,20
500	0,27
1.000	0,19
2.000	0,62
4.000	0,22

Soluciones de fachadas con poliuretano proyectado de Celda Cerrada

	1/2 pie de ladrillo cara vista (216 kg/m ²)	R _A =47 dBA	R _{Atr} =44 dBA
	1/2 pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + tabique hueco doble enlucido (290 kg/m ²)	R _A =58 dBA	R _{Atr} =54 dBA
	1/2 pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + placa de yeso laminado (231 kg/m ²)	R _A =52 dBA	R _{Atr} =46 dBA
	4 cm de poliuretano proyectado + 1 pie de ladrillo cara vista + enlucido de yeso (450 kg/m ²)	R _A =58 dBA	R _{Atr} =56 dBA

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

Prestaciones acústicas del poliuretano proyectado de celda abierta

Las espumas de poliuretano proyectado de celda abierta aumentan el coeficiente de absorción acústico hasta $\alpha=0,5$. Sus características son:

- Resistividad al Flujo del aire: $r=5-6 \text{ kPa s/m}^2$
- Rigidez Dinámica: $s'=4.83 \text{ MN/m}^3$
- Coeficiente de Absorción acústica: $\alpha=0.5$
- Conductividad térmica: $\lambda=0.036 \text{ W/m K}$
- Contenido Celda Cerrada: $\text{CCC1} < 20\%$

Aunque estas espumas tienen buenas propiedades como aislamiento térmico, 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 higrotérmica y de impermeabilidad y después otra aplicación de espuma de celda abierta para cumplir con la exigencia acústica.

Conclusión

- El sellado del poliuretano proyectado ejerce una acción positiva en la mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada.
- La utilización de espumas de celda abierta, además, tiene un efecto positivo de absorción acústica.

Soluciones de fachadas con poliuretano de Celda Abierta

½ pie de ladrillo perforado + 1 cm PU-CC + 3 cm PU-CA + PYL13	$R_A=52 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PU-CC + 3 cm PU-CA + PYL13	$R_A > 52 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PU-CC + 4 cm PU-CA + PYL13	$R_A > 55 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 3 cm PU-CC + 4 cm PU-CA + PYL13	$R_A > 60 \text{ dBA}$
Ladrillo hueco doble + 1 cm PU-CC + 4 cm PU-CA + Ladrillo hueco doble	$R_A=45 \text{ dBA}$
PU-CC: Poliuretano proyectado de Celda Cerrada	
PU-CA: Poliuretano proyectado de Celda Abierta	

Soluciones de medianeras con poliuretano de Celda Abierta

½ pie de ladrillo perforado + 3-4 cm PU-CA + Ladrillo hueco doble	$R_A=59 \text{ dBA}$
Ladrillo hueco doble + 3-4 cm PU-CA + Ladrillo hueco doble	$R_A=53 \text{ dBA}$
PYL13 + 3-4 cm PU-CA + PYL13	$R_A=38 \text{ dBA}$
PYL15 + PYL13 + 3-4 cm PU-CA + PYL13	$R_A=43 \text{ dBA}$
PYL15 + PYL13 + 3-4 cm PU-CA + PYL13 + PYL15	$R_A=44 \text{ dBA}$
PYL13 + 6 cm PU-CA + PYL13	$R_A=39 \text{ dBA}$
PYL15 + PYL13 + 6 cm PU-CA + PYL13	$R_A=42 \text{ dBA}$
PYL15 + PYL13 + 6 cm PU-CA + PYL13 + PYL15	$R_A=45 \text{ dBA}$
PU-CA: Poliuretano proyectado de Celda Abierta	

El Código Técnico de la Edificación (CTE), en su Documento Básico de Salubridad (DB-HS) recoge las exigencias básicas de protección frente a la humedad (DB-HS1). Su objetivo, según viene recogido en el artículo 13 de la parte I del CTE, es:

"Limitar el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños."

El procedimiento de verificación está recogido en el Apartado 1.2 del DB-HS1 y para fachadas es el siguiente:

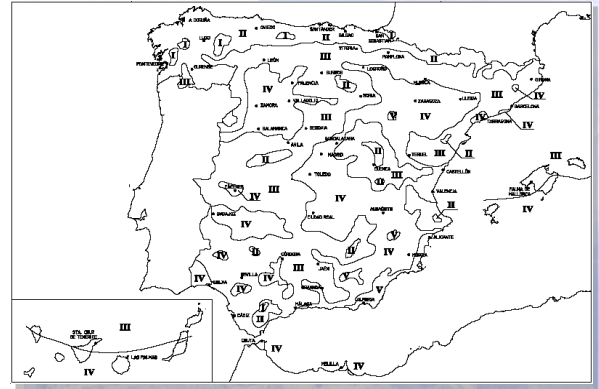
- Hay que conocer el grado de impermeabilidad según el CTE que se exigirá a dicha fachada.
- En función de ese grado de impermeabilidad, hay que seleccionar alguna de las soluciones constructivas propuestas, u otra que iguale sus prestaciones.
- Hay que verificar las características de los puntos singulares.

El poliuretano proyectado de celda cerrada (CCC3 y CCC4) es un producto impermeable, que garantiza la impermeabilidad de la fachada sin enfoscado previo, y que cumple con el grado 5 de impermeabilidad según el CTE.

Grado de impermeabilidad de una fachada. Definición.

El Apartado 2.3.1 del DB-HS1 asigna un grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas en función de la zona pluviométrica (Mapa Figura 2.4 del CTE) y el grado de exposición al viento, que a su vez depende del entorno del edificio (rural o urbano), de la zona eólica (Mapa Figura 2.5 del CTE) y de la altura del edificio.

En función de estos parámetros, se asigna un grado de impermeabilidad que va desde el Grado 1, el grado de mínima exigencia, hasta el Grado 5, el grado de máxima exigencia.



Mapa de zonas pluviométricas (Figura 2.4 del CTE).



Mapa de zonas eólicas (Figura 2.5 del CTE).



Grado de Impermeabilidad 1: edificio bajo en un entorno urbano, en una zona de poco viento, y de poca lluvia.



Grado de Impermeabilidad 5: Edificio alto en un entorno rural, en una zona de mucho viento, y de mucha lluvia.

Soluciones constructivas para cumplir el CTE

El DB-HS1 en el apartado 2.3.2 proporciona diversas soluciones constructivas para cumplir con los diferentes grados de impermeabilidad. Así en caso de fachadas sin revestimiento exterior, podemos encontrar, entre otros, los ejemplos contiguos:

Si una solución es válida para un grado determinado, lógicamente lo es también para cualquier otro grado inferior. Es decir, con un revestimiento continuo intermedio como el poliuretano proyectado sobre la cara interior del cerramiento exterior, 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.

Otras exigencias al aislamiento

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"

El poliuretano proyectado de celda cerrada 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.

Grado 1 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 10 mm enfoscado normal
 + cualquier producto aislante

Grado 2 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 10 mm enfoscado norma
 + aislante no hidrófilo

Grado 3 de impermeabilidad:

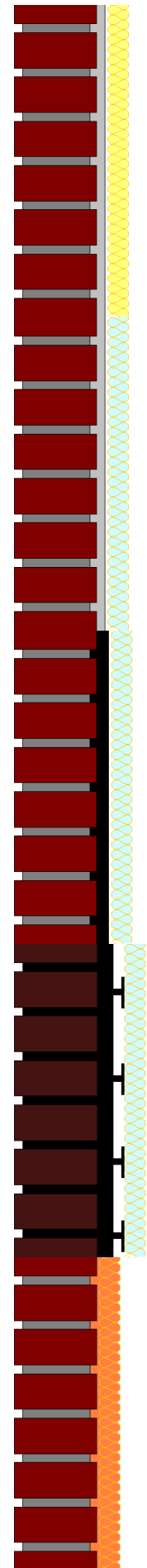
Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 15 mm enfoscado hidrófugo
 + aislante no hidrófilo

Grado 4 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista
 hidrofugado con juntas
 hidrófugas sin interrupción
 + 15 mm enfoscado hidrófugo
 + aislante no hidrófilo situado en
 la cara interior de la cámara con
 separadores

Grado 5 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista
 + revestimiento continuo
 intermedio (una proyección de
 poliuretano de celda cerrada sin
 enfoscado previo)



Poliuretano proyectado: un revestimiento continuo intermedio

Según el DB-HS1 apartado 2.3.2, para que un producto sea considerado un revestimiento continuo intermedio (barrera de resistencia muy alta a la filtración) ha de cumplir las siguientes características:

"Estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo."

Todos los ensayos realizados para la determinación de la estanqueidad al agua del poliuretano proyectado de celda cerrada de 3 cm de espesor, realizados según la norma UNE-EN1928, obtienen un resultado satisfactorio con una presión de agua de 0.6 bar (equivalente a 6 metros de columna de agua) durante 24 horas, para todas las densidades entre 30 y 50 kg/m³.

"Adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad."

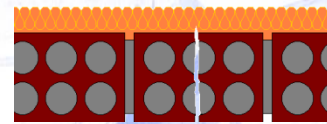
La naturaleza autoadherente del poliuretano proyectado garantiza su fijación a la mayoría de los materiales de construcción (ladrillo, cemento, madera, hierro...) manteniéndose sin posibilidad de movimiento durante toda la vida útil del producto.

"Permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal."

El poliuretano proyectado de celda cerrada tiene un factor de permeabilidad al vapor de agua μ entre 50 y 110, variable según la densidad, lo que permite diseñar soluciones seguras y sin condensaciones en prácticamente cualquier condición climática. Además, al mismo tiempo de desempeñar la función de sistema continuo intermedio, desempeña la función de aislamiento térmico, y como tal está sujeto a la exigencia incluida en el CTE DB-HE1 Apartado 3.2.3.2 que dice *"Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes"*, por lo que esta característica deberá estar garantizada y justificada mediante el cálculo pertinente en las condiciones más desfavorables.

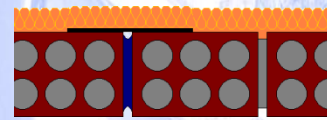
"Adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo."

El poliuretano proyectado tiene cierta flexibilidad que le confiere un buen comportamiento frente a la fisuración. Es capaz de absorber pequeños movimientos de la estructura sin fisurarse y mantenerse adherido al soporte. El espesor de la espuma es superior al de otros sistemas de impermeabilización, lo que le permite absorber fisuras de entre 1 y 5 mm sin que éstas se propaguen a la superficie externa.



Buen comportamiento frente a la fisuración.

En caso de encontrar una Junta de dilatación, será necesaria la utilización de una banda plástica antiadherente de unos 30 cm de anchura para garantizar la integridad del poliuretano en el movimiento de esa junta.



Solución en junta de dilatación con banda antiadherente.

"Estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa."

El poliuretano proyectado es resistente a los disolventes normalmente utilizados en construcción (adhesivos, pinturas, pastas bituminosas, conservantes para la madera, masillas sellantes...). Además es resistente al envejecimiento, inmune ante la acción de las raíces e inerte frente a los mohos. También es imputrescible, estable ante el detritus, inodoro y fisiológicamente inocuo. Es químicamente neutro.

Por otra parte, el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE recoge este comportamiento 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 $\geq 40\text{mm}$ y una densidad $\geq 35\text{ kg/m}^3$ puede considerarse revestimiento de tipo B3, además de ser aislante térmico."

Por todo esto, es fácil concluir que una proyección de poliuretano de celda cerrada 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.

Confirmación de la experiencia

ATEPA, la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado, realizó 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 (Ver Informe del Instituto Eduardo Torroja N° 17257)
- 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 (Ver Informe de CIDEMCO N° 13752)

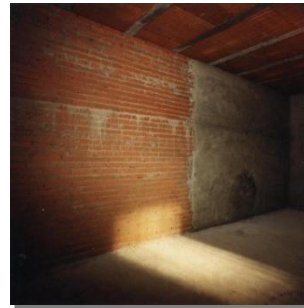
Investigación del Instituto Eduardo Torroja

En 1998 se ensayó el comportamiento del poliuretano proyectado sobre la superficie interior de un paramento de ladrillo visto, con y sin enfoscado, frente a la acción de la lluvia. Al no existir entonces ningún ensayo normalizado, se definió junto con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja el siguiente ensayo:

Se construyó una caseta de ladrillo cara vista con llagas verticales sin mortero, e internamente se enfoscó medio lienzo, dejando el otro medio sin enfoscar. Con posterioridad, se proyectaron 4 cm de poliuretano de celda cerrada y densidad 30 kg/m³.



Detalle de las llagas verticales sin mortero.



Detalle del lienzo con la mitad sin enfoscar.



Detalle del lienzo tras la proyección de espuma de poliuretano.



Vista superior de la caseta, con la cubierta inundada e impermeabilizada con poliuretano proyectado.



Transcurso del ensayo.

Simultáneamente, sobre la cubierta plana se proyectaron 5 cm de poliuretano de densidad 50 kg/m^3 y posteriormente se inundó con agua.

Una vez terminada la caseta, se sometió a un régimen de 8 horas diarias de riego por escorrentía durante un mes de cada una de las cuatro estaciones del año.

Resultado

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

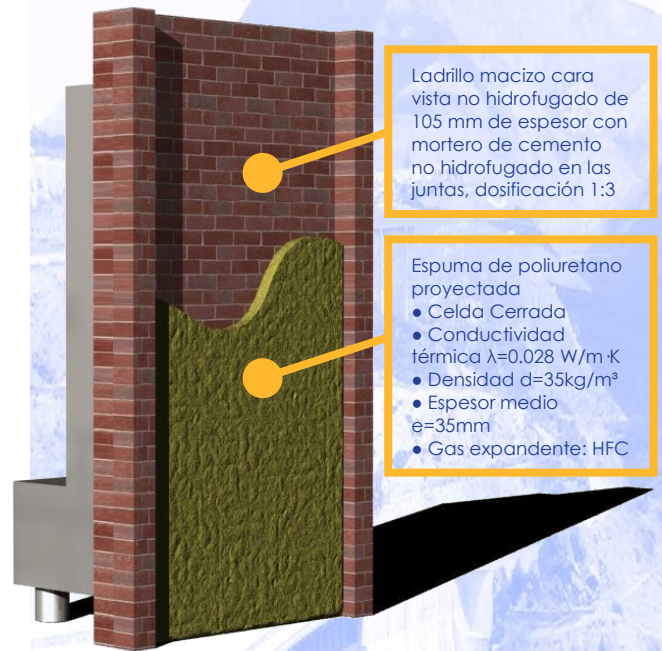
Con posterioridad se publicó la Norma UNE-EN 12865:2002, Comportamiento higrotérmico de componentes y elementos de construcción. Determinación de la resistencia al agua de lluvia de muros exteriores bajo impulsos de presión de aire. Por ello, en junio de 2006 se realizó un ensayo en CIDEMCO según dicha norma.

Este ensayo se realizó sobre una probeta de 1,6 m de ancho por 3 m de largo (superficie útil de ensayo: 1,2 m x 2,4 m) compuesta por $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cara vista y 35 mm de poliuretano proyectado directamente sobre el ladrillo.

El ensayo consiste en proyectar continuamente una película de agua sobre la cara exterior de la probeta, y aplicar una diferencia de presión positiva entre la cara exterior mojada y la cara interior seca. La presión se aplica a impulsos, de forma que se simulen los embates del viento.

Resultado

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.



Solución constructiva ensayada para cumplir con la máxima exigencia de impermeabilidad.



Estado de la muestra tras el ensayo, sin que se apreciaran penetraciones de agua.



Vista lateral de la muestra tras el ensayo, donde se aprecia cómo el poliuretano se comportó como una barrera contra el agua, aún cuando ésta llegó a saturar el ladrillo y el mortero.

Resultados de la experiencia del mercado

El poliuretano aplicado es el material de aislamiento térmico más utilizado en el mercado español. El consumo aproximado de poliuretano proyectado o inyectado en los años previos a la crisis del 2008 alcanzó las 55.000 toneladas/año, de las cuales la gran mayoría fueron destinadas al aislamiento y protección de fachadas.

Por ello, podemos hablar de más de 700 millones de m² aislados en España sin patologías significativas.

Conclusión

- El CTE DB-HS1 recoge las nuevas exigencias de protección de los edificios frente a la penetración de agua de las fachadas.
- El poliuretano proyectado de celda cerrada es un producto de aislamiento impermeable, que alcanza el máximo grado de impermeabilidad de las fachadas según el CTE en cualquier condición climática.



El poliuretano proyectado de celda cerrada (CCC3 y CCC4), al ser un sistema continuo intermedio e impermeable, cumple sin enfoscado previo con el Grado 5 de impermeabilidad, la máxima exigencia de protección del CTE, sin ningún otro requerimiento adicional.

El fenómeno de la difusión de vapor

El aire interior de los edificios en invierno tiene una presión de vapor muy superior a la del aire exterior. Esta diferencia de presión de vapor genera un flujo de vapor a través del cerramiento beneficioso, ya que contribuye a mejorar la calidad del aire interior y la salubridad del cerramiento. Pero es necesario controlar su intensidad, ya que un flujo excesivo podría provocar condensaciones superficiales o intersticiales en algún punto del interior del cerramiento, contribuyendo al deterioro del mismo, al deterioro de materiales adyacentes y a la proliferación de microorganismos.

Tratamiento de condensaciones en el CTE

El Documento de Apoyo del Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE/2, en el capítulo "4.2.1 Método de comprobación de condensaciones intersticiales", dice:

"En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se aconseja evitar que la cantidad de agua condensada en cada periodo anual supere la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo. Para ello, se puede repetir el procedimiento descrito anteriormente, pero para cada mes del año a partir de los datos climáticos del apartado Apéndice C, tabla C.1 y calculando en cada uno de ellos y para cada capa de material la cantidad de agua condensada o evaporada."

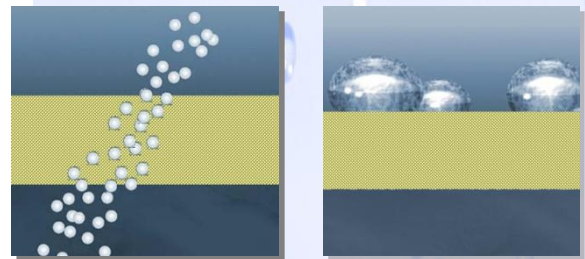
Y particularmente para el aislamiento térmico, dice:

"Como criterio general y salvo justificación expresa, no es recomendable admitir la presencia de agua condensada en los materiales aislantes."

Y esto se fundamenta en que un aislamiento térmico húmedo en invierno cumplirá peor su función de evitar las pérdidas de calor, aún cuando en verano se elimine la humedad. Además un aislamiento térmico húmedo también aumenta de peso, con el consiguiente riesgo de deterioro por desprendimientos o descuelgues. Y a medida que el material aislante se humedece pierde capacidad aislante, con lo que la cantidad de agua condensada aumenta cada vez más agravando el problema.

Comportamiento de la espuma de poliuretano

El poliuretano 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 y el contenido en celda cerrada. 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.



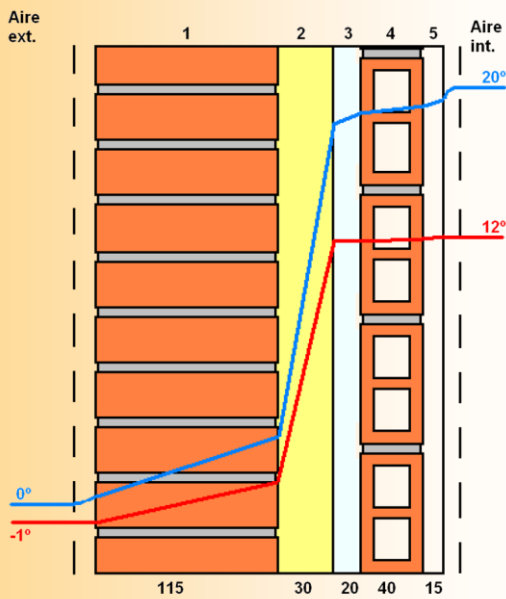
Poliuretano: impermeable al agua y permeable al paso de vapor de agua.

Los valores que caracterizan la resistencia al vapor de agua son: el factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, adimensional MU (μ), o bien, la resistividad a la difusión del vapor de agua.

Para el poliuretano proyectado de celda cerrada para aislamiento térmico, con densidades comprendidas entre 30 y 60 kg/m³, la resistencia a la transmisión de vapor de agua oscila entre 300 y 600 MN·s/g·m (factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, μ , entre 50 y 110).

Valores del factor de resistencia al paso del vapor de agua (MU) del poliuretano proyectado de Celda Cerrada entre 50 y 110

Ejemplo de cálculo de condensaciones en una fachada aislada con PU. Al no cruzarse las líneas, no habrá condensación.



Composición del cerramiento:

- 1 = Ladrillo cara vista 115 mm, $\lambda=0.76$, $\mu=10$
- 2 = **Poliuretano Proyectado 30 mm, CCC4**, $\lambda=0.028$, $\mu=60$
- 3 = Cámara de aire 20 mm no ventilada
- 4 = Ladrillo hueco 40 mm, $\lambda=0.49$, $\mu=5$
- 5 = Enlucido yeso 15 mm, $\lambda=0.30$, $\mu=11$

Condiciones ambientales:

- Exterior Temp. 0°C, humedad relativa 95%
- Interior Temp. 20°C, humedad relativa 55%

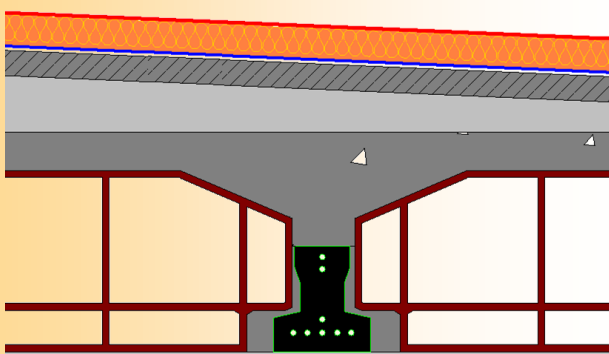
Cálculos realizados según el Código Técnico de la Edificación DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

Barreras de vapor

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 membranas elastoméricas, o las emulsiones asfálticas o bituminosas, ya que son químicamente compatibles con el poliuretano, y mantienen las ventajas de adherencia y continuidad.



Barrera de vapor *in situ*:

- químicamente compatible
- adherida
- continua

Conclusiones

- El poliuretano proyectado es impermeable al agua pero permeable al paso del vapor de agua, por lo que permite transpirar al cerramiento.
- Cuando exista riesgo de condensación será necesario interponer una barrera de vapor *in situ* para evitar patologías.

Puedes realizar los cálculos higrotérmicos y de condensaciones intersticiales según el CTE en el siguiente enlace:

<http://guia.synte.es/>

La reacción al fuego de los productos de construcción se declara en Euroclases, según la Norma UNE-EN 13501.

Clasificación Principal	Humos (Smoke)	Gotas (Drops)
A1		
A2 🔥	s1 ☁️	d0
B 🔥	+ s2 ☁️ +	d1 🟢
C 🔥		d2 🔴
D 🔥		d2 🔴
E 🔥	+ (si aplica)	d2 🔴
F 🔥		
NPD	Prestación no determinada	

Clasificación de reacción al fuego según Euroclases.

El poliuretano, 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, 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.



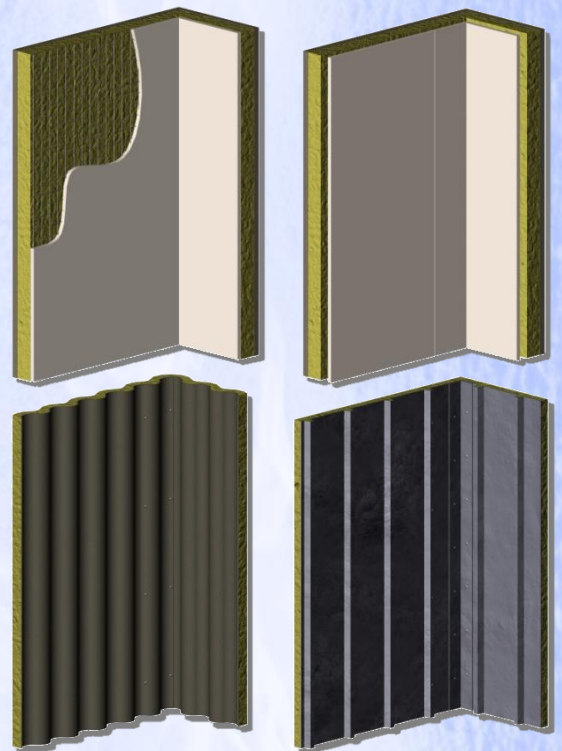
Probeta de poliuretano proyectado montada en el aparato de ensayo del SBI, para su clasificación al fuego en Euroclases.

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

Los fabricantes de sistemas tienen que acreditar mediante certificado de ensayo hasta que espesor máximo cumplen sus diferentes sistemas en las diferentes clasificaciones según las diferentes condiciones o aplicaciones finales de uso.

Clasificación de reacción al fuego del poliuretano desnudo: C-s3,d0, D-s3,d0 y E

Clasificación de reacción al fuego del poliuretano en aplicación final de uso: desde B-s1,d0 hasta B-s3,d0



Probetas de poliuretano proyectado en aplicación final de uso.

Manual contra incendios de PU EUROPE:

[Descargar aquí.](#)



La normativa frente al fuego

El CTE DB-SI1 y DB-SI2 recogen las exigencias de reacción al fuego de los elementos constructivos de los edificios de uso vivienda y terciario.

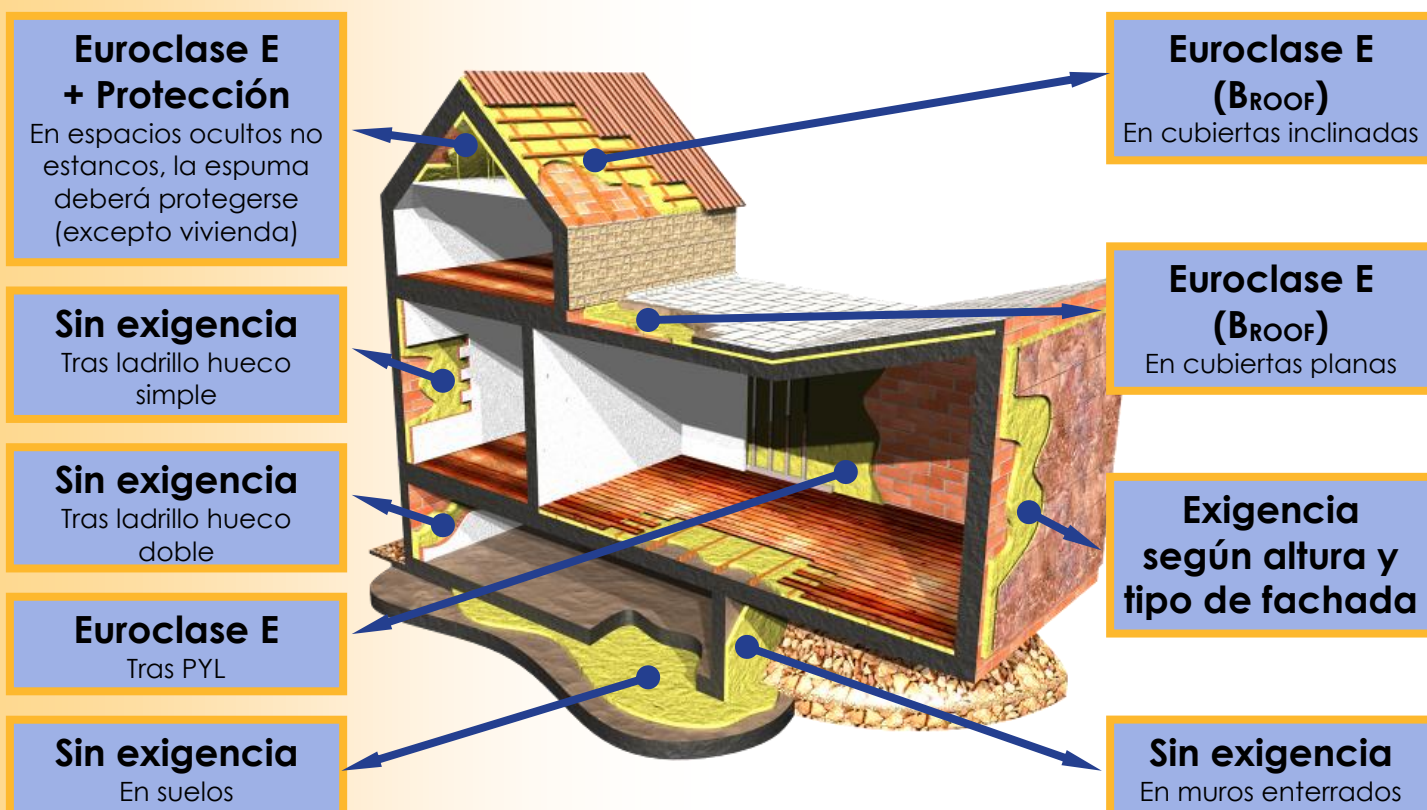
El RSCIEI recoge las exigencias para los establecimientos e instalaciones de uso industrial.

Si particularizamos las exigencias de ambas normativas al poliuretano proyectado e inyectado, nos encontramos con que su uso estará permitido en función del uso del recinto y de su aplicación final de uso:

	Paredes y Techos (interior)			Suelos (interior)	Cubiertas (exterior)	Fachadas (exterior)
	PU tras EI-30 ⁽¹⁾	PU tras no EI-30 ⁽¹⁾	PU visto			
Viviendas	SI	SI	SI	SI	SI	SI ⁽³⁾
Resto de zonas ocupables, aparcamientos y recintos de riesgo especial	SI	SI ⁽²⁾	NO	SI		
Espacios ocultos no estancos⁽⁴⁾ (excepto vivienda)	SI	SI ⁽²⁾	NO	----		
Uso industrial	SI	SI ⁽²⁾	SI ⁽⁵⁾	SI		SI ⁽⁵⁾

(1) EI-30 es equivalente a RF-30. Un tabiquillo de 4 cm enlucido es EI-60.
 (2) Dependiendo de la clasificación en aplicación final de uso. Cumple tras PYL.
 (3) Según el tipo y la altura de la fachada. Ver siguientes apartados.
 (4) o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio.
 (5) Poliuretano al menos Euroclase C-s3,d0, desnudo o en aplicación final de uso.

Posibilidad de utilización del poliuretano proyectado o inyectado en función del uso del recinto y de la aplicación final de uso.



Clasificación en aplicación final de uso

Antecedentes

La Guía G de la Comisión Europea relativa a la Directiva de Productos de la Construcción y la Norma UNE-EN 13501 de clasificación de reacción al fuego según Euroclases amparan y exigen la clasificación en aplicación final de uso a la vez que delegan en las normas de producto para fijar las condiciones de montaje y fijación del ensayo y el rango de validez de los resultados.

El objetivo principal es proporcionar al mercado información más veraz del comportamiento real de un producto en caso de incendio sin que esto suponga una merma en las exigencias.

Para poder ensayar productos en aplicación final de uso existe el método de ensayo descrito en la Norma UNE-EN 13823, el SBI, y para poder trasladar la información obtenida al mercado existe el Mercado CE y la información adicional, en donde habrá de figurar la clasificación del producto en aplicación final de uso desnudo, y donde adicionalmente podrán figurar las clasificaciones de otras aplicaciones finales de uso que interesen al fabricante de dicho producto.

Los ensayos

ATEPA e IPUR han llevado a cabo varios estudios para tener información sobre la metodología de ensayo así como las condiciones de montaje y fijación de las aplicaciones finales de uso más características y desfavorables del producto (Informe Técnico LICOF N° 0168T04 y 2160T10).

En particular se han analizado 8 aplicaciones finales de uso diferentes, las más habituales en la construcción española en las que la espuma de poliuretano no va tras un elemento con una resistencia al fuego 30 min., junto con el ensayo desnudo.

En todos los montajes se ha utilizado poliuretano proyectado con Marca N y clasificación de reacción al fuego desnudo Euroclase E, que es el resultado obtenido por el Montaje 0.

En los montajes 1, 3, 7 y 8 la aportación de la espuma de poliuretano al fuego es despreciable, ya que la clasificación obtenida es la que se hubiese obtenido ensayando únicamente la capa de recubrimiento. En el caso concreto de la espuma tras una placa de yeso laminado, la superficie del poliuretano quedó intacta tras 20 minutos de ensayo.

En todos los casos, incluyendo el montaje de la espuma desnuda, no hubo goteo de ningún tipo, por lo que todos los subíndices de gotas son -d0.

Conclusiones

- 1.- Las nuevas normas europeas amparan y exigen la clasificación en aplicación final de uso, y aportan al prescriptor una información real sobre el comportamiento del producto en caso de incendio.
- 2.- El conocimiento del comportamiento y la clasificación de los productos en aplicación final de uso aportan mayor seguridad al mercado.
- 3.- La aplicación final de uso tiene en cuenta juntas, fijaciones, recubrimientos y protecciones, por lo que dependiendo de éstas, podrá haber diferentes clasificaciones para un mismo producto.
- 4.- Para este estudio se han seleccionado las aplicaciones finales de uso más desfavorables de entre las habituales. El resultado obtenido por la espuma de poliuretano proyectado en todas las aplicaciones finales de uso estudiadas es Euroclase B.
- 5.- Estos resultados sobre la espuma de poliuretano quedan avalados por la escasa siniestralidad demostrada en los más de 650 millones de m² de espuma colocados en España.

Comportamiento del poliuretano proyectado en aplicación final de uso		
	<p>Montaje 0: PU Desnudo</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³</p>	E
	<p>Montaje 1: Enfoscado de cemento</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ Malla de refuerzo 15 mm de mortero de cemento</p>	B-s1,d0
	<p>Montaje 2: Protección con mortero RF</p> <p>40 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ Puente de adherencia 5 mm de mortero refractario</p>	B-s3,d0
	<p>Montaje 3: Enlucido de yeso</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ Malla de refuerzo 15 mm de yeso</p>	B-s1,d0
	<p>Montaje 4: Protección de pintura intumescente</p> <p>40 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 1 mm de pintura intumescente DC315</p>	B-s2,d0
	<p>Montaje 5: Cubierta metálica</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 0,6 mm de chapa galvanizada grecada</p>	B-s3,d0
	<p>Montaje 6: Cubierta de fibrocemento</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 6 mm de fibrocemento ondulado</p>	B-s2,d0
	<p>Montaje 7: Panel de madera</p> <p>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</p>	B-s2,d0
	<p>Montaje 8: Placa de yeso laminado</p> <p>30 mm de espuma de poliuretano 33 kg/m³ 40 mm de cámara de aire ventilada 15 mm de placa de yeso laminado</p>	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 842/2013)

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 (Informe Técnico LICOF N° 0168T04 y N° 2160T10).

El poliuretano proyectado en fachadas

La aplicación de espuma rígida de poliuretano en fachada es una solución que aporta un buen aislamiento térmico, impermeabilidad, y estabilidad mecánica. Estas ventajas han hecho que haya muchas fachadas aisladas con poliuretano.

Sobre la seguridad frente al fuego de los sistemas constructivos de fachada, el DB-SI2 dice lo siguiente:

"4. La clase de reacción al fuego de los **sistemas constructivos de fachada** que ocupen más del 10% de su superficie será, en función de la altura total de la fachada:

- **D-s3,d0** en fachadas de altura **hasta 10 m**;
- **C-s3,d0** en fachadas de altura **hasta 18 m**;
- **B-s3,d0** en fachadas de altura **superior a 18 m**."

"5. Los sistemas de aislamiento situados en el **interior de cámaras ventiladas** deben tener al menos la siguiente clasificación de reacción al fuego en función de la altura total de la fachada:

- **D-s3,d0** en fachadas de altura **hasta 10 m**;
- **B-s3,d0** en fachadas de altura **hasta 28 m**;
- **A2-s3,d0** en fachadas de altura **superior a 28 m**."

"6. En aquellas fachadas de altura igual o inferior a 18 m cuyo **arranque inferior sea accesible al público** desde la rasante exterior o desde una cubierta, la clase de reacción al fuego, tanto de los sistemas constructivos mencionados en el punto 4 como de aquellos situados en el interior de cámaras ventiladas en su caso, debe ser al menos **B-s3,d0 hasta una altura de 3,5 m** como mínimo."

"Consideración del arranque de una fachada como accesible al público"

Hay casos en los que el arranque de una fachada se puede considerar no accesible al público y en los que, por lo tanto, únicamente es preciso aplicar las condiciones establecidas en los puntos 4 y 5.

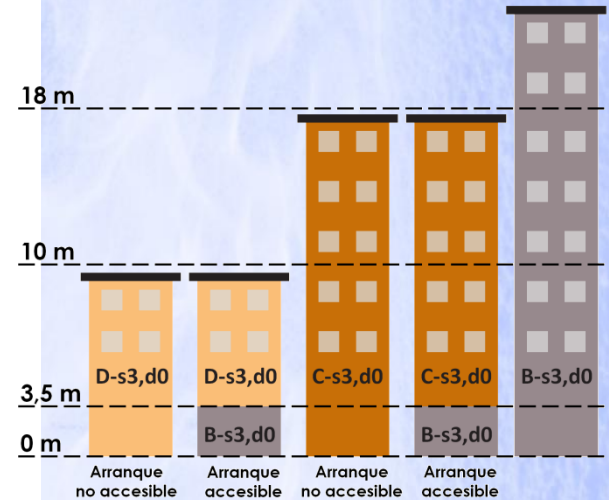
Este puede ser el caso, siempre que el arranque de la fachada esté en parcela privativa del edificio, o bien cuando, aunque esté en zona pública, tenga delante elementos que restrinjan el acceso hasta ella, como por ejemplo un espacio ajardinado no transitable, una lámina de agua, etc."

Aclaración DB-SI2

Teniendo en cuenta estas exigencias, se presentan las soluciones constructivas con poliuretano proyectado que cumplen las exigencias de seguridad contra incendios en fachadas por el exterior.

Poliuretano en fachada sin ventilar

Estas son las exigencias del CTE, y las soluciones de poliuretano en fachada sin ventilar.



Exigencias del CTE para los sistemas constructivos de fachada.

Soluciones para revestimiento de fachadas*	D-s3,d0	C-s3,d0	B-s3,d0
PU proyectado ignifugado desnudo	✓	✓	
Montaje 1: PU proyectado + 1.5 cm de mortero de cemento	✓	✓	✓
Montaje 2: PU proyectado + 0.5 cm de mortero refractario	✓	✓	✓
Montaje 5: PU proyectado + chapa grecada	✓	✓	✓
Montaje 6: PU proyectado + fibrocemento	✓	✓	✓

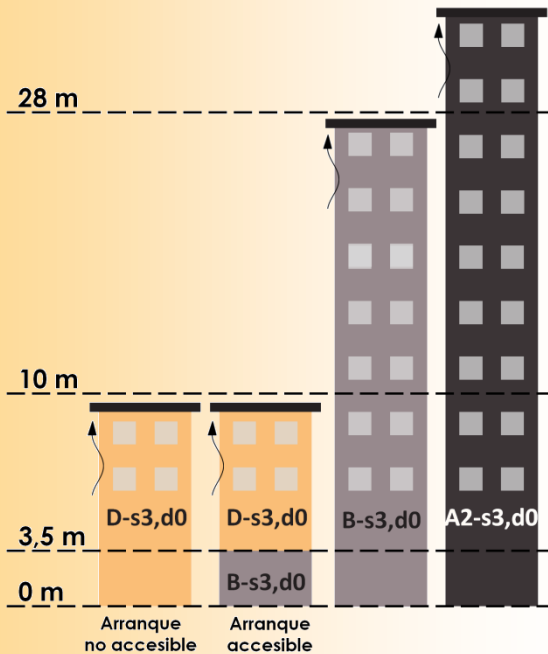
*Estas soluciones son genéricas y orientativas. Siempre será necesario verificar la Reacción al Fuego del producto concreto con la Declaración de Prestaciones (DdP, DoP) original y actualizada.

Medianerías

Las exigencias del DB-SI2 son aplicables a fachadas y medianerías terminadas. En fachadas y medianerías en fase de ejecución, se deberán tomar las precauciones pertinentes para evitar la propagación del fuego por el exterior.

Poliuretano en fachada ventilada

Estas son las exigencias del CTE, y las soluciones de poliuretano en fachada ventilada.



Exigencias del CTE para los sistemas de aislamiento de fachada ventilada.

Compartimentación de la cámara en fachadas ventiladas

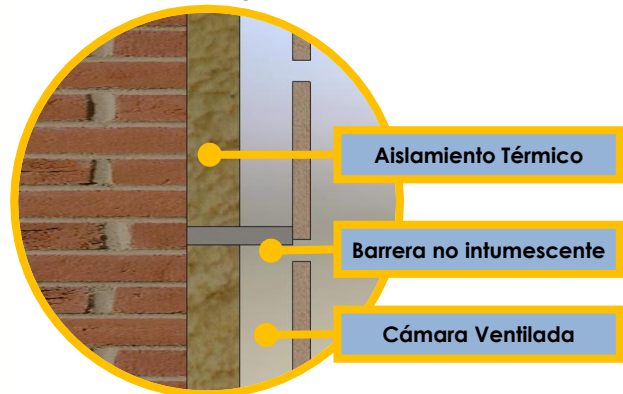
"Debe limitarse el desarrollo vertical de las cámaras ventiladas de fachada en continuidad con los forjados resistentes al fuego que separan sectores de incendio. La inclusión de barreras E 30 se puede considerar un procedimiento válido para limitar dicho desarrollo vertical."

La sujeción de las barreras corta-fuego deberá ser independiente de la subestructura de fijación del aplacado exterior de la fachada, la cual además se deberá independizar por tramos coincidentes con la sectorización del edificio.

Barreras E 30 no intumescentes:

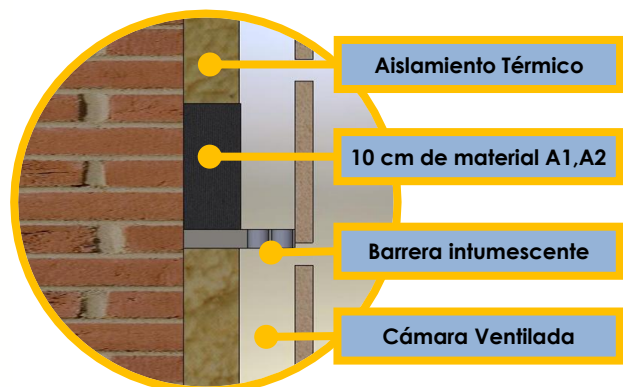
Consisten en una barrera que interrumpe el tiro de la cámara, de alguno de los siguientes materiales:

- Acero de, al menos, 0,5 mm de grosor
- Madera de, al menos, 38 mm de grosor
- Lana de roca, dispuesta en mangas de polietileno o en paneles, instalada a presión
- Planchas de silicato cálcico, cemento o yeso de, al menos, 12 mm de grosor



Barreras E 30 intumescentes:

Consisten en una lámina perforada que permite el tiro de la cámara, y se sella en presencia de llama. Deben instalarse con una franja de material incombustible de al menos 10 cm sobre dicha barrera.



Soluciones para aislamiento de fachadas ventiladas*

	D-s3,d0	B-s3,d0
PU proyectado ignifugado desnudo	✓	
Montaje 1: PU proyectado + 1.5 cm de mortero de cemento	✓	✓
Montaje 2: PU proyectado + 0.5 cm de mortero refractario	✓	✓

*Estas soluciones son genéricas y orientativas. Siempre será necesario verificar la Reacción al Fuego del producto concreto con la Declaración de Prestaciones (DdP, DoP) original y actualizada.

Conclusión

- La clasificación de reacción al fuego del poliuretano proyectado desnudo va desde C-s3,d0 hasta E.
- La clasificación en aplicación final de uso va desde B-s1,d0 hasta B-s3,d0.
- El CTE permite la utilización de poliuretano en todas las aplicaciones.

Emisiones al interior

El poliuretano proyectado o inyectado se considera un producto con muy baja emisión de sustancias peligrosas al aire interior. De hecho, las emisiones del poliuretano son muy inferiores a las de muchos de los materiales aislantes, incluyendo los aislamientos naturales.

Materias primas

El poliuretano se produce por reacción química entre el Poliol y el MDI. El MDI puede causar sensibilización de las vías respiratorias.

Durante la proyección de poliuretano, la concentración de MDI en el aire puede superar los valores límite admitidos, por lo que los aplicadores deberán observar las normas de aplicación y utilizar máscaras y guantes.

Una vez proyectado, el MDI se consume completamente, y por tanto no está presente en el producto. Por tanto no hay ningún riesgo de exposición al MDI para los usuarios de edificios aislados con poliuretano.

Contaminación Bacteriana

A diferencia de otros materiales de construcción, en la espuma de poliuretano no prolifera el moho, las bacterias o los insectos, ni puede alojar esporas.

Manipulación de poliuretano y contacto directo

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (www.iarc.fr) clasifica al poliuretano en el Grupo 3, es decir, no clasificable por lo que respecta a su carácter cancerígeno para el hombre.

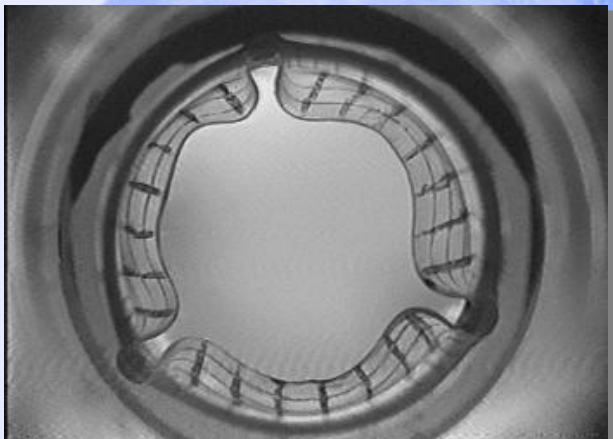
El poliuretano es un producto inocuo para las personas

Por último, en la vida cotidiana nos vemos inmersos en multitud de elementos de poliuretano en contacto directo con nuestro cuerpo: Suelas de zapatos, colchones, cojines, juguetes, pinturas, prótesis, material quirúrgico y piezas del automóvil como volantes, reposacabezas, salpicaderos o embellecedores.

Calidad del aire interior y aislamiento de poliuretano:
[Descargar aquí.](#)



Colchón de espuma de poliuretano.



Prótesis de válvula de corazón, de poliuretano.



Espanja de baño, de poliuretano.

Conclusión

- 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 no hay que renunciar a las innumerables ventajas que su uso como aislamiento térmico, acústico e impermeabilización nos reporta.

Nuestro modo de construir es sostenible si cubre las necesidades presentes sin comprometer el futuro, y si tiene en cuenta tres facetas, la medioambiental, la económica y la social.

El poliuretano proyectado e inyectado ofrece un balance positivo en estas tres facetas.

Eficiencia y durabilidad: las claves de la sostenibilidad del poliuretano proyectado e inyectado



Beneficio medioambiental

Los edificios son el mayor sumidero de energía en la Unión Europea, consumen el 40% de la energía disponible, más de la mitad en climatización (calefacción o refrigeración). Por ello también presentan el mayor potencial de ahorro de energía, y el aislamiento térmico con poliuretano proyectado o inyectado es una forma eficaz de reducir este consumo.

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

Para ello la durabilidad se convierte en la ventaja clave: El poliuretano resiste la humedad, no se ve afectado por las infiltraciones de aire, por la suciedad, o por las corrientes de convección, no sufre descuelgues ni despegues y no es fácilmente comprimible.

Por último, el poliuretano no contiene CFC's ni HCFC's, por lo que no contribuye a la destrucción de la capa de Ozono, y ayuda a combatir los efectos del calentamiento global.

Declaración Ambiental de Producto (DAP) de PU proyectado:

[Descargar aquí.](#)

Beneficio económico

Reducir las pérdidas energéticas a través de la parte ciega del cerramiento con un aislamiento como el poliuretano, 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

Gran parte de nuestra vida la pasamos en el interior de los edificios: casa, oficina, centro comercial... 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.

Un buen nivel de aislamiento térmico, con un tratamiento uniforme de los puntos singulares garantiza ausencia de condensaciones, y evita la formación de mohos y humedades que puedan deteriorar la edificación.

Balance energético de 1 kg de poliuretano proyectado

Emissiones en la fabricación, transporte, instalación y desecho	11 kg CO _{2eq}
horro en una vivienda media durante 50 años*	800 kg CO _{2eq}

*Valores para 1 m² con 3 cm de espesor y 35kg/m³ de densidad, con una resistencia térmica de 1.07 m²·K/W

Gestión de residuos de PU

- **Prevención:** El primer paso para reducir la gestión de residuos es no generarlos. El poliuretano proyectado o inyectado ayuda a reducir los residuos ya que no genera sobrantes en obra, y su conductividad baja le permite alcanzar las exigencias de aislamiento con el mínimo volumen.
- **Reutilización:** Los restos de poliuretano, una vez molidos, pueden volver a ser utilizados como carga en paneles de alta densidad. Los restos de espuma desmenuzados se pueden volver a utilizar prensados para fabricar nuevas piezas con la misma calidad. Los restos de espuma flexible se utilizan para la fabricación de planchas de grandes dimensiones, como material de embalaje o para los acolchados de las moquetas.
- **Reciclado químico:** A través procesos químicos se pueden transformar los restos de poliuretano nuevamente en materia prima. El poliol obtenido con esta técnica se puede volver a utilizar para fabricar poliuretano.
- **Recuperación energética:** Todos los desechos de poliuretano se pueden incinerar en cámaras de combustión para generar energía y de esta manera contribuir a preservar los recursos naturales.

Aislamiento de poliuretano y gestión de residuos en el contexto de la eficiencia de los recursos:

[Descargar aquí.](#)



Conclusión

- El Poliuretano proyectado ayuda a reducir el consumo de energía, de forma económica, y garantizando el confort de las personas, lo que le coloca en el centro de la sostenibilidad.



Las diferentes propiedades mecánicas del poliuretano proyectado cobran protagonismo dependiendo del tipo de solución constructiva en la que va incorporada y por tanto de las solicitaciones mecánicas a las que va a estar sometida, siendo por consiguiente de gran importancia la elección del sistema que satisfaga las prestaciones previstas.

En aquellas aplicaciones específicas donde la espuma vaya a estar sometida a carga (ej.: suelos, cubiertas, terrazas, etc.), la recomendación es que la resistencia a la compresión del poliuretano proyectado, determinada según la Norma UNE-EN 826, no sea inferior a 200 kPa.

Los fabricantes de sistemas pueden declarar el valor mínimo de Resistencia a Compresión. Este valor se recogerá en el código de designación mediante el código CS(10\Y)i,

Resistencia a compresión ≥ 200 kPa para espumas que vayan a estar sometidas a carga "CS(10\Y)200"

Tradicionalmente esta resistencia a compresión superior a 200 kPa se alcanzaba con productos de densidad 45 kg/m³ o mayor, pero hoy en día hay productos con densidades más bajas que alcanzan este valor de resistencia a compresión, por lo que lo importante es fijarse en la declaración de esta prestación.

Nivel	Requisito (kPa)
CS(10\Y)100	≥ 100
CS(10\Y)150	≥ 150
CS(10\Y)200	≥ 200
CS(10\Y)300	≥ 300
CS(10\Y)400	≥ 400
CS(10\Y)500	≥ 500

Declaración de la resistencia a compresión por niveles, según la Norma UNE-EN 826



Proyección de poliuretano CS(10\Y)200 o superior en suelos, cubiertas y terrazas.

Degradación por la acción mecánica

El poliuretano proyectado puede verse afectado por acción mecánica en forma de aplastamientos, perforaciones, cortes o desgarros, generalmente producidos por un uso inadecuado como puede ser peso superior y de forma puntual a lo que su resistencia a la compresión permite, arrastre de elementos cortantes o punzantes, apoyos de escaleras, tránsito con calzado inadecuado, etc.

También puede ser, si esto se produce, que sea debido a la aplicación de una Resistencia a Compresión no apropiada para las

solicitaciones mecánicas a las que se va ver sometida.

Esta patología es evitable teniendo en cuenta las propiedades de la espuma y, por supuesto, no sometiéndola a maltrato.

Si se produjera deterioro, la forma de reparar los daños sería eliminación de zonas dañadas y nueva proyección.

Si los problemas vinieran dados por haber aplicado una resistencia a compresión baja en relación al esfuerzo solicitado, como solución se puede proyectar, previa preparación de la espuma anterior, nueva espuma de mayor resistencia a compresión con un espesor estudiado. Esta nueva espuma repartirá las cargas.

Conclusión

- La resistencia a la compresión mayor de 200 kPa sería válida para cubiertas y suelos, en espumas con el código CS(10\Y)200 o superior



Proyección de poliuretano con una resistencia a compresión mayor de 200 kPa en el suelo de la planta baja.

El poliuretano es resistente frente a los materiales habitualmente empleados en la construcción.

Además, el poliuretano es:

- Resistente, en gran medida, a los disolventes utilizados en adhesivos, pinturas, pastas bituminosas, en conservantes para la madera y en masillas sellantes.
- Resistente al envejecimiento, contra la acción de las raíces e inerte bioquímicamente frente al ataque de mohos.
- Estable frente a los carburantes, aceites minerales y los ácidos y álcalis diluidos.
- Resistente contra la acción de los gases de escape o a la atmósfera industrial más agresiva.
- Imputrescible, estable ante el detritus, inodoro y fisiológicamente no presenta inconvenientes.
- Químicamente neutro.

Estable frente a los agentes químicos comúnmente utilizados en construcción

Aunque el poliuretano proyectado presenta una buena resistencia frente a la mayoría de los productos químicos, ácidos minerales fuertes y algunos disolventes pueden atacarlo, por lo cual no está recomendado para uso en que esté en contacto con este tipo de productos. Difícilmente en las aplicaciones en construcción se van a dar estas circunstancias, pero conviene tenerlo presente.

Producto químico	Cambio de volumen	Comportamiento
Álcalis, ácidos y soluciones salinas		
Agua de mar	3%	estable
Ácido clorhídrico conc.	--	atacado
Ácido clorhídrico 10%	2%	estable
Ácido sulfúrico conc.	--	atacado
Ácido sulfúrico 10%	2%	estable
Ácido nítrico conc.	--	atacado
Ácido nítrico 10%	6%	estable
Sosa cáustica conc.	2%	estable
Sosa cáustica 10%	2%	estable
Amoniaco conc.	6%	estable
Amoniaco 10%	4%	estable
Hidrocarburos alifáticos		
Gasolina	1%	estable
Gasoil	2%	estable
Aceite mineral	1%	estable
Gasolina / benceno 60:40	1%	estable
Hidrocarburos aromáticos		
Benceno	5%	estable
Tolueno	2%	estable
Clorobenceno	5%	estable
Estireno monómero	2%	estable
Otros disolventes orgánicos		
Etanol	13%	hinchamiento
Metanol	12%	inestable
Butanol	9%	estable condicionado
Acetona	18%	inestable
Acetato de etilo	16%	hinchamiento
Tricloroetileno	14%	hinchamiento
Cloruro metileno	17%	inestable
Dimetilformamida	--	atacado

Estabilidad química del poliuretano bajo condiciones de ensayo (Comportamiento después de 28 días a 20 °C)

Conclusión

- El Poliuretano proyectado puede pintarse, barnizarse, pegarse, revestirse, o puede ser utilizado como revestimiento de locales con atmósferas agresivas.



El poliuretano proyectado es resistente a ambientes industriales agresivos.

El poliuretano proyectado presenta una magnífica adherencia en general a todos los materiales comúnmente utilizados en edificación. No hay que olvidar que la espuma de poliuretano fue descubierta en la investigación de un pegamento.

Un procedimiento sencillo para comprobar la adherencia se hace de la siguiente forma: Se realiza una aplicación localizada sobre el sustrato en el que queremos realizar la comprobación, se tira de la espuma y debe de romper la espuma antes de separarse del sustrato.

Según la norma UNE-EN 14315-1, esta propiedad se debe medir utilizando el procedimiento indicado en el Anexo F de dicha norma, y se debe declarar por niveles.

Nivel	Requisito (kPa)
A1	≥ 20
A2	≥ 50
A3	≥ 100

Magnífica adherencia a los materiales de construcción comúnmente utilizados



La gran adherencia del poliuretano proyectado hace que no requiera de ningún otro sistema adicional de sujeción.

No obstante hay algunos aspectos que pueden observarse para mejorar esta propiedad.

- **El sustrato ha de presentar buena consistencia.** Si presentara óxido fácilmente desprendible, suciedad, arena o textura terrosa, el poliuretano se adheriría a la primera capa, pero ésta sería fácilmente desprendible.
- **Sobre una capa de mortero pobre o arenoso,** o cualquier otra superficie no firme, será conveniente dar una capa de mortero rico, ya que debido a las tensiones normales del poliuretano se pueden producir levantamientos arrastrando consigo, por falta de cohesión, la superficie sobre la que se ha aplicado.
- **Sobre materiales metálicos** lisos como acero, aluminio..., habrá que realizar una limpieza desengrasante con alcohol mineral y posteriormente aplicar una imprimación anticorrosiva.
- **Sobre superficies de hormigón,** será necesario limpiar la lámina de lechada superficial con un cepillo adecuado donde ésta esté presente.
- **Sobre una película de polietileno,** material antiadherente por excelencia, será necesario flamear con soplete para conseguir buena adherencia de la espuma. Sin embargo, sobre algunos plásticos como polipropileno o teflón nunca se conseguirá adherencia.
- **Sobre soportes con exceso de humedad,** como superficies mojadas o con condensaciones superficiales, habrá que evitar aplicar, ya que se podrán generar bolsas y despegues del poliuretano en la zona aplicada. El problema será más acentuado cuanto menos porosa sea la superficie. Como norma general, la humedad del sustrato será inferior al 20%.
- **Sobre una tela asfáltica no autoprottegida,** la tela asfáltica deberá estar adherida en toda su superficie y se habrá de haber eliminado la capa de polietileno antiadherente mediante flameado.
- **Sobre espuma de poliuretano antigua,** si hubiera degradación por UV, se deberá limpiar por medios mecánicos, como un cepillo de alambre o agua a presión.

En lo relativo a la adherencia de otros productos al poliuretano ya aplicado, se puede comentar lo siguiente:

En cubiertas planas, o incluso con inclinaciones menores de 30° no será necesario tomar ninguna precaución para asegurar la adherencia entre el poliuretano y la capa posterior.

En cubiertas inclinadas, y dependiendo de la inclinación y de la naturaleza del material que se vaya a colocar sobre el poliuretano proyectado, podemos seguir las siguientes precauciones:

- **Aplicar un puente de unión**, una resina básica o cualquier otra imprimación sobre la espuma. De esta forma mejoraremos notablemente la adherencia de la capa posterior que echemos.
- **Mejorar el anclaje mecánico**. Una acción que se realiza sobre el poliuretano proyectado bajo forjado para mejorar el agarre de una capa de enlucido de yeso, por ejemplo, consiste en rascar la superficie de la espuma con un cepillo de alambres, para permitir anclaje mecánico a las celdas abiertas del poliuretano.
- **Armar el revestimiento**. También se puede fijar una malla para dar mayor resistencia mecánica al recubrimiento y hacerlo más resistente a la fisuración.

Todos estos tratamientos se pueden combinar entre sí para aumentar hasta el grado deseado la adherencia de las distintas capas.



El poliuretano proyectado tiene una gran adherencia y adaptabilidad al sustrato.



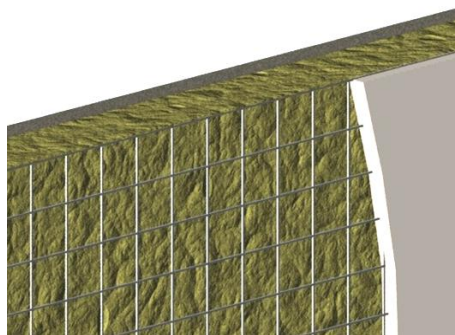
La complejidad de la superficie a aislar no supone ningún inconveniente o retraso.



En cubiertas de hasta 30° de inclinación no es necesaria precaución alguna.

Conclusión

- El Poliuretano proyectado presenta gran adherencia sobre sustratos consistentes, limpios y secos.
- 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.



En caso de aplicar un recubrimiento directamente sobre la espuma, se puede emplear una malla para mejorar su resistencia a la fisuración.

Profesionalidad, calidad, velocidad, impermeabilidad, relación calidad/precio...

Por ser el poliuretano proyectado o inyectado un material fabricado *in situ*, su puesta en obra tiene muchas ventajas.

Profesionalidad

Por la forma de aplicación, el poliuretano proyectado o inyectado sólo puede ser instalado en obra por un profesional del aislamiento, lo que le da una garantía adicional de calidad e instalación correcta.

Certificación de calidad

Además, se puede certificar la calidad tanto de las materias primas, los sistemas de poliuretano, como del servicio de puesta en obra, de la aplicación.

Versatilidad

Aislamiento térmico, acústico, impermeabilización, estanqueidad al aire, regulador de humedad... Todas estas ventajas en una sola aplicación convierten al poliuretano en uno de los materiales más versátiles de la construcción.

Velocidad de ejecución

La velocidad de espumación del producto es de aproximadamente 2-3 segundos, por lo que el rendimiento de una máquina puede rondar los 100 m² por hora de trabajo.

Sin transporte ni almacenamiento

No necesita transporte, almacén ni distribución en obra de productos voluminosos. El producto viene en estado líquido, concentrado, lo que reduce los costes de transporte y elimina los de almacenamiento y aumenta hasta 30 veces su tamaño en la aplicación.

Sin desperdicio

Al ser un material fabricado *in situ*, a medida, no requiere cortes, no deja juntas y no genera residuos.

Sin enfoscado previo

No es necesario enfoscado previo de las fábricas de ladrillo. Al ser un sistema continuo intermedio, impermeabiliza la fachada sin enfoscado previo, y sin ningún otro requerimiento.

Solución impermeable

El poliuretano es impermeable desde el mismo momento de su aplicación, por lo que se pueden solapar partidas de obra independientemente de las condiciones climáticas, como dar yesos antes de tener finalizada la cubierta.

La mejor relación calidad/precio

La falta de intermediarios en el proceso de fabricación (sin almacenistas, sin distribuidores, transporte optimizado) hace que el producto vaya directamente del fabricante de las materias primas al cliente final, lo que permite que un producto de una alta calidad y coste sea accesible a un precio muy competitivo.

Conclusión

- Al ser un material fabricado *in situ*, el poliuretano proyectado presenta una gran versatilidad e infinidad de ventajas en la puesta en obra.



El poliuretano proyectado e inyectado tiene, desde el año 2013, Norma Europea que recoge las especificaciones tanto de los sistemas antes de la instalación como del aislamiento una vez instalado.

Las partes 1 de estas normas, las partes armonizadas, fueron publicadas en el DOUE el 28 de junio de 2013, siendo obligatorias en

toda la Unión Europea desde el 1 de noviembre de 2014.

La calidad del poliuretano proyectado e inyectado está normalizada por las Normas Europeas UNE-EN 14315 y UNE-EN 14318

	Requisitos de los sistemas	Requisitos de la Instalación
Poliuretano Proyectado	<p>Norma UNE-EN 14315-1</p> <p>Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.</p> <p>Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado <i>in situ</i>.</p> <p>Parte 1: Especificaciones para los sistemas de proyección de espuma rígida antes de la instalación.</p>	<p>Norma UNE-EN 14315-2</p> <p>Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.</p> <p>Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado <i>in situ</i>.</p> <p>Parte 2: Especificaciones para el aislamiento instalado.</p>
Poliuretano Inyectado	<p>Norma UNE-EN 14318-1</p> <p>Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.</p> <p>Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) para colada <i>in situ</i>.</p> <p>Parte 1: Especificaciones para los sistemas de colada de espuma rígida antes de la instalación.</p>	<p>Norma UNE-EN 14318-2</p> <p>Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.</p> <p>Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) para colada <i>in situ</i>.</p> <p>Parte 2: Especificaciones para el aislamiento instalado.</p>

La Declaración de Prestaciones (DdP)

La Declaración de Prestaciones, DdP (del Inglés "*Declaration of Performance*", DoP) es el documento con el que el fabricante declara la conformidad con la norma de producto, para una determinada aplicación. Deberá estar disponible durante al menos diez años después de la última introducción del producto en el mercado.

El fabricante, importador o distribuidor deberá entregar una copia de la Declaración de Prestaciones al instalador. Dicha entrega podrá hacerse en papel, fax, vía electrónica, o podrá estar disponible para su descarga en una página web de forma inalterable durante diez años. Se suministrará en papel obligatoriamente a petición del receptor.

La DdP se facilitará en la lengua o lenguas que exija cada Estado Miembro en el que se comercialice el producto. En España la lengua exigida será al menos el español.

La Declaración de Prestaciones deberá contener la siguiente información:

- El número de la Declaración de Prestaciones
- Código de identificación única del producto tipo
- Usos previstos
- Fabricante
- Representante Autorizado
- Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto (EVCP)
- Norma armonizada
- Organismos notificados
- Prestaciones declaradas
- La firma, lugar y fecha de emisión, por y en nombre del fabricante
- Se adjuntará la ficha de seguridad sobre sustancias peligrosas (artículos 31 y 33 del REACH)

E Mercado CE

El Mercado CE consiste en unas reglas Europeas comunes para la declaración de prestaciones de un producto e indica la conformidad con la Norma Europea Armonizada correspondiente.

En el caso del poliuretano proyectado o inyectado *in situ* el Mercado CE se presenta por medio de una etiqueta adherida al envase del producto.

El Mercado CE no es una marca de calidad, ni implica que el producto ofrece unas garantías o prestaciones de calidad extras. El mercado CE es el cumplimiento de unos requisitos mínimos relacionados con la seguridad y un requisito imprescindible legal para que se pueda comercializar un producto dentro de la Unión Europea.

El hecho de que un producto disponga de marcas de calidad no le exime de la obligación de disponer del Mercado CE.

La Conductividad Térmica y la Resistencia Térmica

La Normas UNE-EN 14315-1 y UNE-EN 14318-1 establecen que la *Resistencia Térmica Envejecida Declarada* se deberá declarar como valor envejecido a 25 años.

El valor de la *Resistencia Térmica Envejecida Declarada* depende de tres factores:

- Valor de la *Conductividad Térmica Envejecida Declarada*.
- Espesor del producto aplicado.
- Estanqueidad a la difusión de gases de los revestimientos del producto aplicado.

El primero de ellos, el valor de la *Conductividad Térmica Envejecida Declarada*, es ensayado y conocido por el fabricante, pero tanto el espesor del producto aplicado, como el tipo de revestimientos que tiene el producto en el lugar de la instalación, no se pueden conocer hasta que el producto no está instalado.

Por ello, el fabricante debe declarar la *Conductividad Térmica* en forma de tablas en función del espesor final y del tipo de revestimiento final.

Así, el fabricante declarará la *Conductividad Térmica* y la *Resistencia Térmica* en una, dos o tres tablas como la del siguiente ejemplo:

Tipo de revestimiento: Caras abiertas a la difusión		
Espesor	Conductividad térmica envejecida declarada	Nivel de resistencia térmica
	λ_D W/m·K	R_D m ² ·K/W
40 mm	0.028	1.40
50 mm	0.028	1.75
60 mm	0.028	2.10
70 mm	0.028	2.50
80 mm	0.027	2.95
90 mm	0.027	3.30
100 mm	0.027	3.70
110 mm	0.027	4.05
120 mm	0.026	4.60

Ejemplo de tabla de prestaciones para declarar la Conductividad Térmica y la Resistencia Térmica.

Con esta información, el instalador deberá declarar la *Resistencia Térmica Envejecida Declarada* del Aislamiento Instalado conforme a las tablas de prestaciones dadas por el fabricante.

La Reacción al Fuego

La Clase de *Reacción al Fuego* de los productos se debe determinar en Euroclases, según la Norma UNE-EN 13501-1.

El fabricante debe declarar la *Reacción al Fuego* del producto desnudo, tal como se comercializa.

Además, de forma complementaria y opcional, el fabricante podrá declarar la *Reacción al Fuego* del producto en montajes normalizados que simulen la aplicación final de uso.

El código de designación

El código de designación recoge las prestaciones declaradas por el fabricante, a parte de la *Conductividad Térmica* y la *Reacción al Fuego*, que siempre deberán ir explícitas en la etiqueta.

A continuación se explican los códigos de designación.

Código de designación de un poliuretano proyectado

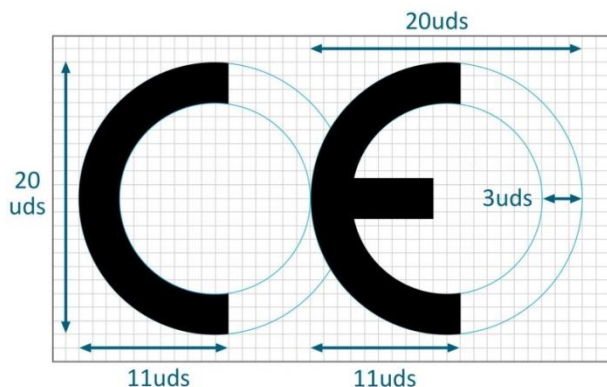
PU EN14315-1 – DS(TH)i – CCCi – CTi(*) – GTi(*) – TFTi(*) – FRCi(*) – Wi – CS(10\Y)i – CC(i₁,i₂,y)σ_c – DLT(i)5 – APi(d) – AWi(d) – MUi – Ai

Código	Definición	Relevancia	Ejemplo												
PU	Código del Poliuretano														
EN14315-1	Norma Europea de aplicación														
DS(TH)i	Nivel de Estabilidad Dimensional (i, entre 1 y 4), bajo condiciones específicas de temperatura y humedad <table border="1"> <tr> <td>DS(TH)1</td> <td>Menor Nivel de Estabilidad Dimensional</td> </tr> <tr> <td>DS(TH)2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DS(TH)3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DS(TH)4</td> <td>Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional</td> </tr> </table>	DS(TH)1	Menor Nivel de Estabilidad Dimensional	DS(TH)2		DS(TH)3		DS(TH)4	Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional	En suelos, terrazas transitables o impermeabilizaciones	DS(TH)4 Producto con máximo nivel de Estabilidad Dimensional				
DS(TH)1	Menor Nivel de Estabilidad Dimensional														
DS(TH)2															
DS(TH)3															
DS(TH)4	Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional														
CCCi	Clase de Contenido en Celdas Cerradas (i, entre 1 y 4) <table border="1"> <tr> <td>CCC1</td> <td>menor de 20%</td> </tr> <tr> <td>CCC2</td> <td>de 20% a 80%</td> </tr> <tr> <td>CCC3</td> <td>mayor de 80% hasta 90%</td> </tr> <tr> <td>CCC4</td> <td>mayor de 90%</td> </tr> </table>	CCC1	menor de 20%	CCC2	de 20% a 80%	CCC3	mayor de 80% hasta 90%	CCC4	mayor de 90%	En todas las aplicaciones, ya que influye sustancialmente en las prestaciones	CCC4 Contenido en Celda Cerrada mayor del 90%				
CCC1	menor de 20%														
CCC2	de 20% a 80%														
CCC3	mayor de 80% hasta 90%														
CCC4	mayor de 90%														
CTi(*)	Tiempo de Crema (i, en segundos), a la temperatura del ensayo (*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	CT3(20) Tiempo de Crema 3 seg a 20°C												
GTi(*)	Tiempo de Hilo (i, en segundos), a la temperatura del ensayo (*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	GT7(20) Tiempo de Hilo 7 seg a 20°C												
TFTi(*)	Tiempo de Tacto Libre (i, en segundos) a la temperatura del ensayo (*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	TFT18(20) Tiempo de Tacto Libre 18 seg a 20°C												
FRCi(*) ó FRBi(*)	Densidad Libre del Núcleo (FRC) o Densidad Libre en Vaso (FRB) (i, en kg/m ³) a la temperatura de espumación (*, en grados Celsius)	En todas las aplicaciones, ya que indica la densidad de la espuma	FRC35(20) Densidad Libre del Núcleo de 35 kg/m ³ espumado a 20°C FRB35(20) Densidad Libre en Vaso de 35 kg/m ³ espumado a 20°C												
Wi	Absorción de Agua a Corto Plazo por Inmersión Parcial (i, en kg/m ²)	En aplicaciones en las que la espuma pueda entrar en contacto con el agua	W0.2 Absorción de Agua a Corto Plazo por Inmersión Parcial de 0.2 kg/m ²												
CS(10\Y)i	Nivel de Resistencia a Compresión (i, entre 100 y 500) <table border="1"> <tr> <td>CS(10\Y)100</td> <td>mayor de 100 kPa</td> </tr> <tr> <td>CS(10\Y)150</td> <td>mayor de 150 kPa</td> </tr> <tr> <td>CS(10\Y)200</td> <td>mayor de 200 kPa</td> </tr> <tr> <td>CS(10\Y)300</td> <td>mayor de 300 kPa</td> </tr> <tr> <td>CS(10\Y)400</td> <td>mayor de 400 kPa</td> </tr> <tr> <td>CS(10\Y)500</td> <td>mayor de 500 kPa</td> </tr> </table>	CS(10\Y)100	mayor de 100 kPa	CS(10\Y)150	mayor de 150 kPa	CS(10\Y)200	mayor de 200 kPa	CS(10\Y)300	mayor de 300 kPa	CS(10\Y)400	mayor de 400 kPa	CS(10\Y)500	mayor de 500 kPa	En aquellas aplicaciones sometidas a carga, como suelos o terrazas	CS(10\Y)200 Resistencia a Compresión mayor de 200 kPa
CS(10\Y)100	mayor de 100 kPa														
CS(10\Y)150	mayor de 150 kPa														
CS(10\Y)200	mayor de 200 kPa														
CS(10\Y)300	mayor de 300 kPa														
CS(10\Y)400	mayor de 400 kPa														
CS(10\Y)500	mayor de 500 kPa														
CC(i₁,i₂,y)σ_c	Nivel de Fluencia a Compresión (i ₂ , en %), y de reducción de espesor total (i ₁ , en %), extrapolando a 10, 25 o 50 años (y, en años), bajo una carga determinada (σ _c , en kPa)	En aquellas aplicaciones sometidas a cargas puntuales permanentes, como terrazas con instalaciones	CC(2,3,25)40 Fluencia a Compresión menor del 3% y reducción de espesor total menor del 2% a 25 años, bajo carga de 40 kPa												
DLT(i)5	Nivel de Deformación (i, entre 1 y 3) bajo condiciones específicas de compresión y temperatura <table border="1"> <tr> <td>DLT(1)5</td> <td>Deformación Máxima 5% con 20 kPa a 80°C, durante 48 h</td> </tr> <tr> <td>DLT(2)5</td> <td>Deformación Máxima 5% con 40 kPa a 70°C, durante 168 h</td> </tr> <tr> <td>DLT(3)5</td> <td>Deformación Máxima 5% con 80 kPa a 60°C, durante 168 h</td> </tr> </table>	DLT(1)5	Deformación Máxima 5% con 20 kPa a 80°C, durante 48 h	DLT(2)5	Deformación Máxima 5% con 40 kPa a 70°C, durante 168 h	DLT(3)5	Deformación Máxima 5% con 80 kPa a 60°C, durante 168 h	En aislamiento de suelos radiantes	DLT(2)5 Deformación menor del 5% bajo carga de 40 kPa a 70°C, durante 168 h						
DLT(1)5	Deformación Máxima 5% con 20 kPa a 80°C, durante 48 h														
DLT(2)5	Deformación Máxima 5% con 40 kPa a 70°C, durante 168 h														
DLT(3)5	Deformación Máxima 5% con 80 kPa a 60°C, durante 168 h														
APi(d)	Coefficiente Práctico de Absorción Acústica α _p (i, adimensional) válido para un espesor o rango de espesores (d, en mm)	En soluciones de aislamiento acústico o acondicionamiento acústico	AP0.5(20-50) Coefficiente Práctico de Absorción Acústica α _p de 0.5 válido para espesores entre 20 mm y 50 mm												
AWi(d)	Coefficiente Ponderado de Absorción Acústica α _w (i, adimensional) válido para un espesor o rango de espesores (d, en mm)	En soluciones de aislamiento acústico o acondicionamiento acústico	AW0.4(30-60) Coefficiente Ponderado de Absorción Acústica α _w de 0.4, espesor entre 30 mm y 60 mm												
MUi	Factor de Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua , MU (i, adimensional)	En aquellas soluciones transpirables (sin barrera de vapor)	MU60 Factor de Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua mayor o igual a 60												
Ai	Nivel de Adherencia al Sustrato Perpendicular a las Caras (i, de 1 a 3) <table border="1"> <tr> <td>A1</td> <td>mayor o igual que 20 kPa</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>mayor o igual que 50 kPa</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>mayor o igual que 100 kPa</td> </tr> </table>	A1	mayor o igual que 20 kPa	A2	mayor o igual que 50 kPa	A3	mayor o igual que 100 kPa	En todas las aplicaciones, ya que la adherencia garantiza la integridad y el resto de prestaciones	A2 Adherencia al Sustrato Perpendicular a las Caras mayor o igual que 50 kPa						
A1	mayor o igual que 20 kPa														
A2	mayor o igual que 50 kPa														
A3	mayor o igual que 100 kPa														

Código de designación de un poliuretano inyectado

PU EN14318-1 - DS(TH)i - CCCi - TSi - CTi(*) - GTi(*) - TFTi(*) - FRCi(*) - MUi - Wi - APi(d) - AWi(d)

Código	Definición	Relevancia	Ejemplo										
PU	Código del Poliuretano												
EN14318-1	Norma Europea de aplicación												
DS(TH)i	Nivel de Estabilidad Dimensional (i, entre 1 y 3), bajo condiciones específicas de temperatura y humedad <table border="1"> <tr> <td>DS(TH)1</td> <td>Menor Nivel de Estabilidad Dimensional</td> </tr> <tr> <td>DS(TH)2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DS(TH)3</td> <td>Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional</td> </tr> </table>	DS(TH)1	Menor Nivel de Estabilidad Dimensional	DS(TH)2		DS(TH)3	Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional	Para evitar tensiones en las paredes de la cavidad debido a los rechupes	DS(TH)3 Producto con máximo nivel de Estabilidad Dimensional				
DS(TH)1	Menor Nivel de Estabilidad Dimensional												
DS(TH)2													
DS(TH)3	Mayor Nivel de Estabilidad Dimensional												
CCCi	Clase de Contenido en Celdas Cerradas (i, entre 1 y 4) <table border="1"> <tr> <td>CCC1</td> <td>menor de 20%</td> </tr> <tr> <td>CCC2</td> <td>de 20% a 80%</td> </tr> <tr> <td>CCC3</td> <td>mayor de 80% hasta 90%</td> </tr> <tr> <td>CCC4</td> <td>mayor de 90%</td> </tr> </table>	CCC1	menor de 20%	CCC2	de 20% a 80%	CCC3	mayor de 80% hasta 90%	CCC4	mayor de 90%	En todas las aplicaciones, ya que influye sustancialmente en las prestaciones	CCC4 Contenido en Celda Cerrada mayor del 90%		
CCC1	menor de 20%												
CCC2	de 20% a 80%												
CCC3	mayor de 80% hasta 90%												
CCC4	mayor de 90%												
TSi	Nivel de Adherencia al Sustrato Perpendicular a las Caras (i, entre 0 y 4) <table border="1"> <tr> <td>TS0</td> <td>valor no determinado</td> </tr> <tr> <td>TS1</td> <td>mayor o igual que 50 kPa</td> </tr> <tr> <td>TS2</td> <td>mayor o igual que 100 kPa</td> </tr> <tr> <td>TS3</td> <td>mayor o igual que 150 kPa</td> </tr> <tr> <td>TS4</td> <td>mayor o igual que 200 kPa</td> </tr> </table>	TS0	valor no determinado	TS1	mayor o igual que 50 kPa	TS2	mayor o igual que 100 kPa	TS3	mayor o igual que 150 kPa	TS4	mayor o igual que 200 kPa	Poca relevancia	TS0 Adherencia al Sustrato Perpendicular a las Caras sin determinar
TS0	valor no determinado												
TS1	mayor o igual que 50 kPa												
TS2	mayor o igual que 100 kPa												
TS3	mayor o igual que 150 kPa												
TS4	mayor o igual que 200 kPa												
CTi(*)	Tiempo de Crema (i, en segundos), a la temperatura del ensayo (*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	CT15(20) Tiempo de Crema 15 seg a 20°C										
GTi(*)	Tiempo de Hilo (i, en segundos), a la temperatura del ensayo (*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	GT30(20) Tiempo de Hilo 30 seg a 20°C										
TFTi(*)	Tiempo de Tacto Libre (i, en segundos) a la temperatura del ensayo(*, en grados Celsius)	Sólo para el aplicador	TFT60(20) Tiempo de Tacto Libre 60 seg a 20°C										
FRCi(*) ó FRBi(*)	Densidad Libre del Núcleo (FRC) o Densidad Libre en Vaso (FRB) (i, en kg/m³) a la temperatura de espumación (*, en grados Celsius)	En todas las aplicaciones, ya que indica la densidad de la espuma	FRC12(20) Densidad Libre del Núcleo de 12 kg/m³ espumado a 20°C FRB12(20) Densidad Libre en Vaso de 12 kg/m³ espumado a 20°C										
MUi	Factor de Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua , MU (i, adimensional)	En aquellas soluciones transpirables (sin barrera de vapor)	MU10 Factor de Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua mayor o igual a 10										
Wi	Absorción de Agua a Corto Plazo por Inmersión Parcial (i, en kg/m²)	En aplicaciones en las que la espuma pueda entrar en contacto con el agua	W0.2 Absorción de Agua a Corto Plazo por Inmersión Parcial de 0.2 kg/m²										
APi(d)	Coefficiente Práctico de Absorción Acústica α_p (i, adimensional) válido para un espesor o rango de espesores (d, en mm)	En soluciones de aislamiento acústico o acondicionamiento acústico	AP0.5(20-50) Coefficiente Práctico de Absorción Acústica α_p de 0.5 válido para espesores entre 20 mm y 50 mm										



Marcado CE obligatorio para el Poliuretano Proyectado e inyectado

Conclusión

- El poliuretano proyectado e inyectado tienen norma europea de producto antes de la instalación y una vez instalado.
- El poliuretano tiene Marcado CE obligatorio desde noviembre de 2014.

El poliuretano proyectado e inyectado puede certificar la calidad de las materias primas, los sistemas de poliuretano como de la puesta en obra.

Existen varios organismos de certificación que certifican ambas cosas.

Certificación de los sistemas

La gran mayoría de los sistemas de poliuretano cuentan con alguna certificación de calidad (Marca N de AENOR, Marca de APPLUS, etc.)

Estas certificaciones de calidad por tercera parte garantizan el cumplimiento de las prestaciones declaradas por el fabricante en el Mercado CE y la Declaración de Prestaciones.

Certificación de la instalación

Así mismo, muchos aplicadores de poliuretano pueden certificar la instalación con una certificación de calidad de servicio de instalación, (Marca N de AENOR, Marca de APPLUS, etc.)

El Sello de Instalador Homologado AISLA, Sello IH, es una certificación de calidad del servicio de instalación de aislamiento térmico, acústico, impermeabilización o protección pasiva en edificación es conforme a las normas europeas de instalación o a las instrucciones del fabricante.



Una empresa instaladora con el Sello IH tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- Conocimientos técnicos y formación continua del personal.
- Cumplimiento en prevención y seguridad laboral.
- Control de calidad de productos y procesos de ejecución.
- Certificación final de los trabajos de instalación.
- Ejecución de la instalación según normativa vigente.
- Cumplimiento de los requisitos legales y administrativos.

Ventajas de la Certificación

La Certificación de Calidad de la puesta en obra del poliuretano proyectado e inyectado proporciona las siguientes ventajas:

- **Para el instalador** es una herramienta de profesionalización y de diferenciación en el mercado, que mejora sus procesos y reduce sus no conformidades.
- **Para el fabricante de los sistemas de poliuretano** proporciona la seguridad de que su producto es manipulado, e instalado correctamente, garantizando las prestaciones finales.
- **Para la empresa constructora** proporciona la tranquilidad de saber que la empresa instaladora va a realizar la instalación conforme a la norma europea de instalación, y con personal formado y cualificado.
- **Para la persona encargada del control de calidad en obra**, es la herramienta que facilita su trabajo, le exime de tener que realizar un control exhaustivo, y le garantiza un trabajo correctamente ejecutado y con excelentes resultados.
- **Para el usuario final**, le da la tranquilidad de saber que su aislamiento térmico estará protegiendo su hogar y reduciendo el consumo de energía año tras año, correctamente ejecutado y libre de patologías.

Conclusión

- El poliuretano proyectado e inyectado puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.



Desde que el poliuretano proyectado e inyectado hicieron su aparición en el mercado español, hace más de 35 años, su volumen de negocio ha ido creciendo de forma continua, con lo que en la actualidad se estiman un total de 650 millones de metros cuadrados (95.000 campos de fútbol) aislados con poliuretano en España.

Se estima que el 60% de las fachadas y el 35% de las cubiertas se aíslan con espuma de poliuretano.

En Europa el poliuretano siempre se ha utilizado, y ahora, desde la aplicación de la Directiva de Eficiencia Energética en edificios aprobada en 2010 en forma de Reglamentos Térmicos y Códigos de Edificación, su utilización se está incrementando cada vez más.

Conclusión

- Poliuretano Proyectado: El aislamiento térmico de más extensa utilización en la edificación en España.



Presencia del Poliuretano en Europa



Tipos de producto de Poliuretano ■ Panel Sandwich de Poliuretano ■ Plancha de Poliuretano ■ Poliuretano Proyectado	Presencia* del Poliuretano ○ Pequeña ○ Mediana ○ Grande	Crecimiento de su presencia ↑ Pequeña ↑ Mediana ↑ Grande
--	---	--

* Presencia como penetración en su segmento de mercado

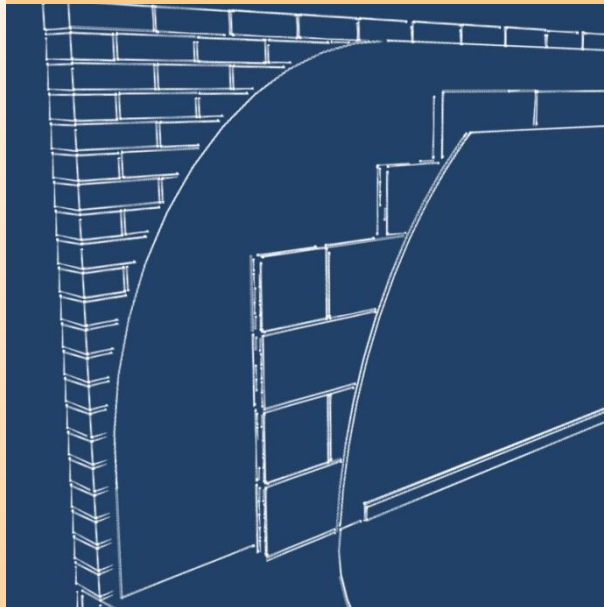


Fuente: IPUR, Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido

Gentileza mapa: Ediciones Santillana

3

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS



3.1.	Fachada con aislamiento interior y tabiquería húmeda.....	46
3.2.	Fachada con aislamiento interior y tabiquería seca	48
3.3.	Fachada con aislamiento exterior y revestimiento continuo	50
3.4.	Fachada ventilada	52
3.5.	Fachada con cámara para inyección.....	54
3.6.	Fachadas. Puntos singulares	56
3.7.	Cubierta plana transitable	58
3.8.	Cubierta plana no transitable	60
3.9.	Cubierta inclinada	62
3.10.	Cubierta aislada entre tabiques palomeros	64
3.11.	Cubierta ligera aislada por el interior	66
3.12.	Cubierta ligera aislada por el exterior	68
3.13.	Cubiertas. Puntos singulares.....	70
3.14.	Techo	72
3.15.	Suelo	74

3.1 Fachada con Aislamiento Interior y Tabiquería Húmeda

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de fachada compuesto de hoja principal exterior, poliuretano proyectado y trasdosado interior de tabiquería húmeda. La solución más habitual para la ejecución de fachadas en obra nueva.



Proyección en la cámara desde el interior

Exterior	LC ½ pie	PU	C	LH 4 cm + RI	Interior
	LC 1 pie			LH 7 cm + RI	
	RE + BH				
	RE + BC				

Proyección en la cámara desde el exterior

Exterior	LC ½ pie	C	PU	LH 4 cm + RI	Interior
	LC 1 pie			LH 7 cm + RI	
	RE + BH				
	RE + BC				

- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- RE: Revestimiento Exterior Continuo
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- C: Cámara de aire no ventilada
- LH: Ladrillo Hueco
- RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alicatado)

Con producto de celda cerrada, la proyección sobre ladrillo cara vista no requiere de enfoscado previo para garantizar la impermeabilidad de la fachada

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >80% (CCC3 o CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Fachadas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	30	30
Zona A	30	35-40
Zona B	30-35	50-55
Zona C	35-45	70-85
Zona D	45-50	80-85
Zona E	50-55	95-105

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía del Poliuretano conforme al CTE DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 45 y 54 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

½ pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + tabique hueco doble enlucido (290 kg/m²)

$R_A=58$ dBA

$R_{Atr}=54$ dBA

Resultados del Expediente 09/100816-1586 de APPLUS.

PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD (Cumplimiento del DB-HS1)

Al ser el PU de celda cerrada un producto impermeable, se considera revestimiento continuo intermedio, que garantiza la impermeabilidad de la fachada sin enfoscado previo, y que cumple con el grado 5 de impermeabilidad según el CTE.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11)

PU Euroclase E + LH 4 cm + RI: EI-60 *(Clasificación sin necesidad de ensayo según el DB-SI Anejo F)*

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PU + LH
Viviendas	Sin exigencia	Cumple
Resto de zonas ocupables	C-s2,d0	Cumple
Recintos de riesgo especial y aparcamientos	B-s1,d0	Cumple
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	Cumple

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.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.
- 60% de las fachadas aisladas con Poliuretano Proyectado.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- Limpiar la base del forjado, para garantizar una buena adherencia de la espuma en ese punto.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar seca y por encima de 5°C.
- Proteger todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados.
- Es recomendable tapar los huecos de fachada.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.

3.2 Fachada con Aislamiento Interior y Tabiquería Seca

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de fachada compuesto de hoja principal exterior, poliuretano proyectado y trasdosado interior de tabiquería seca. Solución para la ejecución de fachadas en obra nueva y rehabilitación integral.



Proyección en la cámara desde el interior

Exterior	LC ½ pie	PU	C	PYL	Interior
	LC 1 pie				
	RE + BH				
	RE + BC				

Proyección en la cámara desde el exterior

Exterior	LC ½ pie	C	PU	PYL	Interior
	LC 1 pie				
	RE + BH				
	RE + BC				

- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- RE: Revestimiento Exterior Continuo
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- C: Cámara de aire no ventilada
- PYL: Placa de Yeso Laminado



El grosor de poliuretano proyectado dependerá de la zona climática y de la composición del cerramiento

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >80% (CCC3 o CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Fachadas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	30	30-35
Zona A	30	35-40
Zona B	30-35	55-60
Zona C	35-40	75-80
Zona D	50-55	85-90
Zona E	55-60	100-105

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía del Poliuretano conforme al CTE DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 48 y 62 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

½ pie de ladrillo cara vista + 4 cm de poliuretano proyectado + placa de yeso laminado (231 kg/m²)

$R_A=52$ dBA

$R_{Atr}=46$ dBA

Resultados del Expediente 09/100816-1585 de APPLUS.

PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD (Cumplimiento del DB-HS1)

Al ser el PU de celda cerrada un producto impermeable, se considera revestimiento continuo intermedio, que garantiza la impermeabilidad de la fachada sin enfoscado previo, y que cumple con el grado 5 de impermeabilidad según el CTE.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11)

PU Euroclase E + PYL: B-s1,d0 *(Clasificación sin necesidad de ensayo según el RD110/2008 Cuadro 1.3-2)*

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PU + PYL
Viviendas	Sin exigencia	Cumple
Resto de zonas ocupables	C-s2,d0	Cumple
Recintos de riesgo especial y aparcamientos	B-s1,d0	Cumple
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	Cumple

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.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras, eliminando las infiltraciones de aire.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.
- 60% de las fachadas aisladas con Poliuretano Proyectado.

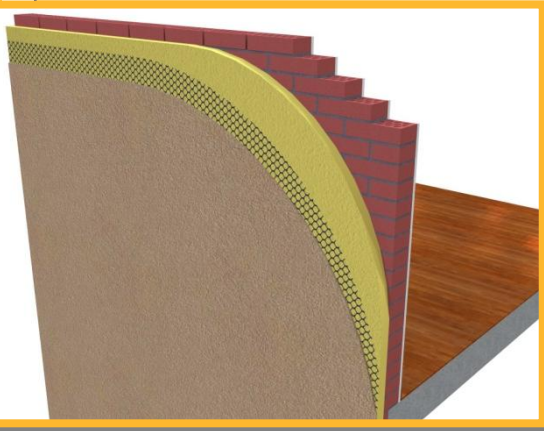
RECOMENDACIONES

- Ver Capítulo 4.5 para recomendaciones específicas de puesta en obra de poliuretano proyectado y placa de yeso laminado.
- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- Limpiar la base del forjado, para garantizar una buena adherencia en ese punto.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar seca y por encima de 5°C.
- Proteger todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados.
- Es recomendable tapar los huecos de fachada.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- En caso de proyección desde el exterior, se recomienda doble placa para dar rigidez al conjunto.

3.3 Fachada con Aislamiento Exterior y Revestimiento Continuo

DESCRIPCIÓN

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

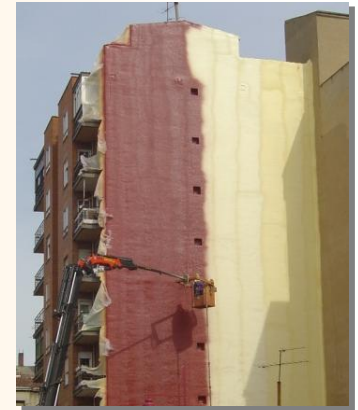


Exterior	RE	PU	LC ½ pie	PYL	Interior
			LC 1 pie		
			BH	RI	
			BC		

- RE: Revestimiento Exterior Continuo
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PYL: Placa de Yeso Laminado
- RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alcatado)



Proyección de poliuretano antes de recibir el revestimiento



Proyección en medianera con protección

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 45 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >80% (CCC3 o CCC4)
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



		Fachadas	
		Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a		30	30-40
Zona A		30	35-45
Zona B		30-40	50-65
Zona C		35-45	75-85
Zona D		50-60	80-95
Zona E		55-65	100-110

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0,028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía del Poliuretano conforme al CTE DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 48 y 62 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

4 cm de poliuretano proyectado + 1 pie de ladrillo cara vista + enlucido de yeso (450 kg/m²)

$R_A=58$ dBA

$R_{Atr}=56$ dBA

Resultados del Expediente 09/100816-2122 de APPLUS.

PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD (Cumplimiento del DB-HS1)

Al ser el PU de celda cerrada un producto impermeable, se considera revestimiento continuo intermedio, que garantiza la impermeabilidad de la fachada sin enfoscado previo, y que cumple con el grado 5 de impermeabilidad según el CTE.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

PU Euroclase E + RE incombustible: B-s1,d0 (Informe Licof 0168T04)
Solución válida para exterior de fachadas en todo tipo de edificios.

VENTAJAS

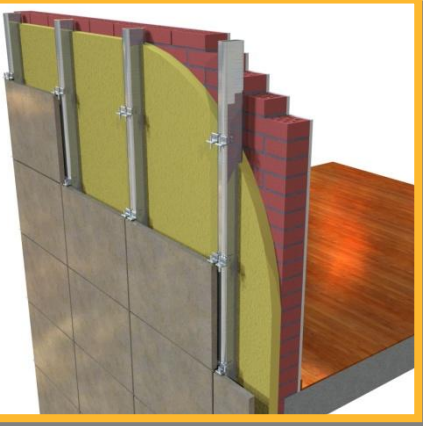
- Ausencia total de puentes térmicos.
- Impermeabiliza la fachada frente al agua de lluvia.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- No reduce espacio habitable.
- Seguridad frente al fuego.
- Permite transpirar de forma natural al cerramiento, sin riesgo de condensaciones.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie sin necesidad de fijaciones mecánicas 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.
- Ligero, estable y resistente. Gran resistencia a compresión.
- Solución recomendada para rehabilitación térmica de edificios. Actuación de bajo impacto para el usuario.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- Proteger todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- 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)

DESCRIPCIÓN

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.



Exterior	RE	C	PU	LC ½ pie	PYL	Interior
				LC 1 pie		
				BH	RI	
				BC		

- RE: revestimiento exterior discontinuo
- C: Cámara de aire ventilada
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PYL: Placa de Yeso Laminado
- RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alcatado)



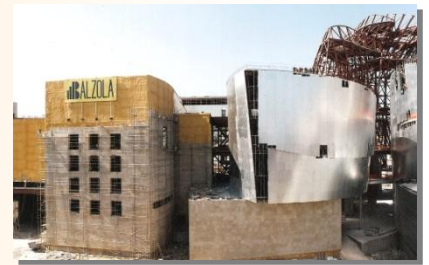
Impermeabilidad y ausencia de puentes térmicos



Adaptabilidad total a cualquier superficie



Poliuretano pigmentado en negro



Fachada del Museo Guggenheim de Bilbao, con poliuretano

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: D-s3,d0 desnudo / E protegido
- Contenido en Celda Cerrada: >80% (CCC3 o CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Fachadas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	30	35-40
Zona A	30	40-45
Zona B	35-40	60-65
Zona C	40-45	80-85
Zona D	50-60	90-95
Zona E	60-65	105-110

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0,028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía del Poliuretano conforme al CTE DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valor de R_{Atr} de 56 dBA, según Expediente 09/100816-2122 de APPLUS.

PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD (Cumplimiento del DB-HS1)

Al ser el PU de celda cerrada un producto impermeable, se considera revestimiento continuo intermedio, que garantiza la impermeabilidad de la fachada sin enfoscado previo, y que cumple con el grado 5 de impermeabilidad según el CTE.

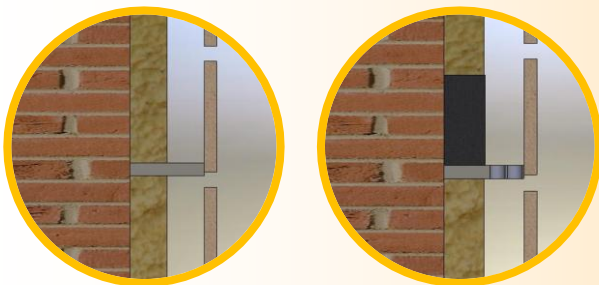
SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

Solución válida para:

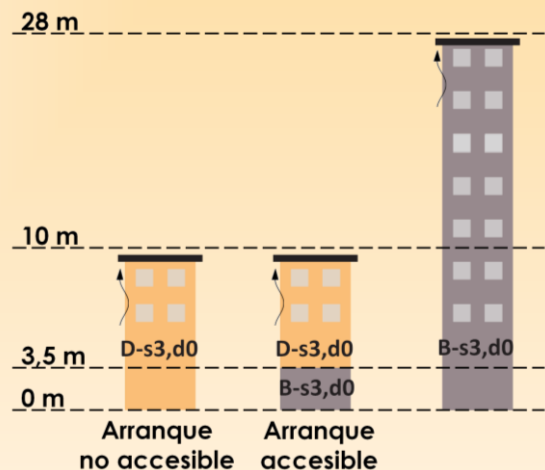
- PU Euroclase D, s3,d0: En fachadas de menos de 10 m de altura y arranque no accesible al público.
- PU Euroclase E + protección de mortero en los 3,5 primeros metros: En fachadas de menos de 10 m de altura y arranque accesible al público.
- PU Euroclase E + protección de mortero en toda la superficie: En fachadas de hasta 28 m de altura.

Compartimentación de la cámara ventilada:

- Debe limitarse el desarrollo vertical de las cámaras ventiladas de fachada en continuidad con los forjados resistentes al fuego que separan sectores de incendio.



Compartimentación con barreras cortafuego intumescentes y no intumescentes. Ver capítulo 2.5



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.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Baja absorción de humedad.
- 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.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- Para garantizar impermeabilidad, los anclajes del revestimiento exterior deberán estar colocados antes de la proyección.
- Proteger todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo recomendado por el fabricante.

3.5 Fachada con Cámara Para Inyección

DESCRIPCIÓN

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



Exterior	LC ½ pie	PU	LH 4 cm + RI	Interior
	LC 1 pie		LH 7 cm + RI	
	RE + BH			
	RE + BC			

- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- RE: Revestimiento Exterior Continuo
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Inyectado
- LH: Ladrillo Hueco
- RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alcatado)



La inyección se realizará a través de orificios practicados en una de las hojas del cerramiento, siempre de abajo a arriba



La espuma expande en el interior de la cámara, rellenando el espacio entre las dos hojas

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Inyectado.

- Densidad media: <math>< 20 \text{ kg/m}^3</math>
- Espesor medio: Según grosor de cámara
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14318-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14318-2
- Medición según Norma: UNE 92316

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Al ser el material inyectado, el aislamiento térmico rellenará la totalidad de la cámara, por lo que el espesor de material aislante, y por tanto su resistencia térmica, dependerá del grosor de la cámara de aire existente.

Cálculos realizados con una conductividad térmica de 0.036 W/m·K.

Espesor mm	Resistencia Térmica $\text{m}^2 \text{ K/W}$
50	1,35
60	1,65
70	1,95
80	2,20
90	2,50
100	2,75

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

La espuma para inyección es de baja densidad y de celda abierta, por lo que el factor de resistencia al paso de vapor de agua, MU, es cercano a 1. Será necesario realizar el cálculo de condensaciones, ya que en función de las condiciones climáticas y de la naturaleza de la hoja principal, puede existir riesgo de que se produzcan condensaciones intersticiales.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

El poliuretano para inyección tiene una rigidez muy baja, por lo que en ningún caso empeorará el comportamiento acústico de la solución. Además, al ser un producto de celda abierta produce un efecto beneficioso de absorción acústica, lo que mejora el comportamiento del cerramiento.

½ pie de ladrillo cerámico + 10 cm de poliuretano inyectado + tabiquillo hueco sencillo + yeso

R_A=51 dBA

Resultados del Informe N° 90.4950.0-IN-CT-08/38 II y III de LABEIN.

PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD (Cumplimiento del DB-HS1)

A diferencia del poliuretano de celda cerrada, esta solución de rehabilitación térmica y acústica no mejora la impermeabilidad del cerramiento. Por tanto, en caso de necesidad deberá realizarse por otros medios una protección apropiada del cerramiento frente a la humedad proveniente del agua de lluvia.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI1)

PU Euroclase E + LH 4 cm + RI: EI-30 *(Clasificación sin necesidad de ensayo según el DB-SI Anejo F)*

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PU + LH
Viviendas	Sin exigencia	Cumple
Resto de zonas ocupables	C-s2,d0	Cumple
Recintos de riesgo especial y aparcamientos	B-s1,d0	Cumple
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	Cumple

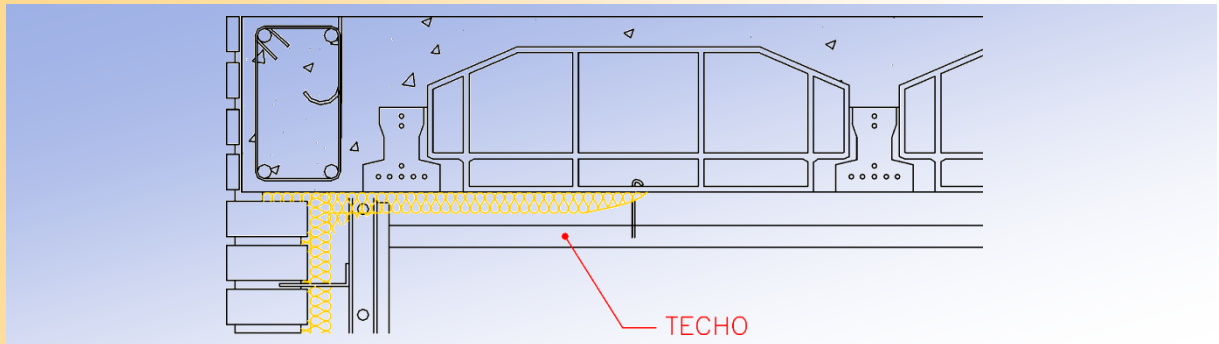
VENTAJAS

- 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.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- No genera escombros.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

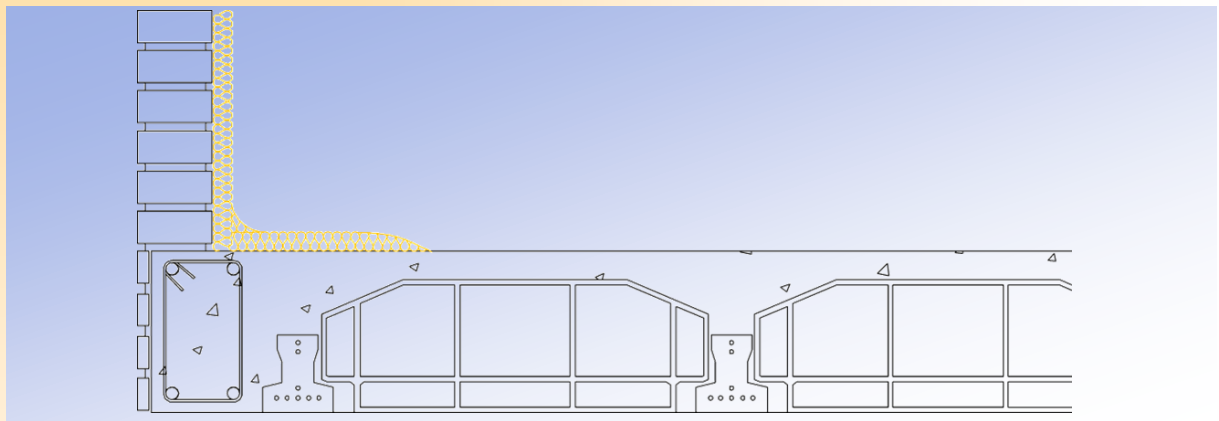
- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14318-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14318-2.
- Las inyecciones se realizarán a través de taladros espaciados, como máximo, 1 m.
- La inyección debe comenzar por los 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 ni generar fisuras. 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.

ENCUENTRO CON LOS FORJADOS EN PROYECCIÓN INTERIOR



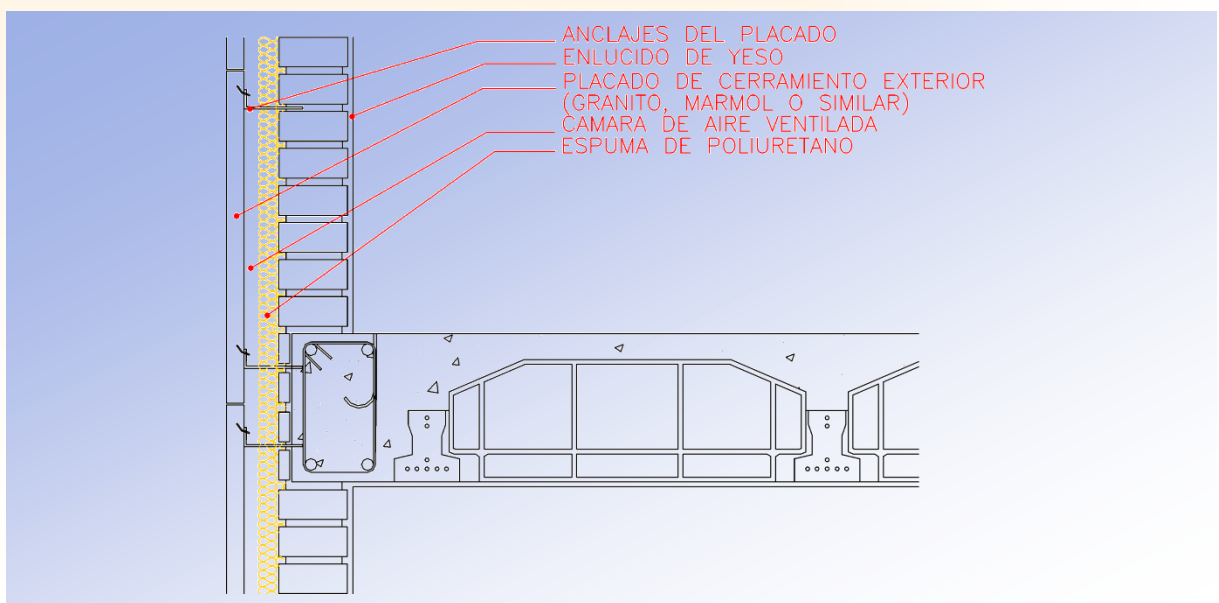
Cuando sea posible, se deberá extender la proyección de poliuretano un mínimo de 30 cm tanto sobre el forjado superior como sobre el inferior, para corregir el puente térmico que suponen los frentes de forjado.

Así mismo, el poliuretano puede utilizarse para realizar el retacado de la hoja principal contra el forjado superior. Esta operación deberá realizarse con anterioridad, retirando la rebaba sobrante, antes de proyectar el paño completo.



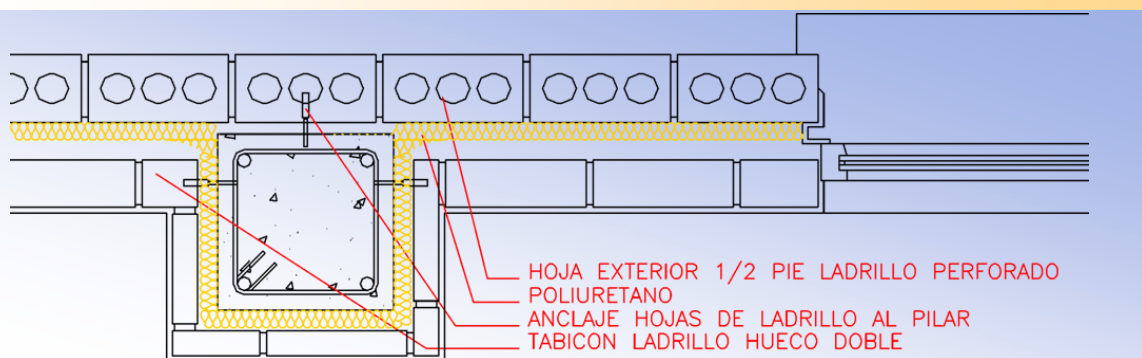
Es importante mantener limpia la base del forjado para garantizar una buena adherencia en ese punto y así evitar la retracción de la espuma.

FRENTES DE FORJADO EN PROYECCIÓN EXTERIOR



En la proyección por el exterior los frentes de forjado siempre deben quedar aislados.

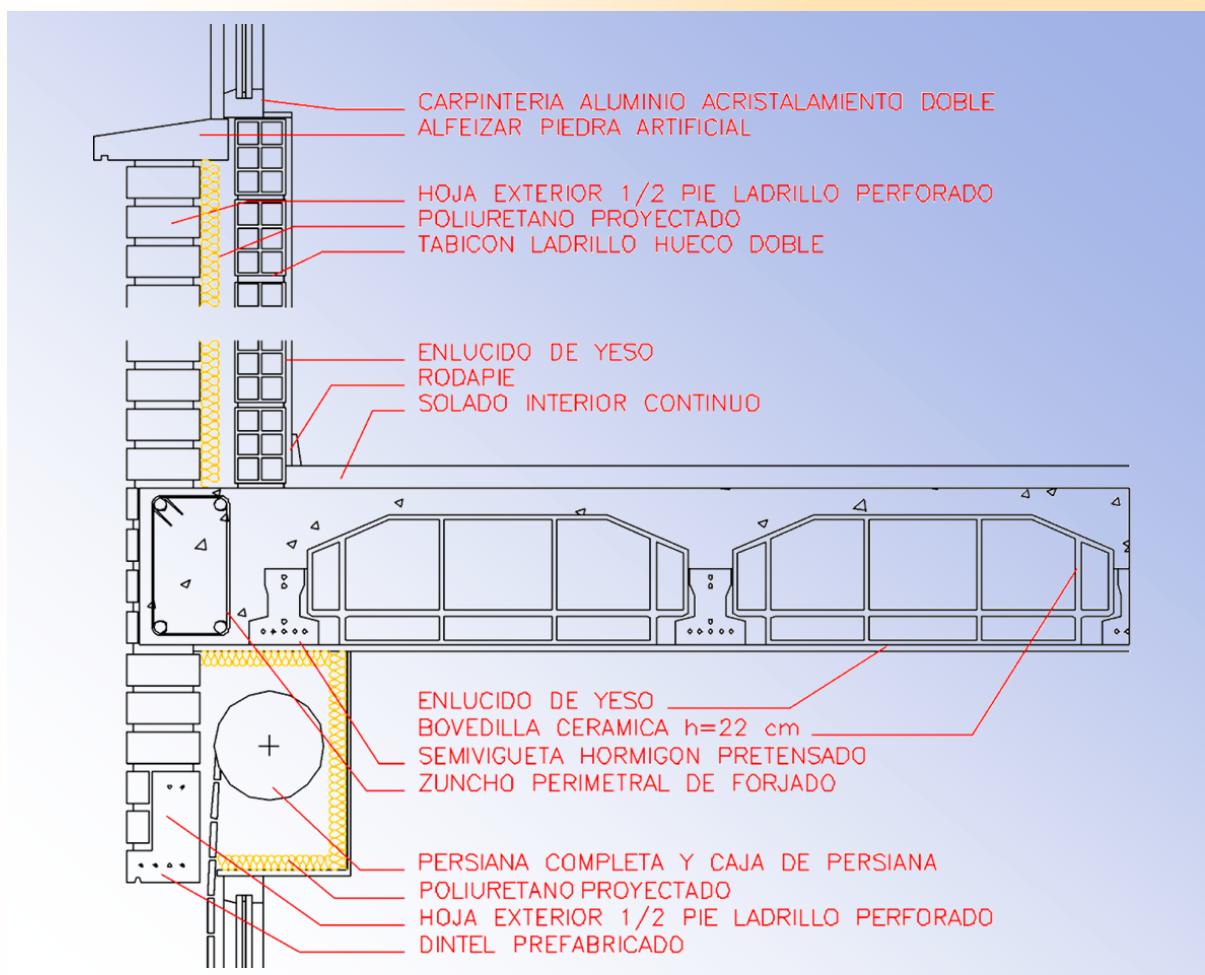
ENCUENTRO CON PILARES



Solucionar los puentes térmicos integrados en fachada, como pilares, es rápido y sencillo. Basta con extender la proyección alrededor del elemento, independientemente de su forma. El

puente térmico puede quedar tratado con un espesor menor que el resto del cerramiento, pero siempre con 20 mm de espesor mínimo.

CAPIALIZADOS Y CAJAS DE PERSIANA



En el caso de capialzados y cajas de persiana, dado que presentan condiciones desfavorables de protección térmica, se recomienda vigilar que

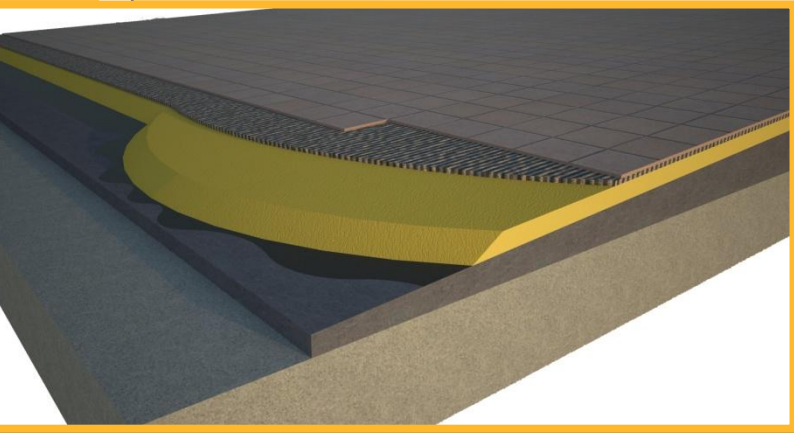
las uniones entre los diferentes materiales queden cubiertas con la espuma proyectada.

Cubierta Plana Transitable

3.7

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de cubierta compuesto por acabado transitable, capa de compresión, poliuretano proyectado, impermeabilización convencional o invertida, y soporte resistente. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.



Exterior	
Pfijo + MA	Pflotante + C + Csa
+	
I	CC
CC	PU
PU	I
BV	
+	
FP + SR	
Interior	

- Pfijo: Capa de protección: Solado fijo
- MA: Material de agarre o nivelación
- Pflotante: Capa de protección: Solado Flotante
- C: Cámara de aire, ventilada o no ventilada
- Csa: Capa separadora antipunzonante
- I: Capa de Impermeabilización
- CC: Capa de compresión de mortero, necesaria en caso de impermeabilización con tela asfáltica
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- BV: Barrera de vapor *in situ* adherida (emulsión asfáltica o bituminosa)
- FP: Formación de pendientes
- SR: Soporte resistente (Forjado o losa)



Cubierta transitable proyectada con espuma de poliuretano

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 45 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >90% (CCC4)
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	35-40	40-45
Zona A	40-45	50-55
Zona B	50-55	70-75
Zona C	55-60	105-110
Zona D	65-70	110-120
Zona E	70-75	130-140

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0,028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

- Cubierta convencional: Cuando la impermeabilización va por encima del aislamiento térmico, es recomendable colocar una barrera de vapor en la cara caliente.
- Cubierta invertida: Cuando la impermeabilización va por debajo del aislamiento térmico, la propia impermeabilización hace de barrera de vapor en la cara caliente, por lo que no habrá problemas de condensaciones.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

Solución válida para PU Euroclase E, ya que la exigencia del DB-SI2 en cubiertas (B_{roof} para determinadas áreas) es al material de revestimiento o acabado, en este caso el solado.

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.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- 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).
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

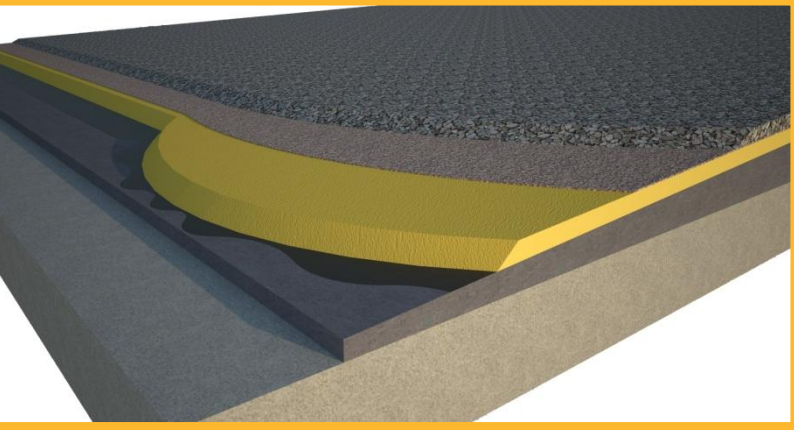
- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- Utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m³ y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa.
- Observar la ejecución de los puntos singulares según el capítulo 3.13.
- En caso de proyectar sobre la tela asfáltica, esta deberá estar adherida en toda su superficie.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- No se debe aplicar con vientos superiores a 30 km/h
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.

Cubierta Plana No Transitable

3.8

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de cubierta compuesto por acabado no transitable, aislamiento con poliuretano proyectado, impermeabilización convencional o invertida, y soporte resistente. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.



Ejemplo de cubierta no transitable protegida con elastómero y acabado de grava

Exterior			
Pg	Ip	PUe	Pt
Csa	CC	PU	Fi
PU	PU		D
			Csa
			I
CC			
PU			
I	BV	BV	I
FP + SR			
Interior			

- Pg: Capa de protección de grava
- Csa: Capa separadora antipunzonante
- Ip: Capa de Impermeabilización autoprotegida
- CC: Capa de compresión de mortero, necesaria en caso de impermeabilización con tela asfáltica
- PUe: Elastómero de poliuretano densidad 1000 kg/m³
- Pt: Capa de protección de tierra
- Fi: Capa filtrante
- D: Capa drenante
- I: Impermeabilización
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- BV: Barrera de vapor *in situ* adherida (emulsión asfáltica o bituminosa)
- FP: Formación de pendientes
- SR: Soporte resistente (Forjado o losa)

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >90% (CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	35-40	40-45
Zona A	40-45	50-55
Zona B	50-55	70-75
Zona C	55-60	105-110
Zona D	65-70	110-120
Zona E	70-75	130-140

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0,028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

- Cubierta convencional: Cuando la impermeabilización va por encima del aislamiento térmico, es recomendable colocar una barrera de vapor en la cara caliente.
- Cubierta invertida: Cuando la impermeabilización va por debajo del aislamiento térmico, la propia impermeabilización hace de barrera de vapor en la cara caliente, por lo que no habrá problemas de condensaciones.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

Solución válida para PU Euroclase E, ya que la exigencia del DB-SI2 en cubiertas (B_{roof} para determinadas áreas) es al material de revestimiento o acabado, en este caso la protección elegida.

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.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- 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).
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- 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.
- Observar la ejecución de los puntos singulares según el capítulo 3.13.
- Si se aplica un producto de densidad 35 kg/m^3 se deberá proteger la superficie de la espuma al efectuar operaciones posteriores.
- En caso de proyectar sobre la tela asfáltica, esta deberá estar adherida en toda su superficie.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C .
- No se debe aplicar con vientos superiores a 30 km/h
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.

DESCRIPCIÓN

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



Exterior			
Pi	Tj	Ip	
T + Ras	Ras + C	Pell	
PU		CC	
	PU	PU	
		BV	
SR			
Interior			



Cubierta de teja sobre pelladas, aislada con poliuretano proyectado

- Pi: Acabado de pizarra
- T + Ras: Tablero fenólico sobre rastreles
- Tj: Acabado de teja
- Ras + C: Rastreles con cámara ventilada
- Pell: Pelladas de fijación de tejas (mortero o poliuretano monocomponente)
- Ip: Capa de Impermeabilización autoprottegida
- CC: Capa de compresión de mortero, necesaria en caso de impermeabilización con tela asfáltica
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- BV: Barrera de vapor *in situ* adherida (emulsión asfáltica o bituminosa)
- SR: Soporte resistente (forjado, tablero cerámico, losa, tablero de madera o chapa metálica)

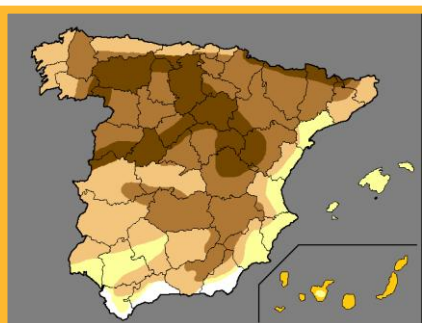
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada:..... >90% (CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	40-45	45-50
Zona A	45-50	50-60
Zona B	50-60	70-80
Zona C	60-65	110-115
Zona D	70-75	115-120
Zona E	75-80	135-140

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Cuando la impermeabilización va por encima del aislamiento térmico, y no permite la transpiración, es recomendable colocar una barrera de vapor en la cara caliente.

En caso de que el elemento impermeabilizante sea un elemento discontinuo que permita la transpiración, como teja o pizarra, no será necesaria la colocación de una barrera de vapor.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

Solución válida para PU Euroclase E, con una protección al menos B_{roof} en aquellas zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada o cubierta del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI-60.

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.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, impidiendo deslizamientos.
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

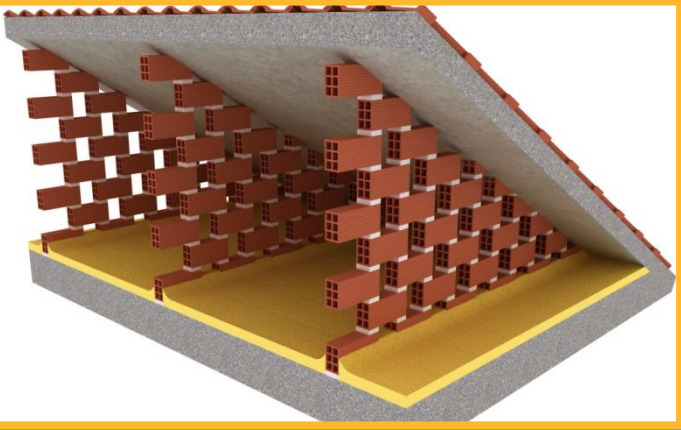
- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- Para evitar posibles deterioros en el poliuretano, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m^3 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.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C .
- No se debe aplicar con vientos superiores a 30 km/h
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.

Cubierta Aislada entre Tabiques Palomeros

3.10

DESCRIPCIÓN

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



Exterior	
Cubierta Inclinada	
PU	C
C nv	PU
SR	
Interior	

PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
 C nv: Cámara entre tabiques palomeros no ventilada
 C: Cámara entre tabiques palomeros
 SR: Soporte resistente



La proyección entre tabiques palomeros se adapta a todos los rincones minimizando los puentes térmicos

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	30-40	35-45
Zona A	35-45	45-55
Zona B	44-55	65-75
Zona C	50-60	100-115
Zona D	60-70	105-120
Zona E	65-75	130-140

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Si la cámara entre tabiques palomeros tiene ventilación, por pequeña que sea, no habrá problema de condensaciones, por lo que no será necesaria la colocación de una barrera de vapor.

En caso de que el elemento impermeabilizante sea un elemento discontinuo que permita la transpiración, como teja o pizarra, tampoco será necesaria la colocación de una barrera de vapor.

Si la cámara entre tabiques palomeros es estanca, y la impermeabilización de la cubierta no permite la transpiración (tela asfáltica, PVC, EPDM...), puede ser necesario colocar una barrera de vapor en la cara caliente del aislamiento, por lo que hay que realizar el cálculo de condensaciones.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11)

En viviendas, solución válida para PU Euroclase E.

En resto de usos, solución válida para PU Euroclase E cuando la cámara sea estanca y no contenga instalaciones susceptibles de iniciar o propagar un incendio.

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.
- Baja absorción de humedad.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

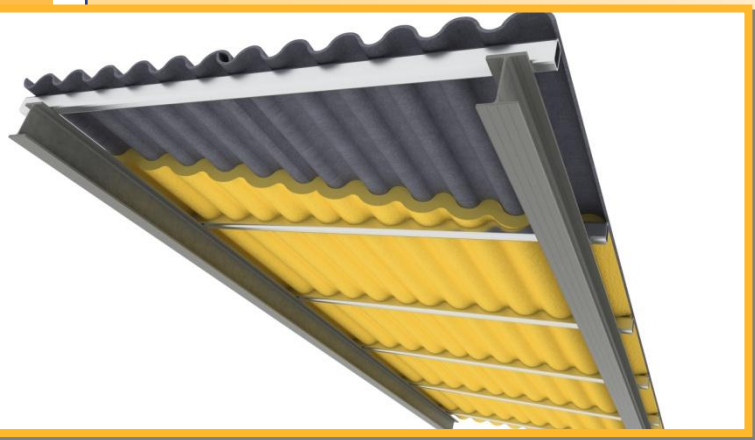
- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- En caso de proyectar sobre el suelo, y si el espacio entre tabiques puede ser visitable (para almacenar objetos, por ejemplo), se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m³ 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.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.

Cubierta Ligera Aislada por el Interior

3.11

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de cubierta compuesto por chapa metálica, placa de fibrocemento o teja, aislada con poliuretano proyectado por el interior. Solución recomendada para rehabilitación.



Exterior		
Tj	FC	CM
PU		PU
		BV
Interior		

- Tj: Acabado de teja
- FC: Placa de Fibrocemento
- CM: Chapa Metálica
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado por el interior
- BV: Barrera de vapor *in situ* en caso de humedad ambiente interior elevada



Cubierta de chapa aislada con poliuretano



Con el poliuretano proyectado se eliminan fácilmente los puentes térmicos, independientemente de su complejidad

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E o C-s3,d0
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	45	50
Zona A	50	60
Zona B	60	80
Zona C	65	120
Zona D	75	125
Zona E	80	145

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Cuando la cubierta sea de chapa y el ambiente interior tenga un alto contenido en humedad, será recomendable colocar una barrera de vapor *in situ* en la cara caliente para evitar condensaciones en el interior de la espuma.

Una emulsión asfáltica o bituminosa es una barrera de vapor apropiada, ya que es químicamente compatible con el poliuretano, y mantiene las ventajas de adherencia y continuidad de éste último.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Solución no válida para cumplir las exigencias del CTE en el espacio situado inmediatamente bajo esta cubierta ligera.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11 y el RSCIEI)

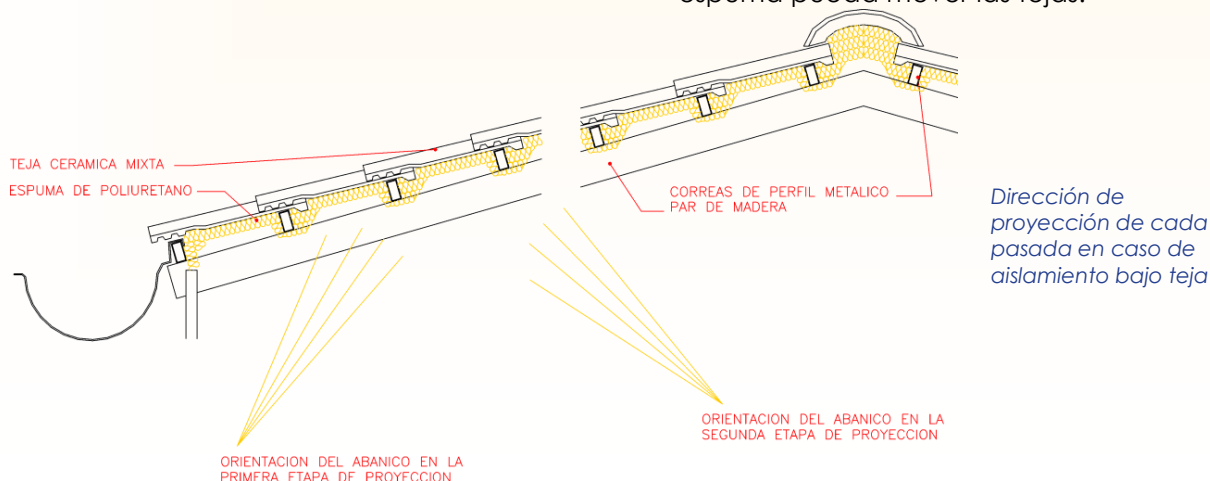
- Poliuretano Euroclase E válido para revestimiento interior de viviendas o edificaciones industriales de uso agropecuario (granjas, almacenes agropecuarios, etc.)
- Poliuretano Euroclase C-s3,d0 para revestimiento interior del resto de edificaciones industriales (Industrias, almacenes industriales, talleres, etc.)

VENTAJAS

- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- Baja absorción de humedad.
- 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 o fibras peligrosas (amianto).
- Solución válida para encapsulado de fibrocemento.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- Aplicar a una distancia inferior a 2 m.
- 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.

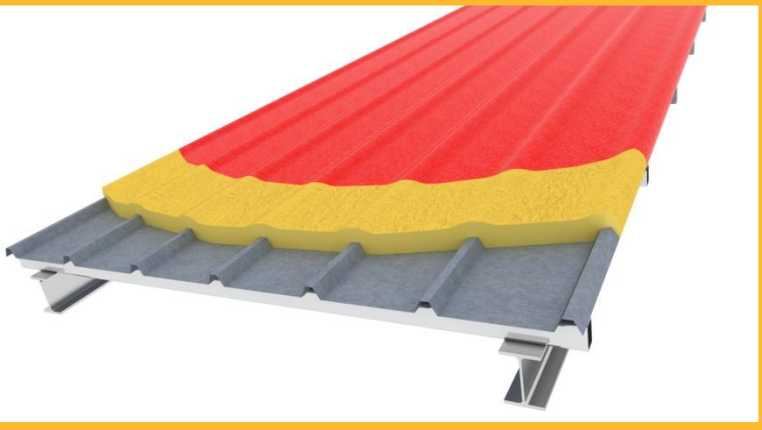


Cubierta Ligera Aislada por el Exterior

3.12

DESCRIPCIÓN

Cerramiento de cubierta compuesto por chapa metálica, placa de fibrocemento o teja, aislada con poliuretano proyectado por el exterior, y posterior protección de la espuma. Solución recomendada para rehabilitación.

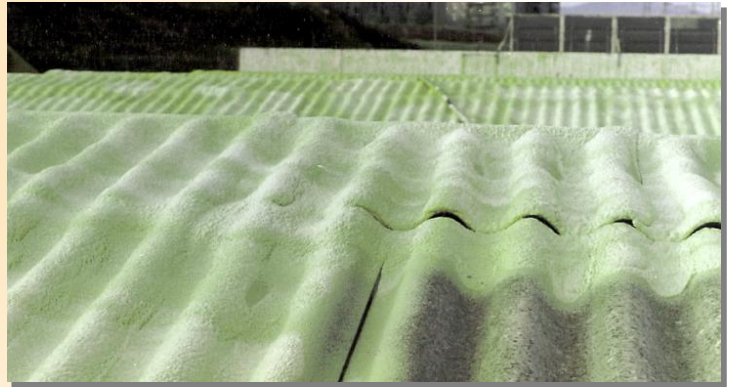


Exterior		
PP		
PU		
Tj	FC	CM
Interior		

- PP: Capa de protección del poliuretano (Pintura, Elastómero... etc)
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado por el exterior
- Tj: Acabado de teja
- FC: Placa de Fibrocemento
- CM: Chapa metálica



Cubierta de chapa aislada por el exterior, antes de aplicar la protección de la espuma



La proyección de poliuretano sella todas aquellas pequeñas fisuras o juntas que pudiese presentar la cubierta, reforzando la impermeabilidad

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90% (CCC4)
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	45	50
Zona A	50	60
Zona B	60	80
Zona C	65	120
Zona D	75	125
Zona E	80	145

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Cuando la capa de protección del poliuretano sea no traspirable el sustrato sea permeable (p.ej. fibrocemento) y el ambiente interior tenga un alto contenido en humedad, es recomendable colocar una barrera de vapor *in situ* en la cara caliente como una emulsión asfáltica o bituminosa, ya que son químicamente compatibles con el poliuretano, y mantienen las ventajas de adherencia y continuidad de éste último.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Solución no válida para cumplir las exigencias del CTE en el espacio situado inmediatamente bajo esta cubierta ligera.

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2 y el RSCIEI)

Solución válida para PU Euroclase E, con una protección al menos Broof en aquellas zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI-60.

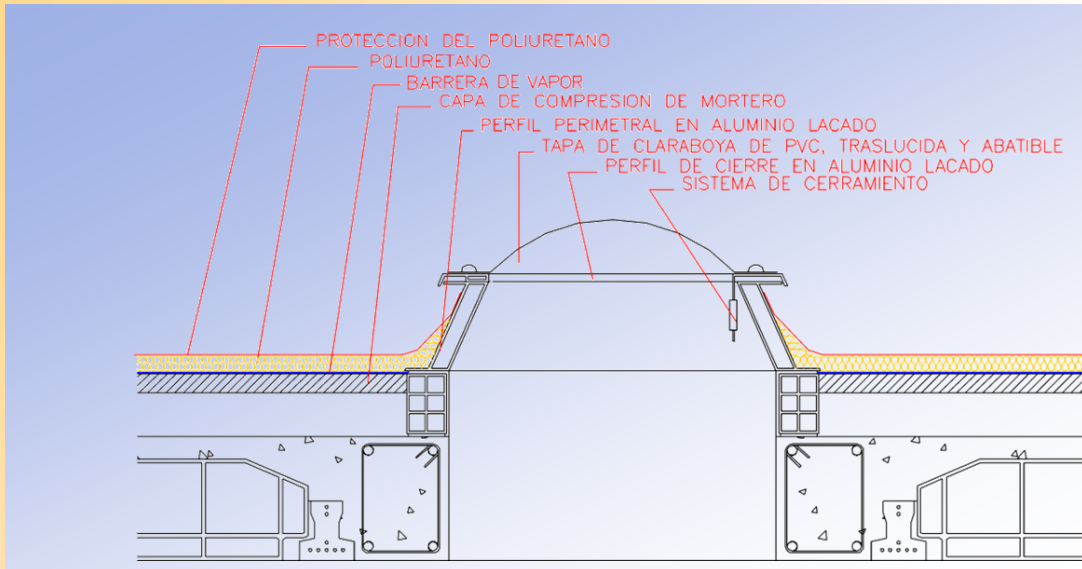
VENTAJAS

- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- Baja absorción de humedad.
- Consolida la cubierta, aumenta su resistencia mecánica, mejora su impermeabilidad, y elimina el riesgo de desprendimientos o emisión de sustancias o fibras peligrosas (amianto).
- Aísla térmicamente la propia cubierta, reduciendo dilataciones y aumentando su duración.
- Solución válida para encapsulado de fibrocemento.
- No afecta a la seguridad en caso de incendio
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento, sin necesidad de interrumpir la actividad.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

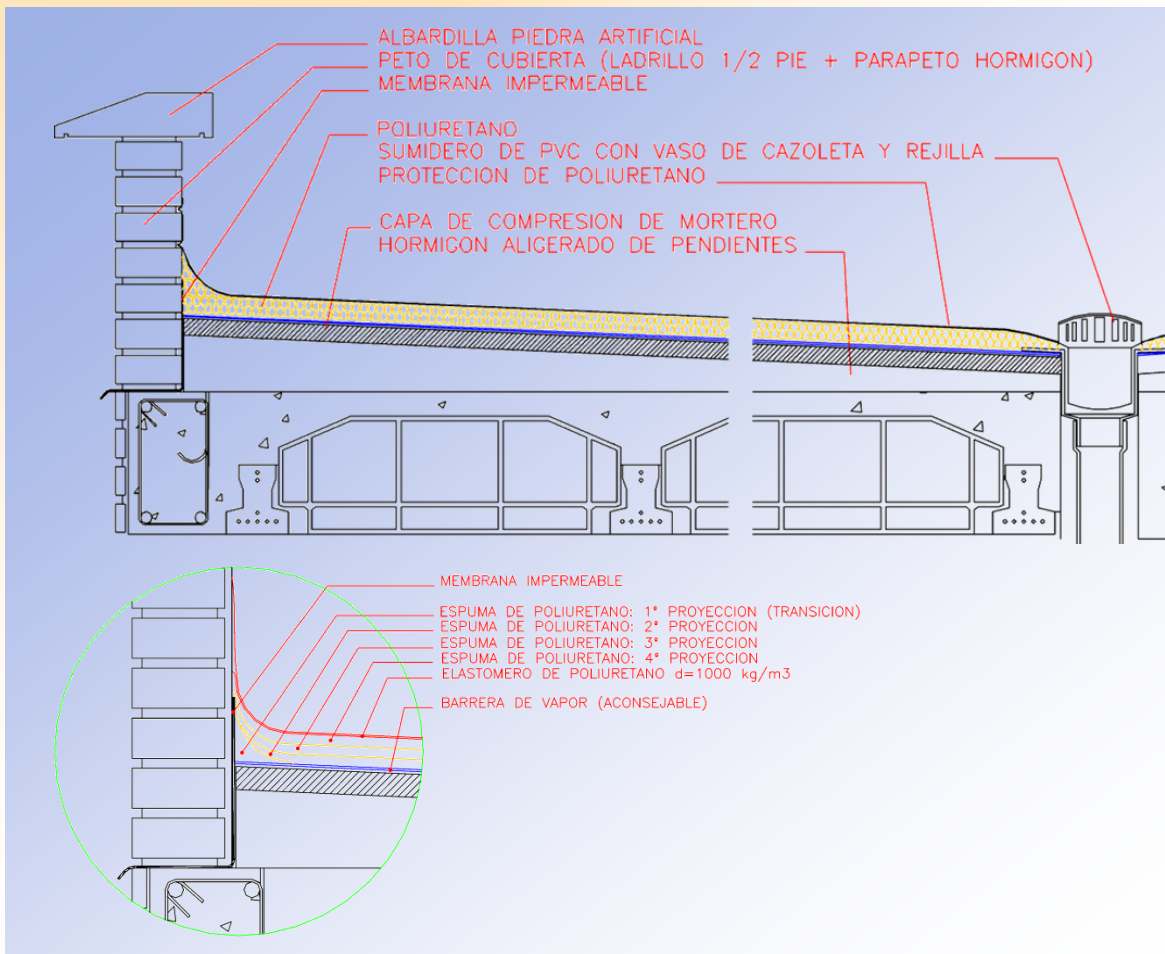
RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- Para evitar posibles deterioros en el poliuretano, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m³ y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa.
- Si se aplica un producto de densidad 35 kg/m³ se deberá proteger la superficie de la espuma al efectuar operaciones posteriores.
- Se recomienda efectuar la proyección integrando el canalón en la cubierta. Ver capítulo 3.13.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- En caso de proyección sobre un sustrato antiguo, se deberá efectuar una limpieza profunda de la superficie exterior de la cubierta.
- No se debe aplicar con vientos superiores a 30 km/h
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- La superficie exterior de la espuma deberá quedar protegida de la radiación solar.

ENCUENTRO CON PETOS, CHIMENEAS, CLARABOYAS, etc.

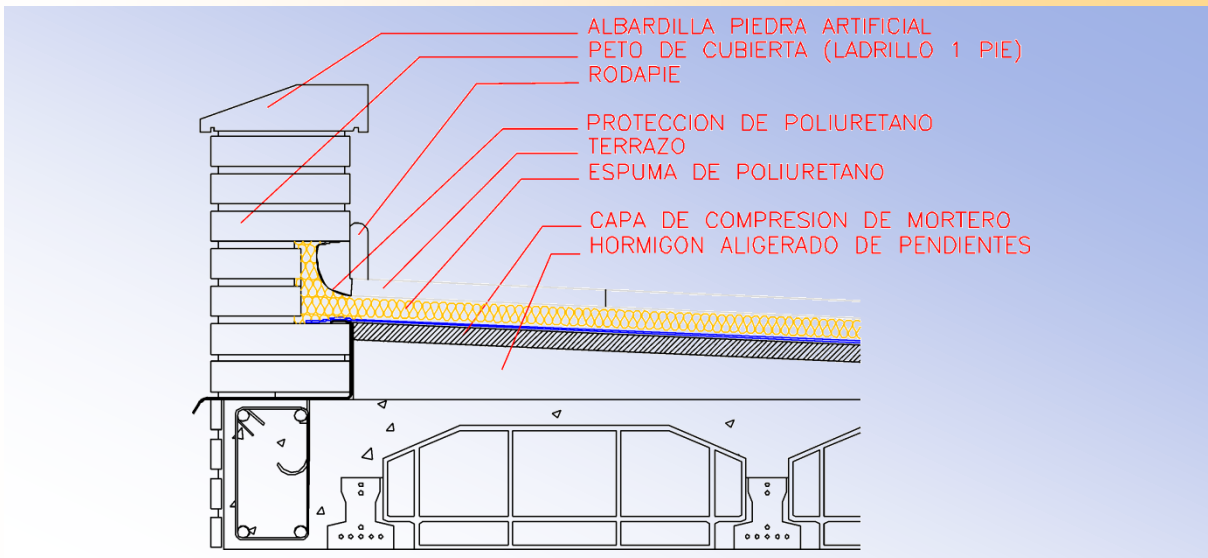


Estas singularidades deben ejecutarse con encuentro del plano vertical y horizontal antes de proyecciones específicas sobre la línea de pasar la proyección general en toda la cubierta.



En cubiertas con petos se realizará primero la proyección sobre la línea de encuentro. La proyección de espuma se prolongará por el peto haciendo una disminución del grosor paulatina.

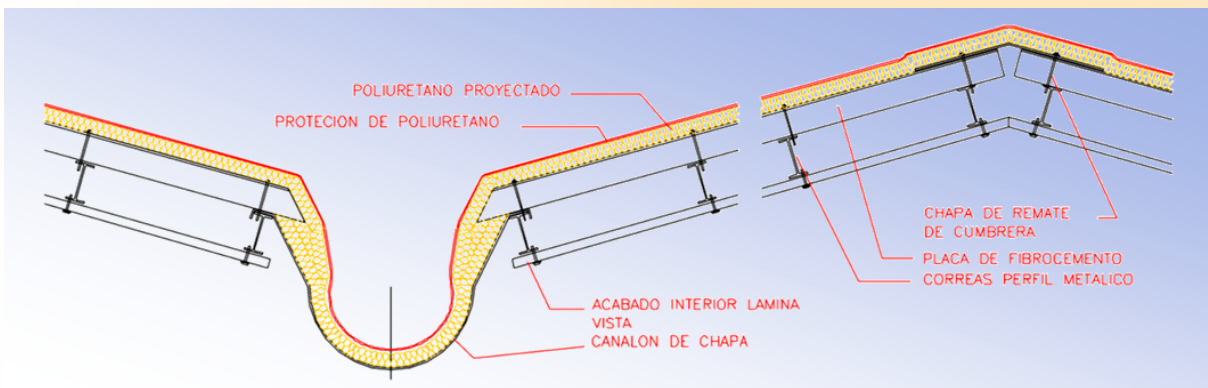
En caso de acabado de elastómero, éste se prolongará a ser posible hasta la albardilla, o en su defecto al menos hasta una altura 10 cm superior a la de la espuma.



En caso de que la cubierta lleve un tipo de acabado que implique la presencia de rodapié, y para que la capa de espuma de poliuretano

conservé toda su integridad, se realizará un rebaje en la pared del peto para que la proyección se realice dentro de este rebaje.

ENCUENTRO CON SUMIDROS Y CANALONES

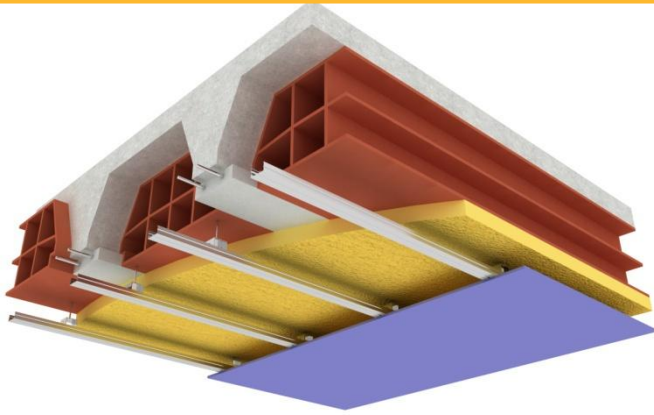


Se cuidará especialmente que el acceso del agua a sumideros y canalones quede garantizado. En el caso de cubiertas de fibrocemento, se recomienda integrar la

proyección con los canalones, para lo que es necesario cortar el fibrocemento sobrante, realizando un sellado previo entre la onda de la lámina y el propio canalón.

DESCRIPCIÓN

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



Planta Superior	
SR	
PU	PU
	C
+	
YL	PES
Planta Inferior	

SR: Soporte resistente (forjado, tablero cerámico, losa, tablero de madera o chapa metálica)
 PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
 C: Cámara de aire estanca
 YL: Placa de yeso laminado
 PES: Placa de escayola



El poliuretano proyectado en el techo puede compensar pequeños desperfectos en las bovedillas



Es importante no dañar la espuma al colocar los soportes del techo.

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media:..... 35 kg/m³
- Espesor medio:..... Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Cubiertas	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	35-40	40-45
Zona A	40-45	50-55
Zona B	50-55	70-75
Zona C	55-60	105-110
Zona D	65-70	110-120
Zona E	70-75	130-140

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Cuando el Soporte Resistente tenga una resistencia elevada al paso de vapor de agua (chapa, por ejemplo) y esté al exterior, será necesario realizar el cálculo de condensaciones.

En caso de existir riesgo de condensaciones, es recomendable colocar una barrera de vapor *in situ* en la cara caliente como una emulsión asfáltica o bituminosa, ya que son químicamente compatibles con el poliuretano, y mantienen las ventajas de adherencia y continuidad de éste último.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11)

En viviendas, solución válida para PU Euroclase E.

En resto de usos, solución válida para PU Euroclase E cuando la cámara sea estanca y no contenga instalaciones susceptibles de iniciar o propagar un incendio. En caso contrario, se deberá proteger la espuma de poliuretano Euroclase E con yeso, mortero o pintura intumescente para conseguir una clasificación Euroclase B,s3-d0 en aplicación final de uso.

VENTAJAS

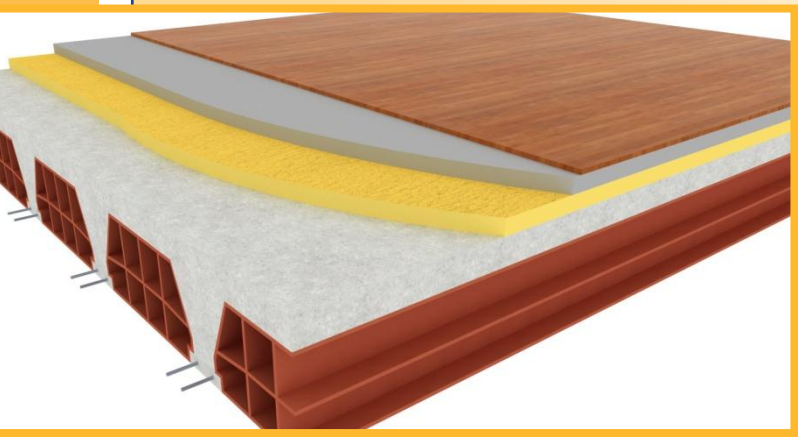
- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Se adhiere a cualquier superficie sin necesidad de fijaciones o colas, por compleja que esta sea, rellenando huecos y sellando fisuras.
- Ligero, estable y resistente. Sin descuelgues ni deterioros.
- Consolida el forjado, y elimina el riesgo de desprendimientos.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- Aplicar desde una distancia inferior a 2 m.
- 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 taladrando a través de la espuma, sin romper ésta por otros medios que arranquen porciones de aislante mayores que el diámetro de la varilla.

DESCRIPCIÓN

Cerramiento horizontal aislado por arriba con poliuretano proyectado. Solución válida para obra nueva y rehabilitación.



Interior		
AC	MF	MR
MA		
MC		Exterior
PU		
SR		

- AC: Acabado cerámico
- MA: Mortero de Agarre
- MC: Mortero de compresión
- MF: Acabado de madera flotante
- MR: Acabado de madera sobre rastreles
- PU: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
- SR: Soporte resistente (forjado o losa)



Capa continua de poliuretano proyectado en el suelo, antes del solado



Tuberías e instalaciones quedan envueltas por el poliuretano proyectado

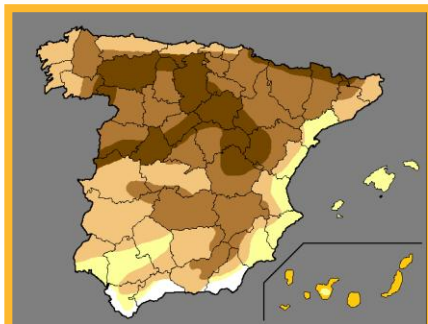
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Densidad media: 45 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE-EN 14315-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE-EN 14315-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



	Suelos	
	Rehabilitación	Obra Nueva
Zona a	20	20-25
Zona A	20-25	20-25
Zona B	25-30	25-30
Zona C	25-30	45-50
Zona D	30-35	45-50
Zona E	35-40	45-50

Valores de espesor orientativos, calculados con un valor de conductividad térmica de 0.028 W/mK. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento.

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía del Poliuretano conforme al CTE DA-DB-HE-2 Apartado 4.2.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores de R_A dados por las losas o los forjados. Valores mínimos de R_A entre 44 y 75 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V6.3

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-S11)

Solución válida para PU Euroclase E

VENTAJAS

- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Total desolidarización del acabado con el forjado.
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra.
- Mantiene sus propiedades durante la vida útil del edificio.
- Excelente relación calidad/precio.

RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma UNE-EN 14315-1.
- Contratar empresas de aplicación sello de Instalador Homologado conforme a la Norma UNE-EN 14315-2.
- La superficie sobre la que se va a proyectar ha de estar limpia, seca y por encima de 5°C.
- Aplicar en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante.
- 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.

4 PUESTA EN OBRA



- 4.1. Control de recepción en obra78
- 4.2. Control de ejecución de obra80
- 4.3. Control de la obra terminada81
- 4.4. Medición y ensayos82
- 4.5. Precauciones en la puesta en obra .85

Control de recepción en obra según el CTE

El Código Técnico de la Edificación en el Artículo 7 recoge las condiciones en la ejecución de las obras, donde aparece el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas.

El control de recepción en obra tiene por objeto comprobar que las características técnicas de lo suministrado satisfacen lo exigido en proyecto. Este control se realiza a tres niveles:

Control de la documentación:

- Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- Certificado de garantía del fabricante.
- Documentos de conformidad reglamentarios (Marcado CE y DdP).

Control de recepción por distintivos de calidad:

- Proporcionados por el suministrador.
- El director de la ejecución de la obra verificará que ésta documentación es suficiente para la aceptación de lo amparado por ella.

Control de recepción mediante ensayos:

- En ciertos casos, a criterio del proyecto o dirección facultativa.

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 como mínimo las siguientes:

Características exigibles al poliuretano en todas las aplicaciones		
Densidad	ρ	kg/m ³
Conductividad térmica (tabla de prestaciones)	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	

Características exigibles al poliuretano en aplicaciones específicas		
Resistencia a la compresión	σ_m	kPa
Reacción al fuego en aplicación final de uso	Euroclases	

Para verificar el cumplimiento de estas características, es recomendable comprobar que el producto utilizado posee una certificación de calidad de producto (Marca N de AENOR, Marca APPLUS+), y que la empresa que lo aplica también tiene un sello de calidad del servicio de instalación, como el Sello Instalador Homologado AISLA.

Documentación para el control de recepción en obra del poliuretano proyectado o inyectado:
● Ficha técnica del producto.
● Marcado CE (pegado sobre uno de los dos bidones, generalmente el de polioli)
● Declaración de Prestaciones (DdP o DoP), firmada por persona física, que contenga al menos la siguiente información:
▶ Conductividad térmica y Resistencia Térmica en forma de tabla de prestaciones
▶ Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua
▶ Reacción al fuego desnudo
▶ Permeabilidad al agua
● Con carácter voluntario, pero recomendable en cualquier caso:
▶ Certificación de calidad de las materias primas (Marca N de AENOR, Marca APPLUS+)
▶ Sello de calidad de la puesta en obra (Sello IH de AISLA)

E poliuretano proyectado y el mercado CE

El día 1 de julio de 2013 entró en vigor el nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción (RPC) UE N° 305/2011 que obliga a los fabricantes de productos de construcción que estén incluidos en una Norma Europea Armonizada cuyo periodo de coexistencia haya finalizado, elaborar y facilitar a sus clientes la siguiente documentación adicional:

- **Mercado CE:** Mercado del producto que contiene el logotipo CE, el código de designación, y las características técnicas esenciales. Debido a la naturaleza de los sistemas de poliuretano (componentes líquidos), los productos suelen marcarse con una etiqueta adherida al envase.
- **Declaración de Prestaciones** (DdP, o DoP del inglés): Documento firmado que recoge un código de identificación del producto, su uso previsto, y sus prestaciones declaradas.

Las Normas Europeas Armonizadas del Poliuretano Proyectado e Inyectado

Desde el 1 de noviembre de 2014 es obligatorio exhibir y entregar el Mercado CE y la Declaración de Prestaciones (DdP) de los productos de Poliuretano Proyectado para aislamiento térmico en edificación según la Norma Europea Armonizada UNE-EN 14315-1, y de Poliuretano Inyectado según la Norma Europea Armonizada UNE-EN 14318-1.

Conclusión

- Desde noviembre de 2014 es obligatorio presentar el Mercado CE y la Declaración de Prestaciones de los sistemas de poliuretano proyectado e inyectado para aislamiento térmico en edificación.

El Mercado CE del Poliuretano Proyectado e Inyectado

La Norma de producto y el RPC especifican que el mercado CE y la DdP del poliuretano proyectado o inyectado es del sistema completo, del conjunto isocianato-poliol, quedando invalidado si se separan ambos productos, o se sustituyen por otros, aunque sean equivalentes o parecidos.

Además, no se puede comercializar un poliol con Mercado CE, o un Isocianato con Mercado CE, ya que el Mercado CE es del conjunto, del kit poliol-isocianato.

Responsabilidades en relación al Mercado CE

El fabricante o importador: Es el único responsable de elaborar, firmar y proporcionar al cliente el Mercado CE y la Declaración de Prestaciones (DdP).

Como fabricante o importador se entiende a la empresa que fabrica o simplemente forma el sistema, el kit poliol-isocianato, y lo pone en el mercado para venta a terceros o para autoconsumo.

Prescripción de la correcta instalación y control de Poliuretano Proyectado

Aislamiento térmico a base de Poliuretano Proyectado, producto conforme con la **Norma UNE-EN 14315-1**, prescrito de conformidad con la **Norma UNE 92184**, instalado según la **Norma UNE-EN 14315-2**, medición de los trabajos según **Norma UNE 92310**, y controlado en obra según **Norma UNE 92325** Anexos A y E.

Prescripción de la correcta instalación y control de Poliuretano Inyectado

Aislamiento térmico a base de Poliuretano Inyectado, producto conforme con la **Norma UNE-EN 14318-1**, instalado según la **Norma UNE-EN 14318-2**, medición de los trabajos según **Norma UNE 92316**, y controlado en obra según **Norma UNE 92325** Anexos A e I.

Control del aplicador

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 40 °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

Control del jefe de obra

Durante la ejecución de la obra, si se 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.



Se controlará el adecuado tratamiento de puentes térmicos

La aplicación se realizará en capas sucesivas respetando el espesor máximo por capa recomendado por el fabricante

Se limpiará la base del forjado

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 un sello 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 un sello 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 100 m² y al menos un ensayo interno de densidad al día

Caso 3: Ni sistemas ni aplicación certificada

Si la empresa aplicadora no tiene un sello 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 100 m² y al menos un ensayo interno de densidad al día

Norma de Control en Obra

La Norma UNE 92325 "Productos de aislamiento térmico en la edificación y cerramientos acristalados. Control de la instalación" recoge en sus Anexos A, E e I las listas de comprobación para el control en obra de la instalación de poliuretano proyectado e inyectado en sus aplicaciones más habituales.



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



El ensayo de medición del espesor se realizará al menos cada 100 m².



Aplicador proyectando muestras para realizar un ensayo externo de conductividad térmica.

Si los sistemas empleados no tienen certificación de calidad, será necesario realizar al menos uno por cada unidad de obra.

Medición de los trabajos de Poliuretano Proyectado

A continuación se recoge un resumen de la Norma UNE 92310 "Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico en edificación. Espuma rígida de poliuretano (PU) proyectado *in situ*", en su edición de 2016.

Paredes lisas

Se medirá a cinta corrida. Deducciones:

- **Pilares:** no se deducirán.
- **Huecos:**
 - ▶ Menores de 2 m²: deducción 0%
 - ▶ Entre 2 y 4 m²: deducción 50%
 - ▶ Mayores de 4 m²: deducción 80%

Cubiertas y superficies planas

Por arriba: a cinta corrida. Deducciones:

- ▶ Mismo criterio que en paredes lisas.

Por debajo: Mismo criterio con incrementos:

- ▶ Techos lisos: 15%.
- ▶ Techos no lisos (Bañeras, etc.): 20% más desarrollo.

Cubiertas onduladas, perfiladas, tejas.

Por arriba: medición en desarrollo.

Por debajo: mismo criterio, añadiendo el desarrollo de la estructura (cerchas, vigas...)

Frentes de forjado

Medición a cinta corrida, considerando 1 m lineal de frente forjado como 1 m² de superficie.

Aplicaciones especiales

Se podrán aplicar otros incrementos por acuerdo entre las partes en situaciones de especial dificultad: Trabajos en altura, medianeras exteriores, cubiertas de gran pendiente, trabajos desde grúa, etc.

Medición del espesor

El espesor se determinará de acuerdo con la Norma UNE-EN 14315-2, Anexo A.

Medición de la densidad

La densidad se determinará de acuerdo con la Norma UNE-EN 14315-2, Anexo B.

Medición de los trabajos de Poliuretano Inyectado

A continuación se recoge un resumen de la Norma UNE 92316 "Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico mediante relleno de cámaras en edificación", en su edición de 2016.

Paredes lisas

Se medirá a cinta corrida, añadiendo encuentros. Deducciones:

- **Pilares:** no se deducirán.
- **Huecos:**
 - ▶ Menores de 2 m²: deducción 0%
 - ▶ Entre 2 y 4 m²: deducción 50%
 - ▶ Mayores de 4 m²: deducción 80%

Aplicaciones especiales

Se podrán aplicar otros incrementos por acuerdo entre las partes en situaciones de especial dificultad: Trabajos en altura, medianeras exteriores, trabajos desde grúa, etc.

Medición del espesor

Se tomarán 10 medidas cada 100 m², a través de los orificios de inyección, midiendo con una cinta métrica metálica la profundidad total del orificio y restando el grosor de la primera hoja.

El espesor medio se calculará como la media aritmética de todas las medidas tomadas.



Medición del espesor del Poliuretano Proyectado

Para conocer el procedimiento para realizar la medida del espesor en obra de la espuma de poliuretano aplicada *in situ* por proyección, hay que tener en cuenta la Norma UNE-EN 14315-2: "Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado *in situ*. Especificaciones para el aislamiento instalado".

Procedimiento de medición

La medición del espesor se efectuará con ayuda de un punzón graduado o instrumento similar cuyo diámetro no sobrepase 2 mm.

Se tomarán 10 medidas cada 100 m² proyectados, a más de 200 mm de cualquier borde, o arista. Si la anchura del área proyectada fuese menor de 450 mm, las medidas se deberán tomar a más de 100 mm de cualquier borde o arista.

El espesor declarado del aislamiento instalado se calculará como la media aritmética de todas las medidas tomadas.

Validación de los resultados

Para espesores hasta 100 mm, ninguna medición individual debe ser inferior en más de un 25% al espesor medio.

Para espesores de más de 100 mm, ninguna medición individual debe ser inferior en más de 25 mm al espesor medio.

El espesor medio será válido siempre que no sea inferior al espesor mínimo especificado por el cliente, ni al determinado por el fabricante en la tabla de prestaciones de conductividad térmica y resistencia térmica.



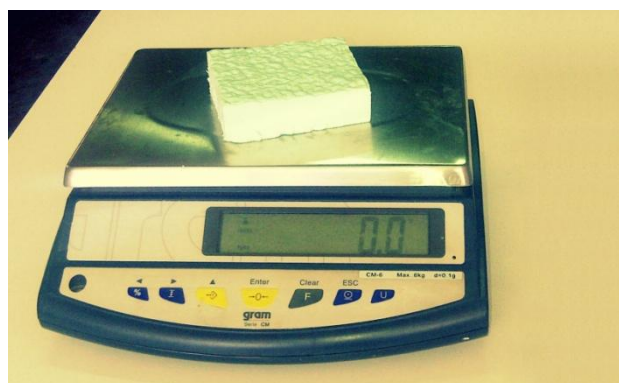
Medición de la densidad del Poliuretano Proyectado

Para conocer el procedimiento para realizar la medida de la densidad de la espuma de poliuretano aplicada *in situ* por proyección, hay que tener en cuenta la Norma UNE-EN 14315-2: "Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado *in situ*. Especificaciones para el aislamiento instalado".

En el Anexo B se recogen dos posibles métodos de ensayo para determinar la densidad declarada del aislamiento instalado:

- Método de inmersión, recogido en el Anexo C de la Norma UNE-EN 14315-2, sólo válido para productos con un Contenido en Celdas Cerradas >90% (CCC4).
- Método de cubicaje, recogido en la Norma UNE-EN 1602 "Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la densidad aparente", válido para el resto de productos.

La densidad aparente global es, según la definición de la norma UNE-EN 1602, "La masa por unidad de volumen de un producto, incluyendo todas las pieles superficiales formadas durante la fabricación, pero excluyendo cualquier acabado y/o revestimiento". Para el caso particular del poliuretano proyectado, esto quiere decir que para la determinación de la densidad habrán de tenerse en cuenta todas las pieles producidas en el proceso de fabricación, incluyendo la imprimación, las pieles intermedias y la piel final.



Método de Inmersión para la Determinación de la Densidad: Principio del método

Si un cuerpo no absorbe agua, su volumen puede determinarse fácilmente por el método de inmersión, basado en el principio de Arquímedes: "Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje ascendente igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo". Para medir este empuje ascendente, se introduce el cuerpo completamente en un recipiente con agua, colocado sobre una balanza, y se anota la variación de peso producida.

El volumen de una muestra de espuma rígida de poliuretano puede determinarse rápidamente y con precisión con éste método.

NOTA 1 - Dado el corto espacio de tiempo necesario para realizar este ensayo y por consiguiente la brevedad del tiempo de inmersión, la absorción de agua de la muestra es irrelevante.

Aparatos y productos necesarios

- Balanza, con precisión de 0,2 g.
- Trípode.
- Pinza de sujeción.
- Recipiente con agua.
- Varilla.
- Muestra de espuma.

Para calcular el volumen exacto de una muestra de poliuretano CCC4 de forma irregular, se utilizará el método de inmersión.

Procedimiento

El volumen de la muestra de espuma se mide del siguiente modo: Se prepara sobre la balanza un recipiente conteniendo agua. Con el alambre, colocado en la pinza, se sujeta la muestra de espuma y a continuación, se introduce la espuma completamente en el agua cuidando de no tocar las paredes del recipiente. Se anota la variación de peso producida al introducir la espuma. Dicha variación será el volumen de la muestra de espuma, correspondiendo 1 g a 1 cm³.

Expresión de los resultados

Para determinar la densidad de la espuma se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Densidad (g/l)} = (M / V) \times 1000$$

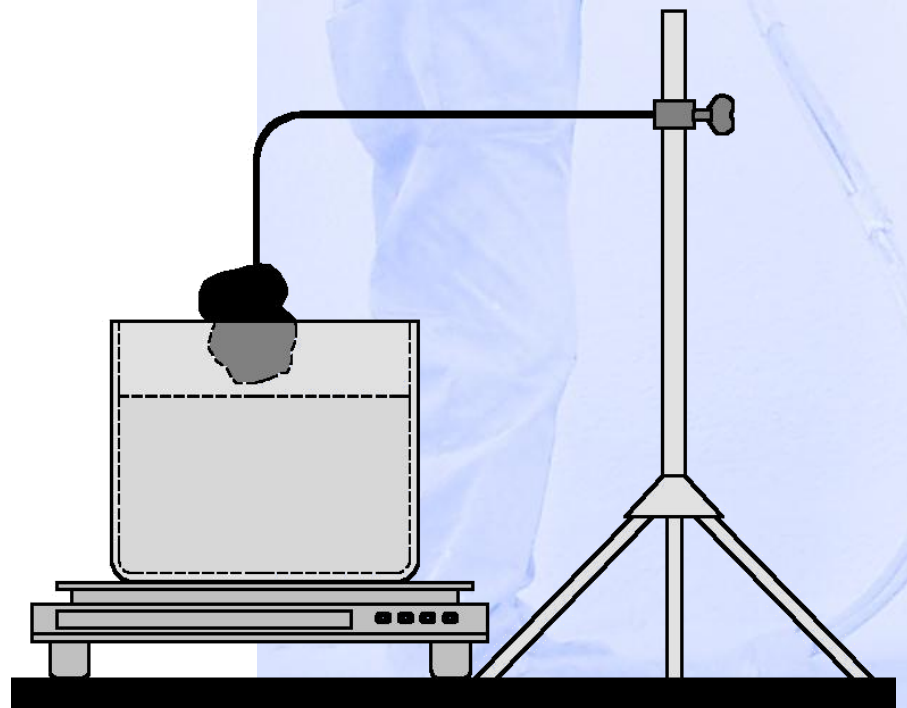
Donde:

M es la masa, en g, de la muestra
V es el volumen, en cm³, de la muestra

Este procedimiento se realizará al menos por cada unidad de obra y por día.

Validación de los resultados

La densidad será válida siempre que no sea inferior a la densidad mínima especificada por el cliente, ni a la especificada por el fabricante en el Marcado CE y el código de designación.



La espuma rígida de poliuretano es una sustancia imputrescible, estable frente al moho y al detritus, inodora y es un producto químicamente neutro. Además es resistente a los materiales habitualmente utilizados en construcción e inerte bioquímicamente. También muestra gran resistencia a los disolventes usados en construcción, como los contenidos en pinturas, adhesivos, pastas bituminosas, conservantes de madera y masillas sellantes.

Es igualmente estable a gases de escape y atmósferas industriales agresivas y posee una buena estabilidad dimensional en un rango de temperaturas de -50°C y $+110^{\circ}\text{C}$ pudiendo en periodos breves llegar a 250°C .

Estas características, unidas a las que le son propias como material aislante, le hacen un producto especialmente indicado en construcción debido a su estabilidad y larga durabilidad.

No obstante, a continuación se enumeran los problemas que pueden aparecer, y se describen causas, posibles soluciones, así como los métodos de prevención:

- Protección de los rayos ultravioleta
- Prevención de aparición de grietas por juntas de dilatación



Protección de los rayos ultravioleta

La espuma rígida de poliuretano aplicada *in situ* por proyección tiene un excelente comportamiento frente a los agentes atmosféricos (agua, temperaturas extremas, viento...). Únicamente es atacada por una exposición prolongada a la radiación ultravioleta, contenida, por ejemplo, en la luz solar directa.

Este ataque consiste en la destrucción superficial del poliuretano, teniendo como resultado un aspecto polvoriento en la superficie de la espuma. Este ataque produce una disminución de espesor a un régimen de 1 o 2 milímetros anuales, dependiendo del efecto combinado de la lluvia y el viento, siendo el primer año de menor cuantía por la presencia de la piel externa de la espuma, una capa de alta densidad de poliuretano.

Una espuma atacada (como puede ser el caso de la proyección en medianeras de edificios mientras se construye el edificio adyacente, durante 2 o 3 años) únicamente pierde espesor al régimen arriba indicado, sin que las propiedades del producto que aún queda en el paramento o cubierta sufran modificaciones (conductividad, resistencia a la compresión, densidad, resistencia al paso de vapor de agua, impermeabilidad... etc.)

Para evitar esta acción hay que recubrir las aplicaciones exteriores mediante materiales específicos como protección contra la radiación ultravioleta, como puedan ser elastómeros de poliuretano, poliureas, pinturas, o cualquier otro revestimiento específico para exterior.

Estas protecciones, al igual que cualquier otro material, deberán ser vigiladas para su conservación y mantenimiento.

En caso de espumas parcialmente degradadas, hay que proceder a un saneado con cepillo de púas o agua a presión y posterior aplicación de nueva capa de espuma de poliuretano y la adecuada protección superficial.

Ejemplo de espuma de poliuretano atacada por la radiación solar. Bajo la piel atacada, el producto mantiene sus propiedades intactas.

Prevención de aparición de grietas por juntas de dilatación

En la espuma de poliuretano aplicada directamente sobre juntas de dilatación, se pueden producir grietas provocadas por el movimiento del sustrato por dilatación o contracción.

Este efecto adquiere especial importancia en cubiertas o terrazas donde la aparición de grietas puede romper la impermeabilización.

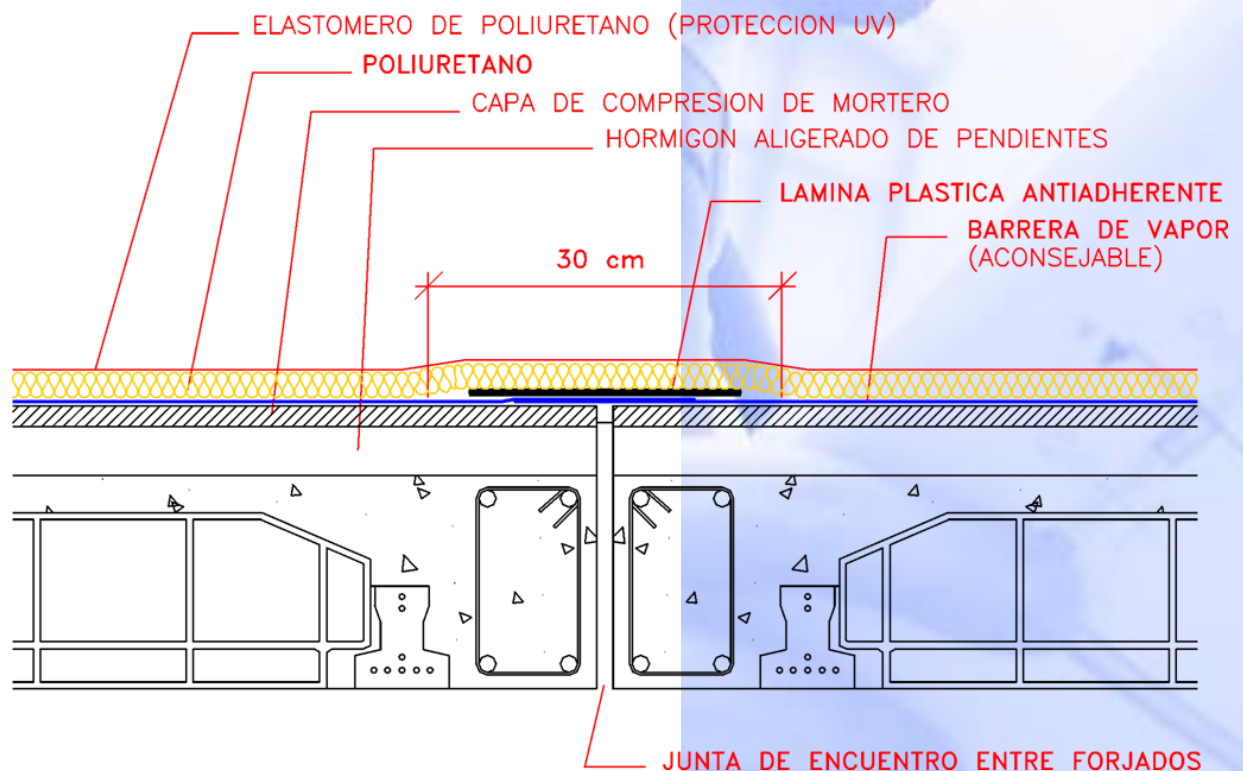
Es fácilmente evitable si en el momento de la aplicación se adoptan las precauciones debidas tratando la junta convenientemente.

Si bien es cierto que la espuma de poliuretano admite cierta deformación permanente, las tensiones generadas por efectos de

dilatación-contracción sobre juntas muy anchas, de 2 a 4 cm, no pueden ser absorbidas por la espuma.

La forma de que sean absorbidas estas tensiones es repartiéndolas, minimizando sus efectos, con la instalación de una membrana separadora elástica, por ejemplo de caucho sintético de un ancho de 30 cm, y aplicando encima el poliuretano.

Si esta banda no se hubiera colocado y apareciera el problema, la solución será cajar la espuma en un ancho superior a la banda, aproximadamente 50 cm, alojar la membrana en el centro y proyectar la espuma encima. Esto también sería aplicable en grandes fisuras que actúan como juntas de dilatación no previstas.

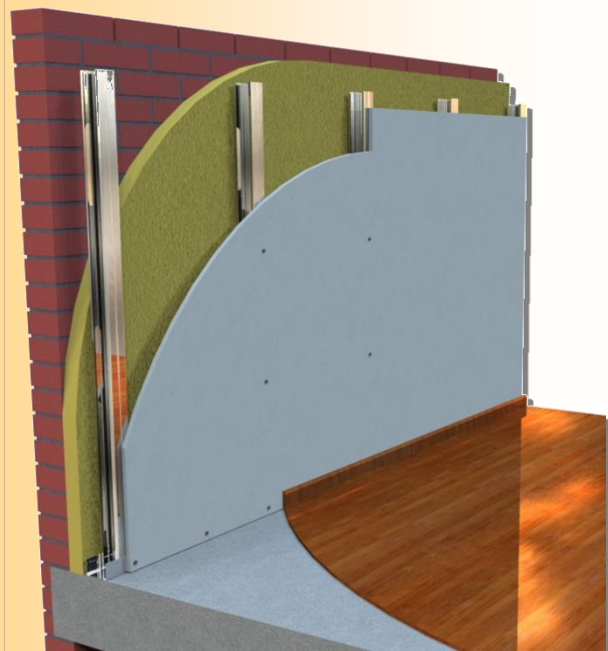


Tratamiento de una junta de dilatación en una cubierta plana con una banda elástica de al menos 30 cm de anchura.

Sistemas de placa de yeso laminado

Actualmente el 60% de las fachadas de edificación residencial se aísla con espuma de poliuretano proyectado, y el 35% se trasdosa con sistemas de placa de yeso laminado, por lo que es frecuente encontrar ambos sistemas en la misma edificación.

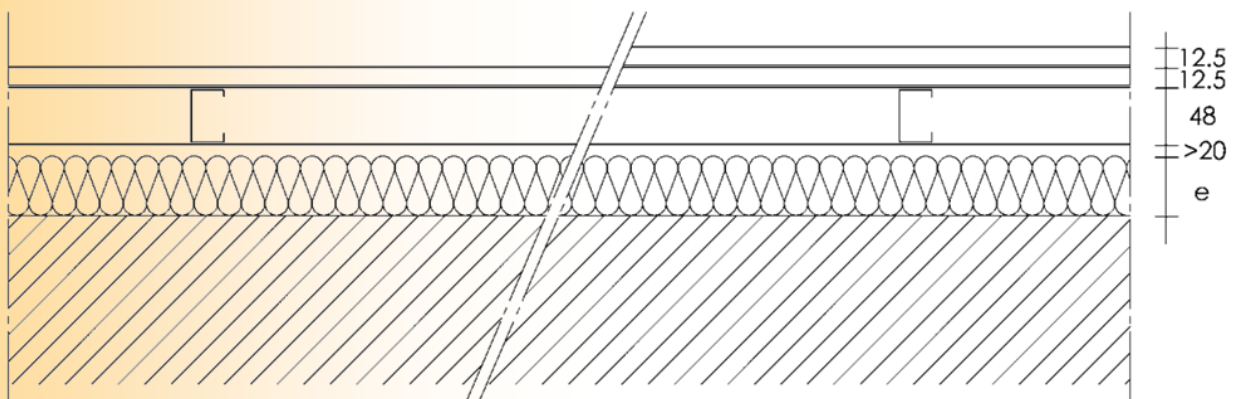
Las recomendaciones aquí recogidas hacen referencia al sistema constructivo más habitual en obra nueva, el trasdosado autoportante, aunque muchas podrían ser extrapoladas y aplicadas a trasdosados directos con pasta de agarre, o a particiones y elementos interiores.



Fachada aislada con espuma de poliuretano y trasdosada con placa de yeso laminado

Soluciones constructivas de trasdosado sin solape entre ambos sistemas

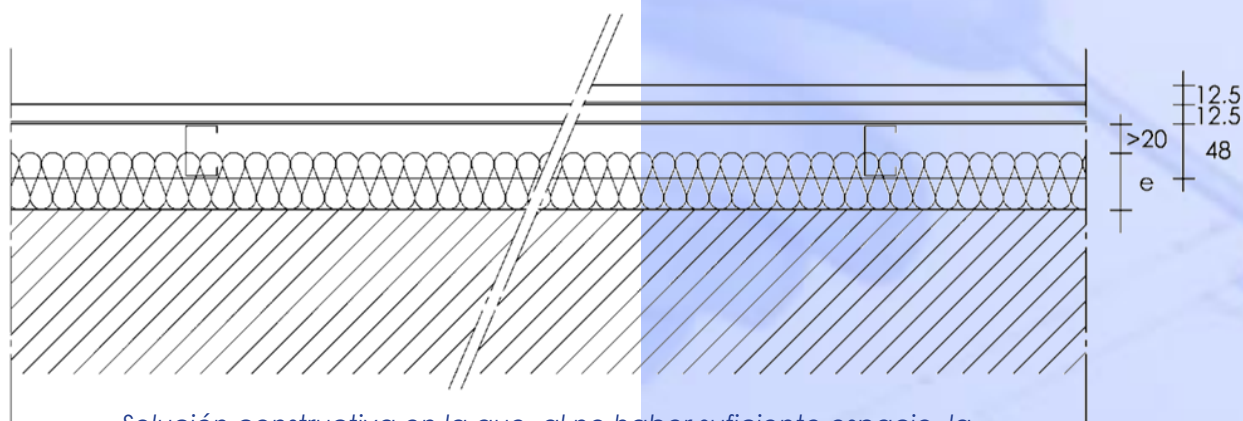
- **Identificar e informar:** Identificar el tipo de trasdosado antes de acometer la ejecución de la obra, e informar de las siguientes recomendaciones tanto al instalador del PU como al instalador del PYL.
- **Prever un margen:** Será necesario prever un espacio adicional de 20 mm como mínimo entre la espuma de poliuretano y el entramado autoportante, para dar un margen a las posibles irregularidades de la hoja principal y de la espuma de poliuretano.
- **Mantener limpio el asiento:** Durante la proyección se habrá de mantener limpia la zona del forjado inferior y superior donde se fijarán los canales mediante la protección del forjado con un cartón o similar, y se evitará que la media caña que se forma en los encuentros del paramento con ambos forjados invada el futuro asiento de los canales.
- **Arristrar a la espuma:** Cuando se considere conveniente el arriostamiento de la estructura, se habrá de arristrar a la espuma de poliuretano sin romper su continuidad, ya sea mediante recortes de placas, adhiriendo éstos a la espuma con adhesivo de espuma de poliuretano mono-componente, arriestrado mecanizado (según normas ATEDY), o bien con pelladas si el espacio es suficientemente pequeño.



Solución constructiva en la que, al haber suficiente espacio, queda un hueco entre la espuma de poliuretano y la estructura del trasdosado de yeso laminado.

Soluciones constructivas de trasdosado con solape entre ambos sistemas

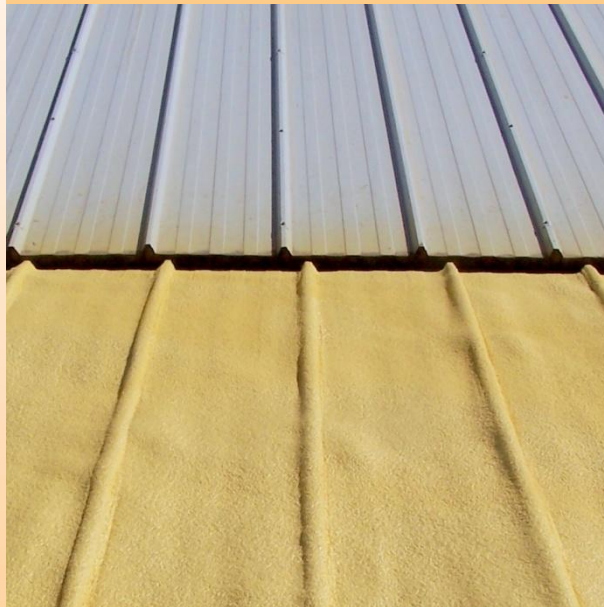
- **Identificar e informar:** Identificar el tipo de trasdosado antes de acometer la ejecución de la obra, e informar de las siguientes recomendaciones tanto al instalador del PU como al instalador del PYL.
 - **Prever un margen:** Será necesario prever un espacio adicional de 20 mm como mínimo entre la espuma de poliuretano y la superficie interior de las placas, para dar un margen a las posibles irregularidades de la hoja principal y de la espuma de poliuretano.
 - **Respetar el orden de ejecución:** Como norma general, no se deberá romper la continuidad de la proyección de espuma de poliuretano una vez proyectado ya que, además de perder aislamiento, se puede romper la impermeabilidad del sistema con posibilidad de futuras filtraciones, por lo que todas las operaciones que necesiten acceder a la hoja principal deberán estar ejecutadas con anterioridad. La operativa deberá ser la siguiente:
1. **Montar la estructura:** En primer lugar se montará y modulará toda la estructura, canales y montantes. Los montantes se arriostarán a la pared de fábrica con pelladas para evitar el pandeo por la expansión de la espuma, y se coserán por la cara exterior con otros perfiles para evitar su posible torsión.
 2. **Preparar las instalaciones:** Todos los tubos e instalaciones deberán estar pasados antes de proyectar la espuma para evitar tener que romper ésta posteriormente.
 3. **Proteger la estructura:** Antes de proyectar, el aplicador deberá proteger la cara frontal de la estructura que servirá de asiento a las placas, bien con aceite, bien con papel, plástico o cinta.
 4. **Proyectar la espuma:** Proyectar en primer lugar tras la perfilaría evitando dejar espacios huecos. Deberá prestarse especial atención a no sobrepasar el plano que ocupará el dorso de las placas de yeso. En lo posible, habrá que procurar que no se acumule excesiva cantidad de espuma sobre los perfiles.
 5. **Limpiar los perfiles:** Tras la proyección, el aplicador deberá dejar limpio el asiento de las placas rascando con una espátula fina o cualquier otro medio. Será necesario tener en cuenta el sobrecoste de estas operaciones adicionales de aceitado y rascado posterior.



Solución constructiva en la que, al no haber suficiente espacio, la espuma de poliuretano ha de ocupar parte del espacio entre la estructura del trasdosado de yeso laminado.

5

REHABILITACIÓN



5.1.	Rehabilitación	90
5.2.	Rehabilitación de fachada por el interior	91
5.3.	Rehabilitación de fachada por el exterior	92
5.4.	Rehabilitación de medianera	93
5.5.	Inyección en cámara	94
5.6.	Rehabilitación de cubierta plana	95
5.7.	Aislamiento sobre teja	96
5.8.	Aislamiento bajo teja desde arriba	97
5.9.	Aislamiento bajo teja desde abajo	98
5.10.	Aislamiento entre tabiques palomeros	99
5.11.	Rehabilitación de cubierta de fibrocemento	100
5.12.	Rehabilitación de cubierta de chapa	101
5.13.	Casos prácticos	102

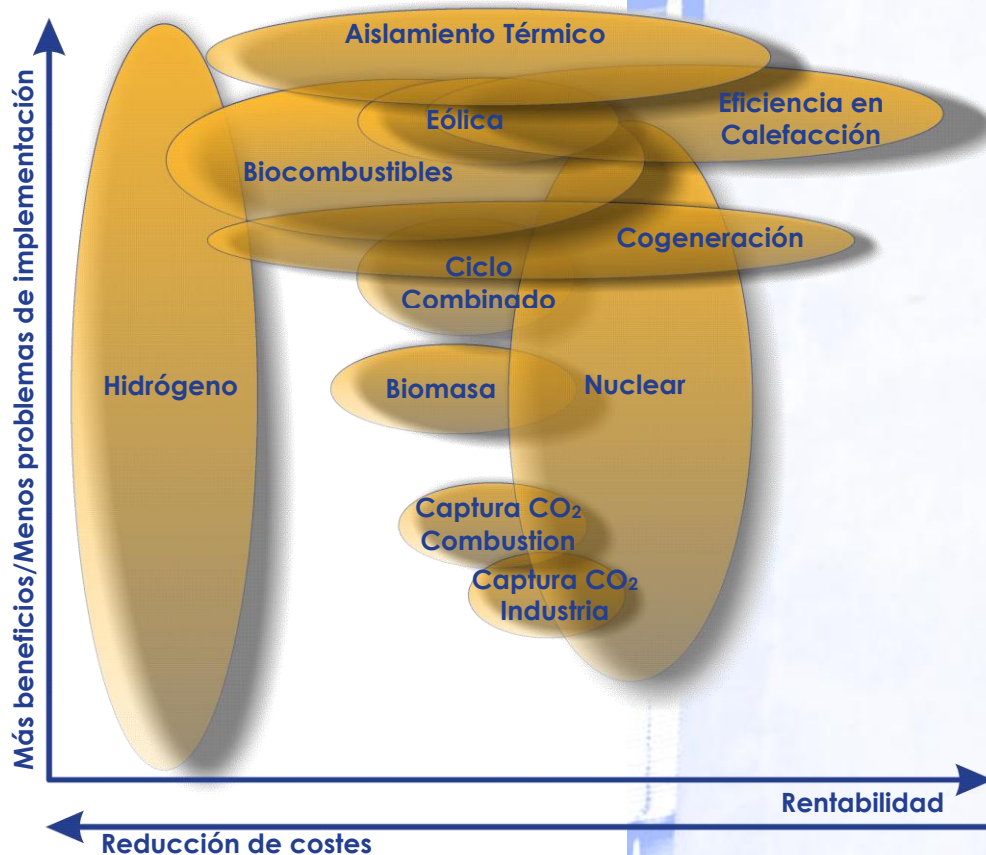
El consumo de calefacción y aire acondicionado supone más de la mitad del consumo total de energía de un edificio, y la mejora del aislamiento térmico del edificio puede suponer ahorros entre el 30% y el 50%.

Con un parque de 12 millones de viviendas construidas antes de 1980 (fecha en que se empiezan a aislar los edificios por aplicación de la NBE-CT79), las reformas se presentan como una excelente oportunidad para mejorar el aislamiento y así ahorrar energía en los edificios y dinero a sus ocupantes. Por ello en los próximos años, el Plan de Acción del Gobierno para los Edificios se concentra en el parque de edificios existentes, aplicando criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de la envolvente térmica.

La demanda energética de la envolvente se puede reducir entorno a un 75%

La mejora del aislamiento térmico de fachadas, cubiertas y suelos reduce las pérdidas de energía de calefacción y refrigeración, y debido a su bajo coste, su alto impacto, y su durabilidad, es la actuación de ahorro energético más eficaz.

La inversión en aislamiento se puede recuperar en un periodo entre 2 y 4 años



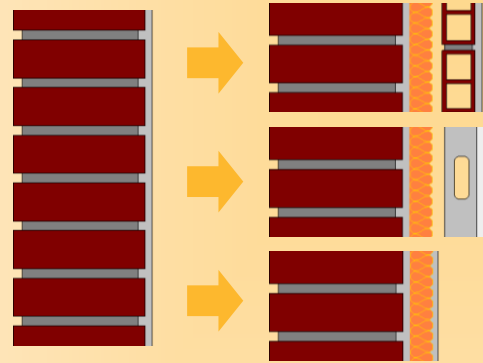
Aislamiento Térmico: La solución más sencilla y rentable. Es lo que constata el Informe CEPS (2007), que analiza la relación beneficio/facilidad de implantación de diferentes medidas de reducción de emisiones de CO₂ en Europa.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano en la cara interior del cerramiento de fachada, y acabado con un trasdosado interior de uno de estos tipos:

- Trasdoso interior de ladrillo y enlucido de yeso (ver Capítulo 3.1).
- Trasdoso interior de placa de yeso laminado (ver Capítulo 3.2).
- Aplicación directa de yeso.

Solución recomendada cuando la fachada es de una hoja y se desea mantener la estética exterior del edificio, o bien es de dos hojas y está prevista la demolición de la hoja interior.



Proyectar poliuretano por el interior es la solución constructiva más apropiada cuando se quiera hacer una rehabilitación integral del edificio.

ACTUACIÓN

- Preparación de la cara interior de la fachada: Retirada de papel pintado, o pintura si ésta estuviese en mal estado, hasta encontrar un sustrato consistente.
- Protección de los huecos, el suelo y el techo.

- Proyección de poliuretano.
- Densidad: 35 kg/m³
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.1 y 3.2

- Construcción del acabado interior: Tabiquería húmeda, tabiquería seca o enlucido de yeso.

RECOMENDACIONES

- **Caso de acabado posterior con trasdosado de placa de yeso laminado:** Se pueden colocar ambos sistemas solapados (ver Capítulo 4.5) y reducir el espacio útil empleado.
- **Caso de muros con cámara de aire:** Si se realiza la demolición de la hoja interior de ladrillo, se puede aprovechar el espacio

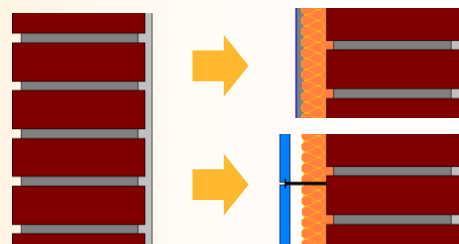
disponible y tratar de forma global los puentes térmicos (pilares, contornos de ventana, etc.)

- **Caso de protección del poliuretano con un enlucido directo de yeso:** Se recomienda raspar la superficie del poliuretano, utilizar una imprimación adherente y colocar una malla de refuerzo (ver Capítulo 2.10).

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano en la cara exterior de la fachada, y protección mediante uno de estos tipos de revestimiento:

- Revestimiento continuo con acabado de mortero que impermeabiliza y protege la fachada (ver Capítulo 3.3).
- Revestimiento discontinuo pétreo o cerámico sobre estructura de madera o metálica, dando lugar a una fachada ventilada (ver Capítulo 3.4).



Solución recomendada cuando la fachada es de una hoja o la cámara de aire no es accesible, y se desea renovar estéticamente la fachada o bien no se puede actuar por el interior.

Revestimiento de mortero directo sobre la espuma, previa imprimación y colocación de una malla metálica.



Rehabilitación térmica del edificio Eurocentro de Madrid, con aislamiento de poliuretano proyectado y posterior revestimiento exterior de mármol.



ACTUACIÓN

- Limpieza y acondicionamiento de la cara exterior de la fachada.
- Protección de huecos y superficies que no deban llevar aislamiento.
- En caso de fachada ventilada, colocación de subestructura o anclajes de las piezas de revestimiento.
- Proyección de poliuretano.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.3 y 3.4
- Ejecución del revestimiento exterior.

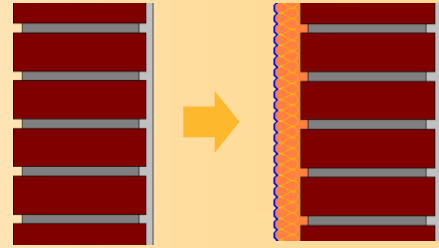
RECOMENDACIONES

- **Caso de revestimiento continuo:** Se recomienda prever una capa gruesa de mortero de regularización previa a la aplicación del mortero fino de acabado.
- **Caso de revestimiento discontinuo:** Se debe proyectar poliuretano una vez se ha fijado la subestructura que servirá de soporte al revestimiento exterior.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano en la medianera que queda expuesta tras el derribo de un edificio adyacente.

Solución recomendada para aislar térmica y acústicamente, impermeabilizar, sellar frente al aire, y mejorar la resistencia mecánica de la medianera.



Medianeras aisladas e impermeabilizadas con poliuretano proyectado, antes de recibir la protección UV.



Una protección posterior de la espuma con una pintura o un elastómero prolongará la vida del aislamiento y sus prestaciones.

ACTUACIÓN

- Limpieza y acondicionamiento de la cara exterior de la medianera.
- Protección de huecos y superficies que no deban llevar aislamiento.
- Proyección de poliuretano.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.3
- Protección posterior contra la radiación UV.

RECOMENDACIONES

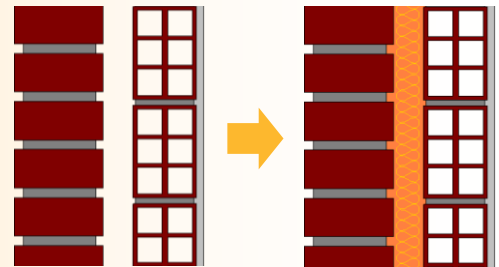
- Con el fin de que el poliuretano proyectado no se degrade por efecto de los rayos ultravioleta se debe proteger mediante pintura o un elastómero de poliuretano.
- También se recomienda la protección mediante enfoscado de cemento o tabique de ladrillo los tres primeros metros desde su base con el fin de proteger la solución de agresiones externas.

DESCRIPCIÓN

Inyección de poliuretano en la cámara de aire de las fachadas de doble hoja (ver Capítulo 3.5). Se puede inyectar la cámara desde el exterior o desde el interior del edificio.

Solución recomendada para aislar térmicamente la fachada y eliminar las infiltraciones de aire, sin perder espacio habitable, y con un bajo impacto para el usuario. Es una solución duradera que no asienta con el paso del tiempo y aporta rigidez a la fachada.

En ningún caso con este sistema se puede garantizar la impermeabilización del cerramiento.



Catas para comprobar el correcto llenado de la cámara. La inyección se puede realizar tanto sobre tabiquería húmeda como seca.

ACTUACIÓN

- Estudio y valoración de la fachada para este tipo de actuación.
- Preparación de la fachada: Revisión de mecanismos, cajas de persiana, conexiones con otros huecos...
- Ejecución de taladros de acceso a la cámara.

- Inyección de poliuretano. (producto especial para colada, de celda abierta, baja densidad y tiempo de espumación lento).
 - Densidad: $<20 \text{ kg/m}^3$
 - Espesor: Según grosor de cámara

- Sellado de los taladros.
- Pintado, si fuera necesario

RECOMENDACIONES

- Previamente a la inyección se debe revisar la hoja interior y exterior por si existen grietas, defectos en las juntas o humedades que puedan reducir su resistencia durante la inyección de poliuretano. En caso de detección de defectos, se deben reparar correctamente.
- Se debe comprobar la existencia de un espesor mínimo y continuo de inyección, y se debe comprobar la existencia y el estado de las canalizaciones eléctricas en las cámaras y su conexión con cajas y automatismos.
- Se debe conocer si la cámara tiene conexión con otros espacios como cajas de persiana, otros tabiques u otras plantas, para evitar derrames y manchados innecesarios.
- La inyección se puede realizar a través de pequeños taladros de 3 cm de diámetro o a través de aberturas medianas de 10x10 cm aproximadamente, espaciadas entre sí entre 50 y 100 cm, dependiendo del grosor de la cámara, y sin que se sitúen sobre la misma vertical.
- La inyección debe comenzar por los taladros situados en la parte inferior, llenando la cámara de abajo arriba lentamente para que el material específico para estos casos, de baja densidad y reacción lenta, rellene el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas laterales, ya que éstas podrían llegar a fisurar.
- Hay que tener en cuenta que el correcto llenado de la cámara puede verse entorpecido por la presencia de obstáculos internos como estrecheces o rebabas de mortero.

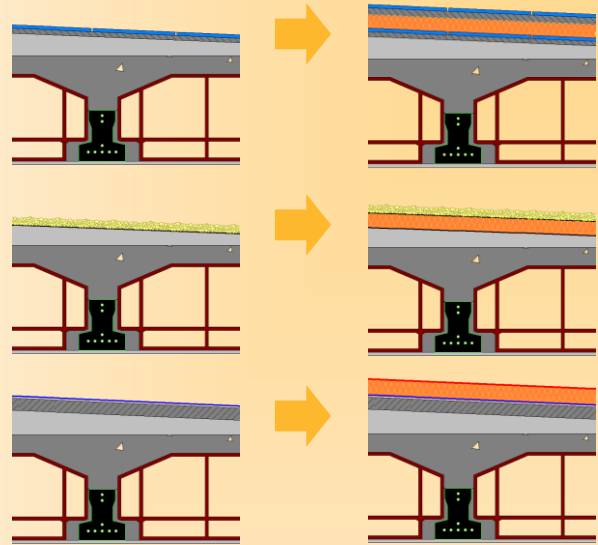
DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano sobre la cubierta, una vez reparada, y posterior protección de la espuma por alguno de los siguientes procedimientos:

- Acabado transitable de solado (ver Capítulo 3.7).
- Acabado no transitable: grava, cubierta ajardinada... (ver Capítulo 3.8).
- Protección con elastómero de poliuretano.

Solución recomendada para aportar rigidez a la cubierta, estanqueidad y continuidad en aislamiento e impermeabilización.

Hay que señalar que las intervenciones en cubiertas son siempre más viables que las intervenciones en fachadas, por la accesibilidad de las mismas, y porque dentro del mantenimiento del edificio, es más habitual que se realicen reparaciones en estas unidades de obra. Las técnicas constructivas de incorporación del aislamiento en cubiertas estarán habitualmente ligadas a la necesidad de reparar el sistema de impermeabilización.



ACTUACIÓN

- Limpieza profunda y acondicionamiento de la cubierta.
- Reparación de la impermeabilidad.
- Protección de lucernarios y superficies que no deban llevar aislamiento.
- Proyección de poliuretano, comenzando la proyección por los puntos singulares: Petos, uniones, bajantes, chimeneas... etc.
- Densidad: 45 kg/m³
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.7 y 3.8
- Protección posterior contra la radiación UV: Solado, grava, arena, elastómero de poliuretano... etc.

RECOMENDACIONES

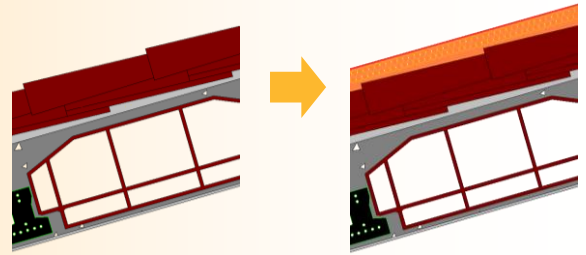
- **Caso de telas asfálticas:** Conviene retirar toda la tela asfáltica en caso de que no esté suficientemente adherida o tenga bolsas o roturas, puesto que después de proyectar encima puede desprenderse.
- **Caso del baldosín tipo catalán:** Conviene levantar aquellas zonas donde la superficie embaldosada presente deterioros. En la zona levantada se realizará una capa de nivelación de forma que, una vez seca, sirva como sustrato para la proyección. Se cuidará especialmente la limpieza previa de toda la cubierta.
- **Caso de cubiertas con capa de rodadura o protección pesada:** En este caso conviene reparar las zonas superficiales dañadas (baldosas rotas, pasillos agrietados, etc.)
- **Caso de cubiertas de grava:** Se recomienda ir acumulando la grava en distintos puntos de la cubierta con el fin de no cargar la estructura del forjado. Dado que la grava puede presentar impurezas, se recomienda efectuar un cribado y lavado antes de depositar nuevamente la grava encima del poliuretano proyectado.
- **El peto de la cubierta:** Los petos enfoscados suelen estar muy deteriorados por el paso del tiempo, de tal manera que suelen presentar desconchones y desmoronamientos en el enfoscado. En estos casos se pondrá especial cuidado en picar y volver a enfoscar toda la superficie del lienzo deteriorado antes de proceder a proyectar poliuretano.
- **Las albardillas:** Las albardillas suelen presentar, en general, una patología muy definida puesto que se colocan "a hueso" y se quedan sin impermeabilizar cuando se hace la obra nueva, por lo que es conveniente precondicionar estas partes antes de proceder a realizar la proyección; conviene retirar los elementos rotos o corroídos con el fin de proceder, tras una limpieza, a realizar las protecciones y acabados con poliuretano.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano directamente sobre la teja, y protección posterior de la espuma con elastómero de poliuretano.

Aporta rigidez a la cubierta, estanqueidad y continuidad en aislamiento e impermeabilización de cubiertas, eliminando las juntas.

Solución recomendada cuando la estética de la cubierta de teja no tiene relevancia, ya que esta actuación es sin duda la más sencilla, económica y eficaz, porque no requiere en la práctica de tratamientos previos del soporte, ni de medios auxiliares especiales.



El poliuretano penetra en estado líquido en las oquedades, rellenando huecos y sellando la cubierta sin juntas ni solapes.



El elastómero de poliuretano es un revestimiento estable, continuo, sin juntas, que protege la espuma y garantiza la durabilidad de las prestaciones.



ACTUACIÓN

- Limpieza de la cubierta.
- Protección de lucernarios y superficies que no deban llevar aislamiento.
- Proyección de poliuretano, comenzando la proyección por los puntos singulares: Petos, uniones, bajantes, chimeneas... etc.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.7
- Protección posterior contra la radiación UV con elastómero de poliuretano.

RECOMENDACIONES

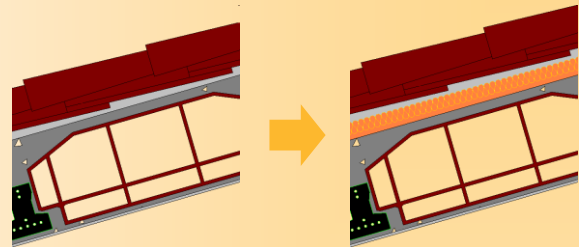
- Es importante realizar una limpieza previa de la cubierta, para eliminar plantas, nidos, arena y otros elementos que pudieran perjudicar la adherencia.
- La primera proyección se debe realizar en sentido descendente de la cubierta, con el fin de que el poliuretano no penetre en fase

líquida entre las tejas, ya que al espumar podría producir un desplazamiento entre las mismas. Una vez proyectada así la primera capa y comprobando que las tejas están unidas con la espuma, se cambiará el sentido de la proyección, para conseguir un sellado idóneo de las uniones.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano sobre el soporte de la teja, previa retirada de la misma, y con la recolocación posterior de la teja (ver Capítulo 3.9).

Solución recomendada cuando se va a realizar una operación de "retejado", o renovación completa, en aquellas cubiertas en las que la estética es relevante. También es aplicable a cubiertas de pizarra.



Una vez proyectado el poliuretano hay tres métodos para volver a fijar las tejas: utilizar un adhesivo de poliuretano, arriba, utilizar pelladas de cemento, abajo a la izquierda, o bien rastrelar previamente a la proyección para eliminar los puentes térmicos, abajo a la derecha.



ACTUACIÓN

- Retirada de la teja.
- Limpieza y acondicionamiento de la superficie.
- Proyección de poliuretano.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.9
- Colocación de la teja.

RECOMENDACIONES

- En caso de que el soporte bajo la teja presente mala consistencia, se aplicará una capa de mortero de 2-3 cm para regularizar y sanear la superficie.
- Si las tejas se van a colocar sobre rastreles, antes de proyectar poliuretano se colocarán los perfiles sobre los que se fijarán los rastreles, ligeramente separados del soporte para que la espuma penetre por debajo y reduzca al mínimo los puentes térmicos.
- Para evitar posibles deterioros en el poliuretano, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m³ y resistencia a la compresión de al menos 200 kPa.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano bajo cubierta directamente sobre la teja o sobre el soporte de la teja, si existe (ver Capítulo 3.11).

Solución recomendada cuando el bajo cubierta es accesible, ya que no afecta a la estética de la cubierta, y aporta rigidez, estanqueidad al aire y continuidad en aislamiento. En ningún caso se puede considerar esta solución constructiva como de impermeabilización.



Es importante comprobar que el espacio bajo cubierta no es un espacio ventilado, ya que el aislamiento perdería su efectividad.

ACTUACIÓN

● Comprobación de la accesibilidad a todos los puntos del bajo cubierta.

- Proyección de poliuretano.
- Densidad: 35 kg/m³
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.11

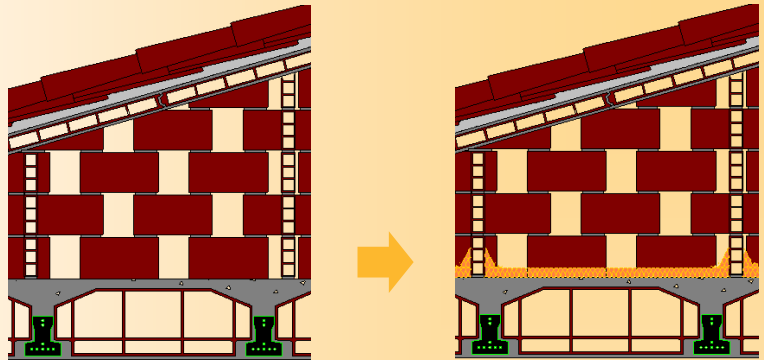
RECOMENDACIONES

- La calidad de la teja debe quedar garantizada en el aspecto relativo a las tensiones que se producirán cuando se manifiesten ciclos de calentamiento-enfriamiento en las mismas, ya que la disipación térmica queda dificultada por el aislamiento.
- La primera proyección se debe realizar en la dirección de elevación de la cubierta, con el fin de que el poliuretano no penetre en fase líquida entre las tejas, ya que al espumar podría producir un desplazamiento entre las mismas. Una vez proyectada así la primera capa y comprobando que las tejas están unidas con la espuma, se cambiará el sentido de la proyección, para conseguir un sellado idóneo de las uniones.
- El espacio bajo la cubierta no debe tener ventilación, ya que si no perdería la efectividad del aislamiento
- Dependiendo del formato de la teja el sellado se conseguirá con diferente espesor de proyección. Con menos de 4 cm no se consigue un sellado adecuado.
- No se debe proyectar desde una distancia superior a 2 m.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano bajo cubierta, sobre el forjado entre los tabiques palomeros (ver Capítulo 3.10).

Solución recomendada si existe altura suficiente en todos los puntos y cuando el espacio es accesible o puede practicarse un acceso provisional. Tiene un impacto nulo para el usuario. Esta solución permite que el espacio bajo cubierta sea ventilado.



Es importante prestar atención a las zonas de difícil acceso.

La proyección entre tabiques palomeros es una solución resistente y duradera, que además minimiza los puentes térmicos.



ACTUACIÓN

- Comprobación de existencia de altura mínima de proyección en todos los puntos.
- Comprobación de la accesibilidad a todos los puntos.
- Retirada de escombros y limpieza del forjado.
- Proyección de poliuretano.
- Densidad: 35 kg/m³
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.11

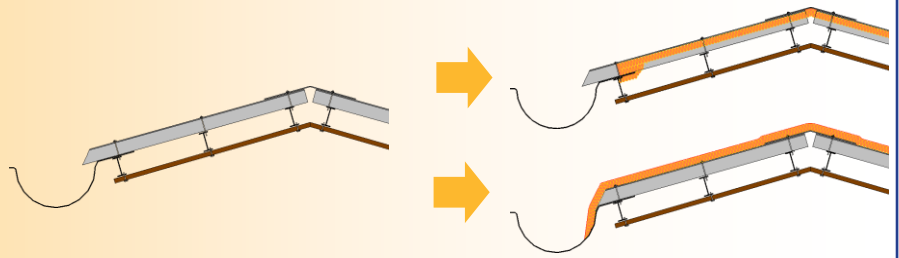
RECOMENDACIONES

- Si el espacio entre tabiques puede ser visitable, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m³ y resistencia a al compresión de al menos 200 kPa para evitar posibles deterioros en el poliuretano.
- Conviene envolver con una media caña el encuentro del forjado con el tabique palomero, para reducir el puente térmico.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano por debajo o por encima de la cubierta de fibrocemento.

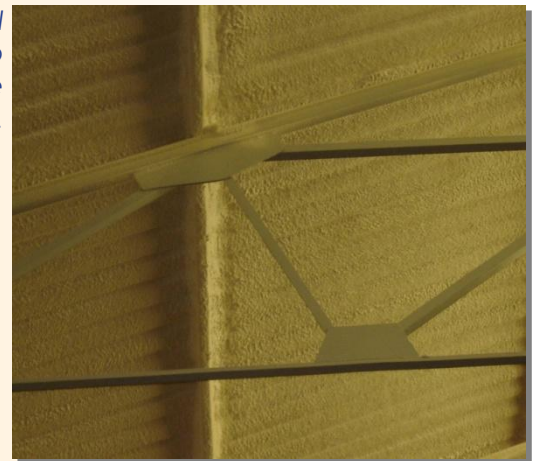
Solución recomendada cuando la cubierta, debido al paso del tiempo, se ha fragilizado, ya que mediante la proyección de poliuretano sobre o bajo la cubierta se consigue una reparación de la cubierta, consolidándola, aumentando su resistencia mecánica, y eliminando el riesgo de desprendimientos o emisión de sustancias peligrosas (amianto).



Proyección por el interior, envolviendo la estructura de soporte.



Proyección por el exterior, y protección UV.



ACTUACIÓN

- Limpieza y acondicionamiento de la cubierta. Limpieza profunda si se va a proyectar por el exterior.
- Proyección de poliuretano.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.11
- En caso de proyección por el exterior, protección posterior contra la radiación UV con elastómero de PU.

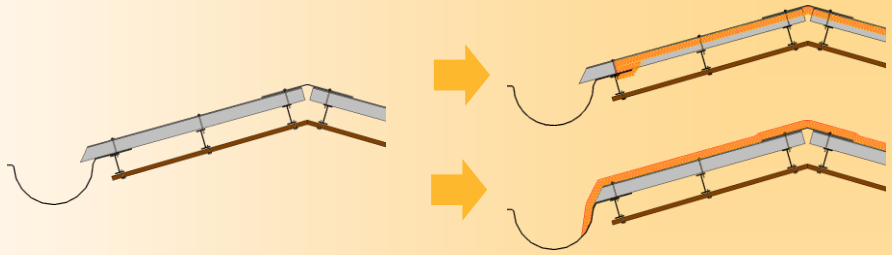
RECOMENDACIONES

- La cubierta se limpiará adecuadamente, mediante el empleo de productos químicos, cepillados o lavados con agua a presión, siendo a veces necesaria la combinación de ambos sistemas.
- Se cortarán mediante cizalla, radial u otra herramienta, la parte sobrante de los tornillos que sobresalgan más de 1 cm. con el fin de que la fijación quede cubierta por la capa de aislamiento.
- Las tareas de rehabilitación se pueden llevar a cabo, en la mayoría de los casos, sin necesidad de desalojo de los espacios bajo cubierta, ya que todas las actuaciones se realizan por el exterior.
- Con el fin de que la evacuación de agua quede garantizada y evitar su entrada entre el paramento y las ondas de la lámina de fibrocemento se recomienda integrar la proyección con los canalones, para lo que es necesario cortar el fibrocemento sobrante, realizando un sellado previo entre la onda de la lámina y el propio canalón para posteriormente efectuar la proyección integrando el canalón en la cubierta.
- Las operaciones de limpieza y puesta en obra en cubiertas envejecidas requieren un estudio cuidadoso de las condiciones de seguridad ya que debido a la fragilidad del material se pueden producir accidentes de consecuencias graves. A los efectos se pueden prever puntos de sujeción en zonas de tirantes, de elementos de la armadura, líneas de vida, etc., que garanticen suficientemente la sujeción de equipos de protección individual. Así mismo puede ser necesario el uso de plataformas, pasarelas, etc. que garanticen el acceso y el reparto de cargas y el tránsito sobre la cubierta.
- Al proyectar por el interior, se deberán prever sistemas de elevación de forma que no se proyecte desde una distancia superior a 2 m.

DESCRIPCIÓN

Proyección de poliuretano por debajo o por encima de la cubierta de chapa

Solución recomendada para mejorar el comportamiento térmico de la cubierta, que en este tipo de cerramientos es muy bajo.



Proyección por el exterior antes de la protección UV.



Proyección por el interior antes de la recomendada aplicación de una barrera de vapor.

ACTUACIÓN

- Limpieza y acondicionamiento de la cubierta. Limpieza profunda si se va a proyectar por el exterior.
- Proyección de poliuretano.
 - Densidad: 35 kg/m³
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.12
- En caso de proyección por el exterior, protección posterior contra la radiación UV con elastómero de poliuretano.

RECOMENDACIONES

- Tanto en el caso de obra nueva como en rehabilitación las cubiertas de chapa deben ser limpiadas adecuadamente siempre que no se tengan garantías suficientes de su estado superficial.
- En caso de presentar oxidación, se procederá a limpiar y a aplicar pinturas de protección, o productos reactivos con el óxido.
- En este tipo de cubiertas será necesario realizar una prueba de adherencia y en caso de que no sea adecuada se procederá a la aplicación de una imprimación adherente.
- En el caso de tratarse de chapa galvanizada, para mejorar la adherencia, será necesaria la aplicación de una imprimación, normalmente una solución fosfatante.
- Aplicación por el exterior: La proyección se debe realizar cuidando que las grecas de la chapa queden rellenas.
- Aplicación de granjas por el interior: Este es un caso que puede desencadenar una sucesión de patologías. La problemática arranca por

tratarse de cubierta de chapa que es barrera de vapor. Por otro lado se da la circunstancia de que se suele tener una gran humedad relativa en el interior, en este caso es más que probable que tengamos condensaciones intersticiales, consecuentemente perderemos gran parte del poder de aislamiento de la espuma y además por efecto de la humedad en si misma y que en gran medida es proveniente de los purines, tendremos corrosión en la chapa, esto desencadena un desprendimiento de la espuma arrastrando la corrosión y generándose bolsas que podrán presentar fisuras y que serán mas o menos grandes en función del tiempo trascurrido y las condiciones interiores. En estos casos será necesario estudiar la solución en dos vertientes, por un lado se verá la conveniencia de incorporar barrera de vapor o dotar de una ventilación en la parte alta o la combinación de ambas soluciones.

A continuación se analizan 4 casos de rehabilitación energética que corresponden a situaciones habituales de rehabilitación de cubiertas o fachadas por razones de mantenimiento, habitabilidad o estética.

En estos casos la rehabilitación energética es siempre rentable ya que no se requieren medios auxiliares costosos, y el beneficio económico proveniente el ahorro energético supera al coste de la actuación.

Por último, se han hecho cinco hipótesis de ubicación de los edificios correspondientes a cinco zonas climáticas definidas en el Código Técnico de la Edificación.

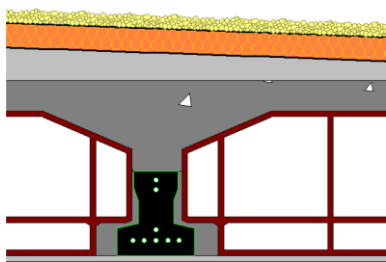
Sistema de calefacción en la vivienda	Precio (€/kWh)
Eléctrica	0,1095
Gas natural	0,0555

Precios de la energía considerados
Fuente: IDAE

Energía	CO ₂ ahorrado (gr CO ₂ /kWh)
Eléctrica	750
Gas natural	210

Factores de conversión medioambiental
Fuente: IDAE

CASO 1



Cubierta plana no transitada, con acabado en grava y rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado

- Reducción de la demanda energética.....80%
- Ahorro económico..... 3 €/m²·año
- Inversión en aislamiento..... 12 €/m²
- Retorno de la inversión.....4 años
- Reducción de emisiones 20 kg CO₂/m² año

CASO 2



Cubierta plana rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado y protección con elastómero

- Reducción de la demanda energética80%
- Ahorro económico3 €/m²·año
- Inversión en aislamiento 21 €/m²
- Retorno de la inversión7 años
- Reducción de emisiones20 kg CO₂/m² año

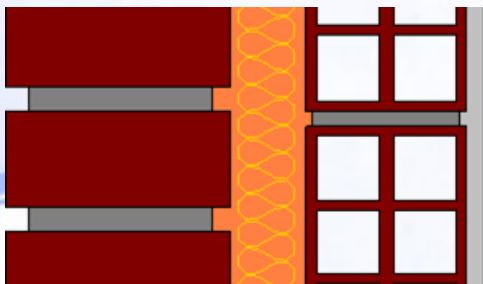
CASO 3



Cubierta inclinada abuhardillada rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado por el interior

- Reducción de la demanda energética.....80%
- Ahorro económico..... 3 €/m²·año
- Inversión en aislamiento..... 10 €/m²
- Retorno de la inversión.....4 años
- Reducción de emisiones 20 kg CO₂/m² año

CASO 4



Fachada de doble hoja rehabilitada energéticamente con poliuretano inyectado en la cámara de aire

- Reducción de la demanda energética62%
- Ahorro económico4 €/m²·año
- Inversión en aislamiento 8 €/m²
- Retorno de la inversión2 años
- Reducción de emisiones30 kg CO₂/m² año

Caso 1: Cubierta plana no transitable, con acabado en grava y rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado

Evaluación Energética

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Espesor necesario para cumplir con el CTE					
Espesor necesario (cm)	4,056	4,678	5,285	5,824	6,456
Espesor comercial (cm)	4	5	6	6	7
Demanda energética (kWh) de la cubierta (400 m²)					
Cubierta original	5,7	7,2	7,9	10	12,9
Cubierta rehabilitada	1,6	1,7	1,6	2,1	2,3
Ahorro (%)	72%	76%	80%	79%	82%

Este ahorro debe repercutirse en las diferentes alturas del edificio, siendo más significativo en las plantas más cercanas a la cubierta. Los edificios de menos de cuatro alturas son los más beneficiados de este tipo de intervenciones.

Evaluación Económica

Desglose de precios aproximado de una rehabilitación de cubierta plana con grava (€/m²)				
	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
Limpieza y preparación de la superficie	1,30	1,30	1,30	1,30
Proyección de poliuretano	5,75	6,90	8,05	9,20
Mano de obra	1,00	1,25	1,50	1,75
Gastos generales (12%)	0,97	1,13	1,30	1,47
Beneficio (12%)	1,08	1,27	1,46	1,65
Total partida	10,10	11,85	13,61	15,37

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos	
Ahorro económico (€/año)						
Calefacción eléctrica	0,109 €/kWh	970	1301	1490	1869	2507
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947	1271
Inversión						
Inversión total (€)	4039	4742	5444	5444	6147	
Retorno de la inversión (años)						
Calefacción eléctrica	4	4	4	3	2	
Calefacción gas natural	8	7	7	6	5	
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²			

Evaluación Ambiental

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Reducción de emisiones de CO₂ (Tm/año)					
Calefacción eléctrica	7	9	10	13	17
Calefacción gas natural	2	2	3	4	5
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²		

Caso 2: Cubierta plana rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado y protección con elastómero

Evaluación Energética

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Espesor necesario para cumplir con el CTE					
Espesor necesario (cm)	4,056	4,678	5,285	5,824	6,456
Espesor comercial (cm)	4	5	6	6	7
Demanda energética (kWh) de la cubierta (400 m²)					
Cubierta original	5,7	7,2	7,9	10	12,9
Cubierta rehabilitada	1,6	1,7	1,6	2,1	2,3
Ahorro (%)	72%	76%	80%	79%	82%

Este ahorro debe repercutirse en las diferentes alturas del edificio, siendo más significativo en las plantas más cercanas a la cubierta. Los edificios de menos de cuatro alturas son los más beneficiados de este tipo de intervenciones.

Evaluación Económica

Desglose de precios aproximado de una rehabilitación de cubierta plana con elastómero (€/m²)				
	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
Limpieza y preparación de la superficie	1,30	1,30	1,30	1,30
Proyección de poliuretano (50 kg/m ³)	5,75	6,90	8,05	9,20
Mano de obra	1,00	1,25	1,50	1,75
Elastómero de poliuretano (1000 kg/m ³)	8,00	8,00	8,00	8,00
Mano de obra	1,00	1,00	1,00	1,00
Gastos generales (12%)	2,05	2,21	2,38	2,55
Beneficio (12%)	2,29	2,48	2,67	2,86
Total partida	21,39	23,14	24,90	26,66

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos	
Ahorro económico (€/año)						
Calefacción eléctrica	0,109 €/kWh	970	1301	1490	1869	2507
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947	1271
Inversión						
Inversión total (€)	8555	9257	9960	9960	10662	
Retorno de la inversión (años)						
Calefacción eléctrica	9	7	7	5	4	
Calefacción gas natural	17	14	13	11	8	
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²			

Evaluación Ambiental

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Reducción de emisiones de CO₂ (Tm/año)					
Calefacción eléctrica	7	9	10	13	17
Calefacción gas natural	2	2	3	4	5
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²		

Caso 3: Cubierta inclinada abuhardillada rehabilitada energéticamente con poliuretano proyectado por el interior

Evaluación Energética

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Espesor necesario para cumplir con el CTE					
Espesor necesario (cm)	4,056	4,678	5,285	5,824	6,456
Espesor comercial (cm)	4	5	6	6	7
Demanda energética (kWh) de la cubierta (400 m²)					
Cubierta original	5,7	7,2	7,9	10	12,9
Cubierta rehabilitada	1,6	1,7	1,6	2,1	2,3
Ahorro (%)	72%	76%	80%	79%	82%

Este ahorro debe repercutirse en las diferentes alturas del edificio, siendo más significativo en las plantas más cercanas a la cubierta. Los edificios de menos de cuatro alturas son los más beneficiados de este tipo de intervenciones.

Evaluación Económica

Desglose de precios aproximado de una rehabilitación de cubierta plana con grava (€/m²)				
	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
Proyección de poliuretano (40 kg/m ³)	5,60	6,75	7,90	9,05
Mano de obra	1,00	1,25	1,50	1,75
Gastos generales (12%)	0,79	0,96	1,13	1,30
Beneficio (12%)	0,89	1,08	1,26	1,45
Total partida	8,28	10,04	11,79	13,55

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos	
Ahorro económico (€/año)						
Calefacción eléctrica	0,109 €/kWh	970	1301	1490	1869	2507
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947	1271
Inversión						
Inversión total (€)	3312	4014	4717	4717	5419	
Retorno de la inversión (años)						
Calefacción eléctrica	4	4	4	3	2	
Calefacción gas natural	8	7	7	6	5	
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²			

Evaluación Ambiental

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Reducción de emisiones de CO₂ (Tm/año)					
Calefacción eléctrica	7	9	10	13	17
Calefacción gas natural	2	2	3	4	5
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie cubierta: 400 m ²		

Caso 4: Fachada de doble hoja rehabilitada energéticamente con poliuretano inyectado en la cámara de aire

Evaluación Energética

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Espesor necesario para cumplir con el CTE					
El espesor de aislamiento dependerá de la cámara de aire. Para los siguientes cálculos se asigna un valor de 5 cm.					
Espesor comercial (cm)	5	5	5	5	5
Demanda energética (kWh) de la fachada (400 m²)					
Fachada original	13,3	16,6	18,3	23,3	29,9
Fachada rehabilitada	5,0	6,3	6,9	8,8	11,3
Ahorro (%)	62%	62%	62%	62%	62%

Este ahorro de energía se reparte por igual en todas las alturas del edificio. Los edificios con poca superficie acristalada son los más beneficiados de este tipo de intervenciones.

Evaluación Económica

Desglose de precios aproximado de una Inyección (€/m²)					
El coste de esta intervención puede ser muy variable, en función de diversos factores. Para los siguientes cálculos se asigna un valor constante de 7 €/m ² .					

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos	
Ahorro económico (€/año)						
Calefacción eléctrica	0,109 €/kWh	1959	2448	2693	3428	4407
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	993	1241	1365	1737	2234
Inversión						
Inversión total (€)	2800	2800	2800	2800	2800	
Retorno de la inversión (años)						
Calefacción eléctrica	1	1	1	1	1	
Calefacción gas natural	3	2	2	2	1	
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie fachada: 400 m ²			

Evaluación Ambiental

Zona climática	A Málaga	B Sevilla	C Barcelona	D Madrid	E Burgos
Reducción de emisiones de CO₂ (Tm/año)					
Calefacción eléctrica	13	17	18	23	30
Calefacción gas natural	4	5	5	7	8
12 h/día y 180 días/año calefacción			Superficie fachada: 400 m ²		

Fuentes:

- Soluciones de aislamiento con poliuretano. IDAE. 2008.
- Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable. IDAE. 2004.
- Código Técnico de la Edificación 2013. DB-HE1.
- Guía de buena práctica para las proyecciones de espuma de poliuretano. Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja. 2001.
- Revisiting EU policy options for tackling climate change. CEPS. 2006.

6

VERDADES



1- Salud

La espuma de poliuretano no representa ningún riesgo para la salud en ninguna de sus aplicaciones

Es un producto inerte de amplia utilización en nuestra vida cotidiana (suelas de zapatos, colchones, almohadas, juguetes) además de instrumental médico y quirúrgico (prótesis, filtros de diálisis). No produce ningún tipo de emisión perjudicial para la salud.

Ver vídeo en: <https://youtu.be/aU2Khtd31Qq>

2- Fuego

El poliuretano proyectado cumple con los niveles de seguridad contra incendios

Cumple con las exigencias en todas las aplicaciones de uso final más habituales.

Ver vídeo en: <https://youtu.be/O3XVfmO6ioM>

3- Sostenibilidad

El poliuretano es medioambientalmente sostenible

Gracias a su durabilidad, a su elevada eficiencia y a cómo ayuda esto a reducir el impacto del edificio, el Poliuretano presenta un buen comportamiento medioambiental.

Ver vídeo en: <https://youtu.be/7B4-QfNEp34>

4- Durabilidad

El poliuretano proyectado mantiene sus prestaciones en el tiempo

Según los datos que arroja el estudio de ciclo de vida a 50 años, no se advierten mermas en sus prestaciones térmicas, acústicas o de impermeabilización.

Ver vídeo en: <https://youtu.be/mb70GnZ0n6A>

5- Acústica

El poliuretano proyectado cumple las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas

Alcanza una R_{At} de 54dB sobre un cerramiento de ladrillo cara vista y trasdosado interior de ladrillo hueco doble.

Ver Capítulo 2.2: Aislamiento Acústico.

6- Enfoscado

Según el CTE, no hace falta enfoscar antes de proyectar poliuretano

El poliuretano de celda cerrada (CCC4) está considerado como un Revestimiento Continuo Intermedio, una barrera de resistencia muy alta a la filtración, con clasificación B3, la más exigente.

Ver Capítulo 2.3: Impermeabilidad de Fachadas.

7- CTE

El CTE avala y refuerza el uso del poliuretano proyectado

El poliuretano facilita el cumplimiento de las exigencias contenidas en el CTE.

8- Mercado CE

El Mercado CE es obligatorio desde noviembre 2014

Todos los sistemas de poliuretano proyectado e inyectado para aislamiento térmico deben tener Mercado CE y DdP.

Ver Capítulo 2.12: Normalización.

9- Mercado

El poliuretano proyectado se emplea de forma habitual en todos los países desarrollados

Especialmente en Estados Unidos, Japón y Europa Occidental.

Ver www.pu-europe.eu y www.sprayfoam.org

10- Ventajas

El poliuretano es el aislamiento térmico más utilizado en la edificación por sus ventajas

Puede certificar sus propiedades antes de la instalación y una vez instalado en obra

- Mejor coeficiente de aislamiento térmico
- Fácil y rápida aplicación *in situ*
- Aislamiento e impermeabilización en una sola aplicación
- Resuelve fácilmente los puentes térmicos
- Total estanqueidad
- Baja absorción de la humedad
- Buen aislante acústico
- Gran adherencia
- Inocuo
- Excelente relación calidad/precio.

7

NORMATIVA



Las normas que afectan al poliuretano proyectado e inyectado en edificación son las siguientes:

Normas de producto:

- **UNE-EN 14315-1**

Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado in situ. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de proyección de espuma rígida antes de la instalación.

- **UNE-EN 14318-1**

Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) para colada in situ. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de colada de espuma rígida antes de la instalación.

Normas de instalación:

- **UNE-EN 14315-2**

Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado in situ. Parte 2: Especificaciones para el aislamiento instalado.

- **UNE-EN 14318-2**

Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) para colada in situ. Parte 2: Especificaciones para el aislamiento instalado.

Norma de características mínimas:

- **UNE 92184**

Características mínimas recomendables para distintas aplicaciones. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado in situ.

Normas de medición:

- **UNE 92310**

Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico en edificación. Espuma rígida de poliuretano (PU) proyectado in situ.

- **UNE 92316**

Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico mediante relleno de cámaras en edificación.

Norma de control de la instalación:

- **UNE 92325**

Productos de aislamiento térmico en la edificación y cerramientos acristalados. Control de la instalación.

norma española

UNE-EN 14315-1

Septiembre 2013

TÍTULO Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación

Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado in situ

Parte 1: Especificaciones para los sistemas de proyección de espuma rígida antes de la instalación

Thermal insulating products for buildings. In-situ formed sprayed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products. Part 1: Specification for the rigid foam spray system before installation

Productos aislantes térmicos destinados a sus aplicaciones de aislamiento. Productos en espuma rígida de poliuretano (PUR) o de poliisocianurato (PIR) proyectados in situ. Parte 1: Especificaciones relativas a sus sistemas de proyección de espuma rígida antes de su instalación

CORRESPONDENCIA Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 14315-1:2013.

OBSERVACIONES Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE 92120-1:1998, UNE 92120-1/IM:2003 y UNE 92120-1-1/98/2M:2008.

ANTECEDENTES Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 92, Aislamiento térmico city y Secretaría despenha ANDIMAT.

Edición e impresión por AENOR
Depósito legal: M 25335-2013

© AENOR 2013.
Reproducción prohibida.

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Genova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

69 Páginas

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

Norma de producto y de aplicación del poliuretano.

Libro Blanco del

POLIURETANO PROYECTADO E INYECTADO

