

POLIURETANO PROYECTADO

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



Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado

Este libro contiene la información técnica disponible en ATEPA sobre el poliuretano proyectado.

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.atepa.org

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso del editor:



Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado
Avda. Atenas, 1-3, C.C. Las Rozas 2, Local 163
28290, Las Rozas, MADRID
Tel.: 91 631 83 14
Fax: 91 631 40 58
atepa@atepa.org
www.atepa.org

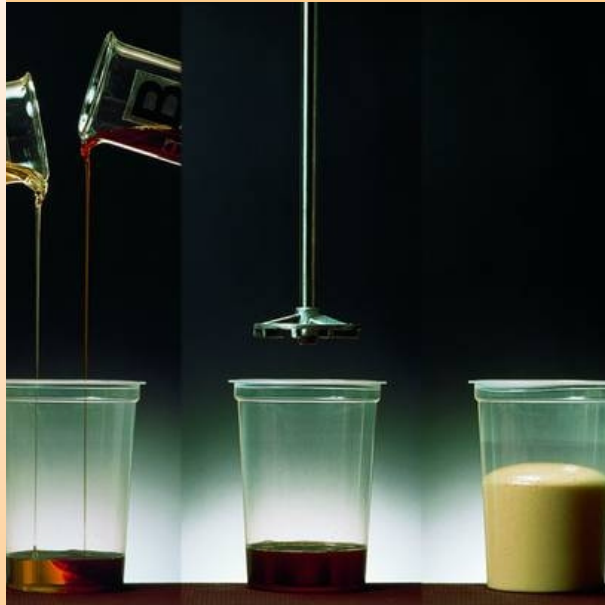
Madrid, Octubre 2010
Depósito legal:

Toda la información incluida en este libro muestra el estado tecnológico y normativo en el momento de su edición. Es posible que contenga inexactitudes. ATEPA 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.

1.	Descripción	5
1.1.	Origen y obtención.....	6
1.2.	Espuma rígida de poliuretano.....	7
2.	Ventajas	9
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
3.	Soluciones Constructivas	45
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
4.	Puesta en obra	77
4.1.	Control de recepción en obra	78
4.2.	Control de ejecución de obra.....	80
4.3.	Control de la obra terminada.....	81
4.4.	Medición y ensayos	82
4.5.	Precauciones en la puesta en obra	85
5.	Rehabilitación	89
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
6.	Normativa	107
7.	ATEPA	109
8.	Anexos	III

1

DESCRIPCIÓN



1.1.	Origen y obtención.....	6
1.2.	Espuma rígida de poliuretano	7

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.

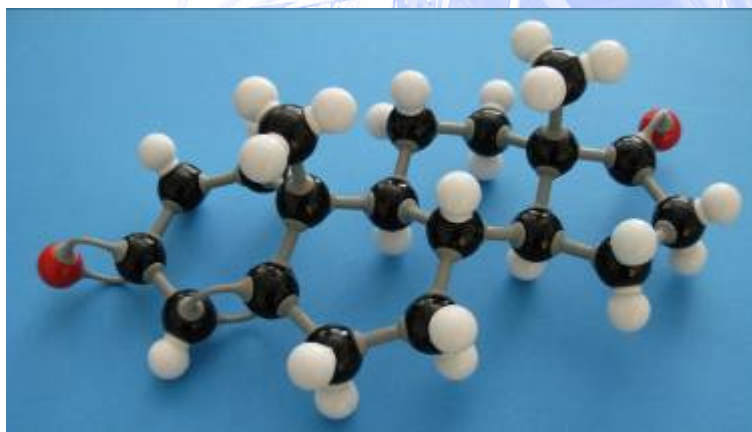
Las materias primas proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener, después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente ISOCIANATO y POLIOL. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo 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.



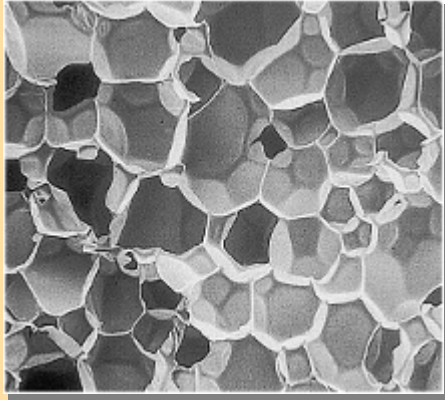
Aplicación de los años 70 de una capa de espuma de poliuretano a un depósito de almacenamiento de petróleo, para que actúe como aislante.



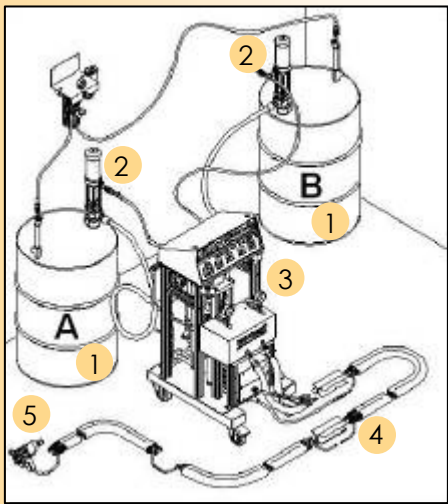
La versatilidad del poliuretano, macizo o poroso, rígido o flexible... permite una amplia gama de aplicaciones.



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



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



Esquema de una máquina para proyectar espuma de poliuretano:

- 1-Materias primas
- 2-Bombas de trasiego
- 3-Máquina de proyección
- 4-Manguera calefactada
- 5-Pistola

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 PUR.

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/m^3 , sólo el 3% del volumen es materia sólida).

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

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



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

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

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.

Conductividad térmica del poliuretano proyectado $\lambda = 0.028 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Así mismo, mediante la aplicación de recubrimientos que eviten la difusión de gases (barreras de vapor) es posible conseguir que la conductividad térmica de la espuma no presente alteraciones apreciables con el tiempo, manteniendo valores de $\lambda_{10^{\circ}\text{C}} = 0,024 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

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

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

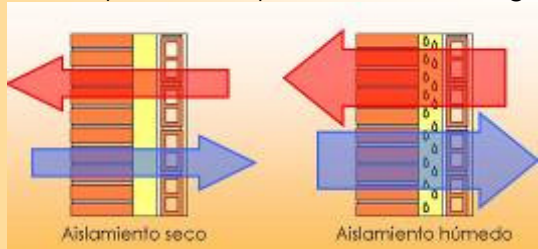


Valor de conductividad térmica robusto

El valor de conductividad térmica envejecida de la espuma de poliuretano es muy robusto frente a cualquier otro efecto como pudiera ser la presencia de humedad, la suciedad, la falta de estanqueidad al aire, la presencia de huecos en el aislamiento, el deterioro del mismo o la falta de integridad física.

Presencia de humedad

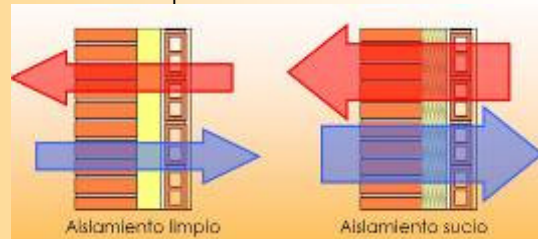
La conductividad térmica de un producto aislante húmedo es mayor que la de un aislante térmico seco, de la misma forma que un jersey húmedo abriga menos que un jersey seco. Será necesario evitar que un aislamiento pueda coger humedad ya que, por ejemplo, un aislamiento térmico con un contenido de agua 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, al ser un producto 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

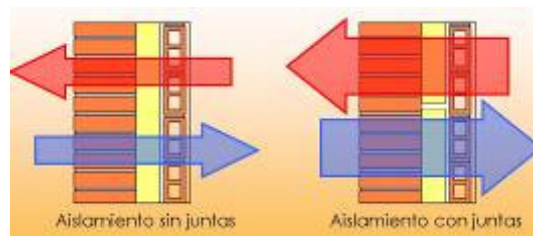
Si la hoja principal está compuesta de fábrica de ladrillo, o de bloque aligerado, es posible que existan infiltraciones de aire desde el exterior al interior de la cámara. El poliuretano proyectado, al ser estanco al aire, evitará estas infiltraciones de aire frío. Los movimientos de aire a través de 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. Mr Paul Denham. BRUFMA conference 2004). El poliuretano proyectado, al ser un producto adherido, en continuo y sin juntas, no se verá perjudicado por este efecto.

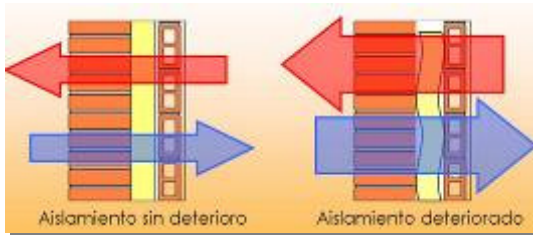


Disminución de la capacidad aislante por efecto de las juntas.

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

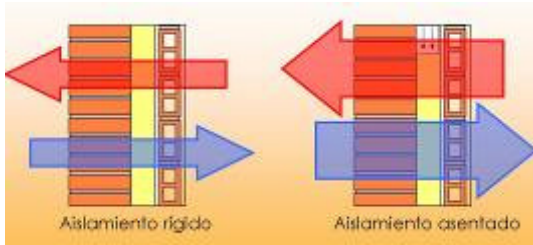
que perjudicarán gravemente la efectividad de aislamiento.



Disminución de la capacidad aislante por efecto del deterioro.

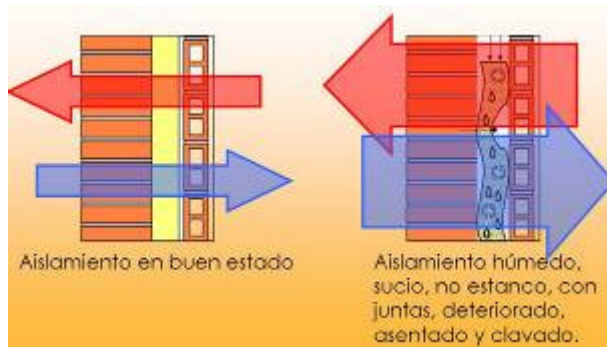
Integridad física

El paso del tiempo puede provocar asentamientos y compactación en productos poco consistentes. El poliuretano proyectado, 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 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 contorno de huecos.

Resistencia térmica

A partir del valor de conductividad, 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 $W/m \cdot K$
(para el poliuretano proyectado: 0.028)

De donde se puede obtener la siguiente tabla de valores:

Espesor mm	Resistencia Térmica $m^2 K/W$
20	0,71
25	0,89
30	1,07
35	1,25
40	1,43
45	1,61
50	1,79
55	1,96
60	2,14
65	2,32
70	2,50
75	2,68
80	2,86
85	3,04
90	3,21
95	3,39
100	3,57

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



Fácil tratamiento de puentes térmicos.

Espesor equivalente

El espesor equivalente de un material aislante es aquel que iguala la resistencia térmica de otro material aislante de espesor conocido. Es decir, es aquel espesor que hace que ambos materiales tengan la misma capacidad aislante.

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 $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$
- e_1** es el espesor del material 1, en mm
- λ_1** es la conductividad térmica del material 1, en $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$
- e_2** es el espesor del material 2, en mm
- λ_2** es la conductividad térmica del material 2, en $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$



Punzones para medir el espesor del poliuretano proyectado.

Ejemplo

Se quiere establecer la equivalencia entre un producto dado de conductividad térmica $0.036 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ y espesor 40 mm y el poliuretano proyectado.

Datos de partida:

- e_1** Espesor del producto dado: 40 mm
- λ_1** Conductividad térmica del producto dado: $0.036 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$
- e_{PUR}** Espesor del poliuretano proyectado
- λ_{PUR}** Conductividad térmica del poliuretano proyectado: $0.028 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$

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

$$\frac{40}{0.036} = \frac{e_{PUR}}{0.028}$$

$$e_{PUR} = 40 \times \frac{0.028}{0.036} \approx 30 \text{ mm}$$

Es decir que sustituyendo 40 mm del producto dado por 30 mm de poliuretano proyectado, conseguiremos igualar la resistencia térmica.

Conclusión

- El poliuretano proyectado es el material aislante con el valor de conductividad más bajo: $0.028 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$.
- La capacidad de aislamiento del poliuretano proyectado es muy robusta frente a los efectos de envejecimiento a los que están expuestos habitualmente los aislamientos térmicos.
- 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 tradicional es un material compuesto de celdas cerradas (>90%) y ligero, 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.

Poliuretano proyectado de celda cerrada: Hasta 51 dB


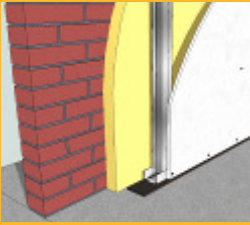
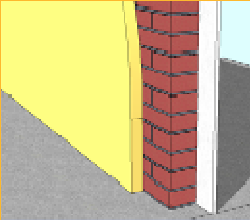
Poliuretano proyectado de celda abierta: Hasta 60 dB

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)	Coeficiente 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

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

Soluciones de fachadas con poliuretano proyectado de Celda Cerrada

	½ pie de ladrillo cara vista (216 kg/m²)	R _A =47 dBA	R _{Atr} =44 dBA
	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
	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
	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

Valores Medidos según Norma UNE-EN ISO 140-3 por LGAI Technological Center en enero 2010. Expedientes Nº 09/100816-1585, 09/100816-1586 y 09/100816-2122 (Anexo 4).

Prestaciones acústicas del poliuretano proyectado de celda abierta

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

- Densidad aplicada: $\rho < 15 \text{ kg/m}^3$
- 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: $\lambda = 0.036 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
- Contenido en Celdas Cerradas: $\text{CCC} < 10\%$

Debe quedar claro que, aunque estas espumas también tienen 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 PUR-CC + 3 cm PUR-CA + PYL13	$R_A = 52 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PUR-CC + 3 cm PUR-CA + PYL13	$R_A > 52 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 2 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + PYL13	$R_A > 55 \text{ dBA}$
½ pie de ladrillo perforado + 3 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + PYL13	$R_A > 60 \text{ dBA}$
Ladrillo hueco doble + 1 cm PUR-CC + 4 cm PUR-CA + Ladrillo hueco doble	$R_A = 45 \text{ dBA}$

PUR-CC: Poliuretano proyectado de Celda Cerrada

PUR-CA: Poliuretano proyectado de Celda Abierta

Soluciones de medianeras con poliuretano de Celda Abierta

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

PUR-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:

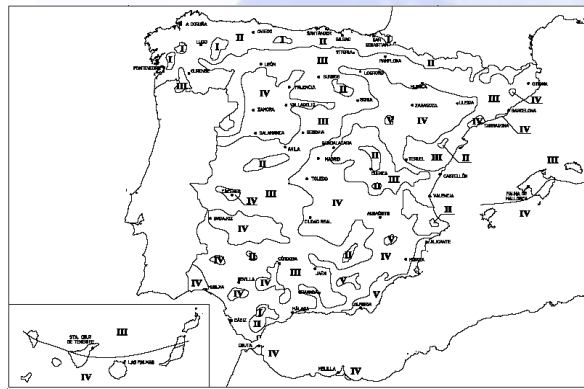
- Hay que conocer el grado de impermeabilidad según el CTE que se exigirá a dicha fachada.
- En función de ese grado de impermeabilidad, hay que seleccionar alguna de las soluciones constructivas propuestas, u otra que iguale sus prestaciones.
- Hay que verificar las características de los puntos singulares.

El poliuretano proyectado cumple con el grado 5 de impermeabilidad de fachadas 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.



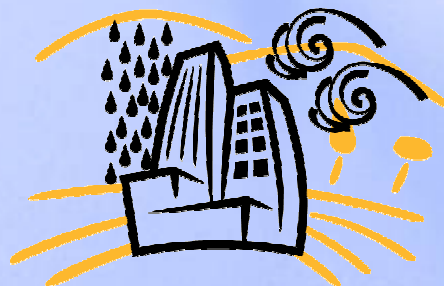
Mapa de zonas pluviométricas (Figura 2.4 del CTE).



Mapa de zonas eólicas (Figura 2.5 del CTE).



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

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 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:

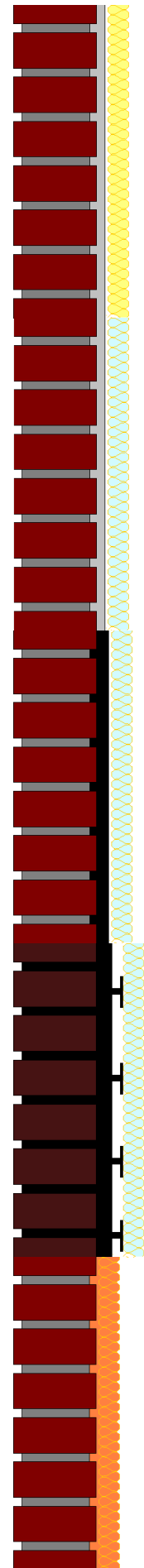
Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 15 mm enfoscado hidrófugo
 + aislante no hidrófilo

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 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 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-EN1928:2000, 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. (Ver Anexo 1)

"Adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad."

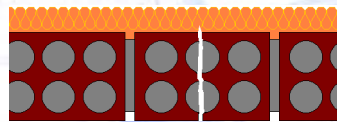
La naturaleza autoadherente del poliuretano proyectado garantiza su fijación a la mayoría de los materiales de construcción (ladrillo, cemento, madera, hierro...) manteniéndose sin posibilidad de movimiento durante toda la vida útil del producto.

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

El poliuretano proyectado tiene un factor de permeabilidad al vapor de agua μ entre 60 y 150, 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.

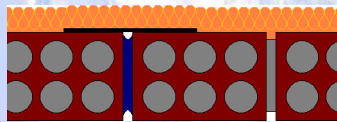
"Adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción 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 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, ha realizado dos ensayos a gran escala que vienen a confirmar las buenas propiedades del poliuretano proyectado para proteger frente a la entrada de agua:

- Investigación sobre nuevas aplicaciones de espuma de poliuretano aplicada in situ realizado por Instituto Eduardo Torroja (Ver Anexo 2, 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 Anexo 3, Informe de CIDEMCO N° 13752)

Investigación del Instituto Eduardo Torroja

En 1998 ATEPA 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 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 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/m³ 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 ½ pié 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 del año 2007 de poliuretano proyectado alcanza las 50.000 toneladas, de las cuales la gran mayoría van destinadas al aislamiento y protección de fachadas.

Por ello, podemos hablar de más de 550 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, y el poliuretano proyectado, al ser un sistema continuo intermedio, cumple sin enfoscado previo con el Grado 5 de impermeabilidad, la máxima exigencia de protección, de la forma más sencilla y económica.

ANEXOS

Anexo 1

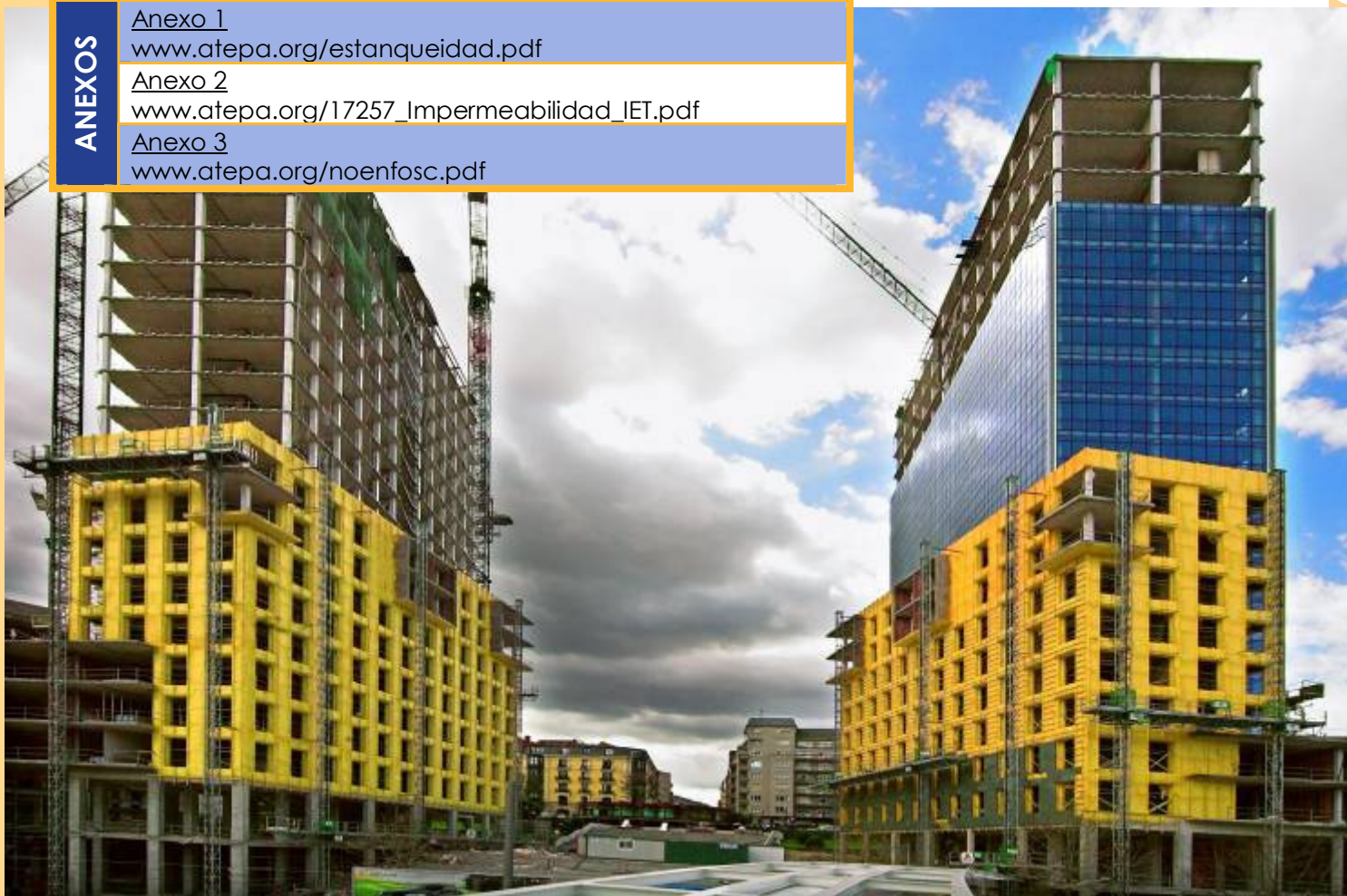
www.atempa.org/estanqueidad.pdf

Anexo 2

www.atempa.org/17257_Impermeabilidad_IET.pdf

Anexo 3

www.atempa.org/noenfosc.pdf



El fenómeno de la difusión de vapor

El aire interior de los edificios en invierno tiene una presión de vapor muy superior a la que existe en el aire exterior. Esta diferencia de presión de vapor genera un flujo de vapor a través del cerramiento beneficioso, ya que contribuye a mejorar la salubridad del ambiente interior y 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 Código Técnico de la Edificación, DB-HE1, Apartado 2.2, dice:

"Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo."

Y particularmente para el aislamiento térmico, el Apartado 3.2.3.2 dice:

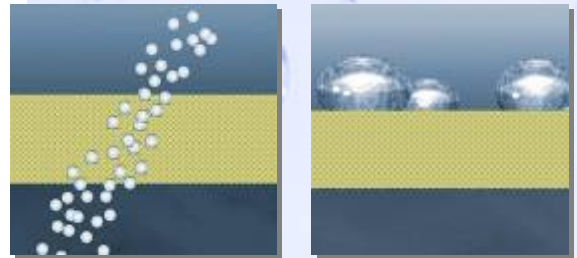
"En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se deberá comprobar que la cantidad de agua condensada en cada periodo anual no sea superior a la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo [...]."

"Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible 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 del poliuretano proyectado

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



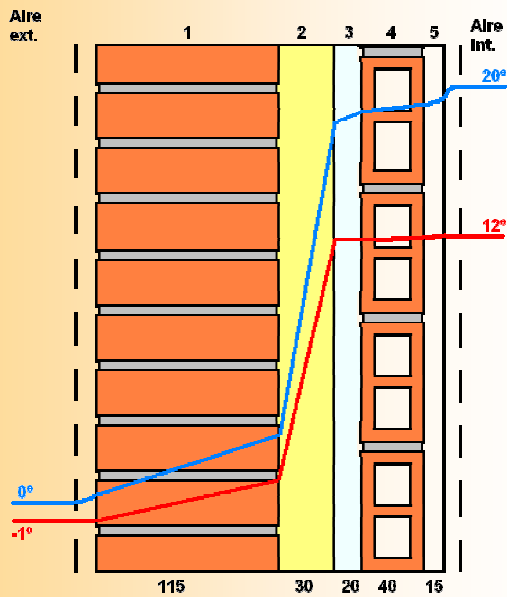
Poliuretano proyectado: impermeable al agua y permeable al paso de vapor de agua.

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

Para el poliuretano proyectado para aislamiento térmico, con densidades comprendidas entre 30 y 60 kg/m^3 , la resistencia a la transmisión de vapor de agua oscila entre 330 y 825 $\text{MN}\cdot\text{s/g}\cdot\text{m}$ (factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, μ , entre 60 y 150).

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

Ejemplo de cálculo de condensaciones en una fachada aislada con PUR. 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**, $\lambda=0.028$, $\mu=85$
- 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 60%

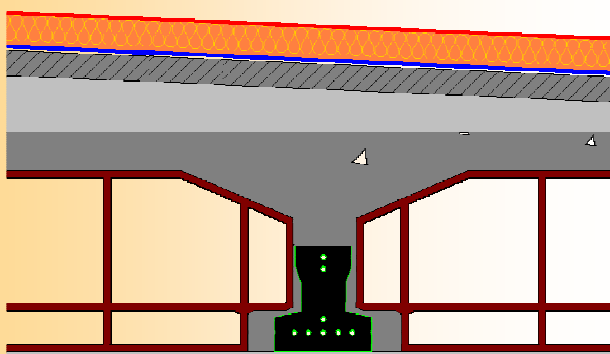
Cálculos realizados según el Código Técnico de la Edificación DB-HE1 Apéndice G.

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



Barrera de vapor in situ:

- químicamente compatible
- adherida
- continua

Conclusiones

- El poliuretano proyectado, siendo impermeable al agua, permite transpirar al cerramiento.
- En aquellas soluciones constructivas en las que exista riesgo de condensación será necesario interponer una barrera de vapor in situ para evitar patologías.

El poliuretano proyectado, como todos los polímeros, es un material orgánico y por tanto combustible. No obstante, existen espumas de poliuretano clasificadas desde C,s3-d0 (M1) hasta E (M3), según UNE-EN 13501 (UNE 23727), debiendo aplicarse unas u otras de acuerdo con el riesgo a que vayan a estar expuestas y de acuerdo a las exigencias del CTE DB-SI.

La Norma UNE 92120-1 de sistemas para poliuretano proyectado fija que su clasificación no puede ser más desfavorable que E (M3).

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

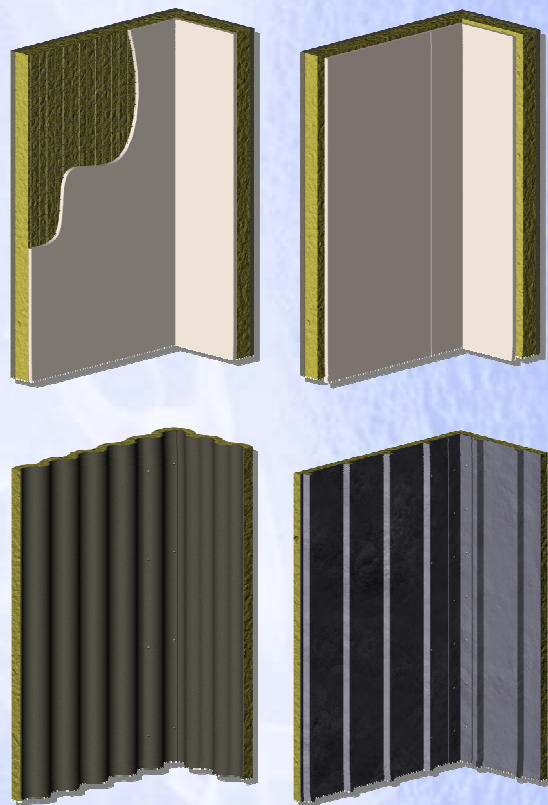
Los fabricantes de sistemas tienen que acreditar mediante certificado de ensayo hasta que espesor máximo cumplen sus diferentes sistemas en las diferentes clasificaciones según las diferentes condiciones o aplicaciones finales de uso.

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

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



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



Probetas de poliuretano proyectado en aplicación final de uso.

El CTE y el Fuego

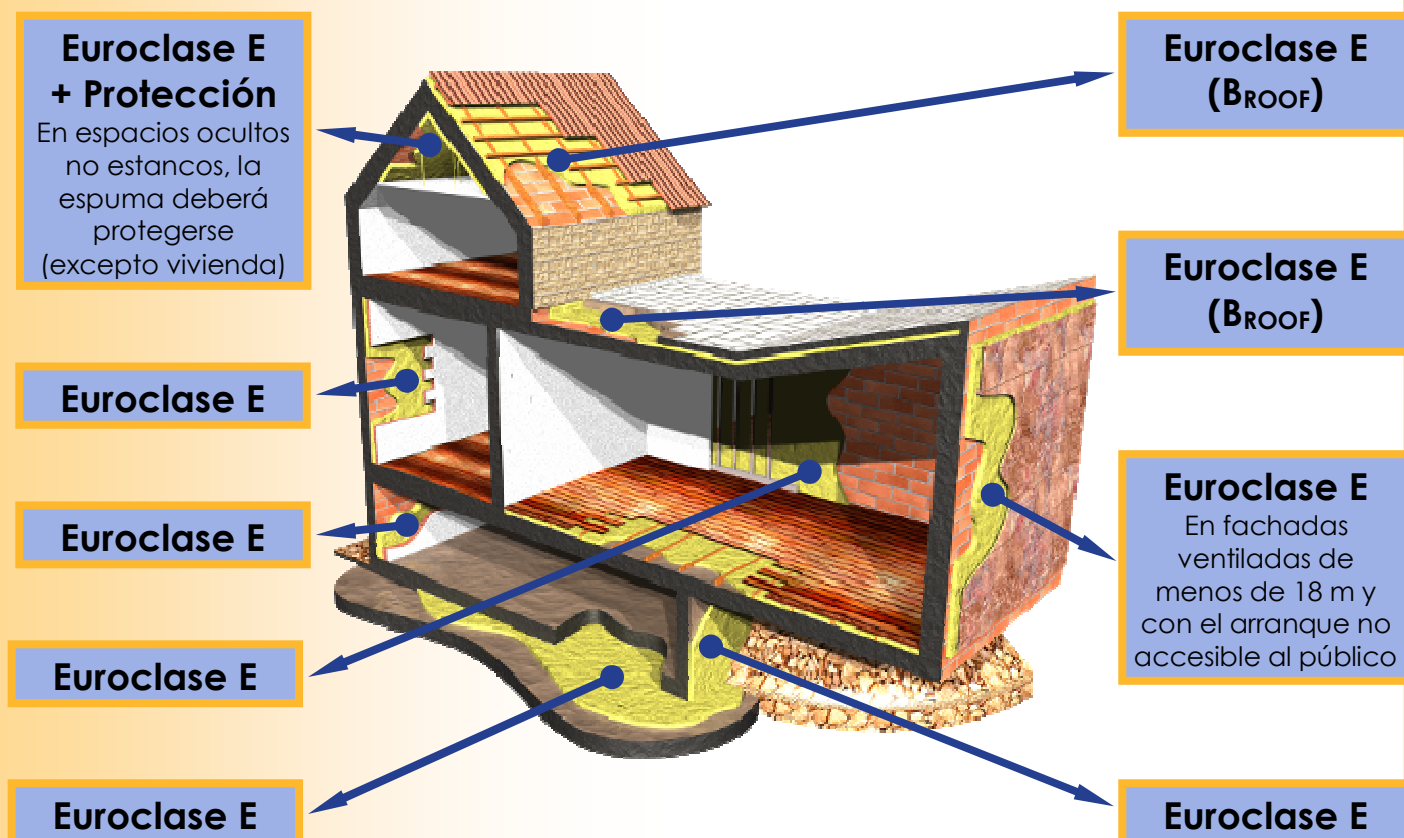
El CTE DB-SI1 y DB-SI2 recogen las exigencias de reacción al fuego de los elementos constructivos, incluido el poliuretano proyectado.

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

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

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

Posibilidad de utilización del poliuretano proyectado 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 Marcado 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, en colaboración con IPUR, ha llevado a cabo un estudio 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 del LICOF N° 0168T04, Anexo 5).

En particular se han analizado 7 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, 2, 5 y 6 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 proyectado quedan avalados por la escasa siniestralidad demostrada en los más de 550 millones de m² de espuma colocados en España.

Comportamiento del poliuretano proyectado en aplicación final de uso

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

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

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 (Anexo 5).

El poliuretano proyectado en fachadas ventiladas

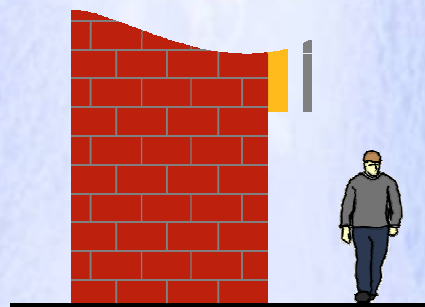
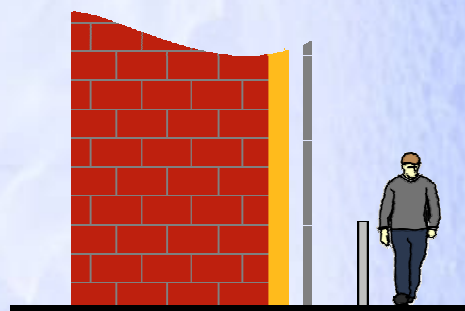
La aplicación de espuma rígida de poliuretano para la ejecución de fachadas ventiladas es una solución que aporta un buen aislamiento térmico, impermeabilidad, y estabilidad mecánica. Estas ventajas han hecho que esta solución de aislamiento sea la más utilizada en la actualidad en fachadas ventiladas.

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

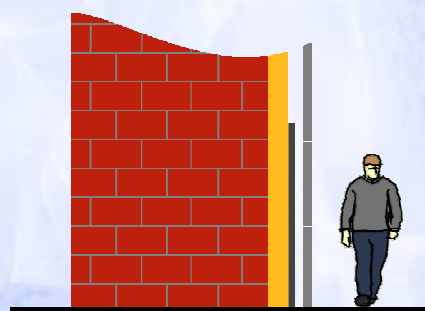
"La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2, hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque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

Arranque de la fachada

En todos los casos, cuando el arranque de la fachada sea accesible al público (personas ajenas a los propietarios de edificio), el poliuretano deberá ir protegido hasta una altura de 3.5 m con, por ejemplo, un enfoscado de cemento de 1,5 cm de espesor.



Si el arranque no es accesible, no hay exigencia.



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



Fachada ventilada proyectada con espuma de poliuretano.

Altura de la fachada

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

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

Se está analizando la posibilidad de cumplir con la exigencia del CTE con una solución alternativa consistente en aplicar poliuretano con clasificación de reacción al fuego C-s3,d0, además de compartimentar la cámara al menos cada 10 m o tres plantas con barreras horizontales corta-fuegos E30, que en caso de incendio limiten su desarrollo al menos como lo haría un material B-s3,d2 sin esta compartimentación. (Informe del Instituto Eduardo Torroja N° 19.372, Anexo 6)

Ejemplos de barreras horizontales corta-fuegos E-30:

Acero de, al menos, 0.5 mm de grosor

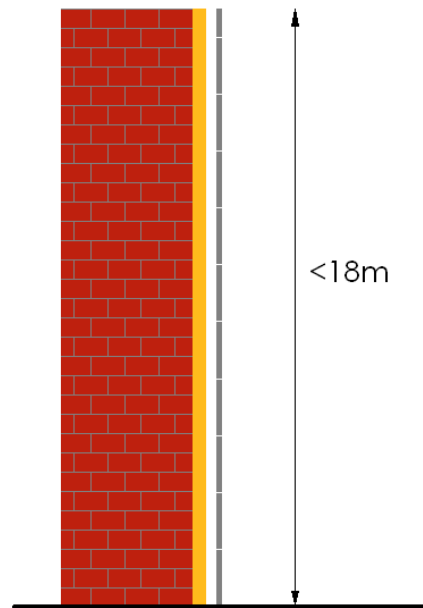
Planchas de yeso, cemento o silicato cálcico con un grosor de, al menos, 12 mm

Madera de, al menos, 38 mm de grosor

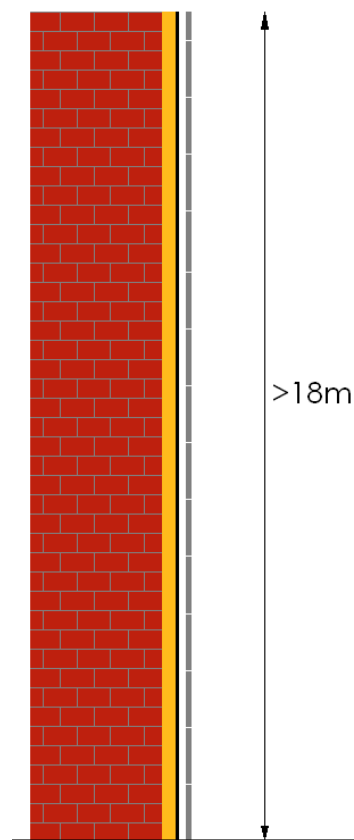
Lana de roca, dispuesta en mangas de polietileno o en paneles, en ambos casos, instalada a compresión.

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 la mayoría de las aplicaciones.
- En fachadas ventiladas de más de 18 m es necesario proteger la espuma.



Si la altura de la fachada es menor de 18 m, no hay exigencia (excepto en los 3.5 primeros metros de la fachada si esta fuese accesible, tal y como se comenta en el punto anterior).



Si la altura de la fachada supera los 18 m de altura, deberá protegerse la espuma Euroclase E con un enfoscado de cemento en toda su altura.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (www.iarc.fr), lleva a cabo, entre otras funciones, la clasificación de todos los productos o agentes según su riesgo de producir cáncer atendiendo a la siguiente clasificación:

- Grupo 1: Agentes cancerígenos para el hombre.
- Grupo 2 A: Agentes probablemente cancerígenos para el hombre.
- Grupo 2 B: Agentes posiblemente cancerígenos para el hombre.
- Grupo 3: No son clasificables por lo que respecta a su carácter cancerígeno para el hombre.

La espuma de poliuretano se clasifica en el Grupo 3, es decir, no clasificable por lo que respecta a su carácter cancerígeno para el hombre. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Listagentsalphorder.pdf>)

El poliuretano es un producto totalmente inocuo para las personas

Por otra parte, 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.

Conclusión

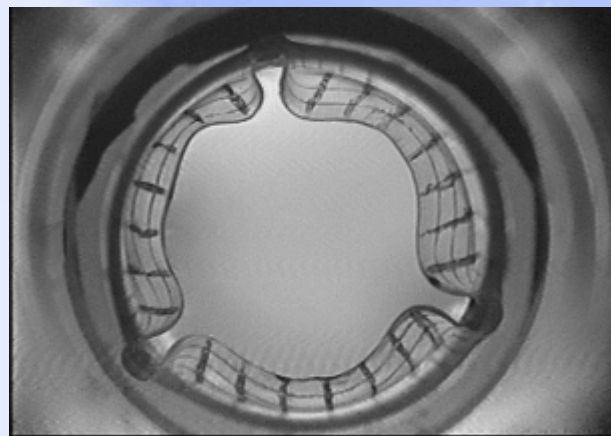
- El Poliuretano es un material completamente inocuo y saludable para el hombre, demostrado y avalado por la multitud de usos que le damos en nuestra vida, y que no hay que renunciar a las innumerables ventajas que su uso como aislamiento térmico, acústico e impermeabilización nos reporta.



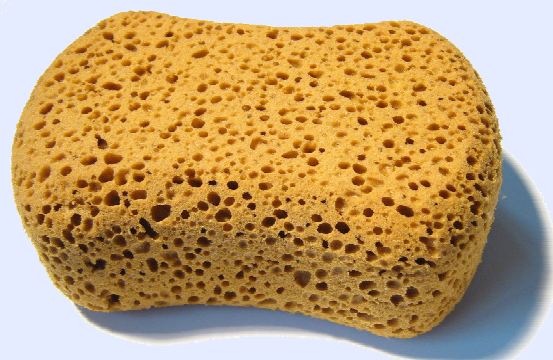
Colchón de espuma de poliuretano.



Volante, salpicadero, embellecedores... son de poliuretano.



Prótesis de válvula de corazón, de poliuretano.



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 ofrece un balance positivo en estas tres facetas.

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



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 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 se compense con la energía ahorrada durante el primer año de uso, y a lo largo de su vida útil el poliuretano proyectado ahorre casi 100 veces la energía utilizada.

Para ello la durabilidad se convierte en la ventaja clave: El poliuretano proyectado 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 proyectado 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.

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

Emisiones 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

Reciclado: Posibilidades múltiples

- **Reciclado como material:** Los restos de poliuretano, una vez molidos, pueden volver a ser utilizados como relleno del sistema original. Los restos de espuma desmenuzados se pueden volver a utilizar bien prensados para fabricar nuevas piezas con la misma calidad. Los restos de espuma flexible se utilizan para la fabricación de planchas de grandes dimensiones, o para los acolchados de las moquetas.
- **Aprovechamiento térmico:** Todos los desechos de poliuretano se pueden quemar en cámaras de combustión para transformar la energía en electricidad y de esta manera contribuir a preservar los recursos naturales.
- **Reciclado como materia prima:** A través del proceso de glicólisis se pueden transformar los restos de la producción nuevamente en materia prima. El polioli obtenido con esta técnica se puede volver a utilizar para fabricar poliuretano.

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 exigencia de la Norma UNE 92120-1 es que la resistencia a la compresión de la espuma, determinada según la Norma UNE-EN 826, no sea inferior a 200 kPa.

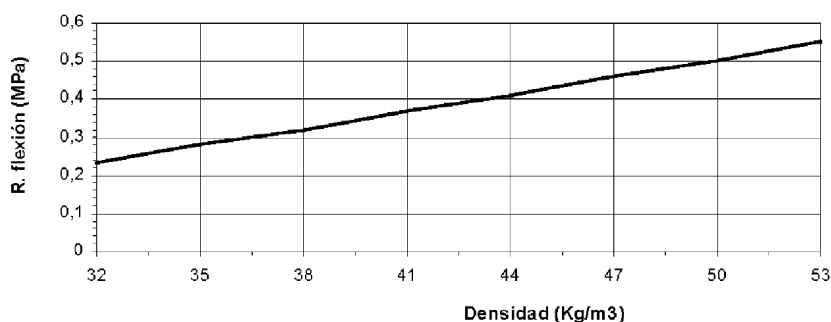
Los fabricantes de sistemas tienen que acreditar mediante certificado de ensayo con qué densidades de sus diferentes sistemas cumplen este valor mínimo.

Resistencia a compresión ≥ 200 kPa para espumas que vayan a estar sometidas a carga

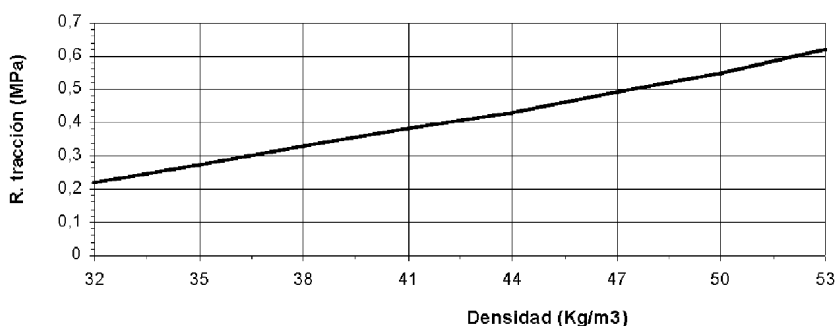
La resistencia a la compresión oscila entre 150 kPa para una espuma de 35 kg/m^3 , y 325 kPa para 60 kg/m^3 .

Por otra parte, la resistencia a tracción, siempre mayor, oscila entre 180 kPa para una espuma de 30 kg/m^3 , y 820 kPa para una de 60 kg/m^3 .

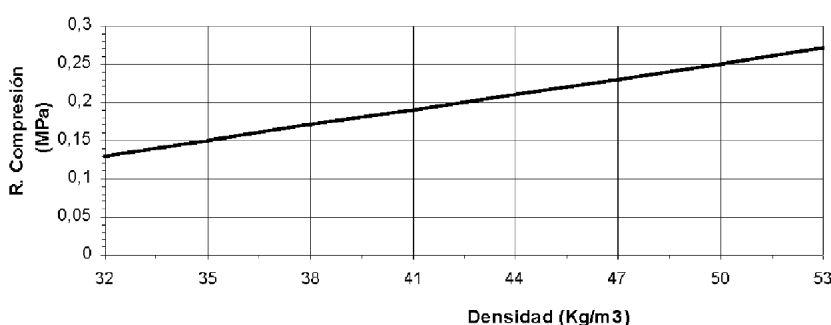
Resistencia a la flexión en función de la densidad, según UNE-EN 12089



Resistencia a la tracción en función de la densidad según UNE-EN 1607



Resistencia a la compresión en función de la densidad según UNE-EN 826



Comportamiento mecánico del poliuretano proyectado, recogido en el Anexo C de la Norma UNE 92120-2

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 densidad 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, aplicando la densidad apropiada 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 densidad baja en relación al esfuerzo solicitado, como solución se puede proyectar, previa preparación de la espuma anterior, nueva espuma de mayor densidad, consecuentemente más resistente y con un espesor estudiado. Esta nueva espuma repartirá las cargas.

Conclusión

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



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

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

Además, el poliuretano proyectado 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
Gas-oil	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 proyectado
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 el descubrimiento de sus propiedades de aislamiento térmico fue casual, ya que lo que interesaba en un principio eran sus propiedades de adherencia: 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 92120-2 anexo C, en función de la densidad, la resistencia a la tracción varía casi linealmente entre 210 kPa para una espuma de 32 kg/m³ hasta 610 kPa para una densidad de 53 kg/m³. Luego en el peor de los casos, una espuma de baja densidad, conseguiremos una adherencia superior a 200 kPa (2 kg/cm²).

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 materiales metálicos lisos como acero, aluminio..., habrá que realizar una limpieza desengrasante y posteriormente un tratamiento como una aplicación de pintura epoxi, que además protegerá del óxido.
- 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 la contracción normal de poliuretano se pueden producir levantamientos arrastrando consigo, por falta de cohesión, la superficie sobre la que se ha aplicado.
- 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 flamearla 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.
- Sobre una tela asfáltica no autoprotegida, la tela asfáltica deberá estar adherida en toda su superficie y se habrá de haber eliminado la capa de polietileno antiadherente mediante flameado.

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 una resina básica o cualquier otra imprimación sobre la espuma. De esta forma mejoraremos notablemente la adherencia de la capa posterior que echemos. Una cola de empapelar, por ejemplo, cumpliría perfectamente esta función.
- 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 rotas del poliuretano.
- También se puede clavar a la espuma una tela de gallinero o mallazo fino, 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.



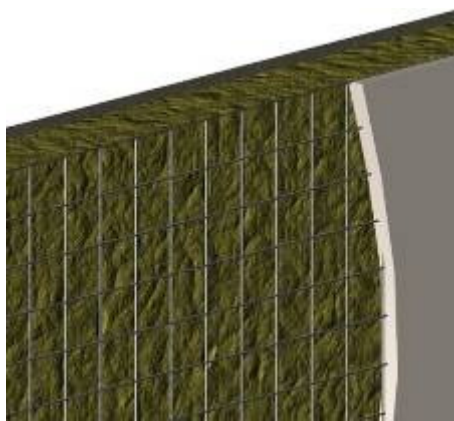
La complejidad de la superficie a aislar no supone ningún inconveniente o retraso.



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 un mallazo fino para mejorar su resistencia a la fisuración.

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

Por el tipo de producto que es el poliuretano proyectado, material fabricado in situ, su puesta en obra tiene muchas ventajas.

Profesionalidad

Por la forma de aplicación, el poliuretano proyectado 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 de la puesta en obra, la aplicación.

Versatilidad

Aislamiento térmico, acústico, impermeabilización, barrera contra el aire, regulador de humedad... Todas estas ventajas en una sola aplicación convierten al poliuretano proyectado 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. 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, se alcanza el máximo grado de impermeabilidad 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 tiene, desde el año 1998, Norma UNE que recoge las especificaciones tanto de los sistemas antes de la instalación como de la espuma una vez instalada.

El poliuretano proyectado, como producto de construcción, está amparado por la Directiva Europea 89/106/CE de Productos de Construcción, por lo que se está desarrollando su Norma Europea (actualmente en proyecto

prEN 14315), que obligará en el futuro a realizar el Marcado CE de los sistemas.

La calidad del poliuretano está normalizada por la Norma UNE 92120

A continuación se resumen las dos partes de la norma española y sus modificaciones.



Norma UNE 92120-1: Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.



Norma UNE 92120-2: Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Especificaciones para la espuma instalada.

UNE 92120 Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.

Esta norma establece los requisitos de los sistemas de poliuretano para instalación *in situ* por proyección sobre elementos constructivos. En ella se incluyen las características y métodos de ensayo para los sistemas de poliuretano, las especificaciones de la espuma, el marcado y la información técnica.

Los sistemas de poliuretano para instalación *in situ* a que hace referencia esta norma están formados por 2 componentes que, mediante reacción química entre ellos, dan lugar a una espuma rígida de poliuretano con un porcentaje de celda cerrada superior al 90%.

La producción de la espuma rígida de poliuretano tiene lugar *in situ*, en el mismo lugar

de la instalación, empleando máquinas para el procesamiento de los sistemas capaces de dosificar y mezclar los dos componentes, dichas máquinas van montadas sobre vehículos autotransportados o remolcados (factoría móvil).

Especificaciones de la espuma

Densidad: La densidad aparente global de la espuma aplicada, con todas sus pieles, se determinará según UNE EN 1602 y no será inferior a 30 kg/m³.

NOTA: cuando no se hayan podido realizar probetas para ensayo, dadas las particulares características de este producto y la dificultad natural de sacar probetas homogéneas de la espuma ya aplicada, para realizar el ensayo de densidad de una espuma aplicada podrá emplearse el método de inmersión descrito en el Anexo C de la Norma.

Conductividad térmica: El valor de la conductividad térmica λ varía con la

temperatura media de ensayo. El valor ofrecido se dará a una temperatura de referencia de 10 °C.

Otras temperaturas habituales de referencia son 0 °C y 20 °C. Para la obtención del valor a 0 °C y 20 °C se debe utilizar el procedimiento seguido en la norma UNE EN 10456.

El ensayo para la determinación de la conductividad térmica se realizará según UNE 92202 o UNE 92201. El resultado obtenido se expresará en W/(m·K).

Valor Inicial: El valor del coeficiente de conductividad térmica de la espuma aplicada, medido no más tarde de dos días después de la aplicación no será superior a 0,022 W/(m·K).

Valor Envejecido: La conductividad térmica de la espuma rígida de poliuretano varía con el tiempo, desde su valor inicial, hasta alcanzar un valor estable. Este valor estable se determinará utilizando el procedimiento de "incremento fijo".

El procedimiento de "incremento fijo" consiste en añadir al valor inicial de la conductividad térmica de la espuma de poliuretano un incremento fijo (según la TABLA 1 de la Norma) para determinar el valor envejecido de la espuma de poliuretano.

Reacción al fuego: La reacción al fuego de la espuma aplicada, no será más desfavorable que Clase E determinada según UNE-EN 13501-1.

Resistencia a la compresión: Para aquellas aplicaciones específicas donde la espuma vaya a estar sometida a carga (por ej.: suelos, cubiertas, terrazas, etc.) la resistencia a la compresión de la espuma, determinada según norma UNE EN 826, no será inferior a 200 kPa.

Transmisión de vapor de agua: Las propiedades de transmisión de vapor de agua se determinarán de acuerdo con la Norma UNE-EN 12086:2001, método B (23°C, 0/85% HR), y se declararán como el factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, μ . Ningún resultado de ensayo será inferior al valor declarado.

Durante la producción de la espuma se cumplirán las condiciones generales de aplicación que se indican en el Anexo A de la parte 2 de esta norma.

Marcado, etiquetado e Información Técnica

Los componentes de los sistemas de poliuretano se suministrarán en envases provistos de marcas o etiquetas que expresen:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Denominación o referencia del sistema.
- Tipo de componente (poliol o isocianato).
- N° de lote.
- Fecha de fabricación.
- La inscripción: "Sistema de poliuretano según la Norma UNE 92120 Parte 1, apto para la fabricación de espuma rígida de poliuretano in situ por proyección para aislamiento térmico en construcción".

Los fabricantes de los sistemas de poliuretano proporcionarán a todos sus clientes Información Técnica de los sistemas de poliuretano que suministran, y establecerán un procedimiento que asegure que las nuevas ediciones de la Información Técnica se distribuyan y reemplacen a las anteriores.

La Información Técnica del sistema contendrá, como mínimo:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Denominación o referencia del sistema.
- Aplicación a que se destina.
- Condiciones de aplicación.
- Condiciones de almacenamiento.
- Tiempo de vida recomendada.
- Relación de mezcla.
- Necesidad o no de incorporación de aditivos.
- Especificaciones del sistema de poliuretano (véase capítulo 4 parte 1).
- Propiedades de la espuma (véase capítulo 5 parte 1).
- Precauciones de uso y manejo.

La parte 1 de esta norma contiene los siguientes anexos:

- **ANEXO A (Normativo):** Método del "ensayo de espumación"
- **ANEXO B (Normativo):** Método para la determinación del contenido en isocianato libre
- **ANEXO C (Normativo):** Método de inmersión para la determinación de la densidad
- **ANEXO D (Informativo)**

UNE 92120 Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.

Esta norma establece los requisitos de una espuma rígida de poliuretano fabricada *in situ* por proyección para aplicación en elementos constructivos. En ella se incluyen las verificaciones a realizar y la declaración del instalador.

Esta norma no es aplicable a la espuma elaborada en fábrica y suministrada en forma de placas, coquillas, etc.

Espuma rígida de poliuretano: la espuma rígida de poliuretano producida *in situ* a que hace referencia esta norma es una espuma plástica rígida con un porcentaje de celdas cerradas superior al 90%, que se obtiene mediante reacción química de un sistema de poliuretano compuesto por dos componentes líquidos: polioliol e isocianato.

La producción de la espuma rígida de poliuretano tiene lugar *in situ*, en el mismo lugar de la instalación, empleando máquinas para el procesado de los sistemas capaces de dosificar y mezclar los dos componentes, dichas máquinas van montadas sobre vehículos autotransportados o remolcados (factoría móvil).

El proceso de ejecución de la aplicación por proyección consiste en pulverizar, mediante la máquina citada, la mezcla de dos componentes produciendo una reacción química exotérmica sobre la superficie a aislar, donde por ésta reacción rápidamente expande y endurece formando la espuma. La aplicación se realiza en sucesivas capas, hasta alcanzar el espesor final de aislamiento deseado en conformidad con las condiciones contractuales.

Especificaciones y métodos de ensayo de la espuma rígida de poliuretano

El instalador utilizará un sistema de poliuretano que cumpla con la Parte 1 de esta norma.

Condiciones de aplicación: El instalador cumplirá las condiciones generales de aplicación descritas en el Anexo A de esta

norma así como las particulares, si proceden, indicadas por los fabricantes de los sistemas de poliuretano en la Información Técnica del sistema.

Densidad: La densidad de la espuma aplicada, con todas sus pieles, no será inferior a 30 kg/m³.

Espesor: El espesor de la espuma aplicada no será inferior a 20 mm.

Conductividad térmica λ (valor inicial): El valor inicial del coeficiente de conductividad térmica de la espuma aplicada, será el que se determina en la parte 1 de esta norma.

Reacción al fuego: La reacción al fuego de la espuma aplicada no será más desfavorable que Clase E según la Norma UNE-EN 13501-1. Según declaración y especificaciones técnicas del sistema, parte 1 de esta norma.

Verificaciones y control de las espumas

Condiciones de aplicación: Antes de proceder a la aplicación de la espuma, el instalador inspeccionará la obra con objeto de determinar si reúne las condiciones para llevar a cabo la aplicación (Anexo A de la parte 2 de esta norma), así como las condiciones particulares, si proceden, indicadas por el fabricante del sistema de poliuretano en la Información Técnica (Capítulo 7 de la parte 1 de esta norma).

Relación de mezcla: El instalador realizará, cuando utilice máquinas capaces de operar con distintas proporciones de mezcla, la comprobación de la dosificación de las mismas. Para ello, recogerá de forma simultánea los dos componentes por separado en recipientes adecuados antes de su paso por el mezclador y comprobará en peso o en volumen, según corresponda, la relación entre los mismos.

Cuando se utilicen máquinas de dosificación fija bastará comprobar que la relación de mezcla se corresponde con la especificada por el fabricante del sistema de poliuretano.

El valor medio de la relación de mezcla no deberá diferir en más del 5% de la relación de mezcla indicada por el fabricante del sistema de poliuretano.

Apariencia externa: La valoración se realizará por apreciación visual. La espuma aplicada deberá presentar una estructura uniforme, sin discontinuidades en su homogeneidad imputables a un mezclado defectuoso. No se tendrá en cuenta como defecto la presencia de pieles o capas motivadas por aplicaciones sucesivas.

Densidad: La densidad aparente global de la espuma aplicada, con todas sus pieles, se determinará según UNE-EN 1602 y no será inferior a 30 kg/m³ en aplicaciones por proyección.

NOTA 1. Cuando no se hayan realizado probetas para ensayo, dadas las particulares características de este producto y la dificultad natural de sacar muestras homogéneas de la espuma ya aplicada, para realizar el ensayo de densidad de una espuma aplica, podrá determinarse por el método de inmersión descrito en el Anexo B de esta norma.

Espesor: En el recubrimiento de superficies, proceso por proyección, la medición del espesor se efectuará con ayuda de un punzón graduado o instrumento similar cuyo diámetro no sobrepase 2 mm. Para la determinación del espesor se tomarán por apreciación visual dentro de la superficie diez puntos, cinco de espesor aparentemente alto y cinco de espesor aparentemente bajo. El resultado será el valor medio de las medidas realizadas, descartando las cuatro medidas extremas. Ninguna medida de las consideradas podrá ser inferior en más de un 25% al valor medio obtenido.

Cálculo de la resistencia térmica

La resistencia térmica para la espuma instalada se determinará de acuerdo con la expresión siguiente:

$$R = d / \lambda_{\text{envejecido}} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

donde **d** es el espesor, en metros, de la espuma instalada y **λ_{envejecido}** (0,028 W/m·K) es el valor envejecido del coeficiente de conductividad térmica.

Declaración del instalador

Al finalizar la instalación de la espuma, el instalador declarará a su cliente que la aplicación de la espuma se ha realizado de acuerdo con los requerimientos de esta norma

y utilizando un sistema de poliuretano que cumple con la Parte 1 de esta norma.

En la declaración constarán, también, los siguientes datos:

- 1 Datos del instalador:
 - Nombre y dirección de la empresa.
 - Nombre de los instaladores.
 - Identificación de la máquina.
- 2 Datos de la instalación:
 - Nombre/referencia y dirección de la obra.
 - Tipo de aplicación.
 - Superficie aislada.
- 3 Datos del sistema de poliuretano:
 - Denominación o referencia del sistema.
 - Nombre y dirección del fabricante.
- 4 Datos de la espuma aplicada:
 - Condiciones de aplicación.
 - Densidad.
 - Espesor.
 - Resistencia térmica.
 - Clasificación de reacción al fuego.
 - Resistencia a la compresión (si procede).

La parte 2 de la norma consta de los siguientes anexos:

- **ANEXO A (Informativo):** Condiciones de aplicación
- **ANEXO B (Normativo):** Método de inmersión para la determinación de la densidad
- **ANEXO C (Informativo):** Características adicionales para aplicaciones específicas

Conclusión

- El Poliuretano proyectado es un producto de construcción con Norma UNE de AENOR tanto para la fabricación de sistemas como para la aplicación, desde el año 1998.

Existen varios organismos de certificación que certifican tanto la calidad de los sistemas de poliuretano (según la Norma UNE 92120-1) como la calidad de la instalación (según la Norma UNE 92120-2)

De esta forma, la gran mayoría de los sistemas de poliuretano cuentan con alguna certificación de calidad (Marca N de AENOR, Marca Q de ECA o Marca A+ de APPLUS)

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

Para consultar un listado actualizado de empresas certificadas, se puede acceder a los siguientes documentos:

Listado de Aplicadores Certificados

Listado oficial del CTC-020 de AENOR con las empresas de aplicación con Marca N de materiales aislantes térmicos:

- www.atepa.org/20_06.xls

Listado oficial de ECA con las empresas de aplicación con Marca Q de materiales aislantes térmicos:

- www.atepa.org/ECA.xls

Listado de Fabricantes Certificados

Listado oficial del CTC-020 de AENOR con las empresas fabricantes de sistemas de proyección con Marca N de materiales aislantes térmicos:

- www.atepa.org/20_05.xls

Conclusión

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

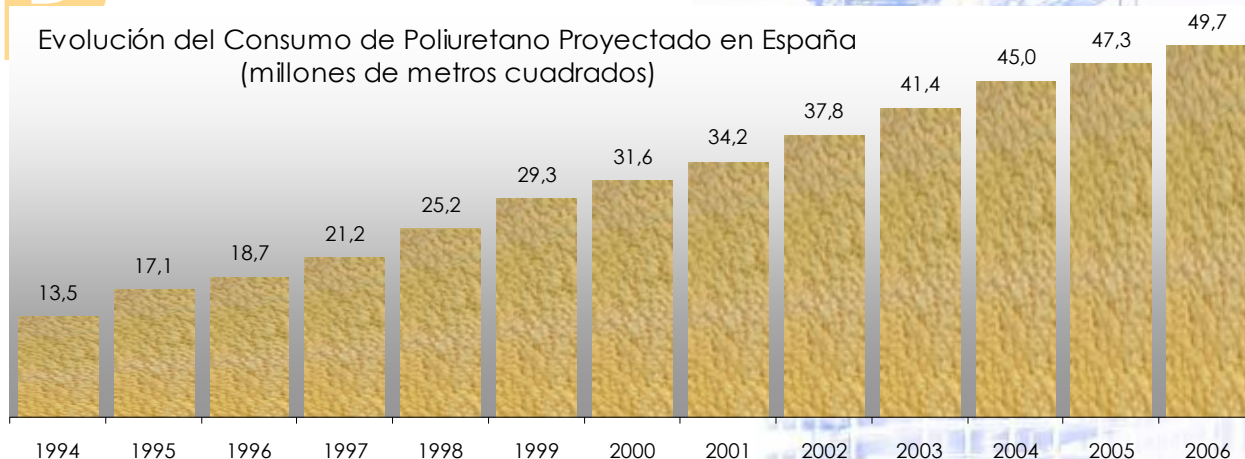


Desde que el poliuretano proyectado hizo su aparición en el mercado español, hace más de 25 años, su volumen de negocio ha ido creciendo hasta las 50.000 toneladas anuales que se proyectan actualmente, con lo que se estiman un total de 550 millones de metros

cuadrados (82.000 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.

Evolución del Consumo de Poliuretano Proyectado en España
(millones de metros cuadrados)

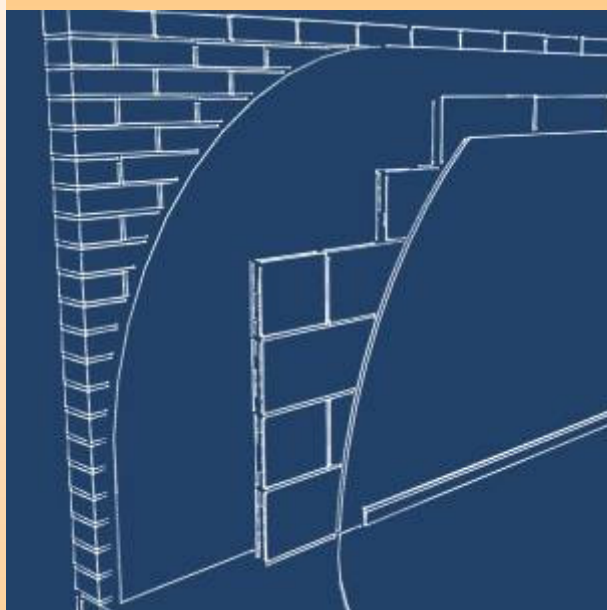


Conclusión

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

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

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	PUR	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	PUR	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
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado.
 Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E
 C: Cámara de aire no ventilada
 LH: Ladrillo Hueco
 RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alicatado)



La proyección sobre ladrillo cara vista no requiere de enfoscado previo para garantizar la impermeabilidad

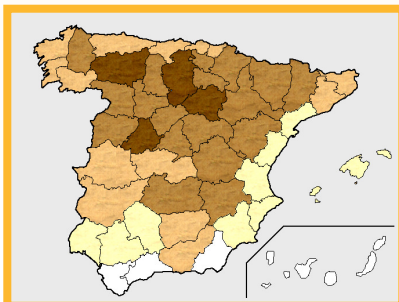
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Fachadas		Puentes térmicos	
		sin aislar	aislados
Zona A		30-40	30-35
Zona B		30-40	30-40
Zona C		40-55	35-45
Zona D		60-80	40-50
Zona E		80-100	40-55

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía ATEPA del Poliuretano (Anexo 8) conforme al Anexo G del CTE.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 45 y 54 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V5.0.

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, Anexo 4.

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

Al ser el PUR un revestimiento continuo intermedio, se considera una barrera de resistencia muy alta a la filtración según el CTE, lo que cumple un grado de impermeabilidad 5, el máximo, sin enfoscado previo y sin ningún otro requerimiento adicional.

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

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

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PUR + 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.

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	PUR	C	YL	Interior
	LC 1 pie				
	RE + BH				
	RE + BC				

Proyección en la cámara desde el exterior

Exterior	LC ½ pie	C	PUR	YL	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
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado, Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E
 C: Cámara de aire no ventilada
 YL: Panel de Yeso Laminado



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

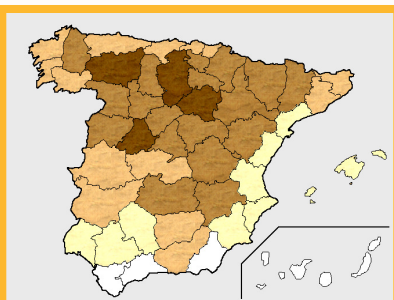
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Fachadas		Puentes térmicos	
		sin aislar	aislados
Zona A		30-40	30-35
Zona B		30-40	30-40
Zona C		40-55	35-45
Zona D		60-80	40-50
Zona E		80-100	40-55

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía ATEPA del Poliuretano (Anexo 8) conforme al Anexo G del CTE.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 48 y 62 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V5.0.

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

$R_A=52$ dBA

$R_{At}=46$ dBA

Resultados del Expediente 09/100816-1585 de APPLUS, Anexo 4.

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

Al ser el PUR un revestimiento continuo intermedio, se considera una barrera de resistencia muy alta a la filtración según el CTE, lo que cumple un grado de impermeabilidad 5, el máximo, sin enfoscado previo y sin ningún otro requerimiento adicional.

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

PUR Euroclase E + PYL: B-s1,d0 (Clasificación sin necesidad de ensayo según el RD 110/2008 Cuadro 1.3-2)

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PUR + 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

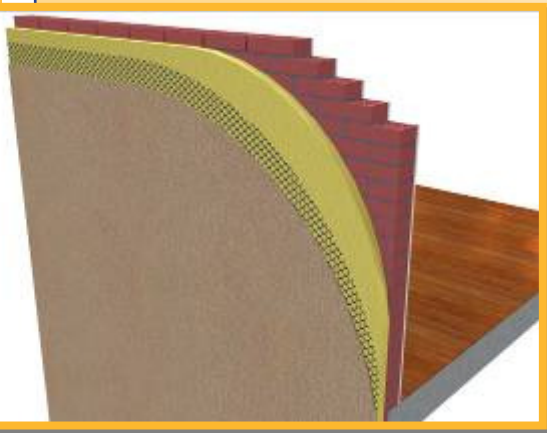
- Impermeabiliza frente al agua de lluvia sin necesidad de enfoscado intermedio.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor, aumentando el espacio habitable.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- Trata fácilmente los puentes térmicos.
- Seguridad frente al fuego.
- Permite transpirar de 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.

DESCRIPCIÓN

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



Proyección de poliuretano antes de recibir el revestimiento

Exterior	RE	PUR	LC ½ pie	YL	Interior
			LC 1 pie		
			BH	RI	
			BC		

RE: Revestimiento Exterior Continuo
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado.
 Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 45 kg/m³,
 Euroclase E
 LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
 BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
 BC: Fábrica de Bloque Cerámico
 YL: Panel de Yeso Laminado
 RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alcatado)



Proyección de poliuretano antes de recibir el revestimiento



Proyección en medianera con protección

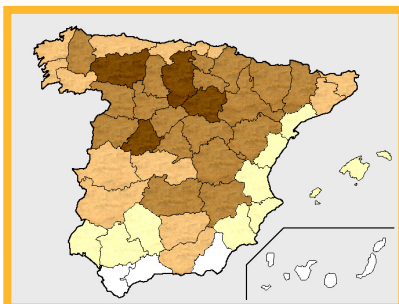
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 45 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Fachadas		Puentes térmicos	
		sin aislar	aislados
Zona A		30-40	30-35
Zona B		30-40	30-40
Zona C		40-55	35-45
Zona D		60-80	40-50
Zona E		80-100	40-55

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía ATEPA del Poliuretano (Anexo 8) conforme al Anexo G del CTE.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valores mínimos de R_A entre 48 y 62 dBA, según el Catálogo de Elementos Constructivos V5.0.

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

$R_A=58$ dBA

$R_{At}=56$ dBA

Resultados del Expediente 09/100816-2122 de APPLUS, Anexo 4.

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

Al ser el PUR un revestimiento continuo intermedio, se considera una barrera de resistencia muy alta a la filtración según el CTE, lo que cumple un grado de impermeabilidad 5, el máximo, sin enfoscado previo y sin ningún otro requerimiento adicional.

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

PUR Euroclase E + RE: B-s1,d0 *(Informe Licof 0168T04, Anexo 5)*

Solución válida para exterior de fachadas en todo tipo de edificios.

VENTAJAS

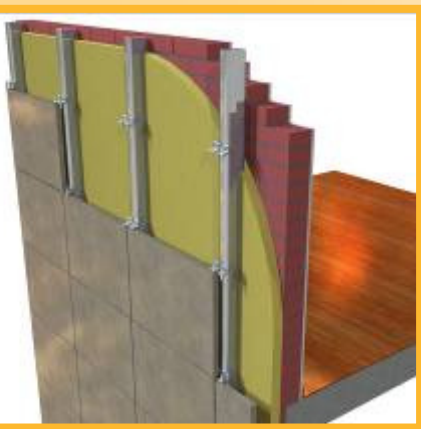
- Ausencia total de puentes térmicos.
- Impermeabiliza la fachada frente al agua de lluvia.
- Máximo aislamiento con el mínimo espesor.
- Mejora el aislamiento acústico del cerramiento.
- No reduce espacio habitable.
- Seguridad frente al fuego.
- Permite transpirar de forma natural al cerramiento, sin 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 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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	PUR	LC ½ pie	YL	Interior
				LC 1 pie		
				BH	RI	
				BC		

- RE: revestimiento exterior discontinuo
- C: Cámara de aire ventilada
- PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E
- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- YL: Panel de Yeso Laminado
- RI: Revestimiento Interior (enlucido/enfoscado/alicatado)



Impermeabilidad y ausencia de puentes térmicos



Adaptabilidad total a cualquier superficie



Poliuretano pigmentado en negro



Fachada del Museo Guggenheim de Bilbao, con poliuretano

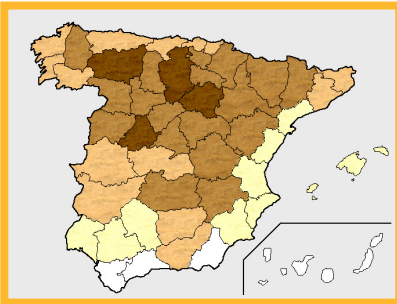
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Fachadas			
		Puentes térmicos	
		sin aislar	aislados
Zona A		30-40	30-35
Zona B		30-40	30-40
Zona C		40-55	35-45
Zona D		60-80	40-50
Zona E		80-100	40-55

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Ausencia de condensaciones en todos los casos y condiciones climáticas. Cálculos realizados con el programa Guía ATEPA del Poliuretano (Anexo 8) conforme al Anexo G del CTE.

PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (Cumplimiento del DB-HR)

Valor de R_{Atr} de 56 dBA, según Expediente 09/100816-2122 de APPLUS, Anexo 4.

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

Al ser el PUR un revestimiento continuo intermedio, se considera una barrera de resistencia muy alta a la filtración según el CTE, lo que cumple un grado de impermeabilidad 5, el máximo, sin enfoscado previo y sin ningún otro requerimiento adicional.

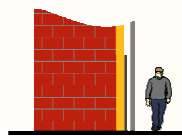
SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (Cumplimiento del DB-SI2)

Solución válida para:

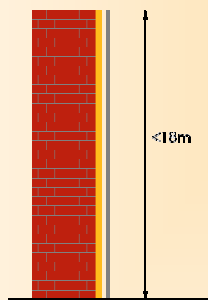
- PUR Euroclase E: Para fachadas de menos de 18 m de altura y arranque no accesible al público.
- PUR Euroclase E + 1,5 cm de enfoscado en los 3,5 primeros metros: Para fachadas de menos de 18 m de altura y arranque accesible al público.
- PUR Euroclase E + 1,5 cm de enfoscado en toda la superficie: Para fachadas de más de 18 m de altura.



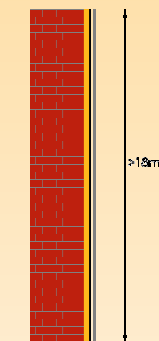
Si el arranque no es accesible, no hay exigencia



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



Si la altura de la fachada es menor de 18 m, no hay exigencia



Si la altura es mayor de 18 m, se debe proteger la espuma con un enfoscado de cemento de 1,5 cm

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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.

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	PUR	LH 4 cm + RI	Interior
	LC 1 pie			
	RE + BH			
	RE + BC		LH 7 cm + RI	

- LC: Fábrica de Ladrillo Cerámico
- RE: Revestimiento Exterior Continuo
- BH: Fábrica de Bloque de Hormigón
- BC: Fábrica de Bloque Cerámico
- PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Inyectado. Producto de celda abierta. Conductividad 0.036 W/m·K, Densidad <20 kg/m³.
- 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 bajo a arriba



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

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.036 W/m·K
- Densidad media: <20 kg/m³
- Espesor medio: Según grosor de cámara

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.

Espesor mm	Resistencia Térmica m² K/W
50	1,79
60	2,14
70	2,50
80	2,86
90	3,21
100	3,57

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, 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)

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

Situación del elemento:	Exigencia CTE	PUR + 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

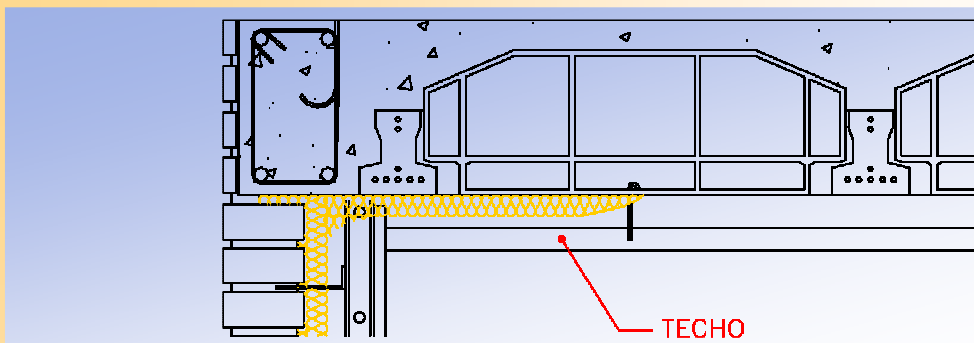
VENTAJAS

- 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

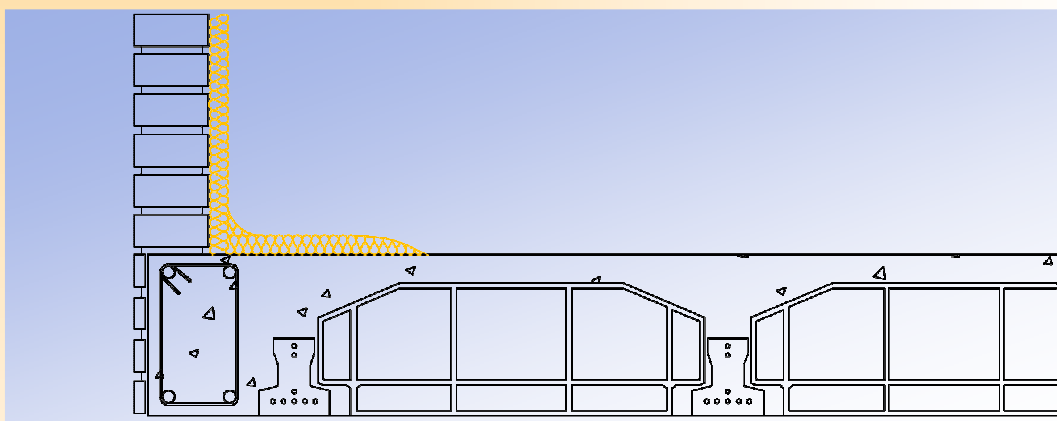
- Las inyecciones se realizarán a través de taladros espaciados, como máximo, 1 m entre sí, sin que se sitúen sobre la misma línea.
- La inyección debe comenzar por los taladros situados en la parte inferior, llenando la cámara de abajo arriba lentamente ya que el material debe saturar el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas colaterales ya que éstas se pueden llegar a fisurar. Según sea más estrecha la cámara, habrá que extremar la precaución.
- En la elección de este tipo de solución se ha de tener en cuenta que el llenado del volumen de la cámara puede verse entorpecido por la presencia de cuerpos extraños en el interior de la cámara.

ENCUENTRO CON LOS FORJADOS EN PROYECCIÓN INTERIOR



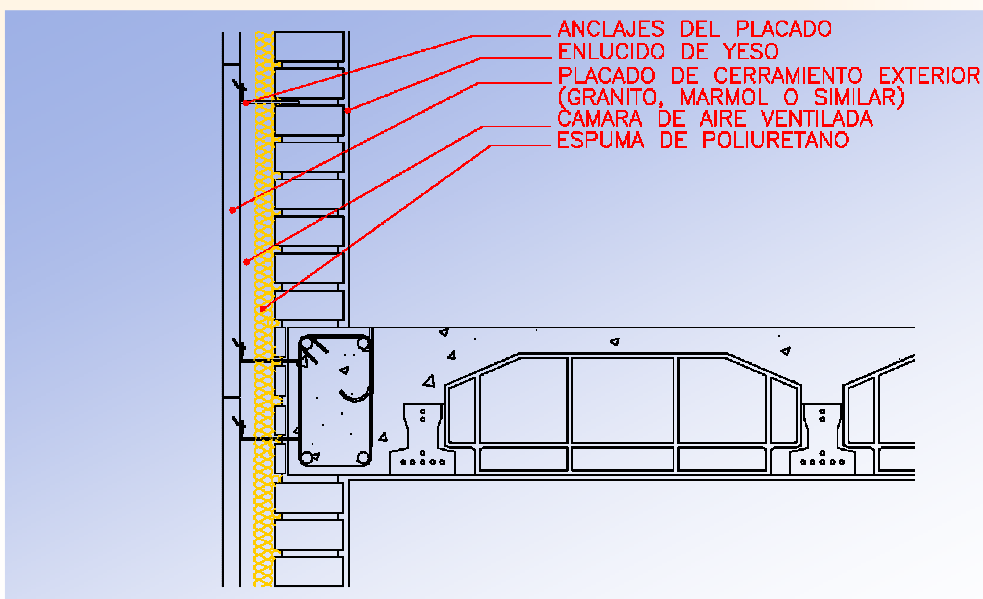
Cuando sea posible, se deberá extender la proyección de poliuretano unos 30 cm tanto sobre el forjado superior como sobre el inferior, para corregir el puente térmico que suponen los frentes de forjado.

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.



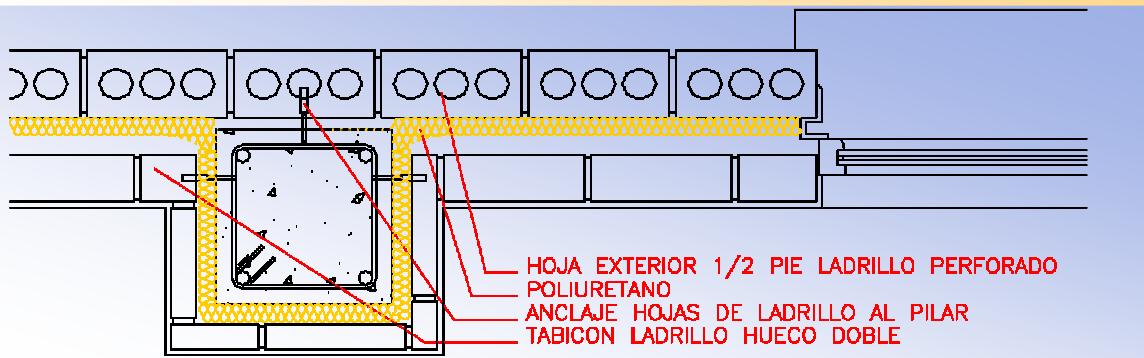
Es importante mantener limpia la base del forjado para garantizar una buena adherencia en ese punto y así evitar la retracción de la espuma.

FRENTES DE FORJADO EN PROYECCIÓN EXTERIOR



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

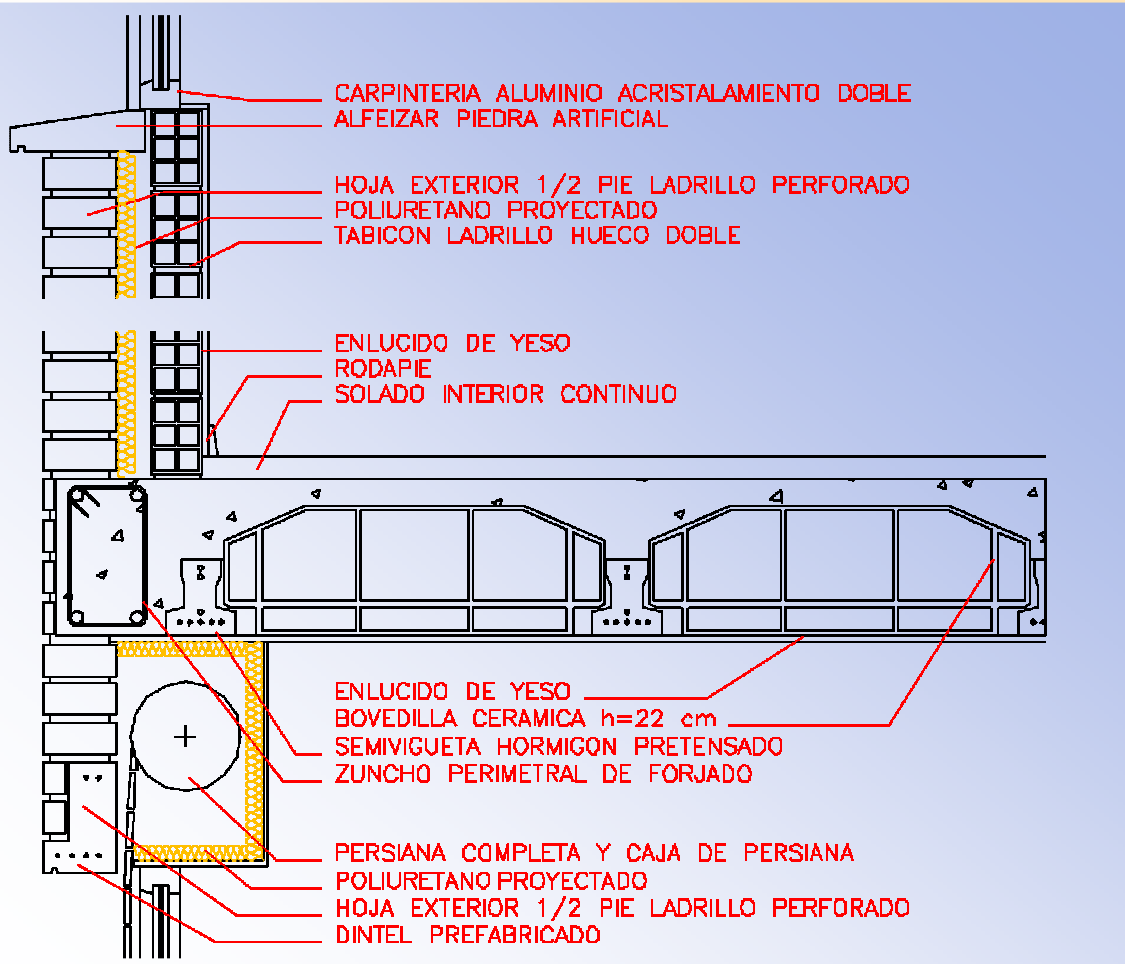
ENCUENTRO CON PILARES



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.

CAPIALZADOS Y CAJAS DE PERSIANA

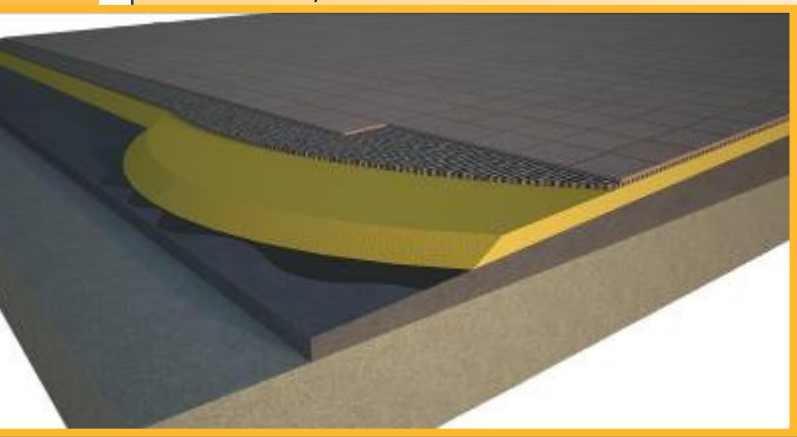


En el caso de capialzados y cajas de persiana, dado que presentan condiciones desfavorables de protección térmica, se recomienda vigilar que

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

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	PUR
PUR	PUR
BV	I
+	
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.
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 45 kg/m³, Resistencia a la compresión > 200 kPa, Euroclase E.
 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

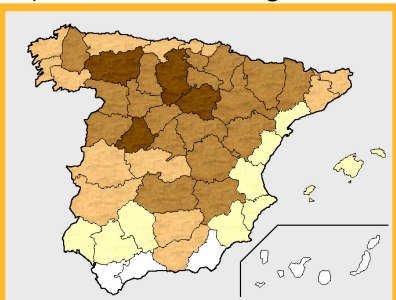
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 45 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas		
Zona A		30-50
Zona B		40-55
Zona C		45-65
Zona D		50-70
Zona E		55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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 el aislamiento térmico va por debajo de la impermeabilización, 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 V5.0.

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

Solución válida para PUR 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

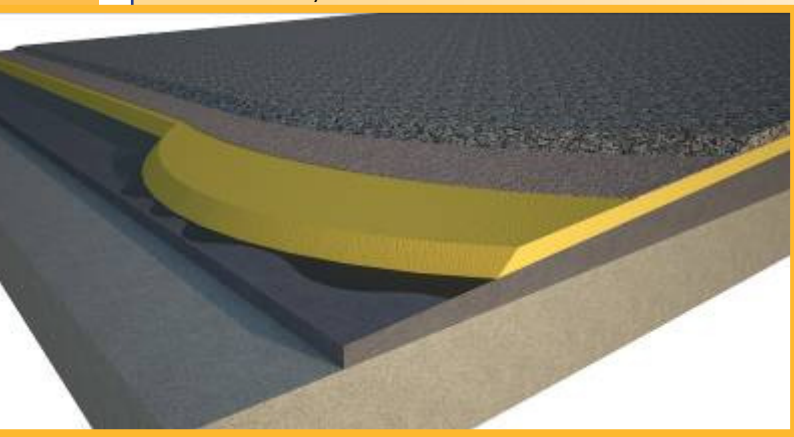
- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Gran resistencia mecánica.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea.
- En cubierta 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.

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.



Exterior				
Pg	Ip	PURe	Pt	
Csa	CC	PUR	Fi	
PUR	PUR		D	
			Csa	
			I	PUR
			CC	
PUR				
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.
 PURe: Elastómero de poliuretano densidad 1000 kg/m³
 Pt: Capa de protección de tierra
 Fi: Capa filtrante
 D: Capa drenante
 I: Impermeabilización
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E.
 BV: Barrera de vapor in situ adherida (emulsión asfáltica o bituminosa)
 FP: Formación de pendientes
 SR: Soporte resistente (Forjado o losa)



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

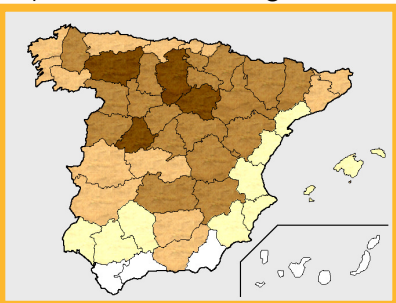
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas	
Zona A	30-50
Zona B	40-55
Zona C	45-65
Zona D	50-70
Zona E	55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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 el aislamiento térmico va por debajo de la impermeabilización, 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 V5.0.

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

Solución válida para PUR 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.
- Observar la ejecución de los puntos singulares según el capítulo 3.13.
- Si se aplica un producto de densidad 35 kg/m³ 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	
PUR			CC
			PUR
			BV
SR			
Interior			

- 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.
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E.
 BV: Barrera de vapor in situ adherida (emulsión asfáltica o bituminosa)
 SR: Soporte resistente (forjado, tablero cerámico, losa, tablero de madera o chapa metálica)



Cubierta de teja sobre pelladas, aislada con poliuretano proyectado

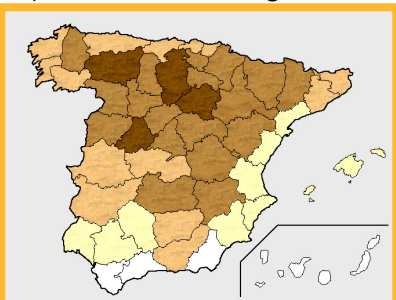
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas		
Zona A		30-50
Zona B		40-55
Zona C		45-65
Zona D		50-70
Zona E		55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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 V5.0.

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

Solución válida para PUR 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

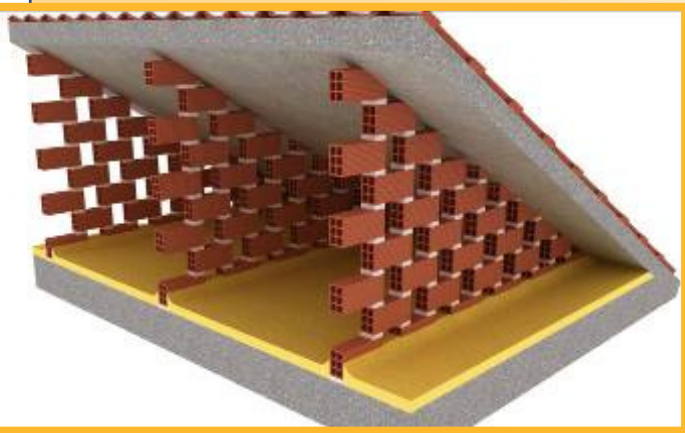
- El poliuretano proyectado, al ser un material impermeable, refuerza la impermeabilidad de la cubierta.
- Capa continua de aislamiento con ausencia de juntas o solapes.
- Gran resistencia mecánica.
- Baja absorción de humedad.
- Se adhiere a cualquier superficie, por compleja que esta sea, impidiendo 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.
- 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 un forjado inclinado apoyado sobre tabiques palomeros, y aislado con poliuretano proyectado entre tabiques. Solución recomendada para rehabilitación.



Exterior	
Cubierta Inclinada	
PUR	C
C nv	PUR
SR	
Interior	

PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E.

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

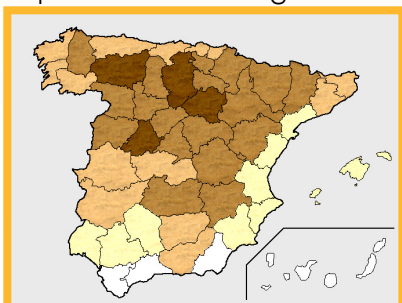
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas	
Zona A	30-50
Zona B	40-55
Zona C	45-65
Zona D	50-70
Zona E	55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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 V5.0.

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

En viviendas, solución válida para PUR euroclase E

En resto de usos, solución válida para PUR 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.

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
PUR		PUR
		BV
Interior		

- Tj: Acabado de teja
- FC: Placa de Fibrocemento
- CM: Chapa Metálica
- PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado por el interior. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E o C-s3,d0.
- 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

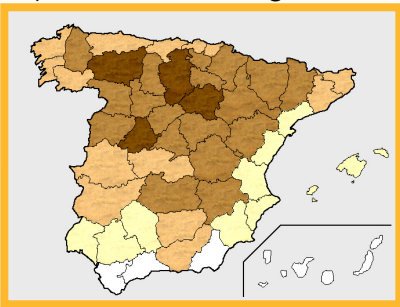
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E o C-s3,d0
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas		
Zona A		30-50
Zona B		40-55
Zona C		45-65
Zona D		50-70
Zona E		55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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)

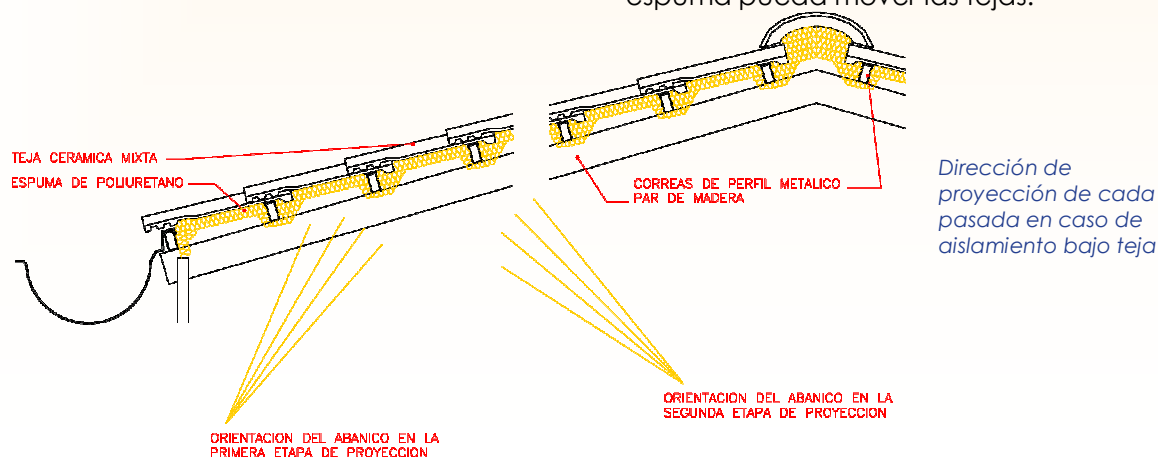
- Poliuretano Euroclase E válido para revestimiento interior de viviendas o edificaciones industriales de uso agropecuario (granjas, almacenes agropecuarios, etc.)
- Poliuretano Euroclase C-s3,d0 para revestimiento interior del resto de edificaciones industriales (Industrias, almacenes industriales, 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 peligrosas (amianto).
- Inocuo para las personas y beneficioso para el medioambiente a lo largo de su vida.
- Rápida ejecución por personal especializado en aislamiento.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.



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		
PUR		
Tj	FC	CM
Interior		

PP: Capa de protección del poliuretano (Pintura, Elastómero... etc)

PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado por el exterior. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E.

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.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas		
Zona A		30-50
Zona B		40-55
Zona C		45-65
Zona D		50-70
Zona E		55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

AUSENCIA DE CONDENSACIONES (Cumplimiento del DB-HE1)

Cuando la capa de protección del poliuretano sea no transpirable 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 PUR 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.

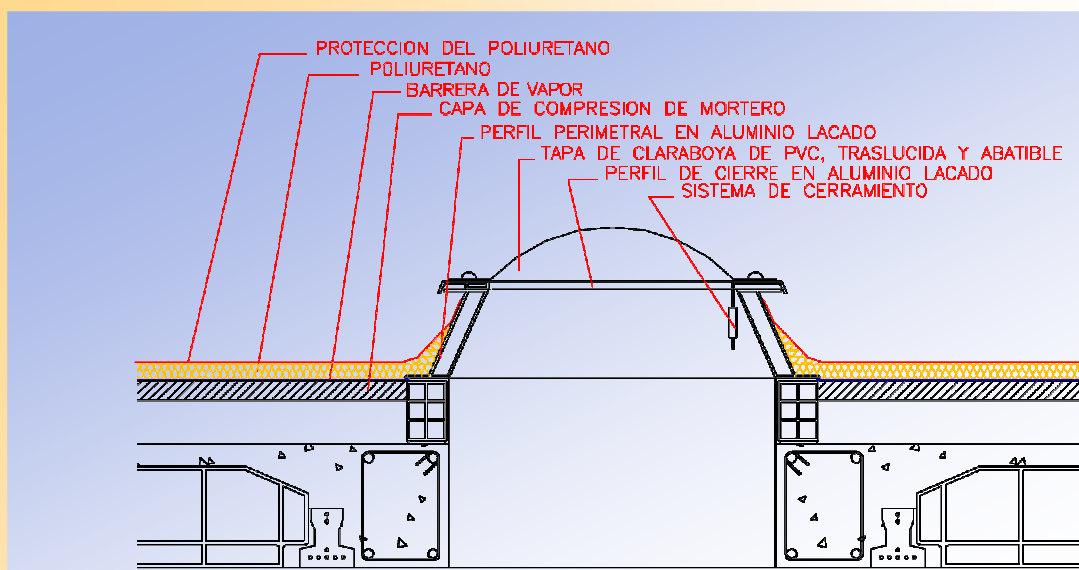
VENTAJAS

- 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.
- Aísla térmicamente la propia cubierta, reduciendo dilataciones y aumentando su duración.
- No afecta a la seguridad en caso de incendio
- Gran resistencia a las inclemencias del tiempo (agua, viento).
- 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.
- Único material aislante que 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.

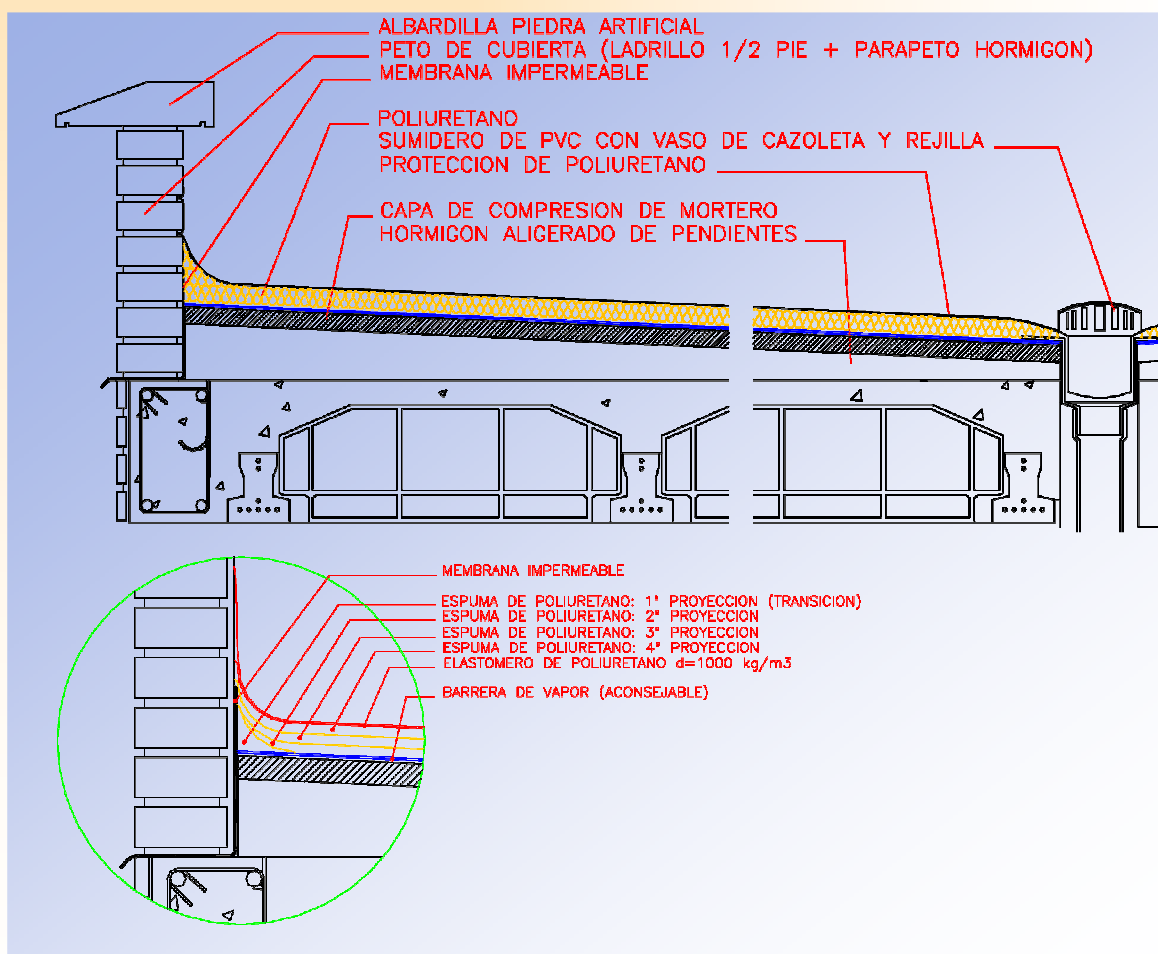
RECOMENDACIONES

- Exigir sistemas con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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.
- 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.

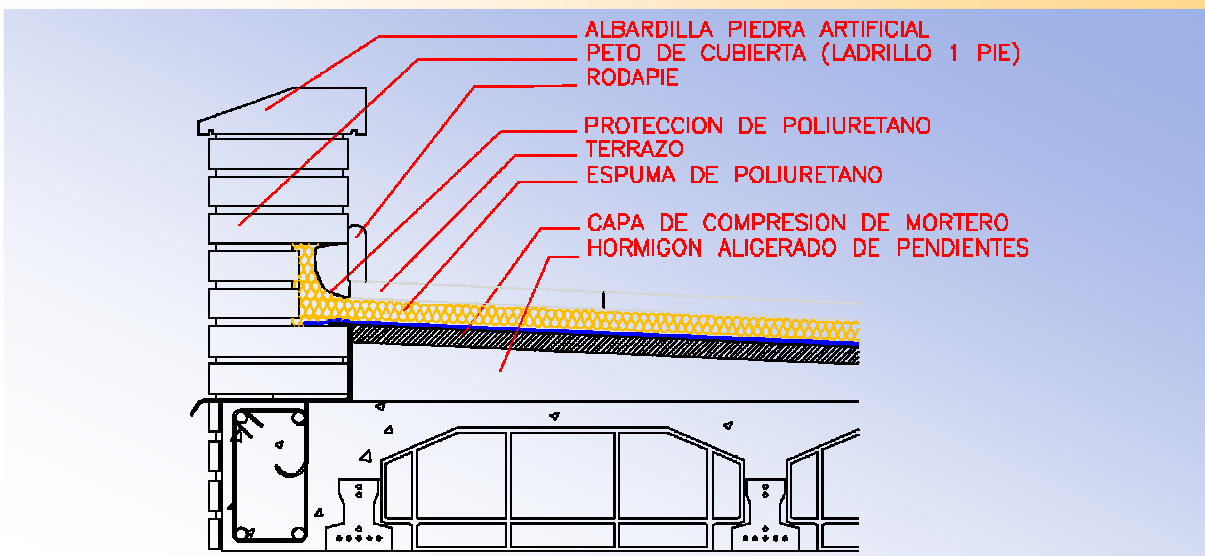


Estas singularidades deben ejecutarse con encuentro del plano vertical y horizontal antes de proyecciones específicas sobre la línea de pasar la proyección general en toda la cubierta.



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.

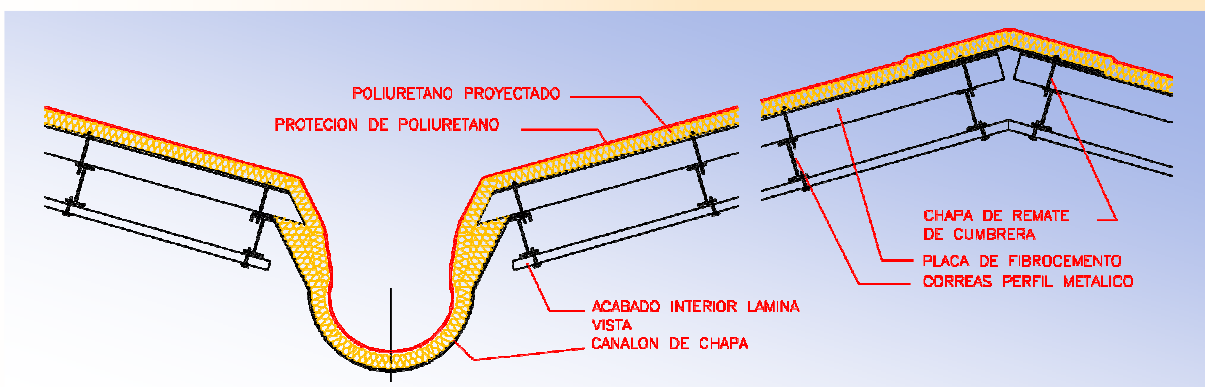
En caso de acabado de elastómero, éste se prolongará a ser posible hasta la albardilla, o en su defecto al menos hasta una altura 10 cm superior a la de la espuma.



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 SUMIDEROS 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	
PUR	PUR
	C
+	
YL	PES
Planta Inferior	

SR: Soporte resistente (forjado, tablero cerámico, losa, tablero de madera o chapa metálica)

PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado. Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 35 kg/m³, Euroclase E.

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.

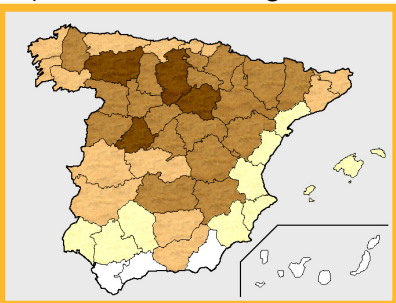
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 35 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Cubiertas	
Zona A	30-50
Zona B	40-55
Zona C	45-65
Zona D	50-70
Zona E	55-75

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos...).

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 V5.0

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

En viviendas, solución válida para PUR euroclase E.

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

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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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		
PUR		
SR		
Exterior		

AC: Acabado cerámico
 MA: Mortero de Agarre
 MC: Mortero de compresión
 MF: Acabado de madera flotante
 MR: Acabado de madera sobre rastreles
 PUR: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado.
 Conductividad 0.028 W/m·K, Densidad 45 kg/m³,
 Resistencia a la compresión > 200 kPa, Euroclase E.
 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

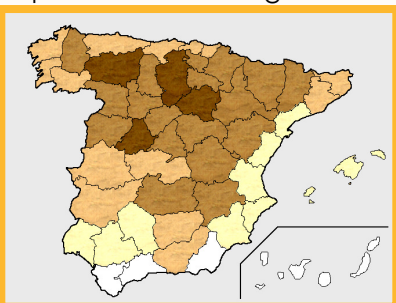
CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS

Aislamiento térmico de Poliuretano Proyectado.

- Conductividad: 0.028 W/m·K
- Densidad media: 45 kg/m³
- Espesor medio: Según cálculo
- Reacción al fuego: Euroclase E
- Contenido en Celda Cerrada: >90%
- Resistencia a la compresión: >200 kPa
- Conformidad de los sistemas con la Norma: UNE 92120-1
- Conformidad de la aplicación con la Norma: UNE 92120-2
- Medición según Norma: UNE 92310

AHORRO ENERGÉTICO (Cumplimiento del DB-HE1)

Espesores en mm según la zona climática:



Suelos	
Zona A	30-45
Zona B	30-45
Zona C	30-45
Zona D	30-45
Zona E	35-50

Valores de espesor orientativos. 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 ATEPA del Poliuretano (Anexo 8) conforme al Anexo G del CTE.

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 V5.0

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

Solución válida para PUR 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.
- Único material aislante que 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 92120-1.
- Contratar empresas de aplicación con Certificado de Calidad conforme a la Norma: UNE 92120-2.
- 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 obra.....	78
4.2.	Control de ejecución de obra	80
4.3.	Control de la obra terminada	81
4.4.	Medición y ensayos.....	82
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 puede realizar de tres maneras:

Control de la documentación:

- Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado
- Certificado de garantía del fabricante
- Documentos de conformidad reglamentarios

Control de recepción por distintivos de calidad (ej. Marca N de AENOR o Marca Q de ECA):

- 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 las siguientes:

Características exigibles al poliuretano en todas las aplicaciones

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

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, y que la empresa que lo aplica también tiene una certificación de calidad de producto aplicado.

Documentación para el control de recepción en obra del poliuretano proyectado:

- Ficha técnica del producto, firmada por persona física, que contenga al menos la siguiente información:
 - ▶ Densidad
 - ▶ Conductividad térmica
 - ▶ Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua
 - ▶ Contenido en Celdas Cerradas
 - ▶ Reacción al fuego desnudo
- Con carácter voluntario, pero recomendable según los casos:
 - ▶ Resistencia a la compresión
 - ▶ Reacción al fuego en aplicación final de uso
 - ▶ Certificación de calidad de las materias primas
 - ▶ Certificación de calidad de la puesta en obra

El poliuretano proyectado y el mercado CE

Hasta que la norma europea de producto no esté aprobada, no es obligatorio ni tampoco posible realizar el Mercado CE. La espuma de poliuretano in situ tiene norma española (UNE 92120). La norma europea está en un estado muy avanzado de desarrollo (prEN 14315), pero aún falta un tiempo para que se apruebe.

En cualquier caso, y como aclaran tanto los ministerios de Vivienda como de Industria en sendas cartas (www.atempa.org/CE.pdf), el Mercado CE no es ni debe entenderse como una marca de calidad o una denominación de origen de la Unión Europea. Se trata simplemente de una garantía de

cumplimiento de unos mínimos de seguridad y un pasaporte para poder circular libremente por la Unión Europea. El retraso en la entrada en vigor del Mercado CE para ciertos productos no puede ni debe poner en duda su calidad, o la idoneidad de su utilización; en este momento, en el desarrollo de la Directiva, que está resultando muy lento, todavía no se ha alcanzado el 50% de la implantación del Mercado CE de los diferentes productos de la construcción.

Por tanto, la exigencia del CTE sobre el Mercado CE no es, en ningún caso, aplicable a aquellos productos cuya norma armonizada esté en elaboración o no hayan agotado el período transitorio de aplicación de la misma, que podrán incorporarse a los edificios sin ninguna restricción por la ausencia del Mercado CE.

Por tanto, la exigencia del CTE sobre el Mercado CE no es, en ningún caso, aplicable a aquellos productos cuya norma armonizada esté en elaboración o no hayan agotado el período transitorio de aplicación de la misma, que podrán incorporarse a los edificios sin ninguna restricción por la ausencia del Mercado CE

Un cordial saludo

Javier Serra Maria Tomé
Subdirector General de Innovación
y Calidad de la Edificación



Extracto de la carta aclaratoria del Ministerio de Vivienda

- El mercado CE no es ni debe entenderse como una marca de calidad o una denominación de origen de la UE. Se trata simplemente de una garantía de cumplimiento de unos mínimos de seguridad, de conformidad con los requisitos esenciales de la Directiva, y un "pasaporte" para poder circular libremente en el mercado de la UE. El retraso en la entrada en vigor del mercado CE para ciertos productos no puede ni debe poner en duda su calidad o la idoneidad de su utilización; en este momento, en el desarrollo de la Directiva, que está resultando muy lento, todavía no se ha alcanzado el 50% de la implantación del mercado CE de los diferentes productos de construcción.

EL SUBDIRECTOR GENERAL
DE CALIDAD Y SEGURIDAD INDUSTRIAL,

Extracto de la carta del Ministerio de Industria. El texto íntegro de ambas cartas se encuentra en www.atempa.org/CE.pdf

Conclusión

- La espuma de poliuretano no tiene obligación de marcar CE los productos, pudiendo ser empleados dentro de las exigencias del CTE.

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 45 °C
- Temperatura del sustrato: mayor de 5°C
- Humedad ambiente: Menor del 85%
- Humedad del sustrato poroso: Menor del 20%
- Humedad del sustrato no poroso: Seco
- Velocidad del viento: menor de 30 km/h (8 m/s)

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 una certificación de calidad, y utiliza sistemas con certificación de calidad:

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

Caso 2: Sistemas certificados y aplicación no certificada

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

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

Caso 3: Ni sistemas ni aplicación certificada

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

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



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 75 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 Proyectoado

A continuación se recoge un resumen de la Norma UNE 92310:2003, Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico en instalaciones industriales y en edificación, espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección, en su edición de septiembre de 2003.

1. Paredes lisas

Paredes y superficies lisas sin interrupciones:

Se medirá a cinta corrida

Paredes y superficies lisas con interrupciones:

Se medirá a cinta corrida con las siguientes deducciones

- Pilares adosados: no se deducirán, caso de no ser aislados.
- Huecos, medidos con dimensiones luz:
 - ▶ Menores de 2 m²: deducción 0%
 - ▶ Entre 2 y 4 m²: deducción 50%
 - ▶ Mayores de 4 m²: deducción 80%

2. Cubiertas y superficies planas

2.1. Por arriba:

Medición a cinta corrida, incluyendo encuentros

- Deducciones: chimeneas, claraboyas y otros elementos no aislados: Mismos criterios que en paredes lisas.

2.2. Por debajo:

Mismo criterio que paredes, con los siguientes incrementos:

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

3. Cubiertas onduladas, perfiladas, tejas, etc.

3.1. Por arriba:

Medición en desarrollo, incluyendo ondulación o grecas de la cubierta.

3.2. Por debajo:

Mismo criterio que en cubiertas y superficies planas por debajo, añadiéndose además el desarrollo de la estructura que se aísla (cerchas, vigas, correas, etc.).

4. Frentes de forjado

Medición a cinta corrida, considerándose un metro lineal de frente forjado como 1 m² de superficie, independientemente del espesor del forjado aislado.

5. Aplicaciones especiales

En los siguientes casos, además de la medición correspondiente, deberán considerarse incrementos especiales en precio, en función de las dificultades específicas de cada situación:

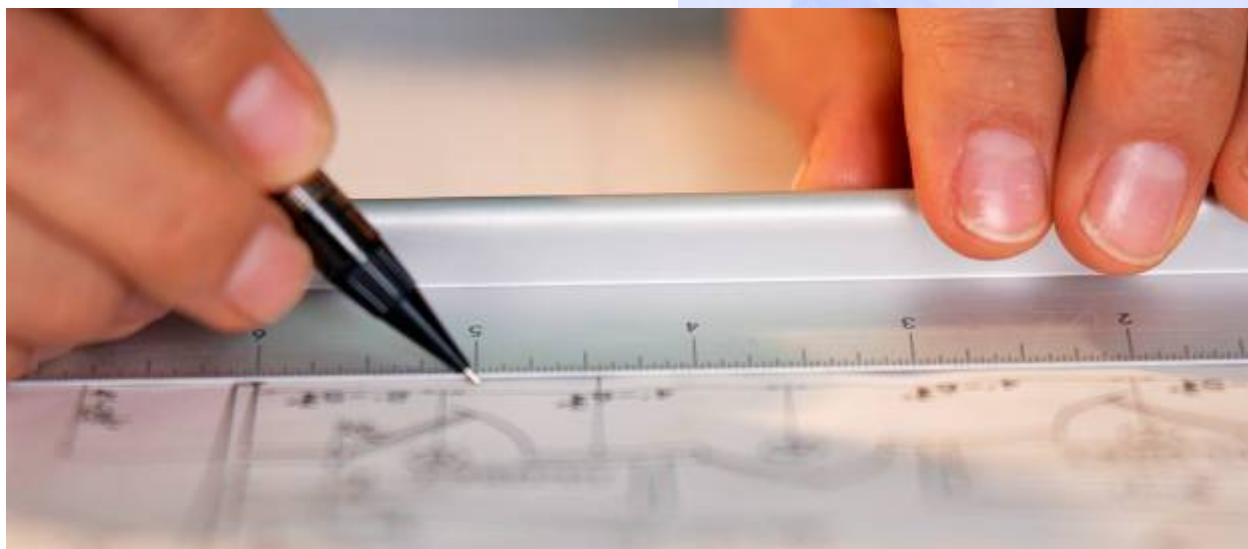
- Trabajos en altura
- Paredes medianeras exteriores
- Fachadas verticales
- Cubiertas de gran pendiente
- Trabajos desde grúa
- Trabajos desde andamio colgado

6. Medición del espesor

El espesor se determinará de acuerdo con la Norma UNE 92120-2, apartado 5.5

7. Medición de la densidad

La densidad se determinará de acuerdo con la Norma UNE 92120-2, anexo B.



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 los siguientes documentos:

- Norma UNE 92120-2:98: Productos de Aislamiento Térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in-situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.
- Norma UNE 92310:2003: Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico en instalaciones industriales y en edificación. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección.
- RP 20.06: Reglamento particular de la Marca AENOR para Aplicación de espuma rígida de poliuretano in-situ.

Procedimiento de medición

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

Para la determinación del espesor se tomarán por apreciación visual dentro de la superficie diez puntos, cinco de espesor aparentemente alto y cinco de espesor aparentemente bajo. El resultado será el valor medio de las medidas realizadas, descartando las cuatro medidas extremas. Ninguna medida de las consideradas podrá ser inferior en más de un 25% al valor medio obtenido.

Este procedimiento se realizará, con un nivel normal de frecuencia, cada 75 m² y al menos uno por unidad de obra y por día, y con un nivel de frecuencia intenso, cada 50 m² y al menos uno por unidad de obra y por día.

Validación de los resultados

Si se ha contratado "espesor medio", el valor obtenido será válido siempre que no sea inferior en un 10% al espesor contratado.

Si se ha contratado "espesor mínimo", el valor obtenido será válido siempre que no sea inferior al espesor contratado.

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 los siguientes documentos:

- Norma UNE 92120-1:98: Productos de Aislamiento Térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in-situ. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.
- Norma UNE 92120-2:98: Productos de Aislamiento Térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in-situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.
- RP 20.06: Reglamento particular de la Marca AENOR para Aplicación de espuma rígida de poliuretano in-situ.

En ambas partes de la Norma UNE 92120 se recogen dos posibles métodos de ensayo para determinar la densidad aparente global, el método recogido en la Norma UNE-EN 1602 y el método recogido en el Anexo C de la UNE 92120-1 o en el Anexo B de la UNE 92120-2.

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.

Como se especifica en la norma de producto, debido a las características particulares del producto y la dificultad natural de sacar probetas homogéneas de la espuma ya aplicada, es necesario utilizar el método de inmersión recogido en los anexos de la norma, que permite ensayar probetas de geometría irregular que incorporen todas sus pieles, como la imprimación 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 0,1 g.
- Trípode.
- Pinza de sujeción.
- Recipiente con agua.
- Alambre de acero.
- Muestra de espuma, de peso no inferior a 5 g.

Procedimiento operatorio

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:

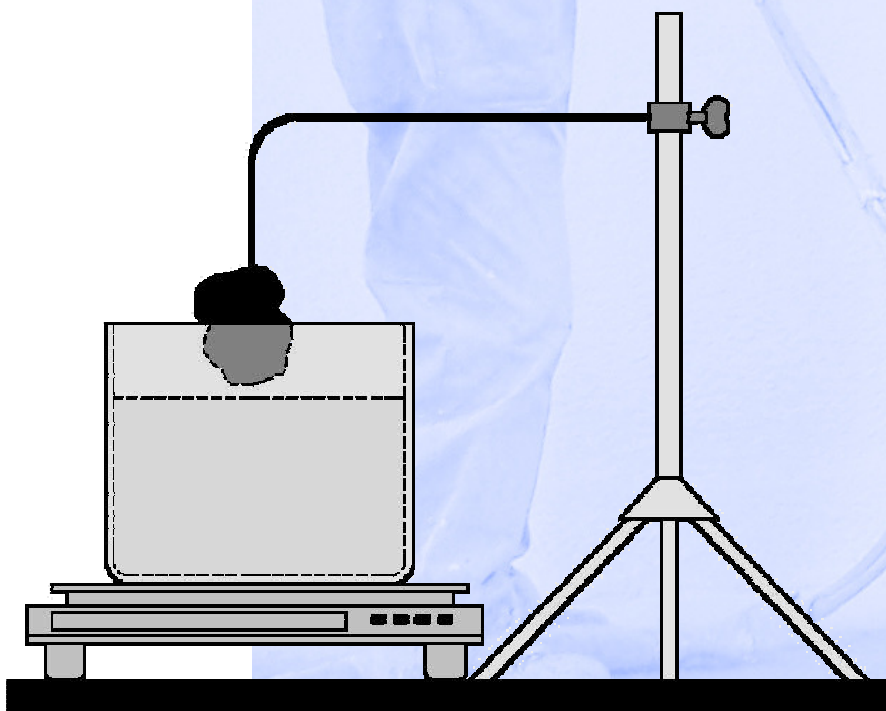
M es la masa, en g, de la muestra
V es el volumen, en cm³, de la muestra

Este procedimiento se realizará, con un nivel normal de frecuencia, cada 300 m² y al menos uno por unidad de obra y por día, y con un nivel de frecuencia intenso, cada 150 m² y al menos uno por unidad de obra y por día.

Validación de los resultados

El valor obtenido será válido siempre que no sea inferior en un 10% a la densidad contratada.

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



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, vamos a enumerar los problemas que pueden aparecer, describiendo sus 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, 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 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.

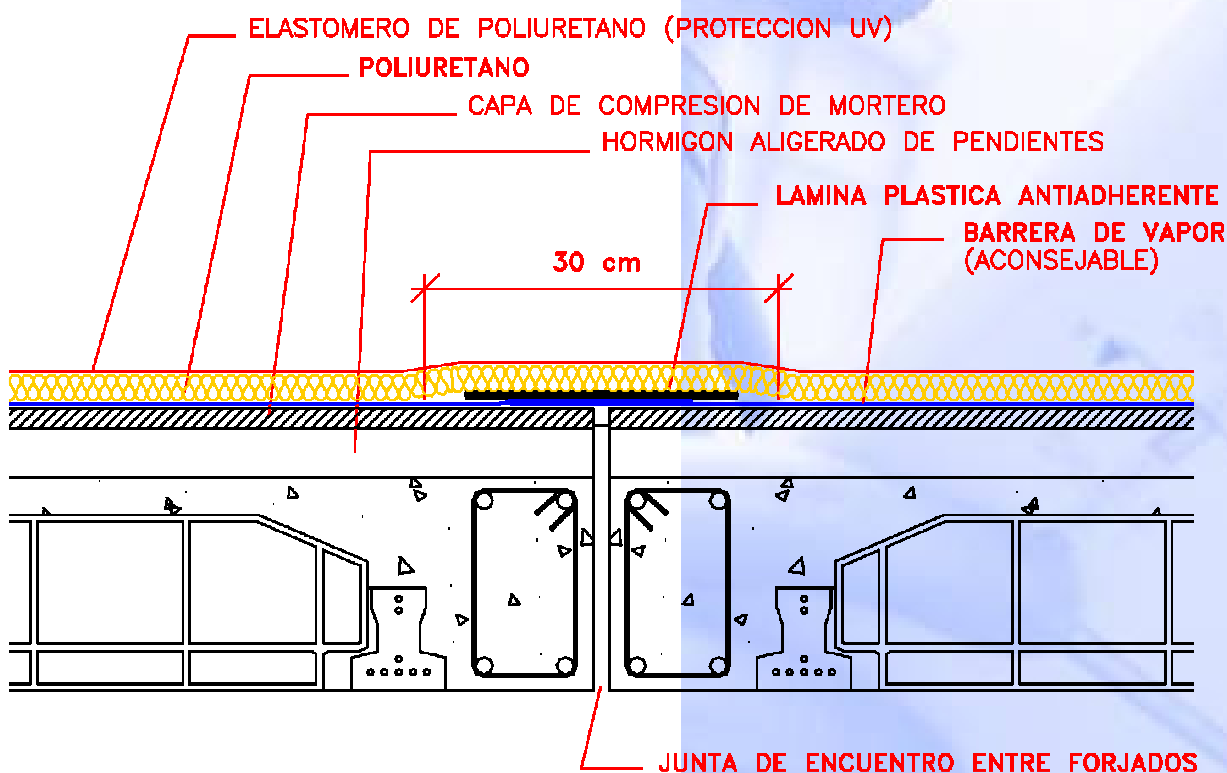
Es fácilmente evitable si en el momento de la aplicación se adoptan las precauciones debidas tratando la junta convenientemente.

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

dilatación-contracción sobre las juntas, anchos de 2 a 4 cm, no pueden ser absorbidas por la misma.

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, como unos 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.

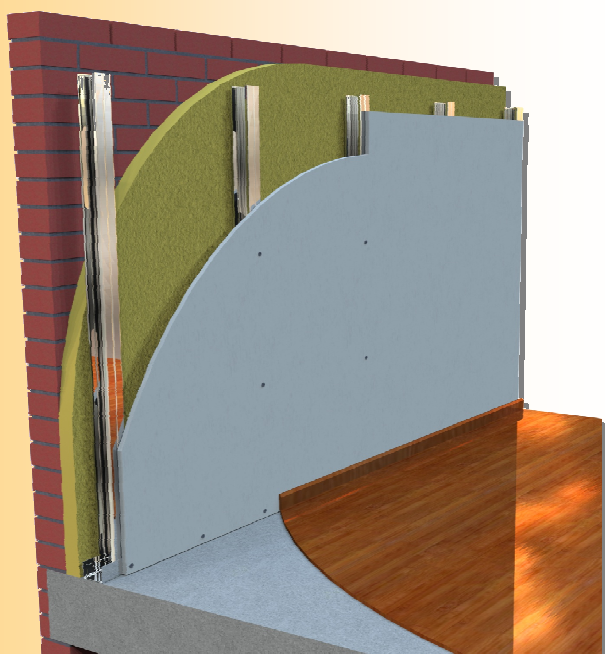


Tratamiento de una junta de dilatación en una cubierta plana con una banda elástica de al menos 30 cm de anchura.

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.

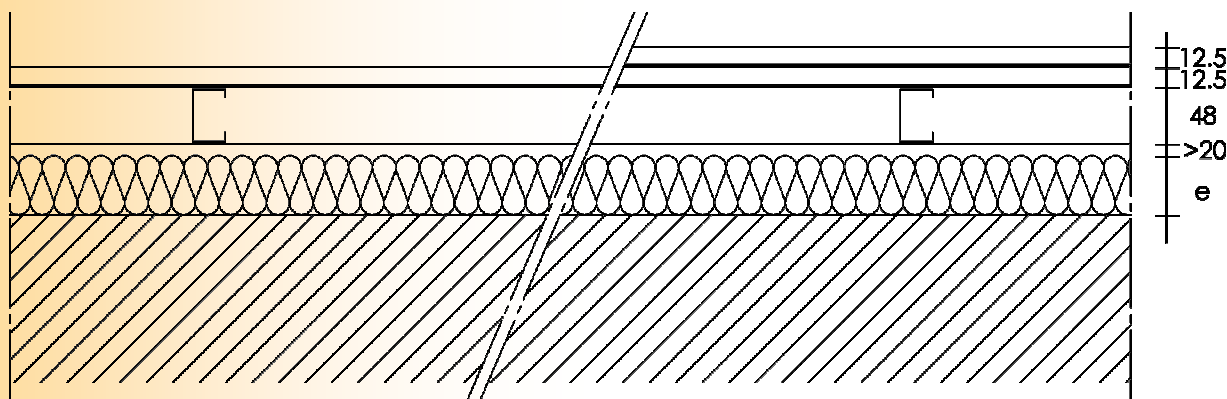
Las recomendaciones aquí recogidas hacen referencia al sistema constructivo más habitual en obra nueva, el trasdosado autoportante, aunque muchas podrían ser extrapoladas y aplicadas a trasdosados directos con pasta de agarre, o a particiones y elementos interiores.



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

Soluciones constructivas de trasdosado sin solape entre ambos sistemas

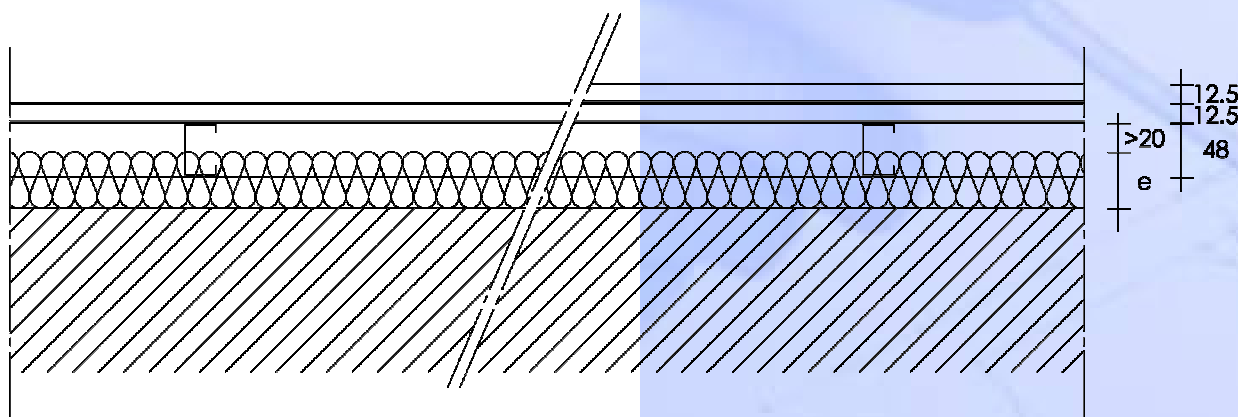
- Identificar e informar: Identificar el tipo de trasdosado antes de acometer la ejecución de la obra, e informar de las siguientes recomendaciones tanto al instalador del PUR como al instalador del PYL.
- Prever un margen: Será necesario prever un espacio adicional de 20 mm como mínimo entre la espuma 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.
- Arriostrar a la espuma: Cuando se considere conveniente el arriostramiento de la estructura, se habrá de arriostrar 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, arriostrado 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 PUR 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 arriostrarán 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

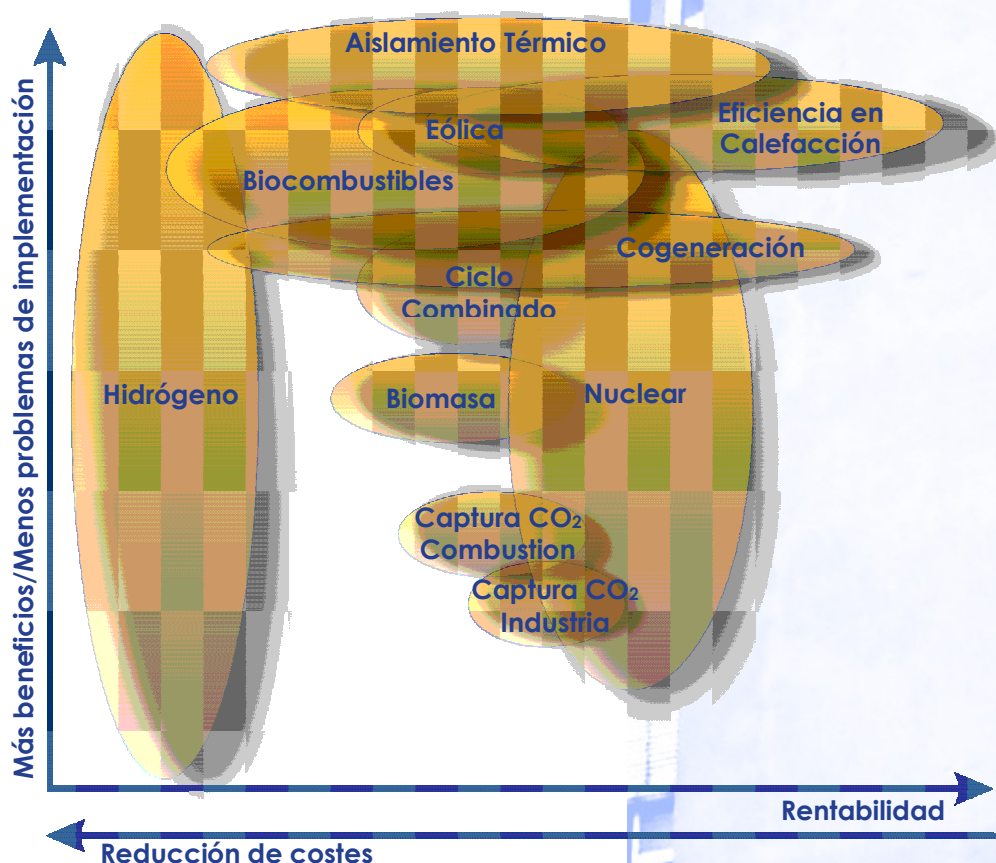
El consumo de calefacción y aire acondicionado supone más de la mitad del consumo total de energía de un edificio, y la mejora del aislamiento térmico del edificio puede suponer ahorros entre el 30% y el 50%.

Considerando un parque de casi 6 millones de edificios existentes construidos 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



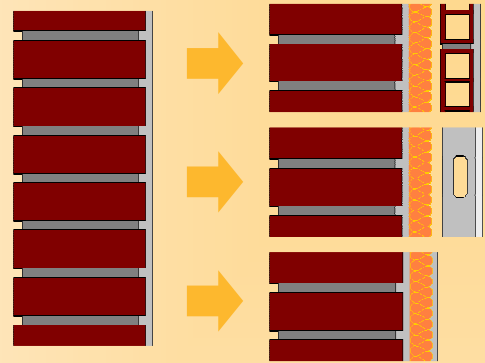
Aislamiento Térmico: La solución más sencilla y rentable. Es lo que constata el Informe CEPS (2007), que analiza la relación beneficio/facilidad de implantación de diferentes medidas de reducción de emisiones de CO₂ en Europa.

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

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 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. | <ul style="list-style-type: none"> ● Proyección de poliuretano. <ul style="list-style-type: none"> ● Conductividad: 0,028 W/m·K ● Densidad: 35 kg/m³ ● Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.1 y 3.2 | <ul style="list-style-type: none"> ● Construcción del acabado interior: Tabiquería húmeda, tabiquería seca o enlucido de yeso. |
|---|---|---|

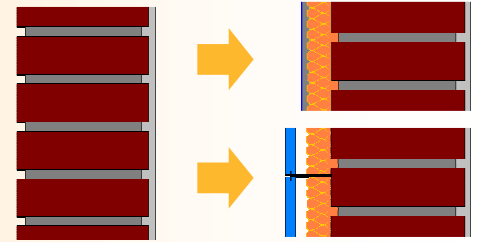
RECOMENDACIONES

- **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.
 - Conductividad: 0,028 W/m·K
 - 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.
 - Conductividad: $0,028 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 - Densidad: 35 kg/m^3
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.3
- Protección posterior contra la radiación UV.

RECOMENDACIONES

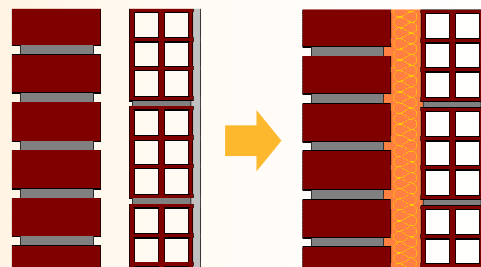
- Con el fin de que el poliuretano proyectado no se degrade por efecto de los rayos ultravioleta se debe proteger mediante pintura o un elastómero de poliuretano.
- También se recomienda la protección mediante enfoscado o tabique de ladrillo de los tres primeros metros desde su base con el fin de proteger 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).
- Conductividad: 0,036 W/m·K
- Densidad: <20 kg/m³
- 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.

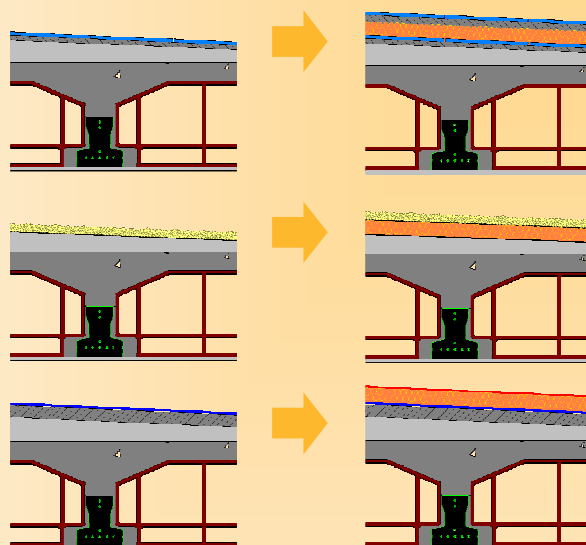
DESCRIPCIÓN

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.
- Conductividad: $0,028 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Densidad: 45 kg/m^3
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.7 y 3.8
- Protección posterior contra la radiación UV: Solado, grava, arena, elastómero de poliuretano... etc.

RECOMENDACIONES

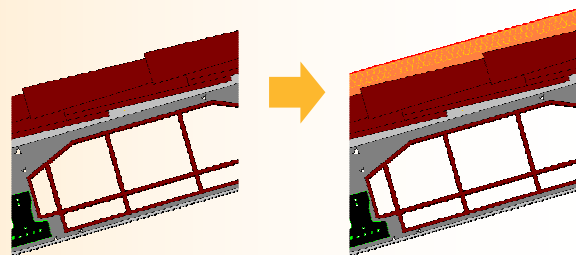
- **Caso de telas asfálticas:** Conviene retirar toda la tela asfáltica en caso de que no esté suficientemente adherida o tenga bolsas o roturas, puesto que después de proyectar encima puede desprenderse.
- **Caso del baldosín tipo catalán:** Conviene levantar aquellas zonas donde la superficie embaldosada 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 y acondicionamiento de la cubierta.
- Protección de lucernarios y superficies que no deban llevar
- Proyección de poliuretano, comenzando la proyección por los puntos singulares: Petos, uniones, bajantes, chimeneas... etc.
 - Conductividad: $0,028 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
 - Densidad: 35 kg/m^3
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.7
- Protección posterior contra la radiación UV con elastómero de poliuretano.

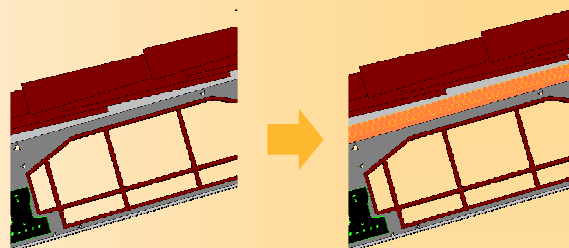
RECOMENDACIONES

- 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 ascendente 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 fundamentales 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

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Retirada de la teja. ● Limpieza y acondicionamiento de la superficie. | <ul style="list-style-type: none"> ● Proyección de poliuretano. ● Conductividad: 0,028 W/m·K ● Densidad: 35 kg/m³ ● Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.9 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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.
 - Conductividad: $0,028 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
 - Densidad: 35 kg/m^3
 - Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.11
- Protección posterior contra la radiación UV con elastómero de poliuretano.

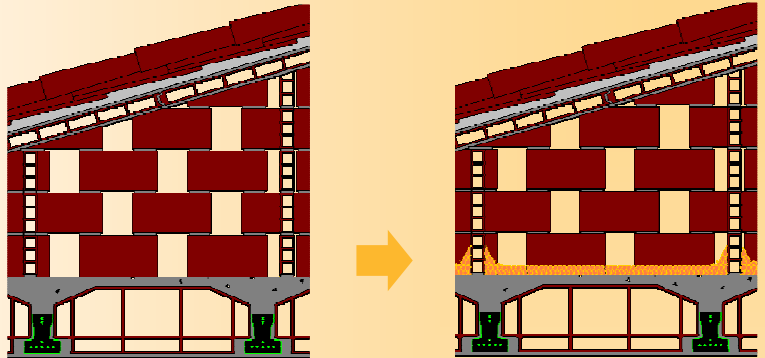
RECOMENDACIONES

- 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 sentido de avance 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.
- Conductividad: $0,028 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
- Densidad: 35 kg/m^3
- Espesor: Ver espesores del Capítulo 3.11

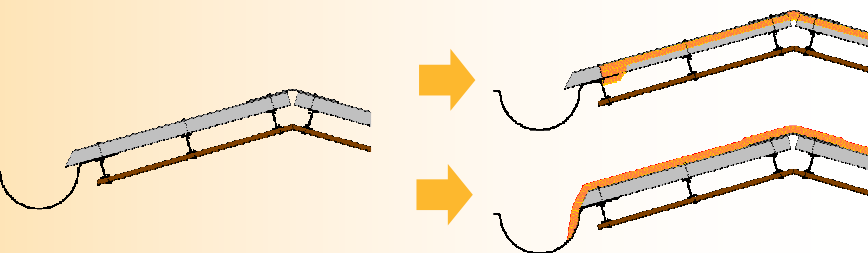
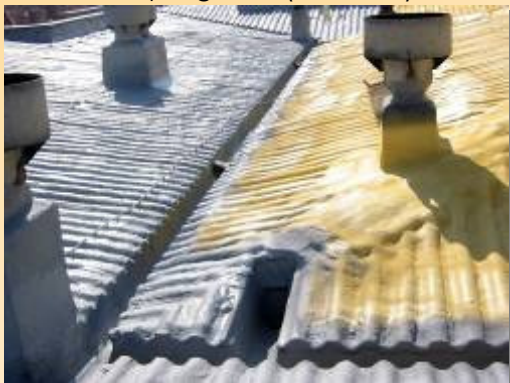
RECOMENDACIONES

- Si el espacio entre tabiques puede ser visitable, se recomienda utilizar sistemas con densidad de al menos 45 kg/m^3 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.
 - Conductividad: 0,028 W/m·K
 - 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

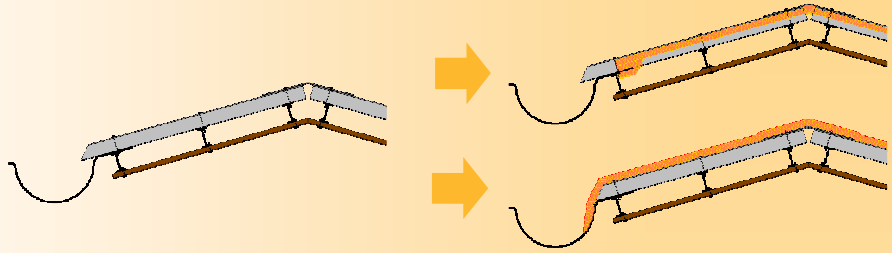
RECOMENDACIONES

- 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.
 - Conductividad: $0,028 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
 - Densidad: 35 kg/m^3
 - 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 transcurrido 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 las 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

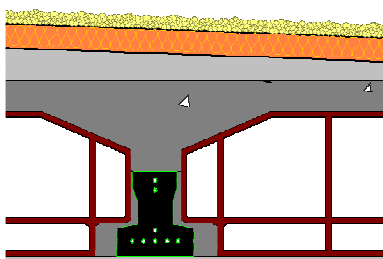
Fuente: IDAE

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

Factores de conversión medioambiental

Fuente: IDAE

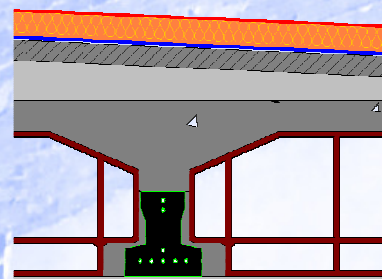
CASO 1



Cubierta plana no transitable, 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

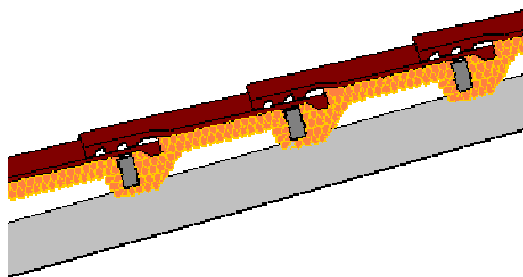
CASO 2



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

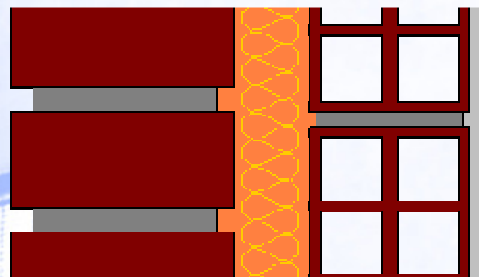
CASO 3



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
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947
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 m²		

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 m²		

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 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 (50 kg/m³)	5,75	6,90	8,05	9,20
Mano de obra	1,00	1,25	1,50	1,75
Elastómero de poliuretano (1000 kg/m³)	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
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947
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 m²					

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 m²					

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/m³)	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
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	492	659	755	947
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 m²		

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 m²		

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 (%)	72%	76%	80%	79%	82%

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
Calefacción gas natural	0,055 €/kWh	993	1241	1365	1737
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. 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

NORMATIVA



Las normas que afectan a la espuma de poliuretano proyectado son las siguientes:

Normas de producto:

- UNE 92120-1:1998
- UNE 92120-1/1M:2003
- UNE 92120-1/2M:2008

Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.

- UNE 92120-2:1998
- UNE 92120-2/1M:2000
- UNE 92120-2/2M:2003

Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.

Norma de medición:

- UNE 92310:2003
Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico en instalaciones industriales y en edificación. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección.



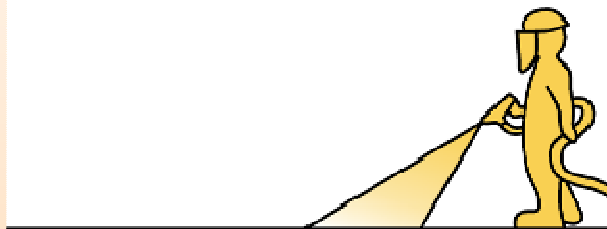
Norma UNE de aplicación de poliuretano

Normas Europeas en elaboración:

- prEN 14315-1
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.
- prEN 14315-2
Thermal insulating products for buildings — In-situ formed sprayed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 2: Specification for the installed insulation products.
- prEN 14318-1
Thermal insulating products for buildings — In-situ formed dispensed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 1: Specification for the rigid foam dispensed system before installation.
- prEN 14318-2
Thermal insulating products for buildings — In-situ formed dispensed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 2: Specification for the installed insulation products
- prEN 14319-1
Thermal insulating products for building equipment and industrial installations — In-situ formed dispensed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 1: Specification for the rigid foam dispensed system before installation.
- prEN 14319-2
Thermal insulating products for building equipment and industrial installations — In-situ formed dispensed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate foam (PIR) products — Part 2: Specification for the installed insulation products.
- prEN 14320-1
Thermal insulating products for building equipment and industrial installations — In-situ formed sprayed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 1: Specification for the rigid foam spray system before installation.
- prEN 14320-2
Thermal insulating products for building equipment and industrial installations — In-situ formed sprayed rigid polyurethane (PUR) and polyisocyanurate (PIR) foam products — Part 2: Specification for the installed insulation products

7

ATEPA



tepo

cnica del Poliuretano Applic

¿Qué es ATEPA?

ATEPA, Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado, es la voz de los aplicadores de espuma de poliuretano.

Desde el año 1992 representa al sector de la proyección de poliuretano, defiende los intereses de sus asociados y desarrolla sus capacidades técnicas y comerciales.

Actualmente la Asociación acoge a casi cien empresas, en su mayoría aplicadores, junto a formuladores, distribuidores y proveedores de maquinaria.

Se puede consultar el directorio actualizado de las empresas asociadas en www.atepa.org

¿Qué hace ATEPA?

- Defiende la productividad de las empresas de proyección de espuma de poliuretano.
- Influye en los temas importantes que afectan a la proyección de poliuretano.
- Representa al sector en los Ministerios, proponiendo mejoras al nuevo Código Técnico de la Edificación y a sus Documentos Reconocidos.
- Asesora técnicamente a asociados, arquitectos y constructores.
- Imparte conferencias en colegios profesionales, universidades y empresas, sobre las ventajas de aislar con poliuretano.
- Imparte formación a los asociados.
- Colabora en los comités de normalización, participando en la redacción y aprobación de las normas de aislamiento térmico, medición, reacción al fuego, sostenibilidad en la construcción....
- Colabora en los comités de certificación, velando por los intereses de los asociados que certifican la calidad de la espuma.
- Colabora con otras asociaciones para propiciar el crecimiento de la industria del poliuretano.
- Publica artículos técnicos de promoción y divulgación de las ventajas de la espuma de poliuretano en prensa especializada.
- Desarrolla proyectos de investigación sobre aquellas cualidades de la espuma de poliuretano que se deban potenciar en el mercado.

Contacta con nosotros

ATEPA, Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado

**Avda. Atenas, 1-3
Centro Comercial Las Rozas-2
Local 163
28290 Las Rozas MADRID**

**Tel: 91 631 83 14
Fax: 91 631 40 58
e-mail: atepa@atepa.org
Web: www.atepa.org**



Asamblea General de ATEPA 2008. La Asamblea es el máximo órgano de gobierno de ATEPA. Se reúne anualmente, y supone la mayor concentración del sector de la proyección en España.



Curso de formación sobre el CTE para asociados de Bilbao.



Todas las empresas asociadas a ATEPA se identifican a través del Carné de Asociado.



ANEXOS



Anexo 1

Determinación de la estanqueidad al agua según Norma UNE-EN 1928:2000.

Informes de ensayo Nº 12374, 12464, 12519 y 12914 de CIDEMCO para Elastogran, Synthesia, TH TECNIC y BAYSYSTEMS IBERIA respectivamente:

www.atempa.org/estanqueidad.pdf

Anexo 5

Reacción al fuego y clasificación en aplicación final de uso.

Documento que muestra los beneficios que supone la utilización del concepto de "aplicación final de uso" para clasificar los productos de construcción según su comportamiento de reacción al fuego.

www.atempa.org/fuego.pdf

Anexo 2

Investigaciones sobre nuevas aplicaciones de espuma de poliuretano aplicadas in situ.

Informe Nº 17257 del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja para ATEPA.

www.atempa.org/17257_Impermeabilidad_IET.pdf

Anexo 6

Poliuretano proyectado en fachadas ventiladas.

Trabajo de investigación sobre la compartimentación de las cámaras de fachadas ventiladas en edificación, en relación al comportamiento en caso de incendio del poliuretano proyectado.

www.atempa.org/fachadaventilada.PDF

Anexo 3

Ensayo de resistencia al agua de lluvia según Norma UNE-EN 12865:2002.

Informe de ensayo Nº 13752 de CIDEMCO para ATEPA.

www.atempa.org/noenfosc.pdf

Anexo 7

Guía de rehabilitación con Poliuretano.

Esta publicación del IDAE proporciona información sobre las oportunidades para ahorrar energía mediante la rehabilitación térmica con poliuretano. De especial interés para autoridades locales y autonómicas, así como para propietarios de edificios y viviendas en proceso de toma de decisiones en éste ámbito.

www.atempa.org/guia_pu.pdf

Anexo 4

Ensayos de aislamiento acústico según Norma UNE-EN ISO 140-3.

Expedientes Nº 09/100816-1585, 09/100816-1586 y 09/100816-2122 de LGAI Technological Center

www.atempa.org/AcusticaPUR+LHD.pdf

www.atempa.org/AcusticaPUR+PYL.pdf

www.atempa.org/AcusticaPUR+exterior.pdf

Anexo 8

Guía ATEPA del Poliuretano.

Programa informático para ayudar a diseñar soluciones constructivas sin patologías con poliuretano. En esta nueva revisión se han incorporado al listado de materiales todos los materiales incluidos en el programa LIDER.

www.atempa.org/GUIATEPA2_2.zip



ATEPA - Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado

Avda. de Atenas 1-3, C.C. Las Rozas 2, Local 163

28290 Las Rozas – Madrid

Tel: 91 631 83 14 • Fax: 91 631 40 58

www.atepa.org



Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado