Honeywell

Honeywell S.L.
C. Josefa Valcarcel 24
28027 Madrid
España

Teléfono Directo: (00 34) 93-436-4393
Teléfono General: (00 34) 91-313-6100

Honeywell Fluorine Products Europe B.V.
Laarderhoogtweg 18
1101 EA AMSTERDAM
The Netherlands

www.enovate3000.com
Enovate.customercare@honeywell.com

Honeywell

El aislamiento en el Código Técnico de la Edificación

El importante desarrollo de la edificación en España durante los últimos años y la necesidad de responder a la calidad demandada por una sociedad cada vez más exigente son dos de los argumentos aportados por el Ministerio de Vivienda para aprobar en marzo de 2006 el nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), una normativa que desde su entrada en vigor el pasado mes de marzo trata de actualizar el marco previo y dar respuestas a las diferentes necesidades de uno de los principales sectores económicos, en áreas como la eficiencia energética y la mejora de la calidad ambiental.

Índice

04 - 07 Capítulo 01
La construcción en España: situación, contexto y legislación

10 - 13 Capítulo 02
El CTE, una realidad

14 - 15 Capítulo 03
Aislamiento, el PUR y el CTE

16 - 19 Capítulo 04
El PUR y la eficiencia energética

20 - 29 Capítulo 05
Soluciones constructivas habituales y el espesor de espuma de poliuretano

30 - 33 Capítulo 06
El PUR y la resistencia ante el fuego

36 - 39 Capítulo 07
La salubridad y el aislamiento

40 - 41 Capítulo 08
Conclusiones

44 - 46 **ANEXOS**
A- La espuma de poliuretano (PUR)
B- ¿Cómo aplicar el poliuretano?

47 **HONEYWELL INTERNACIONAL**

01.

La construcción en España: situación, contexto y legislación

La construcción es uno de los principales motores de la economía española.

1.1 Un sector de éxito

El sector español de la construcción es actualmente uno de los principales motores de la economía española, un éxito que repite desde hace once años de forma consecutiva con valores medios de crecimiento de un 5,9%. Este crecimiento se situó en un 6% durante 2006, un índice superior al aumento de la economía nacional y que se reparte entre los segmentos de edificación (5,4%) y obra civil (un 7,5%). Su importancia estriba también en su volumen de producción que, durante el pasado ejercicio, alcanzó los 185.200 millones de euros[1].

No sólo los “buenos resultados” acumulados por el sector durante los últimos ejercicios demuestran su importancia en la economía española, además, algunas de las principales constructoras mundiales son españolas y más de 2,5 millones de personas, de los aproximadamente 44 millones que viven en España, trabajan en este sector.

En materia de empleo, la evolución positiva de este mercado también se ratifica con la creación de 186.000 nuevos empleos durante el pasado ejercicio, un 25% de todos los de la economía española.

1.2 Legislación previa

La importancia de este sector en la economía conlleva la necesidad de contar con un marco normativo adecuado a sus necesidades, ya que, antes de la publicación del CTE, los diferentes agentes del sector denunciaban las carencias en la regulación de este mercado productivo.

Esta falta de legislación derivaba del anterior marco normativo de la edificación, regulado por el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de Edificación, una legislación que con 30 años de vida establecía las Normas Básicas de Edificación (NBE), con disposiciones de obligado cumplimiento durante el proyecto y su ejecución.

A pesar de los grandes avances tecnológicos y de materiales registrados durante las últimas décadas, el sector mantenía una normativa de finales de los setenta, una regulación que se complementaba con las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), en la práctica, un desarrollo operativo de las NBE, aunque sin carácter obligatorio.

[1] Datos Informe de la Construcción en España, SEOPAN 2006

LOE: asegurar la adecuada protección de los intereses de los usuarios.

1.3 La LOE, un avance para el sector

Después de casi 20 años, el sector de la construcción vive la llegada de una nueva legislación, la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), una normativa que "tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, así como las garantías necesarias para el adecuado desarrollo del mismo, con el fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios".[2]
Dentro de esta normativa se define qué obras tendrán la consideración de edificación y se establecen los requisitos básicos que deben satisfacer los proyectos, para "garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente"[3], a través de aspectos relativos a la funcionalidad, la seguridad y la habitabilidad.
Otro de los aspectos destacados de esta normativa es la inclusión en la disposición final segunda de una autorización al Gobierno para la aprobación de un código técnico de la edificación, que "establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos de seguridad y habitabilidad".
La influencia de la LOE en el CTE alcanza, además, a su contenido principal, ya que los requisitos mencionados en esta legislación configuran el núcleo central del nuevo Código Técnico de la Edificación.

1.4 Proceso de desarrollo

Después de contar con la autorización para redactar un código técnico, la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda, responsable de su elaboración, inició un proceso de desarrollo que duró cuatro años y para el que contó con la colaboración de expertos, asociaciones, universidades, colegios profesionales e institutos profesionales. Todo este trabajo dio como resultado el pasado 29 de marzo de 2006 la aprobación del Código Técnico de la Edificación, una normativa que busca "mejorar la calidad de la edificación, así como promover la innovación y la sostenibilidad"[4].
Tras este hito para el sector, esta regulación establecía, también, un periodo en el que las distintas exigencias del código tenían un carácter opcional, una moratoria de seis meses en el caso de los documentos básicos de Seguridad en caso de Incendio, Seguridad de Utilización y Ahorro de Energía, y de un año, que finalizó el pasado 29 de marzo, para los de Seguridad Estructural y Salubridad. Este compendio se complementará con el DB de Protección frente al Ruido y el correspondiente a Accesibilidad.

El CTE se aprobó el 29 de Marzo de 2006.

[2] *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE)*

[3] *Ministerio de Vivienda*

[4] *Real Decreto 314/2006*

El CTE busca mejorar la calidad de la edificación, así como promover la innovación y la sostenibilidad

02. El CTE, una realidad

2.1 Objetivos del CTE

Con esta normativa, el Ministerio de Vivienda pretende crear un instrumento normativo que fije las exigencias básicas de calidad de los edificios y de sus instalaciones. Se trata de responder a ciertas necesidades de la edificación, como la seguridad y el bienestar de las personas (seguridad estructural, protección contra incendios, salubridad, protección contra el ruido, ahorro energético, accesibilidad y sostenibilidad). Por esta razón, el ámbito de aplicación del CTE es:

- Obras de edificación de nueva construcción.
- Ampliación, modificación, reforma o rehabilitación:
  - Adecuación estructural.
  - Adecuación funcional.
  - Remodelación de viviendas (ampliación o creación).
- Cambio de uso sin obras.

2.2 Marco normativo actualizado

Tras la entrada en vigor del Código, la construcción cuenta con un marco normativo homologable al existente en otros países y armonizado con las disposiciones comunitarias vigentes en esta materia. Entre ellas se encuentra la Directiva 89/106/CEE, del Consejo, de 21 de diciembre, relativa a la Aproximación de las Disposiciones Legales, Reglamentarias y Administrativas de los Estados Miembros sobre los Productos de Construcción; y la Directiva 2002/91/CE, del Parlamento Europeo y el Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, entre otras. Este marco normativo, que podrá completarse con las exigencias de otras administraciones, coexiste con diferentes reglamentaciones técnicas, como las Instrucciones del Hormigón EHE y EF.

2.3 Un código de prestaciones

Para desarrollar su contenido, el CTE rompe con los planteamientos prescriptivos habituales en las normativas de la edificación (procedimientos aceptados o guías técnicas, que pueden implicar impedimentos a la innovación y el desarrollo tecnológico) y, en él, se opta por un enfoque prestacional o por objetivos, un planteamiento que propugnan algunas de las principales organizaciones internacionales.
Se trata de un enfoque que busca favorecer la apertura del sector a mercados más internacionales, así como a las innovaciones tecnológicas, ya que se fundamenta en la consideración de que los conocimientos y la tecnología de la edificación están en continuo progreso, de tal forma que la normativa debe promover la investigación y no dificultar el progreso tecnológico.

2.4 Estructura del Código

El Código Técnico de la Edificación se divide en dos partes de carácter reglamentario. La primera de ellas contiene las disposiciones de carácter general (ámbito de aplicación, estructura...), así como las exigencias que deben cumplir los edificios en los apartados de seguridad y habitabilidad. Asimismo, el segundo de los apartados alberga los Documentos Básicos, cuya adecuada utilización garantiza, según el Ministerio de Vivienda, el cumplimiento de las exigencias básicas establecidas en la *Ley de Ordenación de la Edificación y recogidas en el Código Técnico de la Edificación.* Así se regulan los parámetros mínimos para seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización, para higiene, salud y protección del medio ambiente, así como ahorro de energía.

2.5 Principales contenidos del CTE

Esta normativa pretende abordar el conjunto de la edificación de una manera completa y, por esta razón, cada uno de los apartados presenta diferentes novedades. Además, el CTE se complementará con los Documentos Reconocidos, que amplían el contenido del CTE y no tienen carácter obligatorio.

En general, las principales novedades son:

A- Edificios con más seguridad en sus estructuras: el CTE busca reforzar el sistema del seguro decenal de daños y, a la vez, implica un avance en la convergencia con la normativa europea.

B- Edificios con mayor seguridad en los incendios: establece medidas para evitar la propagación de los incendios, en el interior y exterior, y también delimita las condiciones que deben cumplir los elementos constructivos.

C- Edificios con mayor seguridad en su uso: este documento se centra en la prevención y reducción de los riesgos para evitar los accidentes en los edificios.

D- Edificios más saludables: este apartado tiene como objetivo mejorar la edificación en lo referente a higiene y salud (calidad del aire, humedades...)

E- Edificios más sostenibles y más eficientes energéticamente: se trata de un documento que pretende conseguir un uso racional de la energía necesaria en los edificios, a través de la reducción del consumo energético y del empleo de fuentes de energía renovables.

El CTE es un código de prestaciones, abierto a las innovaciones tecnológicas.

2.6 Garantía de actualidad

Como herramienta para garantizar la calidad del CTE, el Ministerio de Vivienda ha establecido la creación del Registro General del Código, adscrito a la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda en el que se inscribirán y publicarán los documentos reconocidos, los distintivos de calidad y otras evaluaciones técnicas de carácter voluntario. Además, la Comisión Permanente del Código Técnico de la Edificación, creada a propósito de esta normativa, se responsabiliza de la actualización periódica del CTE, en función de la evolución de las innovaciones técnicas del sector y de las demandas de la sociedad.

Los DB del CTE:

DB SE Seguridad estructural
DB SE-AE Acciones en la edificación
DB SE-A Estructuras de acero
DB SE-F Estructuras de fábrica
DB SE-M Estructuras de madera
DB SE-C Cimentaciones
DB SI Seguridad en caso de incendio
DB SU Seguridad de utilización
DB HS Salubridad
DB HE Ahorro de energía
Próximamente DB HR Protección frente al Ruido .

03. Aislamiento, el PUR y el CTE

3.1 ¿Qué es la espuma de poliuretano (PUR)?

La espuma de poliuretano rígida (PUR) es un material que se obtiene de la mezcla por proyección o por colada (mezcla de ambos materiales) del Isocianato y el Poliol, dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar. La combinación de ambos materiales genera una reacción química exotérmica, que da como resultado una materia sintética duroplástica, altamente reticulada y no fusible. Esta estructura sólida, uniforme y resistente posee una forma celular, lo que la convierte en un producto idóneo para el aislamiento, por su rapidez de aplicación, sus cualidades para la eliminación de puentes térmicos y su alta capacidad aislante.

3.2 La importancia del aislamiento para el CTE

El correcto aislamiento de las construcciones es uno de los aspectos clave para la nueva normativa y, como ejemplo, el DB – HE1 aboga por el uso racional de la energía en las edificaciones y propone distintas soluciones. Entre ellas se encuentran la reducción del gasto energético y el fomento de las fuentes energéticas renovables, tal y como aparecen descritas en las directivas de la Unión Europea 93/76/CEE y la 2002/91/CE, que obligan a los Estados miembros a fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética en las construcciones nuevas y en las grandes reformas.

El DB-HE1 se aplica a:

- Edificios de nueva construcción.
- Reformas de edificios de más de 1.000 m^2 que renueven más de un 25% de los cerramientos.

No afecta a:

- Edificios abiertos.
- Monumentos, iglesias...
- Edificios temporales (2 años).
- Edificios agrícolas.
- Edificios menores de 50 m^2.

En definitiva, se trata de dotar a los edificios de una envolvente exterior[5] que proporcione las condiciones térmicas necesarias para el confort, en función de las características climáticas de la zona, de las estacionales y de las relativas a su uso. Con este objetivo como premisa, esta normativa valora las propiedades del aislamiento de la construcción como barrera ante las pérdidas y las ganancias de calor procedentes del exterior.

[5] Definición CTE: La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que, a su vez, están en contacto con el ambiente exterior

04. El PUR y la eficiencia energética

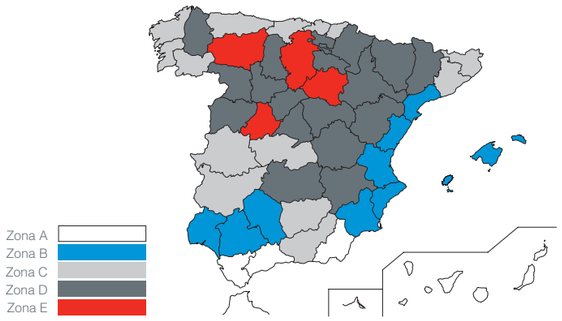
La espuma de poliuretano es un material con una alta capacidad aislante, y por tanto idóneo para contribuir a la eficiencia energética.

4.1 Limitación de la demanda

El CTE limita la demanda energética de las diferentes partes de los edificios: fachadas, muros, cubiertas, suelos y huecos. No sólo trata de mejorar la eficiencia de las instalaciones, sino de evitar que se pierda energía por un mal aislamiento de la construcción y, como consecuencia, este componente constructivo adquiere importancia y debe contar con unas resistencias térmicas más elevadas para alcanzar los objetivos previstos. Ante esta necesidad, la espuma rígida de poliuretano por proyección se configura como un material con alta capacidad aislante, debido a la baja conductividad térmica que posee el gas espumante de sus células cerradas, que puede situarse en $\lambda_{10ºC}$ = 0,022 W/m·K según la UNE 92202. Este índice puede elevarse a lo largo del tiempo, ya que las células no impiden totalmente la difusión de gases a través de sus paredes y, ante esta situación, la espuma se puede complementar con recubrimientos para evitar estas pérdidas de eficiencia. No obstante, la espuma de poliuretano es uno de los mejores aislantes, ya que, además de ser muy duradera, alcanza los requisitos establecidos en el CTE con un espesor menor que otros aislamientos.

4.2 ¿Cómo delimitar la necesidad de aislamiento térmico?

El CTE establece que los edificios contarán con una envolvente que limite la demanda energética, en función de distintos parámetros, como el uso del edificio, el régimen de verano e invierno, así como las características de la solución constructiva y la zona climática. La zona climática de la construcción se obtiene partiendo de la tabla anexa y atendiendo a la diferencia de altura entre la localidad y la capital de provincia. En el caso de que la diferencia sea inferior a ±200 m se tomará el valor de referencia de la capital. Esta clasificación divide a España en cinco zonas climáticas, desde la más cálida (A), hasta la más fría (E), en función de la severidad del invierno, y en otras cuatro (1 más fresca y 4 más calurosa) por las características del verano. Como resultado de estos dos parámetros, cada población tiene una zona climática definida por una letra (severidad invierno) y un número (severidad de verano).



En el caso del aislamiento, las zonas climáticas de verano no son relevantes para el cálculo de las soluciones constructivas, que deberán respetar unos valores de transmitancia límite (W/m^2 K). El responsable de la obra debe partir de estos parámetros para analizar el espesor de PUR necesario según los requerimientos del CTE.[6]

TRANSMITANCIAS LÍMITE (W/m2·K)

	A	B	C	D	E
Fachadas	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
Suelos	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48
Cubiertas	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

ESPESORES EN MM DE PUR SEGÚN APLICACIONES[7]

	Fachadas		Suelos	Cubiertas
	Puentes térmicos Sin aislar	Puentes térmicos aislados		
Zona A	30-40	30-35	30-45	30-50
Zona B	30-40	30-40	30-45	40-55
Zona C	40-55	35-45	30-45	45-65
Zona D	60-80	40-50	30-45	50-70
Zona E	80-100	40-55	35-50	55-75

En concreto, los espesores estándar serían los recogidos en el cuadro adjunto, aunque podrían ser superiores en función de otros parámetros, como los puentes térmicos o la transmitancia de huecos.

[6] Gráficos de la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA)

[7] Estudios realizados por ATEPA

4.3 Los puentes térmicos

Los puentes térmicos son "las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados y por la penetración de elementos constructivos con diferente conductividad..., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos"[8]. En definitiva, son las partes sensibles de los edificios en las que aumenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones superficiales, en invierno o épocas frías. Existen diferentes tipos de puentes térmicos: los integrados en los cerramientos, los formados por el encuentro de cerramientos, los encuentros de los voladizos con fachadas y los encuentros de tabiquería interior con fachadas. En el primero de los casos se incluyen pilares integrados en los cerramientos de las fachadas, el contorno de los huecos y lucernarios y las cajas de persianas. El segundo de los apartados abarca frentes de forjado en las fachadas, uniones de cubiertas con fachadas, cubiertas con y sin pretil, uniones de la fachada con cerramientos en contacto con el terreno, con losa o solera y con muro enterrado o pantalla, así como esquinas o encuentros de fachada. Ante estas debilidades del edificio es necesario realizar un correcto tratamiento de los puentes térmicos, limitando las pérdidas y ganancias de calor para evitar los problemas hidrotérmicos, un aspecto para el que es fundamental su correcto aislamiento. En el caso de que no se incremente este aislamiento en los puentes térmicos, se tendrá que compensar esta carencia con más aislamiento en la fachada. Una aplicación concreta – puentes térmicos – para la que destacan las propiedades del poliuretano como la adherencia o la adaptabilidad frente a otros materiales, ya que garantiza durante su vida útil el correcto aislamiento de la construcción. Estudios recientes han demostrado cómo la utilización de espuma de poliuretano minimiza los puentes térmicos logrando así un mejor comportamiento térmico, en comparación con otros materiales aislantes.

4.4 Las condensaciones

La aparición de las condensaciones superficiales o intersticiales depende principalmente de las condiciones ambientales interiores y exteriores, del uso del espacio habitable y de toda la solución constructiva empleada. El primero de los tipos se forma cuando una superficie interior está más fría que la temperatura del rocío interior, mientras que la segunda se produce si una capa intermedia está más fría que la temperatura de rocío de esa capa. Ante este problema, el CTE establece una serie de limitaciones a su presencia en las superficies (aislamiento de los puentes térmicos) y en los interiores de los cerramientos, de tal forma que se evite la formación de mohos. Por esta razón, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y, especialmente en los puentes térmicos de las mismas, la humedad relativa media mensual en dicha superficie deberá ser inferior a un 80%. Esta regulación establece, además, que las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente del edificio no podrán provocar una "merma significativa en sus prestaciones térmicas o suponer un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil". En el caso del aislamiento, la opción simplificada del DB-HE1 determina también que, "salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes"[9], lo que supone la ausencia total de condensaciones. Frente a este problema, la espuma de poliuretano actúa como una membrana reguladora de la humedad, ya que es impermeable al agua, aunque permeable al vapor de agua. Se trata de una propiedad que permite "respirar" al cerramiento y que logra que, si se aumenta la densidad de la espuma, se mantenga la resistencia térmica y aumente la resistencia al paso del vapor de agua, lo que, según los estudios de ATEPA, disminuye las condensaciones. Esta posible variación facilita la adaptación de la espuma de poliuretano a cualquier condición climática, al poder delimitar el nivel de resistencia al paso del vapor de agua adecuado para evitar las condensaciones.

[8] Definición del CTE

[9] Definición del CTE

05.
Soluciones constructivas habituales y el espesor de la espuma de poliuretano

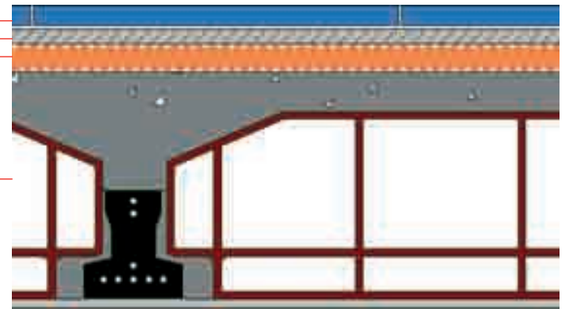
A continuación aparecen algunas de las soluciones constructivas más habituales en la construcción. Los valores que caracterizan la espuma de poliuretano son los que se definen en la Norma UNE 92120-1, y los que caracterizan al resto de materiales proceden del borrador 01 del Catálogo de Elementos Constructivos.

[10] Cálculos presentados por Álvaro Pimentel Bolaños de ATEPA en el I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico

Soluciones constructivas de suelos

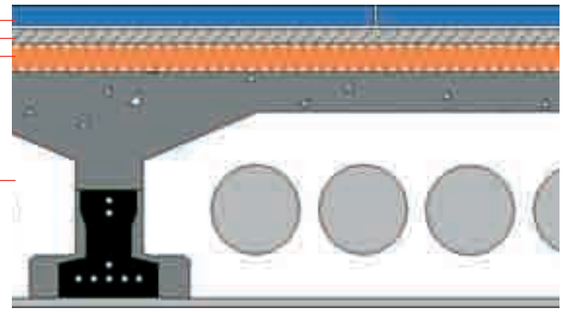
SOLADO SOBRE FORJADO ALIGERADO CERÁMICO:

Con este tipo de solución constructiva, el espesor (mm) necesario de PUR sería de:
4 cm para las zonas climáticas A y B.
4,5 cm para las zonas climáticas C, D y E.



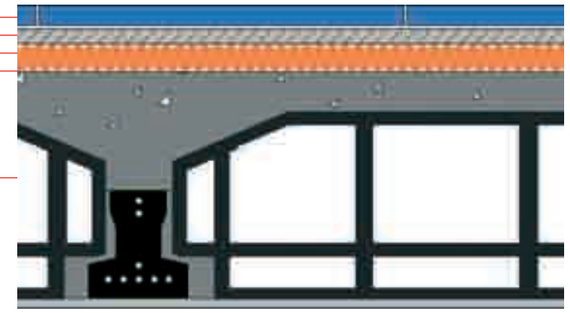
SOLADO SOBRE FORJADO ALIGERADO DE EPS:

Con este tipo de solución constructiva, el espesor necesario de PUR sería de:
2,5 cm para la zona climática A.
3 cm para las zonas B, C y D.
3,5 cm para la zona E.



SOLADO SOBRE FORJADO ALIGERADO DE HORMIGÓN:

Forjado entrevigado de hormigón. Con esta solución constructiva, el espesor de PUR necesario es de:
3 cm para la zona climática A.
4 cm para la zona climática B.
4,5 cm para la zona climática C.
5 cm para la zona climática D.
5,5 cm para la zona climática E.



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Capas de suelo	e mm	λ W/m-K	R m²-K/W	μ
Baldosa de gres	10	2.30	0.004	30
Mortero de regularización	20	1	0.02	10
Espuma rígida de Poliuretano Densidad 45 kg/m³	Variable	0.028	Variable	126
Forjado, entrevigado cerámico	250	--	0.28	10
Forjado, entrevigado de EPS	250	--	0.73	60
Forjado, entrevigado de hormigón	250	--	0.19	80

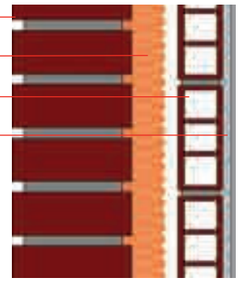
Fuente ATEPA

Soluciones constructivas de fachadas

FACHADA DE LADRILLO CARA VISTA:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con los requisitos de aislamiento del CTE un espesor de:
Zona A: 2,5 cm
Zona B: 3,5 cm
Zona C: 4 cm
Zona D: 4,5 cm
Zona E: 5 cm

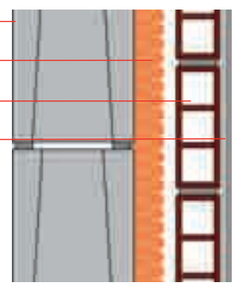
Fábrica de ladrillo perforado
PUR
Fábrica de ladrillo hueco sencillo
Enlucido de yeso



FACHADA DE BLOQUE DE HORMIGÓN:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con los requisitos de aislamiento del CTE un espesor de:
Zona A: 2 cm
Zona B: 2,5 cm
Zona C: 3 cm
Zona D: 3,5 cm
Zona E: 4 cm

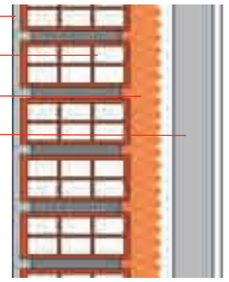
Fábrica de bloque de hormigón aligerado
PUR
Fábrica de ladrillo hueco sencillo
Enlucido de yeso



FACHADA CON REVESTIMIENTO EXTERIOR:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con requisitos de aislamiento del CTE un espesor de PUR de:
Zona A: 3 cm
Zona B: 3,5 cm
Zona C: 4 cm
Zona D: 4,5 cm
Zona E: 5 cm

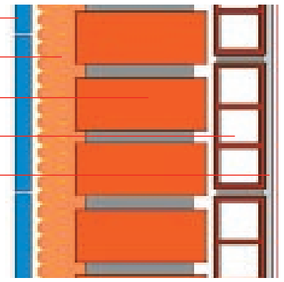
Mortero Monocapa
Fábrica de ladrillo perforado hueco doble
PUR
Placa de yeso laminado



FACHADA VENTILADA:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con los requisitos de aislamiento del CTE un espesor de PUR de:
Zona A: 2,5 cm
Zona B: 3 cm
Zona C: 3,5 cm
Zona D: 4,5 cm
Zona E: 5 cm

Revestimiento exterior
PUR
Fábrica de ladrillo hueco doble
Fábrica de ladrillo hueco sencillo
Enlucido de yeso



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Capas de fachada	e mm	λ W/m-K	R m²-K/W	μ
Revestimiento exterior				
Mortero monocapa	15	1.3	0.012	10
Fábrica de ladrillo perforado	115 -130	--	0.18	10
Fábrica de ladrillo hueco doble	60 90		0.16	10
Fábrica de bloque de hormigón aligerado	250	--	0.53	6
Espuma rígida de Poliuretano Densidad 35 kg/m³	Variable	0.028	Variable	106
Placa de yeso laminado	15	0.25	0.06	4
Fábrica de ladrillo hueco sencillo	40 - 60	--	0.09	10
Enlucido de yeso	15	0.57	0.026	6

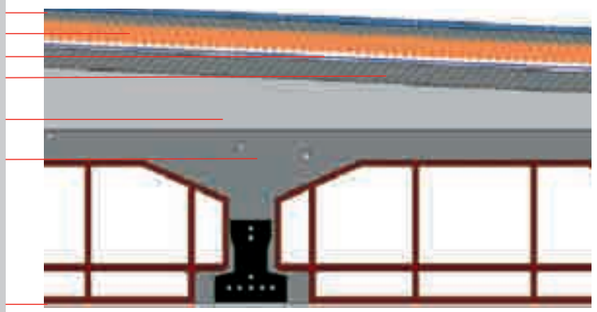
Fuente ATEPA

Soluciones constructivas de cubiertas planas

CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE SOBRE FORJADO ALIGERADO CERÁMICO:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con los requisitos de aislamiento del CTE un espesor de PUR de:

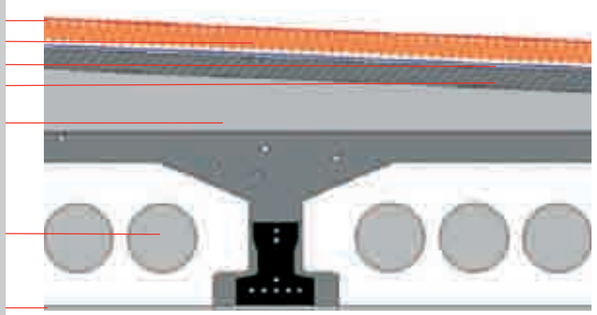
Zona A: 4,5 cm Zona D: 6 cm
Zona B: 5 cm Zona E: 7 cm
Zona C: 5,5 cm



CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE SOBRE FORJADO ALIGERADO DE EPS:

Esta solución constructiva requiere para cumplir con los requisitos de aislamiento del CTE un espesor de PUR de:

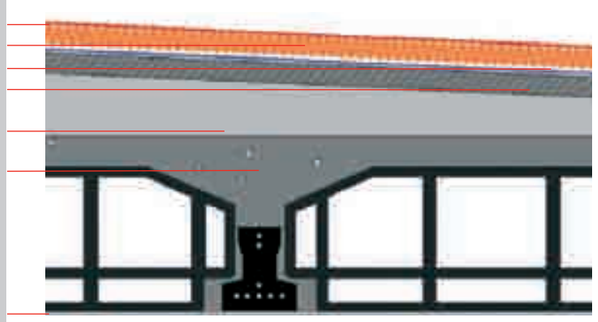
Zona A: 3 cm Zona D: 5 cm
Zona B: 4 cm Zona E: 5,5 cm
Zona C: 4,5 cm



CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE SOBRE FORJADO ALIGERADO DE HORMIGÓN:

Espesor de PUR requerido para cumplir con lo exigido en el CTE:

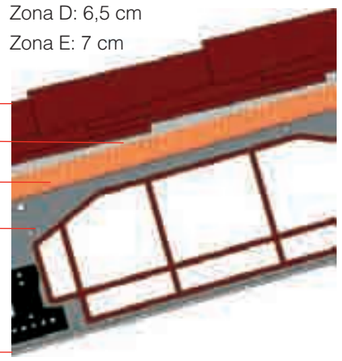
Zona A: 5 cm Zona D: 6,5 cm
Zona B: 5,5 cm Zona E: 7,5 cm
Zona C: 6 cm



Soluciones constructivas de cubiertas inclinadas

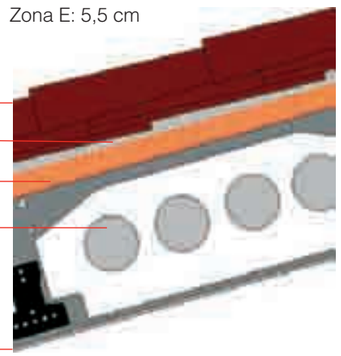
CUBIERTA INCLINADA SOBRE FORJADO ALIGERADO CERÁMICO:

Espesor de PUR requerido según el CTE:
Zona A: 4,5 cm
Zona B: 5 cm
Zona C: 5,5 cm
Zona D: 6,5 cm
Zona E: 7 cm



CUBIERTA INCLINADA SOBRE FORJADO ALIGERADO DE EPS:

Espesor de PUR requerido según el CTE:
Zona A: 3,5 cm
Zona B: 4 cm
Zona C: 4,5 cm
Zona D: 5 cm
Zona E: 5,5 cm



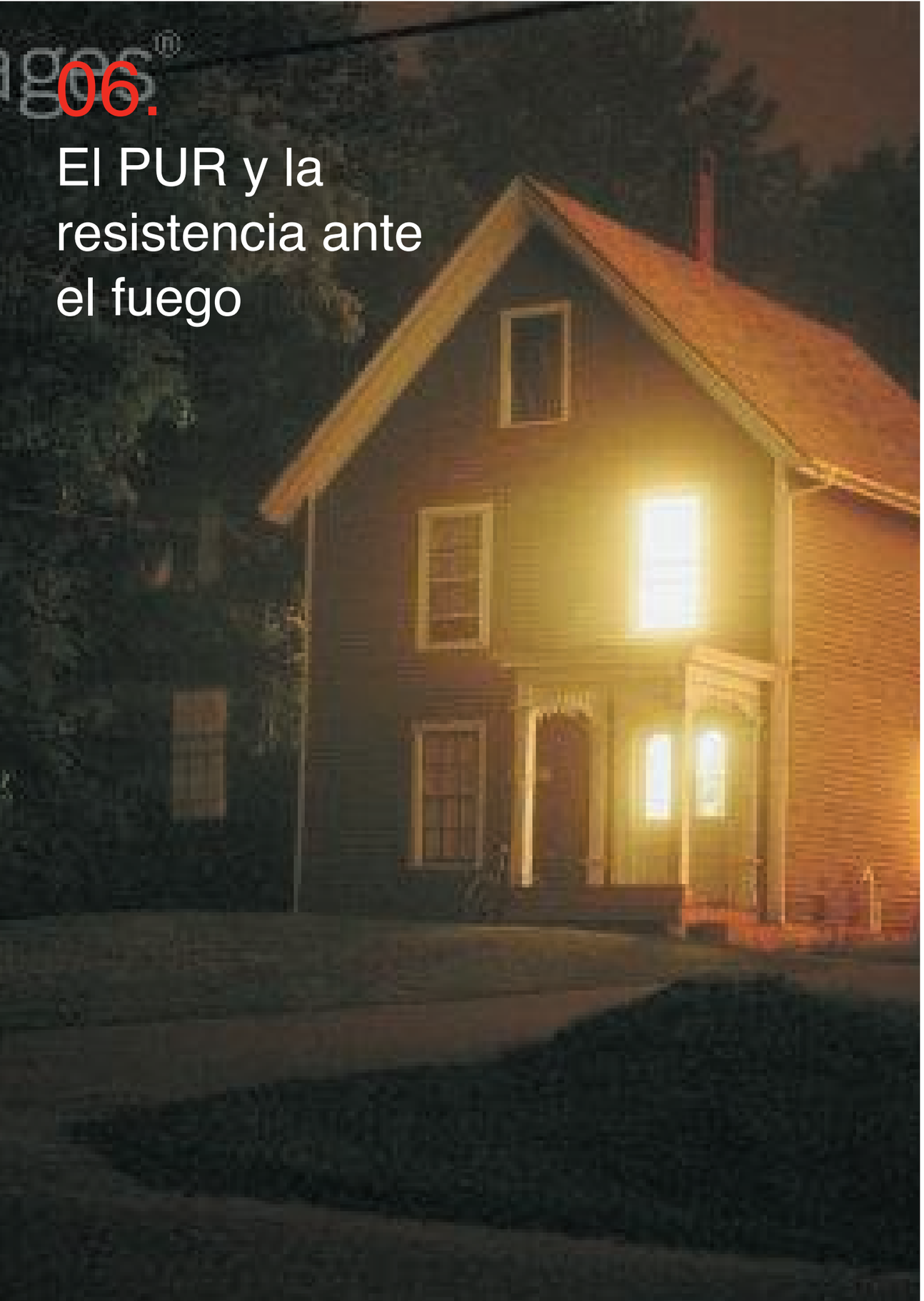
CUBIERTA LIGERA:

Espesor de PUR requerido según el CTE:
Zona A: 5 cm
Zona B: 5,5 cm
Zona C: 6,5 cm
Zona D: 7 cm
Zona E: 7,5 cm

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Capas de cubierta	e mm	λ W/m-K	R m²-K/W	μ
Pintura de protección	--	--	--	100000
Teja de Arcilla cocida	10	1	0.02	30
Pizarra	5	2.2	0.002	800
Tablero de Partículas	20	0.18	0.11	20
Espuma rígida de Poliuretano Densidad 45 kg/m³	Variable	0.028	Variable	126
Barrera de vapor	--	--	--	100000
Mortero de Regularización	20	1	0.02	10
Mortero de formación de pendientes	60	1.15	0.05	10
Forjado, entrevigado cerámico	250	--	0.28	10
Forjado, entrevigado de EPS	250	--	0.73	60
Forjado, entrevigado de hormigón	250	--	0.19	80
Enlucido de yeso	15	0.57	0.026	6

Fuente ATEPA



06. El PUR y la resistencia ante el fuego

6.1 Objetivo: Disminuir el riesgo de los usuarios

El DB-SI de Seguridad en caso de Incendio pretende disminuir el riesgo de los usuarios de un edificio ante un incendio de origen accidental. Además, este documento establece las condiciones de reacción y de resistencia al fuego que deben cumplir los elementos constructivos, según los nuevos sistemas de clasificación armonizados en Europa (euroclases), que derivan de la aplicación de la Directiva 89/106/CE sobre Productos de Construcción.

Este documento no aplica a:

- Cárceles.
- Edificios industriales, ya que quedan cubiertos por el RSCIEI.

6.2 Propiedades del PUR ante el fuego

La espuma de poliuretano rígida, por su composición, es un material orgánico y combustible. No obstante, existen algunas variedades de PUR con protección ante el fuego, que se clasifican desde la C,s3-d0 hasta la E, según la norma UNE-EN 13501. Esta clasificación delimita la reacción al fuego de los diferentes materiales según los siguientes parámetros:

- Clase principal:

1. A1: Incombustible.
2. A2, B: Poco combustible.
3. C, D, E: Combustible.
4. F: Ninguno de los anteriores o no ensayado.

- Subíndice humos:

1. s1: Emisión pequeña o ausencia de humos.
2. s2: Emisión moderada de humos.
3. s3: Ninguno de los anteriores o no ensayado.

- Subíndice gotas:

1. dO: Ausencia de gotas o partículas inflamadas.
2. d1: Gotas o partículas inflamadas menos de 10s.
3. d2: Ninguno de los anteriores o no ensayado.

Para analizar la resistencia al fuego del PUR es necesario comprender la aplicación final de uso: las condiciones con las que un producto se incorpora a los trabajos de construcción. (...) Contempla aspectos como su cantidad, orientación, su posición relativa a otros productos adyacentes y su método de fijación"[11], una definición que apunta a la posibilidad de que los productos tengan diferentes clasificaciones.

Estos productos se aplicarán en función de las necesidades de protección contra el fuego requeridas en cada construcción y de los parámetros delimitados en el CTE. En general, el comportamiento de la espuma de poliuretano in situ ante el fuego y en aplicación final para las siguientes soluciones constructivas es:

Solución constructiva	Composición	Clasificación ante el fuego
Desnudo	6 mm de fibrocemento 40 mm de PUR	**E, D-s3,d0 o C-s3,d0**
Enlucido de yeso	6 mm de fibrocemento 40 mm de PUR 15 mm de enlucido de yeso	**B-s1, d0**
Cubierta metálica	40 mm de PUR 0,6 mm de chapa galvanizada grecada	**B-s3, d0**
Panel de yeso laminado	6 mm de fibrocemento 40 mm de PUR 40 mm de cámara de aire ventilada 15 mm de yeso laminado	**B-s1, d0**

	Paredes y Techos (interior)			Suelos (interior)	Cubiertas (exterior)	Fachadas y medianeras (exterior)
	PUR tras EI-30 (1)	PUR tras no EI-30 (1)	PUR visto			
Viviendas	SI				SI	SI (3)
Resto de zonas ocupables	SI	SI (2)	NO	SI		
Especios ocultos no estancos	SI	SI (2)	NO	--		
Aparcamientos de más de 100 m²	SI	NO	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 y medianeras de más de 18 m o accesibles

Estos cálculos[12] permiten facilitar a los profesionales del sector y al mercado en general información sobre la reacción al fuego de los diferentes materiales. Como conclusión, la norma UNE 92120-1 de sistemas para espumas de poliuretano aplicada in situ determina que su reacción ante el fuego debe ser igual o más favorable que E, una clasificación que garantiza la resistencia al fuego de las soluciones constructivas con PUR.

[11] Guía G de la Comisión Europea relativa a la Directiva de Productos de la Construcción

[12] Informe Técnico No 0688t04 de LICOF, disponible en ATEPA

El PUR presenta unos elevados valores de estanqueidad al agua lo que garantiza la salubridad y el aislamiento.

07. La salubridad y el aislamiento

7.1 Limitar la presencia inadecuada de humedad

El DB-HS busca limitar el riesgo de la presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos. Ésta procede principalmente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, filtraciones de terreno o condensaciones y, ante este problema, la normativa propone una serie de medios que impiden su penetración o que facilitan su evacuación sin generar daños.
Por esta razón, es necesario conocer el grado de impermeabilidad que el CTE exige a las fachadas y, posteriormente, seleccionar las diferentes soluciones constructivas. Esta caracterización oscila desde el Grado 1 (mínima impermeabilidad) hasta el 5 (máxima impermeabilidad), en función de la zona pluviométrica en la que esté ubicada la construcción y del grado de exposición al viento.

El DB-HS se aplica a:

- Toda la envolvente (fachadas, cubiertas, muros y suelos).
- Medianeras y fachadas: presentan las mismas exigencias que las fachadas.
- Terrazas y balcones: presentan las mismas exigencias que las cubiertas.

7.2 Soluciones de impermeabilidad

El CTE define una serie de soluciones constructivas para cumplir con los requisitos de impermeabilidad y, entre ellas, los revestimientos continuos intermedios son una de las mejores alternativas. Un ejemplo de este tipo de solución constructiva es una proyección de PUR sobre la cara interior del cerramiento externo, una solución con la que no sería necesario el enfoscado interior y que cumple con el máximo grado de impermeabilidad en todos los casos y zonas climáticas[13].
Con un revestimiento continuo intermedio no es necesario un enfoscado, ya que el propio material satisface los requisitos de impermeabilidad establecidos por la normativa para garantizar las condiciones de confort y salubridad de las construcciones.
Sin este tipo de material, la obtención del máximo grado de impermeabilización (Grado 5) sólo se puede lograr con fábricas vistas con una cámara ventilada de entre 3 y 10 cm y un aislante térmico no hidrófilo contra la hoja interior. En este caso, también puede ser empleada la espuma de poliuretano, ya que es un aislamiento no hidrófilo.

[13] Datos de ATEPA

7.3 ¿Por qué la espuma de poliuretano proyectado es un revestimiento continuo intermedio?

La espuma rígida de poliuretano proyectado es un revestimiento continuo intermedio porque cumple los aspectos establecidos en el DB-HS1 para estos materiales, relativos a estanqueidad, resistencia a la fisuración, adherencia, permeabilidad y estabilidad física y química.

El primero de estos aspectos se refiere a que el PUR presenta unos valores de estanqueidad al agua suficientes para evitar que las filtraciones entren en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo. Esta característica se suma a sus propiedades autoadherentes – exigidas por el CTE- para garantizar su estabilidad en la edificación, ya que se fija de forma duradera durante toda su vida útil con la mayoría de los materiales de construcción (en las condiciones recomendadas para su aplicación).

Además, esta normativa establece que un revestimiento continuo (como el PUR) debe poseer la permeabilidad al vapor necesaria para evitar el deterioro, que se produciría por la acumulación de vapor entre el material (en este caso el PUR) y la hoja principal.

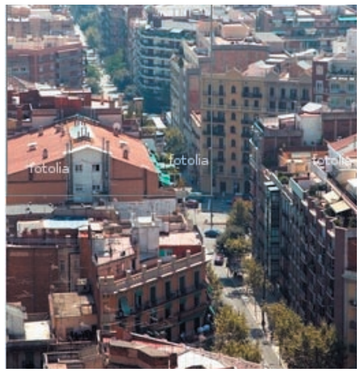
Una propiedad garantizada por la doble función impermeabilizante y de aislamiento térmico del PUR.

El PUR también presenta un “buen comportamiento” frente a la fisuración, ya que, a pesar de ser un material rígido, es capaz de absorber “pequeños movimientos de la estructura sin fisurarse”[14] y, a la vez, cuenta con una composición estable frente a los ataques físicos, químicos y biológicos.

Todas estas características analizadas a través de múltiples ensayos - como el ensayo de CIDEMCO Nº 13752, de resistencia al agua de lluvia según la Norma UNE-EN 12865 - demuestran que la espuma de poliuretano es un sistema continuo intermedio y, a la vez, un aislamiento térmico no hidrófilo, unas propiedades que le permiten lograr el máximo grado de impermeabilización con sólo un paramento de ladrillo cara vista normal y una proyección de este material.

[14] *Estudios de ATEPA*

08.
Conclusiones



La espuma de poliuretano cumple con los niveles de aislamiento requeridos por el CTE con el mínimo espesor.

El CTE ha supuesto un gran revulsivo para la construcción, que se enfrenta a un gran cambio normativo que alcanza todos los aspectos del sector. En este contexto de búsqueda de edificaciones más eficientes y, a la vez, más confortables, la espuma de poliuretano rígido constituye una solución adecuada para el aislamiento y la impermeabilidad de las construcciones, ya que cumple con los niveles de aislamiento requeridos por el CTE con el mínimo espesor. Además, tal y como se ha puesto de manifiesto en diversos estudios, la utilización de espuma de poliuretano, en comparación con otros materiales aislantes, minimiza los puentes térmicos, logrando así un mejor comportamiento térmico, y como consecuencia un considerable ahorro de energía.
Este material también garantiza el máximo grado de impermeabilidad (Grado 5) exigido por el CTE, con soluciones constructivas sencillas y, a la vez, cumple en todas sus aplicaciones con los niveles de seguridad contra incendio exigidos.
Todas estas características convierten a la espuma rígida de poliuretano proyectada en una solución para cumplir con las exigencias de la normativa y, como consecuencia, en una herramienta útil para el sector.

El PUR minimiza los puentes térmicos, logrando un mejor comportamiento térmico y un considerable ahorro de energía.

Anexos

A

La espuma de poliuretano (PUR)

A1 ¿Qué es el poliuretano?

La mezcla de Isocianato y Poliol en determinadas circunstancias y, según el tipo de cada uno de ellos, generará espuma para aislamiento rígida, espuma flexible, elastómeros, rigímeros o una espuma semirígida, entre otros. Estos materiales se pueden mezclar con otros aditivos, catalizadores, antioxidantes e ignifugantes para permitir que el poliuretano conserve sus propiedades durante un mayor tiempo.

A2 Propiedades de PUR

La espuma de poliuretano rígida obtenida por proyección es el material aislante conocido más eficiente, ya que requiere un mínimo espesor para aislar lo mismo que cualquier otro material y, a su vez, presenta una larga vida útil y no necesita un mantenimiento concreto. Para alcanzar estos objetivos cuenta con una estructura celular prácticamente cerrada. Otra de sus características destacadas es su densidad, que en el caso de la espuma destinada al aislamieto térmico, está comprendida y establecida por la norma UNE 921201, entre 30 y 55 kg/m^3, aunque para aplicaciones especiales puede variar.

Junto a estas propiedades, el PUR sobresale por su resistencia ante los materiales empleados habitualmente en la construcción, así como ante el envejecimiento y los efectos de la contaminación o de una atmósfera industrial agresiva y ante la acción de las raíces y de los mohos, por su composición bioquímica inerte.

Asimismo, este material no tiene efectos nocivos contra el entorno, ya que desde 2004 el PUR se espuma con HFC, un gas completamente inerte para la capa de ozono, lo que, unido a la reducción del consumo energético que provoca en las construcciones y a su largo ciclo vital, genera "un balance muy positivo sobre el efecto invernadero"[15]. No sólo cuenta con ventajas para el medio ambiente, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) lo ha definido como "no clasificable por lo que respecta a su carácter cancerígeno para el hombre".

Como síntesis, la espuma de poliuretano destaca por:

Ventajas térmicas:
- Mejor valor de conductividad térmica (λ, Lambda) a lo largo del tiempo, lo que implica la necesidad de un espesor menor.
- Menor espesor = mayor superficie útil en la construcción.
- Resistencia al deterioro (mínima de 50 años).

Ventajas frente al agua:
- El PUR es un revestimiento continuo intermedio (cumple los valores de impermeabilidad y estanqueidad necesarios).

Ventajas frente a la humedad:
- Impermeable y transpirable a la vez. Estas propiedades permiten que el PUR pueda formar soluciones sin condensaciones en cualquier clima y sin barrera de vapor.

Ventajas acústicas:
- La espuma de poliuretano es un sistema continuo que sella los espacios. Cumple la legislación en fachadas.

Ventajas frente al fuego:
- Buen comportamiento. Aplicaciones finales seguras.

Ventajas en salubridad:
- El poliuretano es un material inocuo para la salud.

Ventajas medioambientales:
- La conservación de las propiedades térmicas favorece el ahorro energético.

[15] *Valoración de las asociaciones del sector*

Ventajas de puesta en obra:

- Garantía de una buena instalación (profesionales especializados).
- Proyección in situ. Este proceso garantiza la rapidez de ejecución y la solución sencilla de los puentes térmicos.
- Revestimiento continuo intermedio (conjuga en una aplicación aislamiento e impermeabilización).
- Ausencia de enfoscado (disminución de los costes indirectos).

Ventajas de normalización y certificación:

- Único producto aislante con posibilidad de doble certificación (marca voluntaria de certificación de producto y de puesta en obra).

A3 Normativa de PUR

La espuma de poliuretano está condicionada por los documentos del CTE que afectan al aislamiento, así como por la norma de producto UNE 92120, que influye tanto en los sistemas como en la puesta en obra, lo que abre la posibilidad de que las empresas estén certificadas con una marca de calidad. Respecto a la legislación europea, la norma europea de espuma de poliuretano aplicada “in situ” por proyección (prEN 14315) está aún en desarrollo, una situación que conlleva que los sistemas de proyección no tengan todavía la obligación de contar con el marcado CE.

B

¿Cómo aplicar el poliuretano?

B1 Normativa Básica

En la aplicación de la espuma de poliuretano es esencial determinar el espesor necesario para cada solución constructiva y, por esta razón, el responsable de la obra debe atenerse a los requisitos establecidos en las siguientes normas:

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 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 la Aplicación de Espuma Rígida de Poliuretano in situ.

B2 Proceso de instalación

Para medir el espesor, el operario contará con un punzón graduado o una herramienta similar cuyo diámetro no supere los 2 mm. Durante este proceso, ATEPA aconseja que, según el procedimiento recogido en la Norma UNE 921202, se tomen dentro de la superficie diez puntos, cinco de espesor alto y otros cinco aparentemente de espesor bajo. Tras este proceso, el resultado del cálculo del espesor será la media de las diferentes medidas, sin contar los cuatro valores extremos, no pudiendo ser ninguna de las medidas consideradas inferior en más de un 25% a la media general. Este proceso se realizará cada 75 m^2 y, como mínimo, por cada unidad de obra y por día. En el caso de un nivel de frecuencia intenso, ATEPA afirma que la medición se deberá realizar cada 50 m^2 y, como mínimo, una medición por unidad de obra y por día.

Honeywell International

Honeywell Internacional es el productor líder de una amplia gama de tecnologías, y ofrece a sus clientes en todo el mundo productos y servicios aeroespaciales; tecnologías de control para edificios, hogares e industrias; productos para la industria automovilística; turbocompresores; y materiales especiales.

Honeywell en España

La presencia de Honeywell en España se remonta a 1953. Desde entonces la compañía se ha ido consolidando y hoy en día cuenta con cuatro negocios - Aerospace, Automation and Control Solutions, Specialty Materials y Transportation Systems – que conforman una plantilla que supera los 1.100 empleados en España.

Honeywell Specialty Materials

Honeywell desarrolla materiales especializados de alto rendimiento que se encuentran en todos los ámbitos de la vida diaria: fibras avanzadas, aditivos y películas especiales, resinas, tintes fotográficos, reactivos y refrigerantes, materiales orgánicos e inorgánicos así como tecnologías y materiales relacionados con el refino del petróleo.

Entre estos materiales de alto rendimiento, cabe destacar Enovate® 3.000 Blowing Agent (HFC-245fa).

Se trata de un agente hinchante con base fluorocarbonada usado para crear espumas aislantes de alto rendimiento. Respetuoso con el ozono y no inflamable, ofrece propiedades expandentes superiores y por tanto una importante contribución a la protección del medio ambiente.

Asociado directamente con la Espuma de Poliuretano Rígido (PUR), su principal aplicación la encontramos en aislamiento, tanto para paredes, suelos, como para tejados de edificios, sean estos comerciales o viviendas particulares. Sus propiedades garantizan un alto nivel de aislamiento, tanto acústico como térmico, contribuyendo al ahorro de energía de manera notable, y por tanto, a la protección del medio ambiente.

Fuentes consultadas

DB-HE 1. *Documento Básico de Ahorro de Energía.*
DB-HS. *Documento Básico de Salubridad.*
DB-SI. *Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.*
Pimentel Bolaños, Álvaro (ATEPA), "Cumplimiento del DB-HE 1 con espuma de poliuretano aplicada in situ por proyección". I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico.
Fernández, José Manuel *"Renovación Térmica de la Envolvente Contribución del Aislamiento con Poliuretano".* I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico.
ATEPA, *"El CTE y la Espuma de Poliuretano Proyectada".*
ATEPA, *"El poliuretano proyectado y la protección de fachadas frente a la humedad en el CTE".*
IPUR, *"Reacción al fuego y clasificación en aplicación final de uso: una mejora en la información sobre los productos de construcción".*
Ministerio de Vivienda.
Asociación Técnica del Poliuretano Proyectado (ATEPA).
Ministerio de Medio Ambiente.
IDAE.
La patronal de grandes constructoras SEOPAN.
Informe Euroconstruct (diciembre 2006).

Han colaborado:

Elastogran
Grupo BASF

BAYER

BaySystems Iberia

SynthesiaEspañola s.a.

Los sistemas de poliuretano de estas empresas cuentan con el Certificado de AENOR.
Para más información sobre esta certificación pueden consultar www.aenor.es o www.andima.es