



Guía de rehabilitación con poliuretano

Ventajas, prescripción y
control de puesta en obra.



Guía de rehabilitación con poliuretano

Eficiencia energética en edificios existentes.

El poliuretano aislante es una espuma rígida de celdas cerradas empleada en diversas aplicaciones en construcción tanto residencial como industrial. Se utiliza como material de aislamiento térmico en forma espuma proyectada “in situ”, en forma de planchas en combinación con diversos revestimientos o en forma de panel sándwich.

Índice de contenidos

| | |
|--|----|
| 1.- Introducción | 4 |
| 2.- Objeto | 5 |
| 3.- Ámbito de aplicación | 6 |
| 4.- Tipologías constructivas | 7 |
| 5.- Criterios de calidad y diseño | 10 |
| 5.1 Espuma de poliuretano proyectada | |
| 5.2 Planchas de poliuretano conformado | |
| 5.3 Paneles sándwich de poliuretano | |
| 6.- Soluciones de rehabilitación | 19 |
| CUBIERTAS | |
| 6.1 Cubierta plana. Proyección de espuma de poliuretano y protección con elastómero | |
| 6.2 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano sobre teja y protección con elastómero | |
| 6.3 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano bajo teja | |
| 6.4 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano sobre cubierta de fibrocemento | |
| FACHADAS | |
| 6.5 Fachadas. Aislamiento por el interior | |
| 6.6 Fachadas medianeras | |
| 6.7 Fachadas. Aislamiento por el exterior | |
| 6.8 Fachadas. Inyección en cámaras | |
| 6.9 Soluciones con planchas conformadas de poliuretano | |
| 6.10 Soluciones con paneles inyectados de Poliuretano | |
| 7.- Índices de eficiencia energética | 39 |
| 8.- Criterios para el mantenimiento | 40 |
| 9.- Procedimiento para la realización del Proyecto | 40 |
| 10.- Casos prácticos | 41 |
| 11.- Bibliografía | 50 |
| 12.- Conclusiones | 50 |

1.- INTRODUCCIÓN

Disponer de la energía necesaria es imprescindible para nuestro progreso y bienestar social, pero si la derrochamos las consecuencias económicas, sociales y medioambientales serán muy negativas para todos.

Debemos hacer un uso eficiente de la energía que necesitamos, limitando las pérdidas donde sea posible.

El cambio climático es actualmente una de las principales amenazas a las que se enfrenta la sociedad en todo el mundo. La Unión Europea tiene como objetivo alcanzar la neutralidad climática en 2050, en consonancia con el Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura por debajo de 2°C. En el caso de España, la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050 permitirá reducir un 90% las emisiones de efecto invernadero en 2050 respecto a 1990.

Además del aspecto medioambiental, nuestro país tiene otro elemento que hace de la política de eficiencia energética un eje del crecimiento económico, se trata de la enorme dependencia energética del exterior, en un 73% (por encima del 54% europeo). Por todo ello, el Gobierno elaboró el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC). El cumplimiento de sus objetivos significará la reducción del 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto de 1990, y una mejora de la eficiencia energética del 39.5%.

Uno de los principios fundamentales del PNIEC es “primero, la eficiencia energética”, y por eso el Plan anima a que las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales hagan suyo, al menos, el objetivo obligatorio para la Administración General del Estado de renovación del 3% anual de la superficie edificada y climatizada del parque edificatorio público.

El PNIEC 2021-2030 recoge objetivos en materia de rehabilitación energética de edificios: Mejora de la eficiencia energética (envolvente térmica) a lo largo de la década de un total de 1.200.000 viviendas.

Por su parte, la actualización 2020 de la Estrategia a Largo Plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE 2020) tiene en cuenta que casi el 50% del consumo de energía final de la Unión Europea se destina a calefacción y refrigeración, y de ésta el 80% se consume en edificios.

El consumo energético de la calefacción y el aire acondicionado supone aproximadamente la mitad del consumo total de energía del edificio.

Finalmente, la última revisión del Código Técnico de la Edificación (CTE 2019) incluye exigencias a la rehabilitación, cuando dicha rehabilitación tenga una influencia importante en el comportamiento energético del edificio. Además, contempla criterios que flexibilizan la aplicación con el objetivo de conseguir el mayor grado de adecuación posible.

Las reformas importantes son una excelente oportunidad para ahorrar energía en los edificios.

Se entenderá como envolvente térmica del edificio, tanto los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (fachadas, cubiertas y suelos) como las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

La mejora del aislamiento térmico del edificio puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de CO₂ del 50% en el consumo de calefacción y aire acondicionado. Al rehabilitar térmicamente un edificio se debe tener en cuenta la mejora del confort y el ahorro energético a lo largo de toda la vida útil del inmueble.

2.- OBJETO

El propósito de esta publicación es proporcionar información sobre las oportunidades para ahorrar energía mediante la rehabilitación térmica del parque de edificios existentes con soluciones constructivas que incluyan aislamiento con poliuretano. Se considera de especial interés para las autoridades locales y autonómicas, así como para propietarios de edificios o viviendas y administradores de fincas, que encontrarán en esta información inspiración para tomar decisiones en este ámbito.

La espuma de poliuretano es uno de los productos aislantes más empleados en construcción. Las razones principales son su **versatilidad y sus prestaciones**. Se encuentra en forma de:

- proyección e inyección *in situ*
- planchas conformadas
- paneles sándwich prefabricados

La espuma de poliuretano destaca entre los aislantes térmicos por su:

- elevada capacidad aislante
- durabilidad en el tiempo

El aislamiento térmico de los edificios

El aislamiento térmico es la piedra angular de la **edificación sostenible**. Su empleo de forma óptima garantiza el equilibrio entre **los beneficios sociales, económicos y medioambientales** minimizando los diversos costes durante la vida útil de los edificios.



La nueva regulación en materia de **Ahorro de Energía y Aislamiento Térmico del Código Técnico de la Edificación** establece los niveles de limitación de la demanda energética de las diferentes partes de los edificios: fachadas o muros, cubiertas, suelos y huecos.

El aislamiento de fachadas, cubiertas y suelos reduce las pérdidas de energía debidas a la diferencia de temperatura entre recintos con independencia de cómo se ha generado el frío o el calor, es decir, independiente de que la fuente de energía sea renovable o no.

El aislamiento de fachadas, cubiertas y suelos reduce las pérdidas de energía debidas a la diferencia de temperatura entre recintos con independencia de cómo se ha generado el frío o el calor.

La diversa climatología de nuestro país y las distintas tipologías constructivas asociadas ofrecen un gran número de posibilidades de aislar nuestros edificios para que ahorren energía y disminuyan las emisiones de CO₂.





3.- AMBITO DE APLICACION

En el caso de los edificios de nueva construcción las opciones se multiplican pero cuando llega el momento de rehabilitar un edificio térmicamente, las posibilidades se reducen y las características constructivas establecen los límites, pasando a un primer plano el análisis de viabilidad de las intervenciones.

Las tipologías edificatorias que más pueden aprovechar estas técnicas son aquellas:

- cuyo cerramiento en fachada tenga una gran superficie opaca, o dicho de otro modo, con poca superficie acristalada.
- cuyo cerramiento en cubierta sea accesible y con pocas heterogeneidades que permitan la intervención en buena parte de la superficie.

La altura del edificio no es una limitación, no obstante, la intervención en cubierta tiene una mayor repercusión en edificios de menos de cuatro plantas.

Concentrando las intervenciones en cubiertas y fachadas, y siempre en función de la tipología constructiva nos encontramos con dos grandes grupos de intervenciones:

- Las que se realizan desde el **interior**, que suelen producir molestias en los usuarios del edificio y en algún caso reducen el espacio útil.
- Las que se realizan desde el **exterior**, que necesitan la utilización de medios auxiliares (como andamios) encareciendo la intervención.

4.- TIPOLOGIAS CONSTRUCTIVAS

A continuación se recogen brevemente aspectos característicos de las diferentes soluciones constructivas de rehabilitación de fachadas y cubiertas.

Fachadas o muros

Aislamiento de fachadas por el exterior.

Se realiza en muros de una hoja o de dos hojas con cámara de aire no accesible y con posibilidad de renovar estéticamente la fachada.

Una vez colocado el aislamiento al muro soporte las diferencias técnicas y económicas de los sistemas se hallan en el tipo de revestimiento.

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



En el caso de la fachada ventilada una de las tecnologías más utilizadas por sus prestaciones es la proyección de espuma de poliuretano.

En determinados casos los paneles sándwich “arquitectónicos” dan lugar a una fachada aislada por el exterior pero sin ventilar.

Aislamiento de fachadas por el interior.

Se realiza en muros de una hoja o con cámara de aire no accesible y manteniendo la estética exterior de la fachada.

El factor determinante es la cantidad de espacio disponible, lo cual limita el espesor del aislamiento que se instale.

Normalmente el mejor resultado se consigue combinando aislamientos de baja conductividad térmica y poco espesor con trasdosados armados o directos a base de placas de yeso laminado como acabado interior.

En el caso del aislamiento interior de la fachada se empleará normalmente espuma de poliuretano proyectada en el caso de que haya desalojo de los ocupantes o bien planchas de poliuretano conformado.

Relleno de cámaras de aire.

Se realiza en muros de doble hoja con cámara de aire accesible (bien desde el interior o desde el exterior).

Las técnicas de inyección de los diversos productos aislantes están muy desarrolladas y exigen diferentes controles durante su ejecución:

- Revisión de las paredes (exterior e interior) por si existen grietas, defectos en las juntas o humedades que puedan reducir su resistencia durante la inyección del aislante. Exigen la detección de sus causas y su correcta reparación.
- Comprobar la continuidad de la cámara y la existencia de un espesor mínimo de relleno.

- Comprobar la existencia de cableados interiores o cualquier otro obstáculo en el interior de las cámaras.

Ésta técnica es la que requiere más precisión y especialización por parte del instalador.

Para el caso de inyección con espuma de poliuretano *in situ* de baja densidad:

- Recomendaciones de la puesta en obra:
Las inyecciones se realizarán a través de pequeños taladros espaciado sentre 50 y 150 cm entre sí, 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 ya que el material específico para estos casos, de baja densidad, en expansión libre y con un periodo de espumación lento debe saturar el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas colaterales ya que éstas se pueden llegar a fisurar.

Para el caso de relleno mediante gránulos de espuma de poliuretano reciclado:

La instalación se realizará a través de un único orificio de insuflado por cada paramento y delimitación de cámara.

El proceso de insuflado finalizará cuando los gránulos de espuma de poliuretano rellenen la totalidad del espacio de la cámara entre forjados, evitando así cualquier movimiento o asentamiento del aislamiento.

El relleno de las cámaras de aire con espuma de poliuretano conforme a unas rigurosas condiciones de puesta en obra consiguen con un aceptable aislamiento continuo y rígido, que no se cae a la parte inferior de la cámara por efecto de la humedad con el paso del tiempo.

Cubiertas

Ante todo hay que señalar que las intervenciones en cubiertas son siempre más viables que las intervenciones en las fachadas, por la accesibilidad de las mismas, y porque dentro del mantenimiento del edificio, es mas 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.

Distinguiremos en cada caso este condicionante en el análisis de la solución constructiva.

Aislamiento de cubiertas inclinadas o tejados:

Depende de la necesidad de renovar total o parcialmente el revestimiento impermeable del tejado (teja, pizarra, etc.).

La instalación de aislamiento no disminuye la sollicitación mecánica de la cubierta, sino que en la mayoría de los casos la mejora, como en la proyección de espuma rígida de poliuretano sobre ripias u otros soportes ligeros que además en el caso de estar deteriorados los rehabilita.

Las técnicas de fijación del tejado marcarán el modo de fijación del producto aislante: adherido, proyectado, fijado mecánicamente o entre rastreles principalmente.

Las planchas de poliuretano conformado y la espuma de poliuretano proyectada se adaptan a las diferentes posibilidades de acabado de estos tejados.

Una intervención exterior de fácil ejecución y excelentes prestaciones es la aplicación del aislante sobre el tejado con una protección posterior (técnica habitual con proyección de espuma rígida de poliuretano y acabado con elastómero para protección de UV).

Lo más habitual, si existe altura disponible, es la intervención por el interior.

La intervención bajo cubierta en el caso de que este espacio sea accesible o pueda practicarse un acceso provisional o definitivo, será bien proyectando bajo el faldón o bien colocando aislamiento sobre el forjado entre tabiquillos (proyectado o en forma de planchas conformadas)

Aislamiento de cubiertas planas o azoteas.

Estas construcciones, por su tipo de impermeabilización requieren de una intervención periódica para garantizar sus prestaciones de resistencia al paso del agua (las cuales se ven reducidas con el paso del tiempo).

Cualquier reparación o mantenimiento en la impermeabilización es una buena ocasión para incorporar aislamiento o aumentar su nivel en estas cubiertas.

Una vez retirado o reparado el sistema de protección de la impermeabilización, se puede dar la ejecución de diversas técnicas de aislamiento.

En el caso de levantar la impermeabilización, se ejecutaría la instalación del aislamiento y por encima se colocaría la nueva impermeabilización.

Las planchas de poliuretano conformadas, cubrirán el soporte de la cubierta y se revestirán con la impermeabilización y el acabado deseado.

En el caso de la proyección de espuma de poliuretano cabe la posibilidad de proteger el aislamiento con otra proyección, en este caso con elastómero de alta densidad.

La proyección con espuma de poliuretano sobre barrera de vapor y posterior proyección de elastómero de alta densidad garantizan aislamiento, impermeabilización, ausencia de condensaciones intersticiales y protección frente a UV, proporcionando a la cubierta las prestaciones y durabilidad necesarias.

En el caso de que se repare la cubierta completamente, incluyendo la estructura, puede valorarse una nueva construcción metálica que incluya los paneles sándwich como cerramiento.

5.- CRITERIOS DE CALIDAD Y DISEÑO

El poliuretano aislante es una espuma rígida de celdas cerradas empleada en diversas aplicaciones en construcción tanto residencial como industrial.

Se utiliza como material de aislamiento térmico en forma espuma proyectada *in situ*, en forma de planchas en combinación con diversos revestimientos o en forma de panel sándwich.

5.1 Espuma de poliuretano proyectada

5.1.1 Materiales

La espuma rígida de poliuretano proyectado *in situ* es un material aislante a base de plástico celular

rígido que se produce por la reacción química de dos componentes, isocianato y polioliol.

La caracterización de las propiedades de los productos de espuma rígida de poliuretano proyectado *in situ* se recogen en la Norma Europea Armonizada UNE-EN 14315-1, que regula también el marcado CE y la Declaración de Prestaciones (DdP), obligatorios desde 2014.

Las prestaciones declaradas del poliuretano proyectado ya instalado vienen recogidas en la Norma Europea de Instalación UNE-EN 14315-2.

La Norma UNE 92184 recoge las características mínimas recomendables para las distintas aplicaciones del poliuretano proyectado, de las que cabe destacar lo siguiente:

| USO PREVISTO | DENSIDAD MÍNIMA APLICADA (KG/M ³) INCLUIDAS LAS PIELES | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KPA) |
|-----------------------------|--|--------------------------------|
| Cubiertas Planas visitables | 45-55 | ≥ 200 k Pa |
| Cubiertas Inclinas | 35-40 | ≥ 150 k Pa |
| Paramentos verticales | ≥ 33 | No procede |

5.1.2 Características del poliuretano proyectado antes de su instalación

Las características del poliuretano proyectado una vez instalado deben ser declaradas por el instalador según la Norma UNE-EN 14315-1. Las características más relevantes son las siguientes:

Partiendo de estas diferencias, y por tanto, dependiendo de la densidad que utilicemos, podemos conseguir soluciones constructivas seguras, que nos garanticen la ausencia de condensaciones intersticiales. En soluciones constructivas que estén sometidas a condiciones extremas, y previo estudio higrotérmico, será necesario incorporar barreras anti-vapor.

| CARACTERÍSTICAS | MÉTODO DE ENSAYO | VALOR CARACTERÍSTICO | |
|--|------------------|--|-------|
| Conductividad térmica y resistencia térmica | EN 12667 | Se declara a través de una tabla de prestaciones, en función del espesor final del producto instalado. Productos con HFC o HFO: 0,025-0,028 W/m·K Productos base agua: 0,029-0,032 W/m·K | |
| Reacción al fuego | EN 13501 | Poliuretano desnudo: entre Euroclase C-s3,d0 y Euroclase E En aplicación final de uso: hasta Euroclase B-s1,d0 | |
| Contenido en celdas cerradas | ISO 4590 | Contenido en celdas cerradas | Clase |
| | | Menos de 20% | CCC1 |
| | | de 20% a 80% | CCC2 |
| | | de 81% a 89% | CCC3 |
| | | a partir de 90% | CCC4 |
| Factor de resistencia al paso de vapor de agua | EN 12086 | Muy directamente ligado al Contenido en Celda Cerrada y a la Densidad. Valores μ (MU) para CCC1-CCC2: 5-20 Valores μ (MU) para CCC3-CCC4: 60-100 | |
| Absorción de agua | EN 1609 | Productos CCC3 o CCC4: < 0.2 kg/m² | |
| Resistencia a compresión | EN 826 | Productos no sometidos a carga: Valor no relevante Productos sometidos a cargas (tránsito peatonal): ≥ 200 kPa Productos sometidos a grandes cargas (tránsito rodado): ≥ 300 kPa | |

Resistencia al paso de vapor de agua, factor μ .

Las espumas de poliuretano aplicadas por proyección tienen una resistencia o factor μ que varía con la densidad, debiéndose tener en cuenta las especificaciones de los fabricantes para cada producto comercial.



5.1.3 Características del poliuretano proyectado una vez instalado

Las características del poliuretano proyectado una vez instalado deben ser declaradas por el instalador según la Norma UNE-EN 14315-2. Las características más relevantes son las siguientes:

| Característica | Método de ensayo | Valor Característico |
|-------------------------------|---|---|
| Espesor instalado | EN 14315-2 Anexo A | Se tomarán 10 medidas cada 100 m ² a más de 20 cm de cualquier borde. Se calculará la media aritmética de todas las medidas. |
| Densidad instalada | Espumas CCC4: Método EN 14315-2 Anexo C Resto de espumas: Método EN 1602 | Espumas sin sollicitación mecánica: 25-40 kg/m³ Espumas con sollicitación mecánica: 40-55 kg/m³ |
| Resistencia térmica instalada | EN 14315-1 | Conocido el valor del espesor instalado, el instalador declara la resistencia térmica instalada a partir de la tabla de prestaciones aportada por el fabricante a través de la DdP. |

5.1.3.1 Condiciones generales

La puesta en obra mediante proyección de las espumas rígidas de poliuretano y, en su caso, capas de acabado por proyección, requiere tener en cuenta los siguientes aspectos generales:

- Establecimiento de especificaciones de los componentes del sistema en función de las características finales de la unidad de obra
- Preacondicionado de las superficies a proyectar en caso necesario.
- Condiciones ambientales durante la aplicación y preacondicionamiento de componentes
- Operaciones de preparación de componentes y acondicionamiento de la pistola de proyección, con verificación de los parámetros de la espuma obtenida así como del aspecto de las capas de acabado.

5.1.3.2 Establecimiento de especificaciones de los componentes del sistema en función de las características finales de la unidad de obra

Previamente al inicio de cada trabajo se observarán las pautas siguientes:

- Elección de los componentes. Al efecto se utilizarán los componentes de la densidad contratada.
- Se recomienda que en la elección de los sistemas se opte por aquellos que estén provistos de una certificación de calidad (en el mercado español + del 90%).
- En caso de cambio de suministrador se verificará las características de adecuación del sistema.

5.1.3.3 El preacondicionado de las superficies a proyectar

La espuma de poliuretano presenta buena adherencia en contacto con la mayor parte de los materiales de construcción no obstante, las superficies sobre las que se vayan a realizar las proyecciones deben estar limpias, secas y ausentes de grasas y aceites, así como desprovistas de capas de herrumbre o de material envejecido. Las superficies de hormigón deberán limpiarse de la lámina de lechada superficial donde ésta esté presente. A los efectos, se utilizarán cepillos adecuados.

Una vez limpiadas las superficies, se recomienda el uso de sustancias imprimadoras adherentes donde se prevea o no se tenga garantizada la adherencia. En el caso de láminas asfálticas se verificará el tipo de acabado, que puede ser, bien de protección mineral, bien metálica (aluminio gofrado) o con película de polietileno. La adherencia de la espuma rígida de poliuretano sobre la protección mineral es suficiente. Cuando la protección sea metálica será necesario dar una imprimación. Si la película fuera de polietileno (antiadherente por excelencia) bastará con flamearla con soplete para conseguir una buena adherencia de la espuma. Será necesario que la adherencia de las telas al sustrato esté garantizada en toda la superficie, ya que de lo contrario se pueden formar bolsas con el consiguiente riesgo de que se puedan generar fisuras, perdiendo por esta causa la propiedad de impermeabilización.

Las superficies de hormigón deben de tener un curado mínimo de 28 días o humedad superficial máxima medida del 20%. En ningún caso la humedad superficial de la superficie a proyectar superará el 20%.

Para eliminar la grasa o aceite sobre las superficies se recomienda utilizar una solución de fosfato trisódico, terminando la operación con un lavado con agua.

Las zonas con presencia de herrumbre difícil de cepillar, deben ser tratadas con una imprimación de cromato de cinc. En zonas con presencia de adhesivos de parafina u otros materiales de reparación de sospechosa adherencia con la espuma, se debe proceder a eliminar tales materiales. Para el lavado de acabado se recomienda utilizar una presión de 14 kPa.

5.1.3.4 Condiciones ambientales durante la aplicación y preacondicionamiento de componentes

Antes de proceder a la proyección se tendrá en cuenta que:

- Las condiciones de temperatura ambiente desfavorables comienzan a partir de 45°C y por debajo de 5 °C, condiciones de temperatura superficial que deberán contemplarse a su vez en el sustrato.
- Las condiciones de humedad relativa desfavorables para la proyección comienzan a partir del 85% de humedad relativa ambiente y, en lo que respecta al sustrato, si este es poroso, la humedad medida sobre el mismo no deberá superar el 20%; en el caso de sustratos no porosos se deberá verificar que no están a una temperatura inferior a la de rocío, esta verificación también se tendrá en cuenta en la aplicación entre capas de espuma, ya que es una superficie continua impermeable. En los casos que se den estas circunstancias, se producirían condensaciones superficiales y por tanto la humedad sería del 100% en cuyo caso se podrían producir despegues o mala adherencia entre capas.
- Las condiciones de viento durante la aplicación deberán ser las correspondientes a una velocidad inferior a 30 km/hora ó 8 m/s. Estas condiciones deberán observarse cuando no se utilizan pantallas de protección.
- En el caso de que los productos hayan quedado sometidos a condiciones de temperatura bajas (inferiores a 10°C) se recomienda el precalentamiento de los bidones, mediante bandas calefactoras debiendo seguir las indicaciones que, al respecto, proporcione el fabricante del sistema.





5.1.4. Puesta en obra

Antes de la puesta en obra, el instalador deberá aportar la siguiente documentación:

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

Durante la aplicación, el instalador deberá controlar los siguientes parámetros:

- El sustrato está limpio, seco y libre de polvo, grasa o cualquier otro material que pueda perjudicar la adherencia.
 - Temperatura del sustrato: mayor de 5°C
 - Humedad del sustrato poroso: Menor del 20%
 - Humedad del sustrato no poroso: Seco
- La temperatura y humedad ambiente están dentro de los parámetros recogidos en la ficha técnica.
 - Temperatura ambiente: entre 5°C y 40°C
 - Humedad ambiente: Menor del 85%
- La máquina de proyección está correctamente calibrada.
 - Desviación de la relación de mezcla

menor del 5%

- Presiones y temperaturas según la ficha técnica
- Todos aquellos elementos susceptibles de ser manchados deberán estar convenientemente protegidos.
- La aplicación se realiza en capas sucesivas de espesor máximo el especificado por el fabricante.
- Se tiene en cuenta el adecuado tratamiento de puentes térmicos.
- Cuando sea necesario, se controla la existencia de una Barrera de Vapor.

5.1.5. Medición en obra

La Norma UNE 92310 recoge los criterios de medición y cuantificación del poliuretano proyectado en obra, que son los siguientes:

- Paredes lisas: Se medirán a cinta corrida.
 - Pilares: No se deducirán, aunque no vayan aislados.
 - Huecos:
 - ◇ Menores de 2 m²: Deducción 0%
 - ◇ Entre 2 y 4 m²: Deducción 50%
 - ◇ Mayores de 4 m²: Deducción 80%
- Cubiertas planas:
 - Aisladas por arriba: mismo criterio que en paredes lisas
 - Aisladas por abajo:
 - ◇ Incremento del 15% en techos lisos
 - ◇ Incremento del 20% más desarrollo en techos no lisos
- Cubiertas onduladas, perfiladas, tejas, etc.
 - Aisladas por arriba: Medida en desarrollo
 - Aisladas por abajo: Medida en desarrollo añadiendo la estructura

En aplicaciones especiales, como suelen ser habituales el rehabilitación, se podrán aplicar incrementos por acuerdo entre las partes: Trabajos en altura, medianeras exteriores, cubiertas de gran pendiente, trabajos desde grúa o andamio, etc.

5.2 Planchas de poliuretano conformado

Las planchas aislantes y los bloques de espuma fabricados de espuma de poliuretano rígida de acuerdo con la norma **UNE-EN-13165** son apreciados en el sector de la construcción, especialmente por sus excelentes características de aislamiento térmico y sus ventajosas propiedades mecánicas.

Los revestimientos flexibles se fabrican generalmente con

- lámina de aluminio
- película compuesta



Planchas aislantes de poliuretano

Se eligen distintos revestimientos adecuados para la aplicación a la que se destinan las planchas aislantes. Los revestimientos pueden servir como barrera de vapor, impermeabilización contra la humedad, superficie óptica o protección contra daños mecánicos. Las planchas se ofrecen con distintos perfiles en los bordes, por ejemplo machihembrado, media-madera o recto.

Las planchas aislantes de poliuretano con revestimientos flexibles se fabrican también conjuntamente con revestimientos rígidos como paneles aislantes compuestos. En estos casos, se pegan a las planchas aislantes tableros de madera u otros materiales para aplicación en paredes, como por ejemplo placas de yeso laminado.

También existe la posibilidad de fabricar planchas de poliisocianurato (PIR) con pendiente integrada. En

aplicaciones de rehabilitación se instalan normalmente sobre la cubierta existente (con una membrana impermeable) evitando el proceso de desmontaje. Entre las ventajas de este tipo de producto destacan las siguientes:

- Aislamiento térmico y drenaje en uno.
- Elevadas prestaciones mecánicas.
- Posibilidad de reducir en gran medida los plazos de ejecución en comparación con métodos tradicionales.



Planchas aislantes de PIR con pendiente integrada

5.2.1 Fabricación de planchas o secciones a partir de bloques de poliuretano

A partir de la fabricación de un bloque de poliuretano rígido, se cortan en planchas (por ejemplo planchas para cubiertas planas o inclinadas) o secciones (por ejemplo, cuñas para áticos/buhardillas o aislamiento de tuberías –coquillas-).

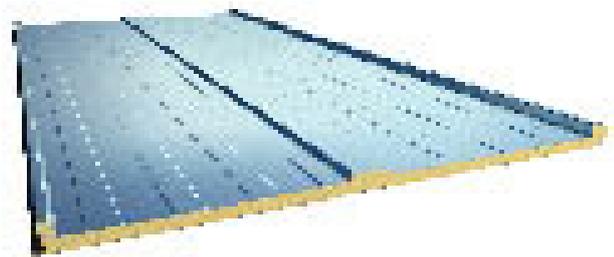
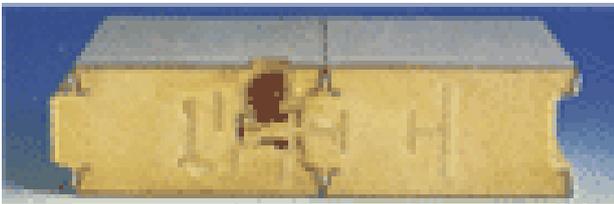
Es posible pegar revestimientos adecuados a las planchas cortadas para formar paneles sándwich o laminados de diversos tipos para distintas aplicaciones.



Planchas aislantes, cuñas para áticos y aislamiento para tuberías fabricados a partir de bloques de espuma de poliuretano.

5.3 Paneles sándwich de poliuretano

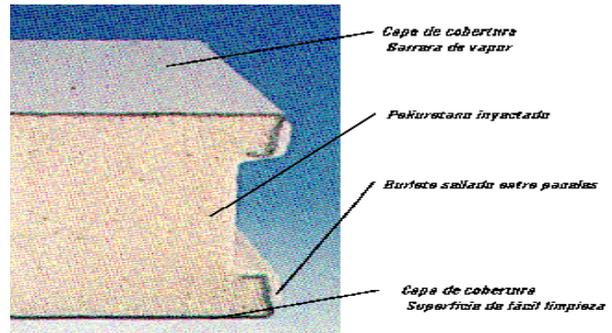
El panel sándwich de poliuretano inyectado es un producto de construcción compuesto de una parte central de espuma rígida de poliuretano adherida a dos paramentos generalmente metálicos. A efectos de sus usos y propiedades es considerado un producto o elemento de construcción único.



El poliuretano se forma a través de una reacción exotérmica en la que se adiciona polioli, isocianato, agente hinchante y aditivos, formando un producto que tiene una densidad entre 40 y 50 Kg/m³. La inyección de estos componentes dentro los paramentos permite una unión uniforme y duradera sin necesidad de adhesivos.

Hay disponibilidad en el mercado de paneles con paramentos de acero, acero inoxidable, aluminio, cobre y madera. Estos paramentos se pueden elegir en acabados tipo poliéster, PVDF, PVC, plastisoles o galvanizados; en función de la agresividad -humedad, temperatura y salinidad- de la zona donde se instale el panel para garantizar la mayor durabilidad. Además, todos estos acabados están disponibles en una amplia gama de colores

—clásicos o metalizados— para adaptarse a los requisitos estéticos del cliente.



Los paneles sándwich de poliuretano son especialmente adecuados para aplicaciones de cubiertas y fachadas en edificios industriales y en cámaras frigoríficas donde son el producto líder, en edificios terciarios (centros comerciales, centros deportivos,...) y en vivienda donde están entrando con una gran rapidez y satisfacción tanto en rehabilitación como en obra nueva.

Se utilizan paneles sándwich de poliuretano en la construcción de:

- Naves industriales
- Aeropuertos
- Edificios de administración
- Casetas y casa prefabricadas,
- Vestíbulos de exhibición
- Hoteles
- Recintos feriales
- Laboratorios y salas blancas
- Quirófanos
- Salas de pinturas
- Centrales eléctricas
- Plantas de reciclaje
- Polideportivos
- Grandes superficies comerciales
- Plantas incineradoras de desechos
- Fachadas de oficinas
- Cubiertas de viviendas
- Cámaras frigoríficas

- Salas de conservación
- Túneles de congelación
- Salas de proceso
- Salas blancas



Cubierta y fachada de nave industrial

y su sistema de fijación, las construcciones con paneles resultan estancas a la humedad y al aire. Además, la estructura de celda cerrada de la espuma rígida de poliuretano garantiza la estanqueidad del núcleo aislante. La chapa actúa como barrera de vapor evitando condensaciones intersticiales.

Las propiedades más relevantes de los paneles sándwich de poliuretano son;

- Gran capacidad aislante, teniendo un coeficiente de conductividad térmica inferior a 0.025 W/(mK) , siendo este duradero en el tiempo. Por diseño el poliuretano está protegido con una capa metálica que impide la degradación de la conductividad térmica en el tiempo.
- Baja densidad que oscila entre 9 y 20 Kg/m^2 (en función del espesor del núcleo aislante y de las chapas metálicas).
- Su bajo peso y su buen comportamiento a flexión lo hace idóneo como material de construcción en caso que hayan movimientos sísmicos
- Capacidad autoportante: gracias al efecto sándwich son capaces de soportar su propia carga, permitiendo estructuras muy livianas.
- Comportamiento ante el fuego: el comportamiento del panel sándwich de poliuretano ante el fuego es bueno al estar el material aislante protegido por acero. En función de la espuma y del diseño, y según la UNE-EN 13501-1, tenemos paneles desde la clasificación Bs2d0 hasta Ds3d0.
- Estanqueidad: por sus paramentos metálicos

Las propiedades típicas del panel sándwich de poliuretano son:

| | | |
|--|--------|-----------------------------|
| Densidad de la espuma | | 40 ± 2Kg/m ³ |
| Resistencia a la tracción | | 0.1 N/mm ² |
| Resistencia a la compresión | | 0.1 N/mm ² |
| Peso | 30 mm | 11 – 12 Kg/m ² |
| | 100 mm | 14 - 15 Kg/m ² |
| | 200 mm | 17 – 18 Kg/m ² |
| Conductividad térmica | | ≤ 0.025 W/mK |
| Factor U | 30 mm | 0.67 W/m ² K |
| | 100 mm | 0.22 W/m ² K |
| | 200 mm | 0.11 W/m ² K |
| Reacción al fuego (Núcleo de PIR) | | Desde B,s1,d0 hasta B-s2,d0 |
| Reacción al fuego (Núcleo de PUR) | | Desde B,s2,d0 hasta C-s3,d0 |
| Luces aproximadas de panel entre dos apoyos con carga repartida de 100 Kg/m ² | 30 mm | 2.8 m |
| | 100 mm | 5 – 5.5 m |
| | 200 mm | 7.5 – 8.5 m |

El hecho que los paneles sándwich de poliuretano sean un elemento prefabricado y autoportante, reduce considerablemente el tiempo de construcción, haciendo el proceso más rentable, económico y medioambientalmente eficiente. Los paneles sándwich de poliuretano son un producto normalizado (UNE-EN 14509).

6.- SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN

En rehabilitación conviene tener presente que las medidas de prevención de riesgos laborales deben extremarse puesto que, en general, se desconoce el estado en que se encuentra o encuentran los elementos de la cubierta de que se trate.

En general las actuaciones de rehabilitación deben ser consecuencia de un estudio previo detallado del estado de la cubierta en cuestión. Las cubiertas en pendiente tienen de particular que cuando es necesaria la rehabilitación suele ser por filtraciones o entradas de agua en el espacio subyacente; pero la cubierta puede estar deteriorada sin que se manifiesten tales entradas de agua, basta observar a simple vista el estado en que se encuentran determinados elementos de la misma, bien sea por la acción de la contaminación ambiental, bien sea por la acción prolongada de la radiación ultravioleta, o bien se trate sencillamente de su envejecimiento.

En el caso de las cubiertas planas, los deterioros tienen que ser tratados previamente, de acuerdo con la naturaleza del daño, a la realización de la proyección de espuma. A continuación se exponen algunos:

6.1 Cubierta Plana. Proyección de espuma de poliuretano y protección con elastómero



Descripción

Una vez reparada la cubierta en las zonas donde se requiera, se procede a proyectar espuma de poliuretano siguiendo las especificaciones oportunas y seguidamente se aplica una capa de elastómero que protege al aislamiento de radiación UV e incrementa la impermeabilización de la cubierta.

Elementos del sistema

- Aislamiento: Espuma de poliuretano: capa de espesor mínimo de 30 mm. Resistencia a compresión **mínima** de 200 kPa en cubiertas transitables.
- Protección: Elastómero de poliuretano: capa poliuretánica de espesor variable (1,5-3 mm), densidad 1000 kg/m³ con coloración. Aporta protección UV a la espuma del poliuretano e incrementa la impermeabilidad de la cubierta.

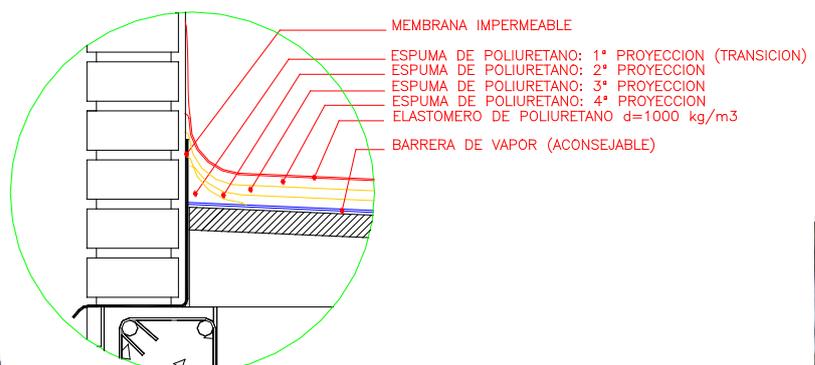
Prestaciones de la solución

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

Recomendaciones

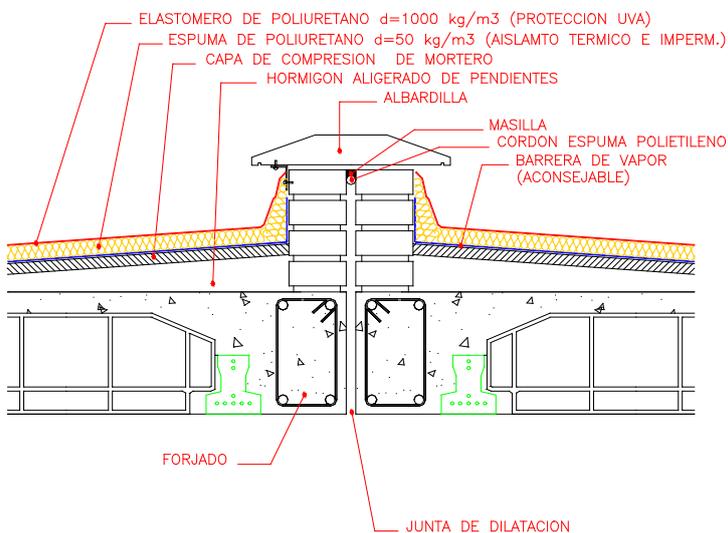
Caso de telas asfálticas

Conviene retirar todo el material cuando se observen las siguientes situaciones: en caso de material no suficientemente adherido, puesto que después de proyectado encima puede desprenderse, y en caso de material con bolsas o roturas, debido a las tensiones que introduce la espuma.



Caso del baldosín tipo catalán

Generalmente, este tipo de cubiertas suele presentar deterioros de la superficie embaldosada. Conviene levantar todas aquellas zonas donde los deterioros aparezcan manifiestos. 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 de toda la cubierta previa a la proyección.



Caso de cubiertas con capa de rodadura o protección pesada

En este caso conviene levantar las zonas superficiales dañadas (baldosas rotas, pasillos agrietados, etc.)

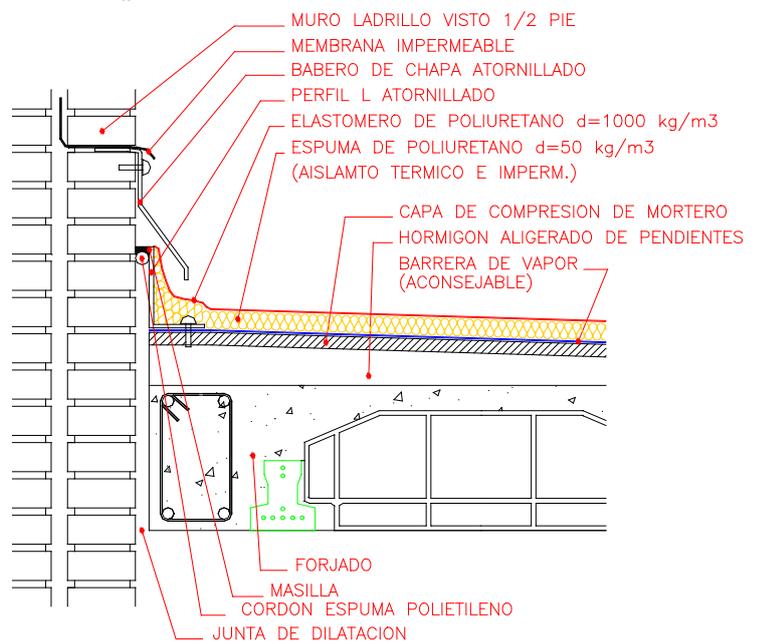
Caso de cubiertas de grava.

En este caso hay que tener en cuenta que, bien desde el origen o bien con el paso del tiempo, el material de naturaleza inorgánica u orgánica suele estar presente entre la grava, por ello es menester que como parte de la obra se contemple efectuar un cribado y lavado de la grava antes de depositarla nuevamente encima del aislamiento de poliuretano. Además de las operaciones señaladas y previamente a la proyección, es imprescindible realizar la limpieza y preparación de la superficie del sustrato. Se recomienda que con el fin de no cargar la estructura del forjado, al retirar la grava, acumularla en distintos puntos de la cubierta.

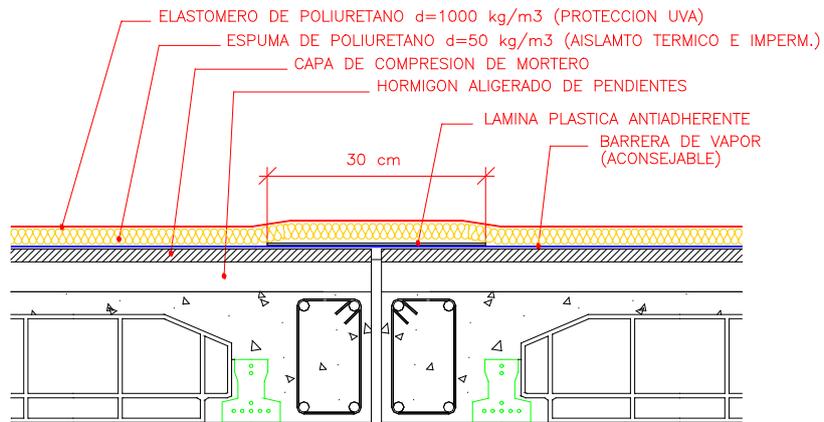
La rehabilitación del peto de cubierta

En el caso de petos enfoscados hay que tener en cuenta que en rehabilitación suelen ser elementos muy deteriorados por el paso del tiempo y las inclemencias meteorológicas, de tal manera que el enfoscado primitivo suele presentar desconchones y desmoronamientos por falta de cohesión y adherencia. En estos casos se pondrá especial cuidado en picar y volver a enfoscar toda la superficie del lienzo deteriorado antes de proceder a proyección alguna.

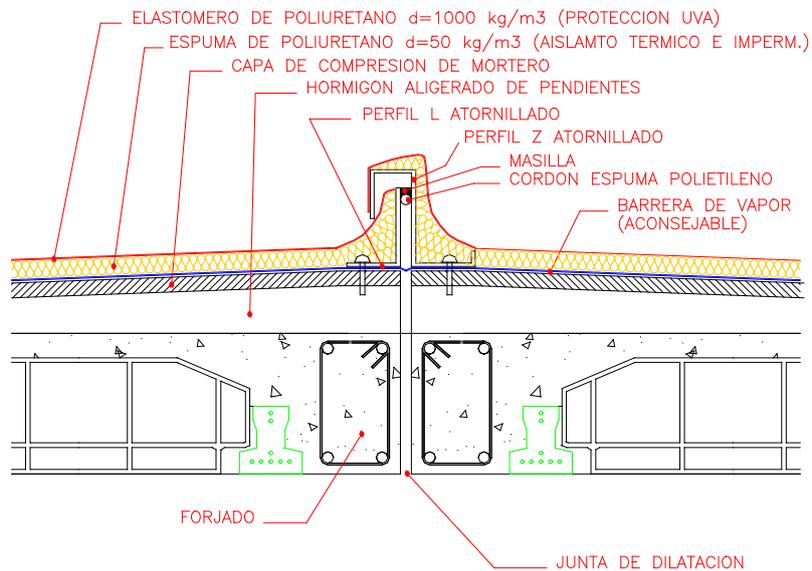
Las albardillas suelen presentar, en general, una patología muy definida puesto que se colocan "a hueso" se quedan sin impermeabilizar cuando se hace la obra nueva, por lo que es conveniente precondicionar estas partes antes de proceder a realizar las proyecciones; conviene retirar los elementos rotos o corroídos con el fin de proceder, tras una limpieza, a realizar las protecciones y acabados



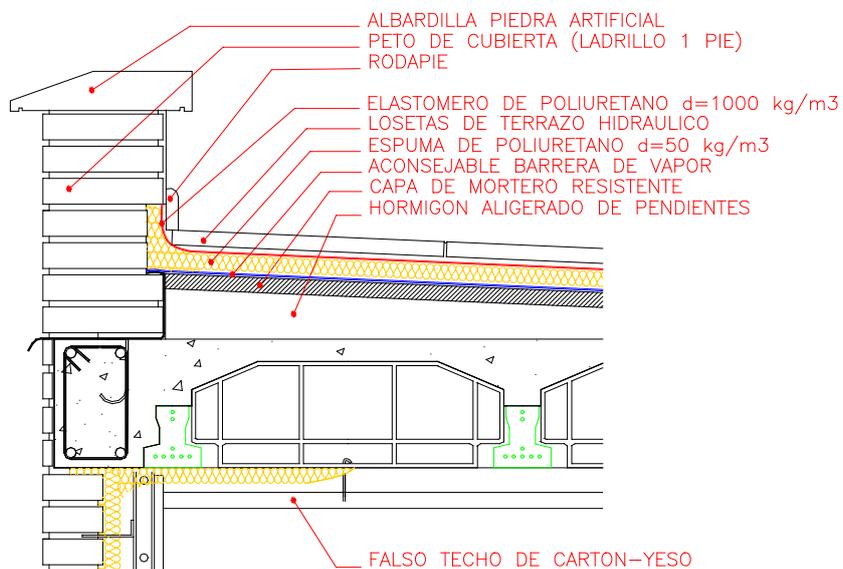
Detalle de encuentro con elemento estructural de soporte con dilatación libre



Detalle para salvar juntas de dilatación



Detalle de junta de dilatación con elemento metálico



Detalle de integración de la proyección en peto de cubierta con rodapié y escuadrado de corrección de puente térmico

6.2 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano sobre teja y protección con elastómero

Descripción

El soporte inicial es la cubierta de teja original. Sobre la misma se realiza la proyección de espuma de poliuretano siguiendo las recomendaciones específicas para el tipo de soporte y posteriormente se proyecta el elastómero de poliuretano que protege al aislamiento de radiaciones UV e incrementa la impermeabilización de la cubierta.

Esta forma de rehabilitar térmicamente una cubierta de teja 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.

Elementos del sistema

- Aislamiento: Espuma de poliuretano: capa de espesor mínimo de 30 mm.
- Protección: Elastómero de poliuretano: capa poliuretánica de espesor variable (1,5-3 mm), densidad 1000 kg/m³ con coloración. Aporta protección UVA a la espuma del poliuretano e incrementa la impermeabilidad de la cubierta.

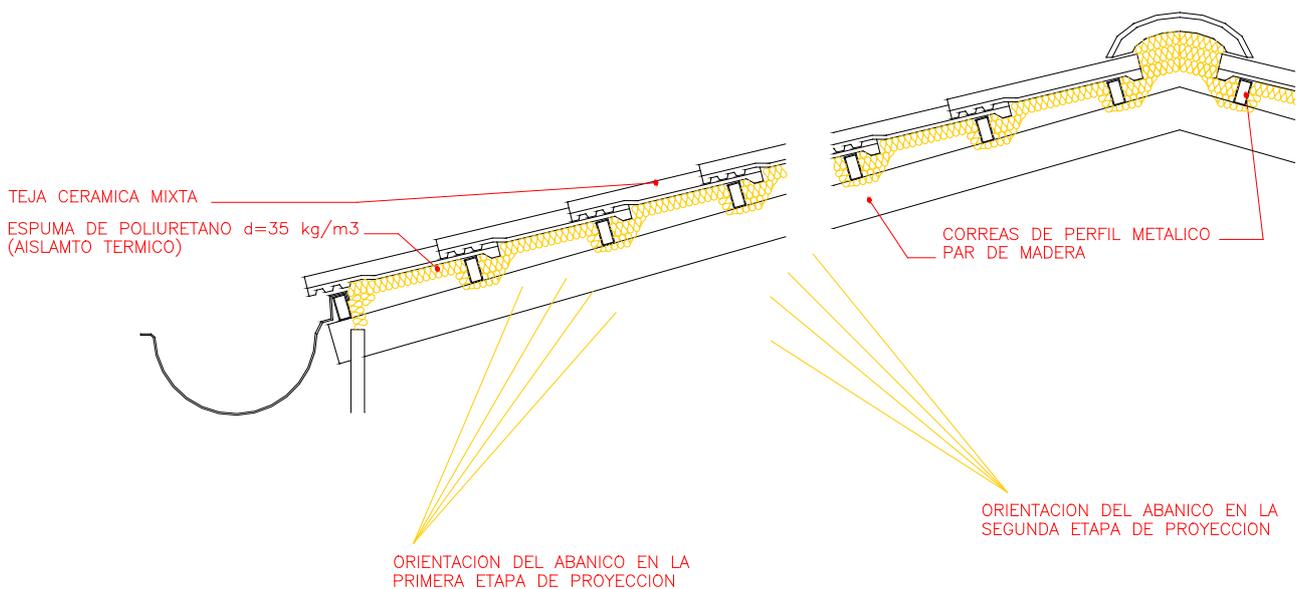


Prestaciones de la solución

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



6.3 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano bajo teja



Descripción

Cuando el bajo cubierta es accesible se puede realizar esta solución constructiva que consiste en la proyección de espuma de poliuretano en la superficie inferior del tejado.

Elementos del sistema

Aislamiento: Espuma de poliuretano proyectada, capa de espesor mínimo de 40 mm.

Prestaciones de la solución

Aporta rigidez a la cubierta, estanqueidad y continuidad en aislamiento.

Recomendaciones

En ningún caso se puede considerar esta solución constructiva como de impermeabilización de cubierta. 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 del trasdós.

La proyección debe llevarse a efecto ejecutándola con un sentido de avance en la dirección de elevación de la cubierta, con el fin de que no penetre la fase líquida entre las tejas, ya que si ello ocurriera, la expansión de la espuma, produciría un desplazamiento entre las mismas. Una vez proyectadas así las primeras capas 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.





La estabilidad dimensional de la espuma proyectada depende de la densidad de la misma, con este fin se recomienda que la densidad mínima sea de 35 kg/m³. 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.

Caso de "renovación del tejado"

Cuando se va a realizar la operación de "retejado" o renovación completa de la cubrición de que se trate

es el momento óptimo para incluir el aislamiento térmico.

En este caso se procederá a la proyección de espuma de poliuretano sobre el soporte del faldón o bien a la colocación de planchas de poliuretano conformado antes de proceder a la fijación de las tejas, pizarras o cualquier otro elemento de cubrición que vaya adherido, fijado sobre rastreles, clavado, o con cualquier otro elemento de fijación.



6.4 Cubierta inclinada. Proyección de espuma de poliuretano sobre cubierta de fibrocemento

Descripción

En este caso, el empleo de la técnica de espuma proyectada es aconsejable como solución de reparación y encapsulado.

La cubierta de fibrocemento presenta con el paso del tiempo unas transformaciones y alteraciones que se manifiestan en su fragilización. Con el fin de realizar una cubierta resistente aprovechando la cubierta de fibrocemento envejecida, mediante la proyección de espuma rígida de poliuretano sobre la misma se consigue un elemento constructivo con resistencia suficiente para asegurar que tal fragilidad deje de ser un riesgo para realizar tareas sobre la nueva superficie. Además de garantizar la rehabilitación del fibrocemento de la cubierta, mediante este sistema se asegura una protección integral, así como su impermeabilidad y un magnífico aislamiento térmico, evitando la dispersión de partículas de amianto que son cancerígenas..

Elementos del sistema

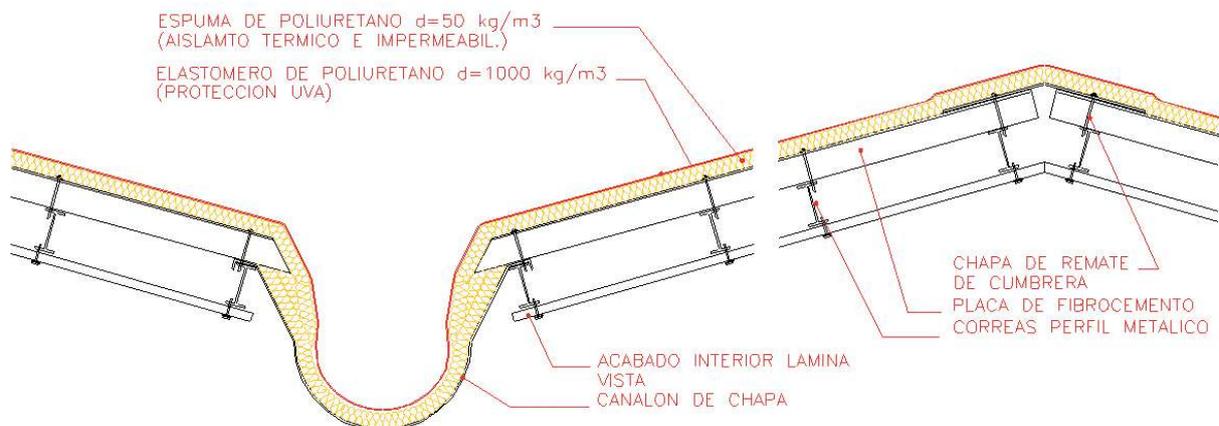
- Aislamiento: Espuma de poliuretano proyectada, capa de espesor mínimo de 30 mm. Resistencia a compresión ≥ 200 kPa para garantizar buenas prestaciones mecánicas.
- Protección: Elastómero de poliuretano: capa poliuretánica de espesor variable (1,5-3 mm), densidad 1000 kg/m^3 con coloración. Aporta protección UV a la espuma del poliuretano e incrementa la impermeabilidad de la cubierta.

Prestaciones de la solución

Aporta rigidez a la cubierta, estanqueidad, encapsulado de fibras de amianto y continuidad en aislamiento e impermeabilización.

Recomendaciones

Previamente a las tareas de proyección las cubiertas de fibrocemento se limpiaran 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 mas 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.

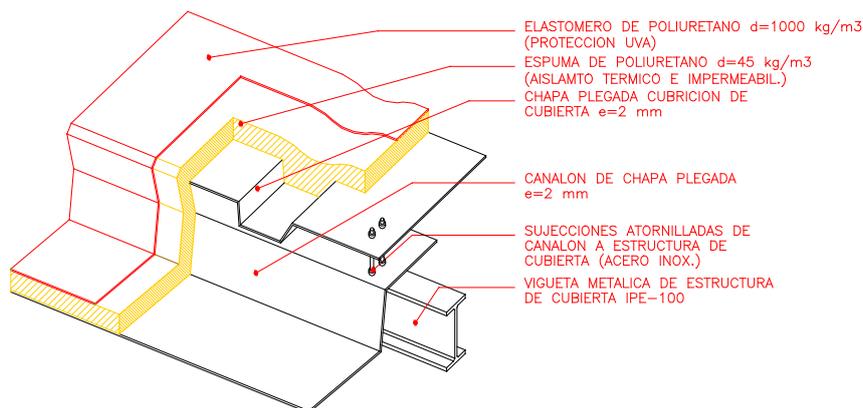


Con el fin de que la evacuación de agua quede garantizada y evitar su entrada entre el paramento y las ondas de la lámina de fibrocemento se recomienda integrar la proyección con los canalones, realizando un sellado previo entre la onda de la lámina y el propio canalón para posteriormente efectuar la 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

La proyección se debe realizar cuidando que las greclas de la chapa queden rellenas. En las figuras siguientes se pueden observar detalles de realización.

Proyección de poliuretano integrando las greclas



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.

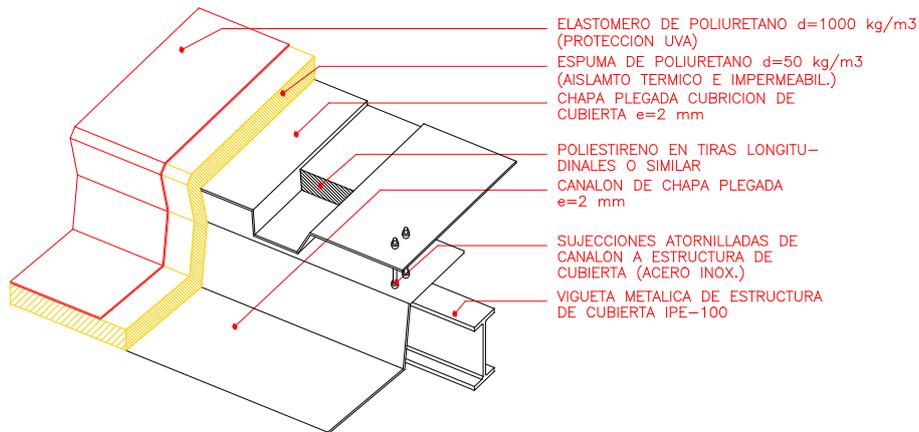
Caso de cubiertas de chapa

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.

Las cubiertas de chapa con el paso del tiempo y sin mantenimiento presentan deterioros y por ello hay que proceder a su rehabilitación de la misma forma que en el caso de cubiertas de fibrocemento. 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.

Proyección previo relleno de greclas en cubierta



Caso de granjas con cubierta de chapa

Aplicación por el interior: Estos comentarios pueden ser válidos para otros casos similares, piscinas climatizadas con patologías de corrosión por vapores de cloro, etc.

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. En el caso de tratarse de chapa galvanizada, para mejorar la adherencia, será necesaria la aplicación de una imprimación, normalmente una solución fosfatante.



6.5 Fachadas. Aislamiento por el interior

Descripción

Cuando se van a realizar obras en el interior de la vivienda y se valora la realización de un trasdós en el interior de la fachada, se tendrá en cuenta el principal condicionante, el espacio útil que se pierde.

En el caso de muros de una hoja en que se decida realizar un trasdosado armado, se proyectará espuma de poliuretano tratando los puentes térmicos accesibles y se ejecutará posteriormente el trasdosado armado de placa de yeso laminado.

Si se trata de un trasdosado directo se puede optar bien por conjuntos de plancha de poliuretano y placa de yeso laminado o bien la ejecución *in situ* de dicho sistema constructivo.

En el caso de muros con cámara de aire en que 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)

Elementos del sistema

- Aislamiento: Espuma de poliuretano proyectada, capa de espesor mínimo de 30 mm.

Prestaciones de la solución

Además de aislamiento térmico, aporta estanqueidad al agua y al aire, y tratamiento parcial de los puentes térmicos.



6.6 Fachadas medianeras.

Descripción

Tanto en obra nueva como cuando por derribo del edificio adyacente tenemos una fachada medianera, será necesaria la incorporación de aislamiento térmico.

En muchos casos cuando existe derribo del edificio colindante quedan al descubierto importantes deficiencias en el acabado de la fachada, oquedades, falta de sellado e impermeabilidad, inconsistencia y por supuesto ausencia de aislamiento térmico.

Con la solución de incorporar a estas fachadas espuma de poliuretano proyectado conseguimos una magnífica rehabilitación de la fachada medianera: aportando sellado, impermeabilidad, consistencia y aislamiento térmico.

Con el fin de que la espuma no se degrade por efecto de los rayos ultravioleta se deberá proteger mediante pintura o un elastómero de poliuretano proyectado de 1.000 kg/m³ que además mejorará todas las prestaciones de la solución.



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.

Elementos del sistema

- Aislamiento: Espuma de poliuretano proyectada, capa de espesor mínimo de 30 mm.
- Protección: Elastómero de poliuretano: capa poliuretánica de espesor variable (1,5-3 mm), densidad 1000 kg/m³ con coloración. Aporta protección UV a la espuma del poliuretano e incrementa la impermeabilidad y la consistencia.



6.7 Fachadas. Aislamiento por el exterior.

Descripción

Cuando el interior de la vivienda es inaccesible y se valora cambiar la estética de la fachada, o bien su renovación por cuestiones de seguridad, se puede plantear la realización de una fachada ventilada.

Se procede inicialmente a la limpieza y acondicionamiento de la fachada que debe soportar el sistema ventilado. Lo habitual es proyectar la espuma

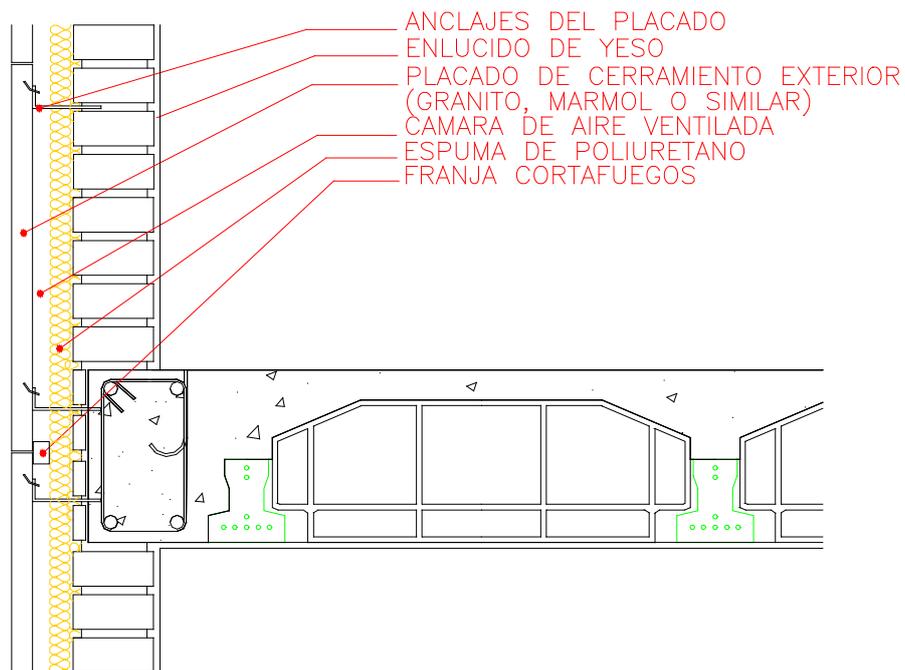
de poliuretano una vez se ha fijado el entramado metálico y a continuación colocar las piezas que forman el revestimiento de la fachada.

Elementos del sistema

- Aislamiento: Espuma de poliuretano proyectada, capa de espesor mínimo de 30 mm.

Prestaciones de la solución

Además de aislamiento térmico, aporta estanqueidad y tratamiento óptimo de los puentes térmicos.



6.8 Fachadas. Inyección o insuflado en cámaras.

Descripción

Cuando se descarta cualquier intervención por el exterior y no se desea perder espacio en el interior se valorará la inyección o el insuflado de aislamiento de poliuretano en la cámara siempre que esta sea accesible y cumpla con una serie de requisitos que hagan la intervención segura.

Elementos del sistema

Podemos utilizar dos productos diferentes:

- Espuma de poliuretano inyectada de baja densidad (15-25 kg/m³) y celda abierta (CCC1)
- Gránulos de espuma de poliuretano reciclados

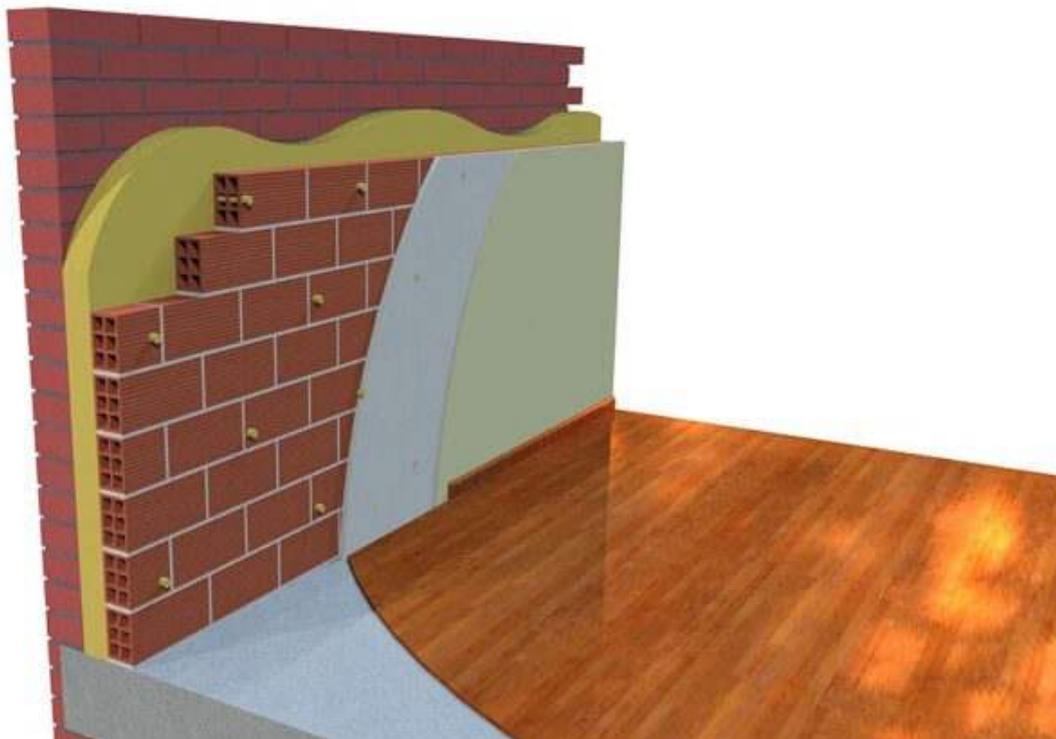
Prestaciones de la solución

Además de aislamiento térmico, aporta rigidez a la fachada, no asienta, es duradera y reduce las infiltraciones de aire.

Recomendaciones

Este tipo de solución constructiva requiere una atención especial, tanto por la valoración de su idoneidad como por la ejecución. 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 o el insuflado de poliuretano.

Se puede rellenar la cámara con aislamiento de poliuretano desde el exterior o desde el interior, sin perder espacio habitable y con un bajo impacto para el usuario.



6.9 Soluciones con planchas conformadas de poliuretano

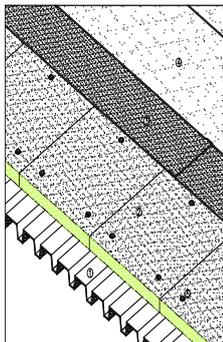
6.9.1 Cubiertas planas

6.9.1.1 No transitables autoprotegidas

Elementos del sistema:

Sobre el soporte saneado se instalarán las siguientes capas:

- Barrera de vapor adherida al mismo, en el caso que se precise, normalmente se precisa en soportes de hormigón o madera, si la barrera es una lámina bituminosa con armadura de polietileno o film de aluminio se deberá adherir al soporte previa imprimación de este.
- Aislamiento térmico en planchas conformadas, ancladas a la barrera de vapor bituminosa, mediante la aplicación de fuego sobre la barrera o ancladas mecánicamente. El número de fijaciones vendrá determinado por el tipo de soporte y de la fijación, situación de la cubierta y zona eólica.
- Membrana impermeabilizante, anclada mecánicamente al soporte o adherida, en este caso las planchas de aislamiento irán terminadas en aluminio o velo de vidrio en ambas caras.
- Membrana impermeabilizante adherida, en este caso las planchas de aislamiento serán con terminación superior de velo de vidrio bituminado, para facilitar la adhesión de la membrana.

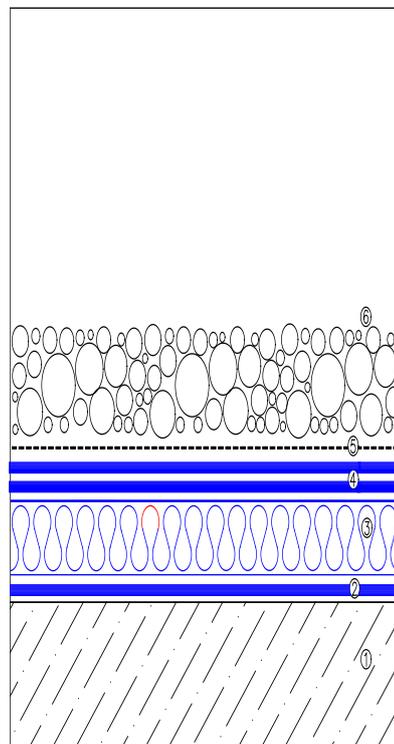


6.9.1.2 No transitables con protección pesada

Elementos del sistema.

Sobre el soporte (1) saneado se instalarán las siguientes capas:

- Barrera de vapor adherida (2)
- Capa aislante con planchas de poliuretano (3)
- Membrana impermeabilizante (4)
- Capa antipunzonante y separadora (5)
- Capa de terminación y protección, grava (6)



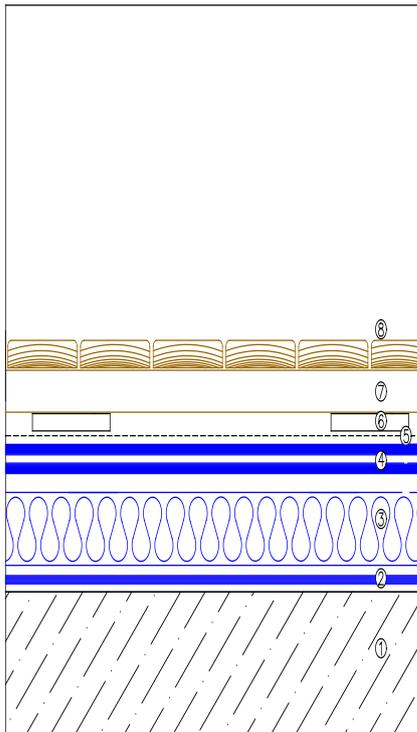
6.9.1.3 Transitables con protección pesada

Elementos del sistema.

- Sobre el soporte (1) saneado se instalarán las siguientes capas:
- Barrera de vapor adherida (2)
- Capa aislante con planchas de poliuretano conformado (3)
- Membrana impermeabilizante (4)
- Capa antipunzonante y separadora (5)
- Capa de terminación y protección, (6)

Las terminaciones más habituales son: baldosa cerámica, baldosa sobre plots, madera (8) sobre plots. (7)

En el caso de terminación sobre plots, encima de la capa antipunzonante y separadora se realizará una capa de reparto a base de mortero armado de mínimo 3 cm de espesor que ha de servir como superficie de apoyo de los plots.



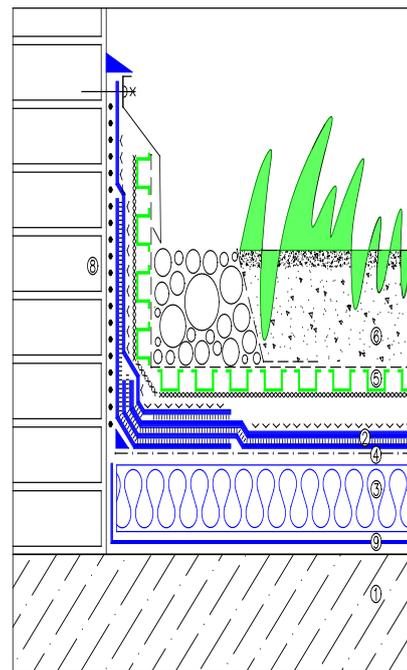
6.9.1.4 Cubiertas ajardinadas

En el tipo cubierta extensiva (de bajo mantenimiento), la solución de cubierta convencional resulta idónea para mejorar la resistencia a la succión del viento.

Elementos del sistema:

Sobre el soporte (1) saneado se instalarán las siguientes capas:

- Barrera de vapor adherida (2)
- Capa aislante con planchas conformadas de poliuretano (3)
- Membrana impermeabilizante adherida (4)
- Capa drenante y retenedora de agua (5)
- Capa de terminación y protección, (6)



6.9.2 Cubiertas inclinadas

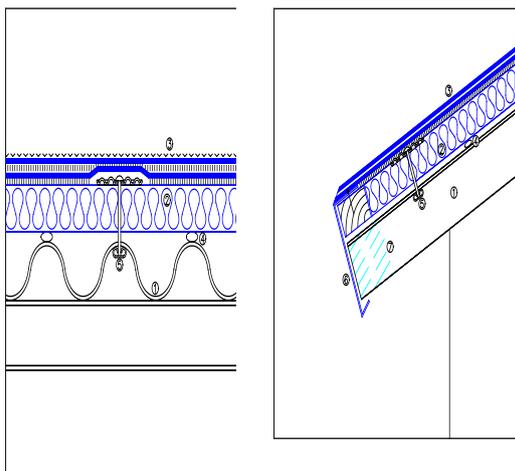
6.9.2.1 Cubiertas de fibrocemento

La rehabilitación de este tipo de cubiertas presenta las dificultades que es un soporte muy frágil y tóxico (debido al contenido de amianto).

Elementos del sistema:

Sobre el soporte (1) saneado se instalarán las siguientes capas:

- Formación de corta-fuegos con mortero perlita, como mínimo en el alero, a mitad del faldón y en cumbre
- Capa aislante con planchas de poliuretano conformado (2), ancladas al soporte mediante adhesivo poliuretánico y remaches en flor. Se instalarán en sentido perpendicular a las ondas del fibrocemento, previa instalación de un listón de remate en todo el contorno
- Membrana impermeabilizante adherida (3)
- Capa de pintura de protección por el interior

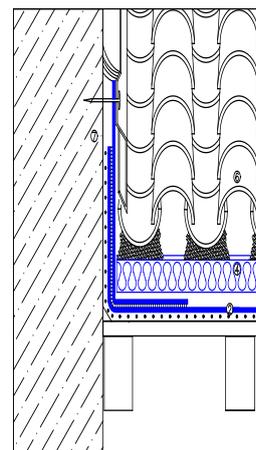


6.9.2.2 Cubiertas de teja amorterada

Elementos del sistema.

Sobre el soporte saneado se instalarán las siguientes capas:

- Membrana impermeabilizante autoadhesiva, previa imprimación del soporte
- Capa aislante con planchas de poliuretano conformado
- Capa de mortero de cemento armada de espesor mínimo 4 cm
- Teja amorterada

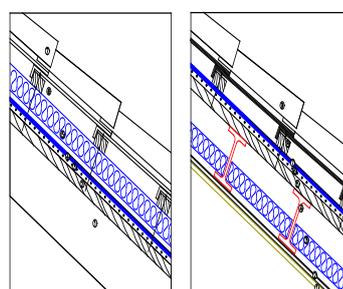


6.9.2.3 Cubiertas de teja enrastrelada, sistema ventilada

Elementos del sistema:

Sobre el soporte saneado se instalarán las siguientes capas:

- Membrana impermeabilizante autoadhesiva, previa imprimación del soporte
- Capa aislante con planchas de poliuretano conformado
- Enrastrelado con listones de madera tratada en disposición vertical (en sentido de la pendiente) para permitir la ventilación
- Enrastrelado horizontal a distancia de las tejas

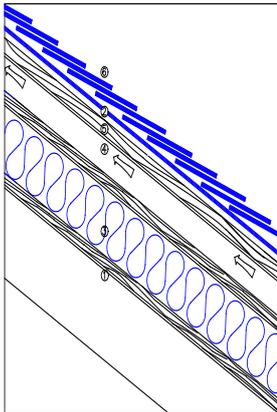


6.9.2.4 Cubiertas con placa asfáltica o placa natural, sistema ventilada

Elementos del sistema:

Sobre el soporte (1) saneado se instalarán las siguientes capas:

- Membrana impermeabilizante autoadhesiva (2), previa imprimación del soporte
- Capa aislante con planchas de poliuretano conformado (3)
- Enrastrelado con listones de madera tratada en disposición vertical (en sentido de la pendiente) para permitir la ventilación (4) (5)
- Formación de soporte placas mediante paneles que permitan el clavado de las placas (6)

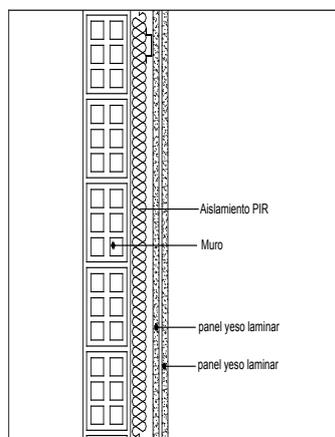


6.9.3 Muros

La aplicación de las planchas conformadas de poliuretano será en cámara de aire, en trasdosado de muros e incluso en contacto esporádico con agua caso de fachada ventilada.

6.9.4.1 Aislamiento por el interior

En este caso se aporta aislamiento al espacio interior sin actuar en la fachada, al estar la capa de aislamiento ubicada en el interior nos aportará una rápida consecución de la temperatura requerida.



6.9.4.2 Aislamiento por el exterior

En este caso no se puede intervenir por el interior, para no reducir el espacio interior, afectación de terminaciones, muebles, etc.

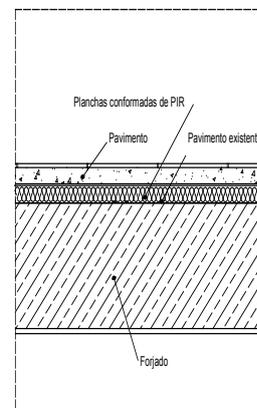
Las planchas de poliuretano conformado con terminación de aluminio aportan una excelente conductividad térmica (0,024 W/mK) y aseguran la continuidad del aislamiento gracias a la terminación del canto de las planchas mediante machiembrado.

6.9.4 Suelos y techos uso peatonal privado

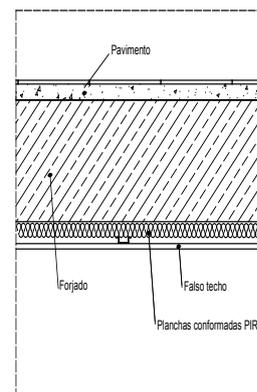
Las planchas conformadas de poliuretano se colocan al trespelillo y a testa. Permiten su sellado mediante la cinta adhesiva del sistema.

6.9.4.1 Aislamiento de suelos por el interior

La capa de mortero superior debe de ir armada y tener un espesor mínimo de 4 cm.



6.9.4.2 Aislamiento de suelos por el exterior

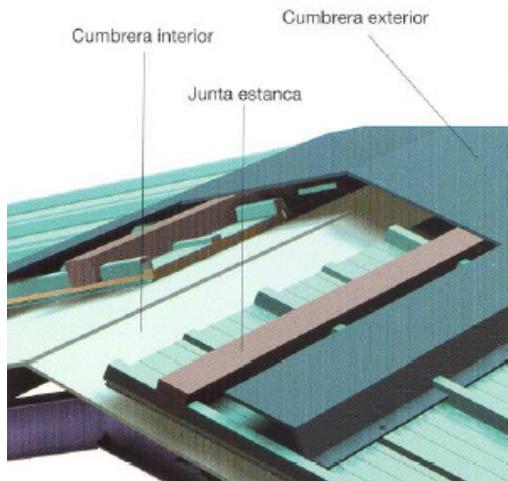
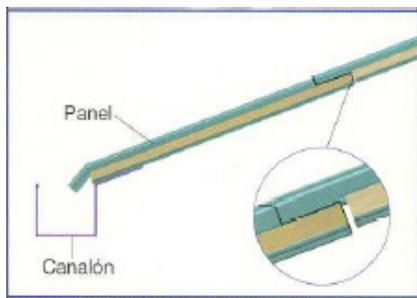


6.10 Soluciones con paneles inyectados de Poliuretano

6.9.1 Rehabilitación de Cubiertas

6.10.1.1 Cubierta Inclinada

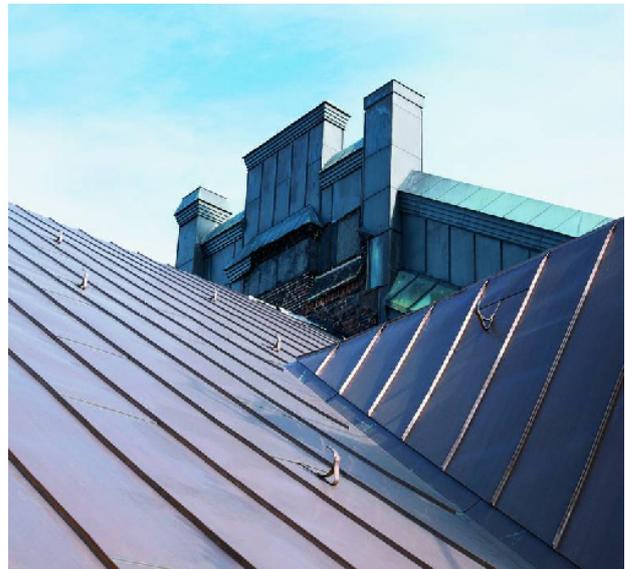
La pendiente mínima admisible para el montaje del panel es de un 5%, pero se aconseja que la pendiente sea mínimo 7% en caso de realizar solapes transversales.



Rehabilitación de cubierta de un mercado



Fotografía 1



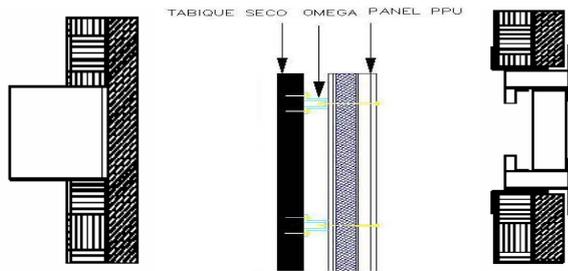
Fotografía 2

En la fotografía 1 podemos ver el proceso de rehabilitación de una cubierta inclinada de una vivienda con paneles sándwich de poliuretano y en la fotografía 2 vemos el resultado de la rehabilitación.



6.10.2 Rehabilitación de Fachadas

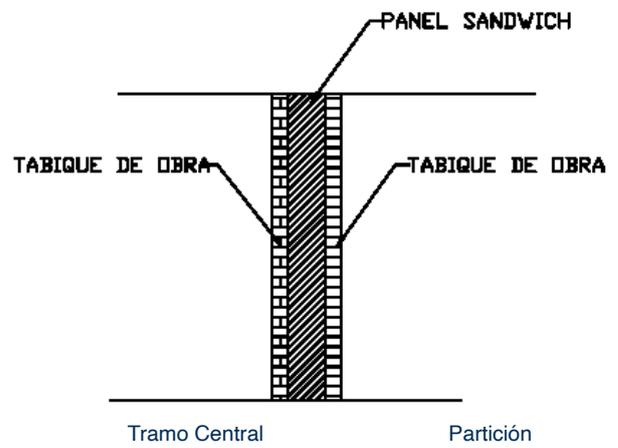
6.10.2.1 Fachada Exterior



Pilar

Tramo Central

Contorno
ventana



Tramo Central

Partición

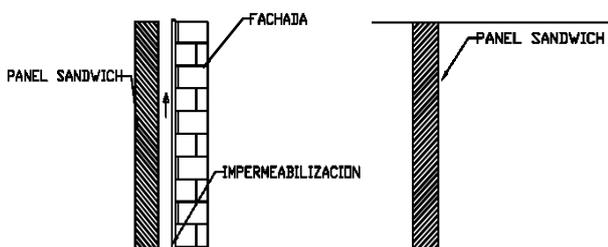


Fachada rehabilitada con paneles por el exterior



Fachada de un hospital rehabilitado con paneles por el exterior

6.10.1.1 Fachada Interior



7.- ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El parámetro para medir la eficiencia energética de la intervención es aquel que permite valorar las pérdidas energéticas del edificio, es decir, la transmitancia térmica (U).

A partir de la descripción constructiva del edificio podemos valorar una “**U inicial**” y a través del cálculo y herramientas informáticas como HULC, podemos estimar la reducción de las pérdidas energéticas del edificio.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) recoge en su apartado de Ahorro de Energía (DB-HE1) los valores máximos que deben respetar los elementos constructivos (muros o fachadas y cubiertas) objeto de rehabilitación en las distintas zonas climáticas:

Los valores de Transmitancia Térmica Límite que deben cumplirse son:

| Umáx /W/m2·K) | Zona climática de invierno | | | | | |
|---|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
| Fachadas , muros y suelos en contacto con el aire exterior (US, UM) | 0,80 | 0,70 | 0,56 | 0,49 | 0,41 | 0,37 |
| Cubiertas en contacto con el aire exterior (UC) | 0,55 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,33 |
| Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (UT) | 0,90 | 0,90 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,59 |
| Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (UMD) | 0,90 | 0,90 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,59 |



8.- CRITERIOS PARA EL MANTENIMIENTO

Una vez se ha decidido realizar una rehabilitación térmica de la envolvente del edificio, conviene asegurar la inversión contando con materiales, sistemas constructivos y profesionales que tengan reconocida su calidad y prestaciones de forma certificada:

Se recomienda la exigencia de profesionales acreditados, así como el uso de materiales certificados.

9.- PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

En toda intervención de rehabilitación térmica deben valorarse los siguientes aspectos durante la realización del proyecto:

1. Estudio detallado de la cubierta o la fachada inicial
2. Valoración de afectación de otros elementos de la fachada o la cubierta (balcones, ventanas, muretes, sumideros, ventilaciones, chimeneas, etc.)
3. Estudio previo de las superficies
4. Reparaciones necesarias
5. Preparación de superficies
6. Ejecución del aislamiento
7. Ejecución de la protección
8. Definición del mantenimiento de la fachada o la cubierta

10.- CASOS PRÁCTICOS

A continuación se describen varios casos de rehabilitación de edificios. Se analiza en cada caso:

- eficiencia energética
- rentabilidad económica
- repercusión medioambiental.

Los casos estudiados corresponden a situaciones habituales de reparación programada de cubiertas o fachadas por razones de mantenimiento, habitabilidad o estética.

En dichos casos **la rehabilitación energética es siempre rentable** ya que no se requieren medios auxiliares específicos y los sobre-costes son asumibles por los propietarios por su elevada rentabilidad.

- CASO 1.- Cubierta plana no transitable, con acabado en grava y rehabilitada energéticamente con espuma de poliuretano proyectada.
- CASO 2.- Cubierta plana rehabilitada energéticamente con espuma de poliuretano proyectada y protección con elastómero.
- CASO 3.- Cubierta inclinada abuhardillada rehabilitada energéticamente con aislamiento sobre el forjado inferior.
- CASO 4.- Fachada de doble hoja rehabilitada energéticamente con inyección de espuma de poliuretano en la cámara de aire.

Se han hecho cinco hipótesis de ubicación de los edificios correspondientes a las cinco zonas climáticas definidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Precios de energía que se han considerado

| Sistema de calefacción en la vivienda | Precios €/kWh eq. |
|---------------------------------------|-------------------|
| Eléctrica | 0,1095 |
| Gas natural (individual) | 0,0555 |
| Gas natural (central) | 0,0453 |

Fuente: IDAE

Factores de conversión medioambiental

| Energía | gr CO ₂ /kWh ahorrado |
|-------------|----------------------------------|
| Eléctrica | 750 |
| Gas natural | 210 |

Fuente: IDAE

SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN

CASO 1.

Cubierta plana no transitable, con acabado en grava y rehabilitada energéticamente con espuma de poliuretano proyectada.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Retirada de la grava
2. Reparación de la impermeabilización
3. **Proyección de espuma de poliuretano** de Resistencia a Compresión ≥ 200 kPa y Contenido en Celda Cerrada CCC4. Espesor función de la zona climática (ver tabla)
4. Colocación de la grava

Los costes aproximados de esta intervención son los siguientes:

| Rehabilitación de cubierta plana (> 500 m ²) | 4 cm | 5 cm | 6 cm | 7 cm |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Desglose de precios aproximados | €/m ² | €/m ² | €/m ² | €/m ² |
| Limpeza y preparación de la superficie | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Proyección de poliuretano (densidad 50 kg/m ³) | 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 |

El espesor necesario para cada zona climática es el siguiente:

| | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Transmitancia Térmica Límite (Ulim) exigida | 0,55 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,33 |
| Resistencia Térmica [®] exigida | 1,82 | 2,00 | 2,27 | 2,50 | 2,86 | 3,03 |
| Diferencia con la R del edificio origen | 1,27 | 1,45 | 1,72 | 1,95 | 2,31 | 2,48 |
| Espesor necesario (cm) | 3,6 | 4,1 | 4,8 | 5,5 | 6,5 | 6,9 |
| Espesor comercial (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |

Evaluación energética

El análisis de la demanda energética a través de la cubierta (400 m²) arroja el siguiente resultado.

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Edificio Original | 2,4 | 5,7 | 7,2 | 7,9 | 10 | 12,9 |
| Cubierta Rehabilitada | 0,7 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,3 |
| Ahorro | 1,6 | 4,1 | 5,5 | 6,2 | 8,1 | 10,6 |
| Ahorro (%) | 70% | 73% | 76% | 78% | 81% | 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

| Zona Climática | Precio €/kWh | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|--------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 0,1095 | 389 | 977 | 1.291 | 1.457 | 1.910 | 2.497 |
| Calefacción GN individual | 0,0555 | 197 | 495 | 654 | 739 | 968 | 1.266 |
| Calefacción GN central | 0,0453 | 161 | 404 | 534 | 603 | 790 | 1.033 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|------------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Aislamiento PUR (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| Coste unitario (€/m ²) | 10,1 | 10,1 | 11,9 | 13,6 | 15,4 | 15,4 |
| Inversión (€) | 4.040 | 4.040 | 4.740 | 5.444 | 6.148 | 6.148 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 10 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| Calefacción GN individual | 20 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 |
| Calefacción GN central | 25 | 10 | 9 | 9 | 8 | 6 |

Evaluación medioambiental

| Zona Climática | gr CO ₂ / kWh ahorrado | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 750 | 3 | 7 | 9 | 10 | 13 | 17 |
| Calefacción GN | 210 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Este caso de rehabilitación de cubierta plana tiene los siguientes índices promedio aproximados:

- 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 espuma de poliuretano proyectada y protección con elastómero.

1. Reparación de las zonas deterioradas del embaldosado cerámico.
2. **Proyección de espuma de poliuretano** Resistencia a Compresión ≥ 200 kPa y Contenido en Celda Cerrada CCC4. Espesor función de la zona climática (ver tabla)
3. **Proyección una protección UVA de elastómero de poliuretano** de 2 mm de espesor y densidad 1000 kg/m³ con coloración.

Los costes aproximados de esta intervención son los siguientes:

| Rehabilitación de cubierta plana (> 500 m2) | 4 cm | 5 cm | 6 cm | 7 cm |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Desglose de precios aproximados | €/m2 | €/m2 | €/m2 | €/m2 |
| Limpieza y preparación de la superficie | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Proyección de poliuretano (densidad 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 (densidad 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 |

El espesor necesario para cada zona climática es el siguiente:

| | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Transmitancia Térmica Límite (Ulim) exigida | 0,55 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,33 |
| Resistencia Térmica [®] exigida | 1,82 | 2,00 | 2,27 | 2,50 | 2,86 | 3,03 |
| Diferencia con la R del edificio origen | 1,27 | 1,45 | 1,72 | 1,95 | 2,31 | 2,48 |
| Espesor necesario (cm) | 3,6 | 4,1 | 4,8 | 5,5 | 6,5 | 6,9 |
| Espesor comercial (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |

DEMANDA ENERGÉTICA (kWh)

El análisis de la demanda energética a través de la cubierta (400m2) arroja el siguiente resultado.

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Edificio Original | 2,4 | 5,7 | 7,2 | 7,9 | 10 | 12,9 |
| Cubierta Rehabilitada | 0,7 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,3 |
| Ahorro | 1,6 | 4,1 | 5,5 | 6,2 | 8,1 | 10,6 |
| Ahorro (%) | 70% | 73% | 76% | 78% | 81% | 82% |

Como el caso anterior, este ahorro de energía 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

| Zona Climática | Precio €/kWh | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|--------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 0,1095 | 389 | 977 | 1.291 | 1.457 | 1.910 | 2.497 |
| Calefacción GN individual | 0,0555 | 197 | 495 | 654 | 739 | 968 | 1.266 |
| Calefacción GN central | 0,0453 | 161 | 404 | 534 | 603 | 790 | 1.033 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|------------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Aislamiento PUR (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| Coste unitario (€/m ²) | 21,4 | 21,4 | 23,1 | 24,9 | 26,7 | 26,7 |
| Inversión (€) | 8.556 | 8.556 | 9.256 | 9.960 | 10.664 | 10.664 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 22 | 9 | 7 | 7 | 6 | 4 |
| Calefacción GN individual | 43 | 17 | 14 | 13 | 11 | 8 |
| Calefacción GN central | 53 | 21 | 17 | 17 | 14 | 10 |

Evaluación medioambiental

| Zona Climática | gr CO ₂ / kWh ahorrado | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 750 | 3 | 7 | 9 | 10 | 13 | 17 |
| Calefacción GN | 210 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Este caso de rehabilitación de cubierta plana + protección tiene los siguientes índices promedio aproximados:

- Reducción de la demanda energética - 80%
- Ahorro económico 3 €/m²·año
- Inversión en aislamiento + protección – 21 €/m²
- Retorno de la inversión - 7 años
- Reducción de emisiones - 20 kg CO₂/m² año



CASO 3.

Cubierta Inclinada abuhardillada rehabilitada energéticamente con aislamiento sobre forjado inferior.

1. Proyección de espuma de poliuretano Espesor función de la zona climática (ver tabla)

Los costes aproximados de esta intervención son los siguientes:

| Rehabilitación de cubierta inclinada | 4 cm | 5 cm | 6 cm | 7 cm |
|---|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Desglose de precios aproximados | €/m2 | €/m2 | €/m2 | €/m2 |
| Proyección de poliuretano (densidad 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 |

El espesor necesario para cada zona climática es el siguiente:

| | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Transmitancia Térmica Límite (Ulim) exigida | 0,55 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,33 |
| Resistencia Térmica® exigida | 1,82 | 2,00 | 2,27 | 2,50 | 2,86 | 3,03 |
| Diferencia con la R del edificio origen | 1,27 | 1,45 | 1,72 | 1,95 | 2,31 | 2,48 |
| Espesor necesario (cm) | 3,6 | 4,1 | 4,8 | 5,5 | 6,5 | 6,9 |
| Espesor comercial (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |

DEMANDA ENERGÉTICA (kWh)

El análisis de la demanda energética a través de la cubierta (400m²) arroja el siguiente resultado.

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Edificio Original | 2,4 | 5,7 | 7,2 | 7,9 | 10 | 12,9 |
| Cubierta Rehabilitada | 0,7 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,3 |
| Ahorro | 1,6 | 4,1 | 5,5 | 6,2 | 8,1 | 10,6 |
| Ahorro (%) | 70% | 73% | 76% | 78% | 81% | 82% |

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

Evaluación económica

| Zona Climática | Precio €/kWh | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|--------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 0,1095 | 389 | 977 | 1.291 | 1.457 | 1.910 | 2.497 |
| Calefacción GN individual | 0,0555 | 197 | 495 | 654 | 739 | 968 | 1.266 |
| Calefacción GN central | 0,0453 | 161 | 404 | 534 | 603 | 790 | 1.033 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|------------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Aislamiento PUR (cm) | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| Coste unitario (€/m ²) | 8,3 | 8,3 | 10,0 | 11,8 | 13,6 | 13,6 |
| Inversión (€) | 3.312 | 3.312 | 4.016 | 4.716 | 5.420 | 5.420 |

| Zona Climática | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|---------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Calefacción GN individual | 17 | 7 | 6 | 6 | 6 | 4 |
| Calefacción GN central | 21 | 8 | 8 | 8 | 7 | 5 |

Evaluación medioambiental

| Zona Climática | gr CO ₂ / kWh ahorrado | Zona α | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| | | Las Palmas | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 750 | 3 | 7 | 9 | 10 | 13 | 17 |
| Calefacción GN | 210 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Este caso de rehabilitación de cubierta inclinada abuhardillada tiene los siguientes índices promedio aproximados:

- 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 inyección de espuma de poliuretano en la cámara de aire

1. Análisis de los cerramientos que componen la fachada. Caso de conformidad.
2. **Inyección de espuma de poliuretano** de celda abierta (CCC1), baja densidad y conductividad térmica 0,038 W/m·K hasta rellenar la cámara de aire de 5 cm.

El coste aproximado de esta intervención es de 7€/m²

El espesor de aislamiento es fijo y corresponde al espesor de la cámara de aire (5 cm)

Evaluación energética

El análisis de la demanda energética a través de la fachada (400m²) arroja el siguiente resultado.

| Demanda energética (KWh) | | | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zona Climática | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D | Zona E |
| | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Edificio Original | 13,3 | 16,6 | 18,3 | 23,3 | 29,9 |
| Cubierta Rehabilitada | 1,7 | 6,3 | 6,9 | 8,8 | 11,3 |
| Ahorro | 2,65 | 10,35 | 11,39 | 14,492 | 18,63 |
| Ahorro (%) | 62% | 62% | 62% | 62% | 62% |

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

Evaluación económica

| Ahorro económico (€/año) | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| Zona climática | Precio €/kWh | A | B | C | D | E |
| | | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 0,1095 | 1.959 | 2.448 | 2.693 | 3.428 | 4.407 |
| Calefacción GN individual | 0,0555 | 993 | 1.241 | 1.365 | 1.737 | 2.234 |
| Calefacción GN central | 0,0453 | 810 | 1.013 | 1.114 | 1.418 | 1.823 |

GN: Gas Natural

12 h/día calefacción

180 días/año calefacción

| Inversión | | | | | |
|--|--------|---------|-----------|--------|--------|
| Zona climática | A | B | C | D | E |
| | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Aislamiento PUR (cm) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Coste unitario I€/m² | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Inversión (€) | 2.800 | 2.800 | 2.800 | 2.800 | 2.800 |
| Retorno de la inversión | | | | | |
| Calefacción eléctrica | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Calefacción GN individual | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Calefacción GN central | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |

GN: Gas Natural

Superficie fachada

400 m²

Evaluación medioambiental

| Reducción de emisiones de CO2 (Tm/año) | | | | | | |
|--|------------------------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| Zona climática | gr CO2/kWh ahorrado | A | B | C | D | E |
| | | Málaga | Sevilla | Barcelona | Madrid | Burgos |
| Calefacción eléctrica | 750 | 13 | 17 | 18 | 23 | 30 |
| Calefacción GN | 210 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 |

GN: Gas Natural

12 h/día calefacción

180 días/año calefacción

Este caso de rehabilitación de fachada con relleno de cámara tiene los siguientes índices promedio aproximados:

- Reducción de la demanda energética - 62%
- Ahorro económico 4 €/m²·año
- Inversión en aislamiento – 8 €/m²
- Retorno de la inversión - 2 años
- Reducción de emisiones - 30 kg CO₂/m²·año



BIBLIOGRAFÍA

Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable. IDAE. 2004

Código Técnico de la Edificación. DB-HE

Guía de buena práctica para las proyecciones de espuma de poliuretano. Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja. 2001.

Estrategia a Largo Plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. ERESEE 2020.

Libro Blanco del Poliuretano Proyectado e Inyectado. Versión Julio 2020.

CONCLUSIONES

(Fuente: ERESEE 2020)

Considerando un parque de casi 6 millones de edificios existentes construidos hasta 2010 (fecha en que se normaliza la aplicación de las exigencias de eficiencia energética de los edificios del CTE), se pueden proyectar los datos obtenidos de los ejemplos para concluir lo siguiente:

Los edificios con necesidad total o parcial de renovación de su cubierta y/o fachada suponen una enorme oportunidad para nuestro país para ahorrar energía y proteger el medio ambiente.

Las siguientes cifras pueden servir de referencia para las distintas administraciones involucradas en el proceso de rehabilitación energética del parque de edificios:

- La demanda energética de la envolvente se puede reducir entorno a un 75%
- La inversión en aislamiento se puede recuperar en un periodo entre 2 y 4 años

Para cumplir los objetivos de descarbonización fijados por la UE para 2050 es necesario aplicar las medidas de impulso a la rehabilitación energética recogidas en la ERESEE y aumentar la tasa de rehabilitación al 3% anual cuanto antes.

Sobre IPUR

IPUR es la Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido de España que, fundada en octubre del año 2003, tiene como misión promover el uso del poliuretano rígido en sus aplicaciones de aislamiento térmico.

La actividad de IPUR se concentra en la comunicación de los beneficios que tiene el producto en materia de ahorro energético, respeto medioambiental, seguridad de uso y confort para el usuario final.

IPUR está integrado por los fabricantes de Poliuretano y materiales auxiliares. Asimismo, IPUR está integrada en PU Europe, la Federación Europea de Asociaciones del Poliuretano Rígido, con sede en Bruselas.

Para más información:

IPUR

Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido

Paseo de la Castellana, 194
28046-Madrid

info@aislaconpoliuretano.com
www.aislaconpoliuretano.com