

## AISLAMIENTO TÉRMICO DE CUBIERTAS METÁLICAS TIPO DECK REALIZADO MEDIANTE PANEL DE ESPUMA RÍGIDA DE POLIISOCIANURATO (PIR): UNA SOLUCIÓN VENTAJOSA



Estadio del R.C.D. Español (Marck Fenwick). Cubierta metálica con aislamiento térmico PIR.

### GENERALIDADES

Los edificios industriales son edificios en los cuales la necesidad de conseguir espacios interiores muy diáfanos es básico. Son por lo tanto edificios con estructuras prefabricadas, de acero u hormigón, en donde la cubierta suele ser ligera, predominando la cubierta tipo *deck*. Estas cubiertas metálicas ligeras o cubiertas *deck* son ampliamente utilizadas para cubrir establecimientos industriales, polideportivos, o grandes centros comerciales. Este tipo de cubiertas aportan una serie de ventajas diferenciales con relación a otros sistemas de cubiertas ligeras, entre las que destacan:

- cubierta ligera:
  - autoprotegida (18-20 kg/m<sup>2</sup>),
  - protección pesada (72-75 kg/m<sup>2</sup>).
- cubierta plana (1-3% pendiente).
- gran resistencia: permite cubrir grandes luces sin necesidad de apoyos intermedios.
- cubiertas de diseño, con soluciones estéticas y funcionales.
- impermeabilidad total: cubierta continua y sin juntas. Las cubiertas *deck* son absolutamente estancas al agua de lluvia, al aire y al vapor de agua.
- gran aislamiento térmico.

La cubierta *deck* es una cubierta metálica aislada térmicamente e impermeabilizada, que se compone de tres elementos que conforman un conjunto de altas prestaciones:

- **Soporte:** perfil nervado autoportante de chapa de acero galvanizado o prelacado que confiere resisten-

cia a la cubierta según su espesor (0,7mm mínimo recomendado) y la distancia entre apoyos.

- **Aislamiento térmico:** producto de elevada resistencia térmica que permita modular las diferencias térmicas entre el ambiente exterior e interior y que sirva de soporte a la impermeabilización.
- **Impermeabilización:** el sistema de impermeabilización elegido debe garantizar la estanquidad del conjunto y asegurar que el aislamiento térmico mantenga íntegras todas sus propiedades. Se pueden utilizar los mismos tipos de impermeabilizaciones existentes en cubiertas planas tradicionales, si bien las más utilizadas son las láminas bituminosas, así como el PVC. Puede haber elementos opcionales, como serían los

aislantes acústicos que se podrían instalar entre el soporte y el aislamiento térmico con el fin de dar masa y flexibilidad al conjunto y dotarlo de propiedades aislantes acústicas.

## AISLAMIENTO TÉRMICO BASADO EN ESPUMA RÍGIDA DE POLIISOCIANURATO (PIR)

El aislamiento térmico de cubiertas con planchas de espuma rígida de poliisocianurato (PIR) iniciado en los Estados Unidos durante los años 70, representa en la actualidad el 70% del aislamiento utilizado en cubiertas de nueva construcción y el 50% en rehabilitación de cubiertas en el mercado norte-americano. En Europa

**Tabla I. Características típicas de las planchas PIR para cubiertas metálicas tipo deck**

Características Plancha PIR	Tipo de recubrimiento		
	Velo vidrio ambos lados	Velo vidrio+velo vidrio bituminado	Aluminio gofrado ambos lados
Rango de espesores (mm)	25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100 - 120		
Peso de una placa (kg/m <sup>2</sup> ) de 2500 x 1200 x 50mm	5,0	5,4	5,9
Coefficiente conductividad térmica declarado ( $\lambda_D$ ) (W/m·K) (EN 12667)	0,028		0,023
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> ) (EN 1602)	32 ± 2		
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (EN 826)	1,6 ± 0,2		2,5 ± 0,5
Resistencia a la flexión (kg para una deformación de 10mm en una separación de 100mm entre apoyos)	14		
Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) (EN 1607)	> 2		
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total (28d) (%) (EN 12087)	< 2%		
Reacción al fuego en cubierta deck. Euroclase. (EN 13501-1)	B-s2,d0		



*Ejecución de una cubierta con aislamiento térmico PIR con recubrimiento velo vidrio bituminado cara superior.*

su utilización está muy consolidada en países como Alemania, Gran Bretaña y los Países Bajos. La masiva utilización de las planchas de **PIR** se debe principalmente a que el aislamiento con este material continúa siendo la opción más rentable económicamente, ofreciendo año tras año importantes beneficios en eficiencia energética, excelentes valores de resistencia térmica a largo plazo, propiedades mecánicas duraderas y características de reacción al fuego muy buenas. La Agencia de Protección Medioambiental Norte-Americana (EPA) ha señalado el aislamiento térmico con espuma **PIR** como un producto con un impacto reducido y respetuoso con el medio ambiente.

La espuma rígida de poliisocianurato (**PIR**) utilizada como aislante térmico en cubiertas tipo *deck* consiste en un núcleo termoestable de espuma aislante de celda cerrada paramentado en las dos caras con recubrimientos de velo de vidrio, velo de vidrio bituminado o aluminio gofrado. La estructura de celda cerrada se crea por acción de un agente espumante libre de halógenos. Esta estructura de celda cerrada confiere al producto su carácter aislante y su elevada resistencia térmica. Adicionalmente la estructura aromática del polímero de poliisocianurato proporciona buenas propiedades de reacción al fuego, evitando su propagación y con emisiones de humo muy reducidas.

La espuma **PIR** presenta prestaciones muy atractivas para ser escogida preferiblemente como producto de referencia para el aislamiento de cubiertas metálicas (Tabla 1):

- Resistencia térmica más elevada por centímetro de espesor de entre todos los aislantes térmicos, permitiendo en algunos casos hasta una reducción del 60% en el espesor de aislante a utilizar.
- Excelente estabilidad dimensional, garantizando continuidad del aislamiento térmico, ya que no da lugar a puentes térmicos en las juntas debido a variaciones dimensionales.
- Alta resistencia a la humedad, absorción de agua despreciable y alta resistencia a la difusión del vapor (baja permeabilidad) hecho que permite desestimar la utilización de una barrera de vapor sobre el soporte metálico en la mayoría de los casos.
- Propiedades mecánicas: elevada resistencia a la compresión, a la tracción y a la flexión. Estas propiedades se mantienen en el tiempo asegurando una muy buena durabilidad del material y de sus cualidades, independientemente de las condiciones ambientales (calor, humedad, ciclos de hielo-deshielo, etc...)

- Buen comportamiento de reacción al fuego: la espuma **PIR** es el único aislante plástico que puede instalarse en cubierta *deck* sin necesidad de barrera de protección al fuego según FM Approval en Estados Unidos. A nivel europeo obtiene la clasificación Euroclase B-s2,d0 en aplicación de cubierta *deck*. Producto termoestable que no funde, ni gotea y con emisión limitada de humos.
- Respeto con el medio ambiente: el producto no contiene CFC's, ni HCFC's, no contribuyendo a la destrucción de la capa de ozono (0 ODP) y tiene una aportación despreciable al calentamiento global del planeta (GWP). Es un hecho conocido que el balance de CO<sub>2</sub> para los materiales aislantes térmicos es positivo, ahorrando decenas de veces más CO<sub>2</sub> durante su utilización que el generado durante su elaboración.

## CUBIERTA DECK CON AISLAMIENTO PIR: UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE Y DURADERA

La elección del material aislante es muy importante para poder obtener un rendimiento térmico óptimo en la instalación final. El factor de diseño clave y más importante es asegurar la durabilidad de las prestaciones del material aislante a lo largo de su ciclo de vida, ya que de este modo se podrá asegurar su eficiencia energética.

La espuma **PIR** presenta las características esenciales para asegurar un óptimo rendimiento de la instalación:

- Material de larga vida, alta durabilidad y mínimo riesgo de fallo.
- No contribuye a la destrucción de la capa de ozono (0 ODP).
- Resistencia térmica elevada, permite ahorrar espesor de aislante y aumentar ahorro energético.

Durante la realización y la ejecución de una cubierta en general o de una cubierta *deck* en particular y a lo largo de su ciclo de vida, ésta se verá afectada por factores externos (humanos, ambientales,...) que podrán afectar a sus prestaciones desde un punto de vista térmico y de ahorro energético. Estos factores de envejecimiento y degradación del conjunto de la cubierta pueden ser debidos a:

## Acción del agua

La presencia de humedad en el aislante, como resultado de condensaciones o penetración del agua de lluvia debido a roturas o grietas en las membranas, va afectar aumentando la conductividad térmica significativamente, especialmente en aislantes en base a materiales de fibras. Productos aislantes con alta permeabilidad al vapor de agua pueden presentar riesgos de condensación, empeorando así su resistencia térmica<sup>(1)</sup>. En algunos aislantes la absorción de 1% en volumen de agua, puede llegar a representar hasta un 50% de aumento en peso y un aumento de las pérdidas de calor del 85%.

En el caso de las espumas PIR sus cualidades aislantes provienen del agente espumante atrapado en su estructura de celda cerrada. El agua no es absorbida fácilmente ya que debe penetrar a través de las paredes del polímero para entrar en el material. Esto no sucede fácilmente a menos que las paredes celulares estén rotas (zona de corte de la plancha), cuando ocurre la cantidad de agua absorbida es muy baja y queda restringida a las celdas superficiales y exteriores del polímero teniendo un efecto mínimo en la conductividad térmica del material. La absorción es eliminada completamente si la plancha de espuma PIR esta recubierta con recubrimiento de aluminio gofrado.

### Pérdida de propiedades mecánicas:

Las cubiertas planas a menudo están expuestas a cargas mecánicas dinámicas debido a tránsito de personas o de maquinaria ligera. Estas cargas mecánicas

ocurren durante la construcción del edificio o durante el mantenimiento previsto de la instalación. Los materiales aislantes después de ciclos repetitivos de carga pueden perder parte de su resistencia a la compresión en mayor o menor grado. El estrés provocado por estos ciclos de carga mecánicos sobre el aislamiento y sobre la membrana impermeable puede dar lugar a roturas o a la penetración de las fijaciones mecánicas a través de la membrana si por ejemplo alguien pisara cerca de la zona afectada.

La cuantificación del estrés debido a ciclos de carga ha sido estudiada simulando la acción de una pisada repetitiva de un hombre de 75kg cargando un rollo de 25kg de membrana impermeable sobre una plancha de aislante térmico en una cubierta plana. Los resultados demuestran que la resistencia a la compresión se reduce drásticamente en función del tipo de material ensayado. En algún caso esta pérdida de resistencia a la compresión viene acompañada por una estratificación del material y una pérdida de espesor que comportará también una pérdida de la resistencia térmica del producto<sup>(2)</sup>. Las planchas PIR presentan un buen comportamiento frente a este tipo de ensayo de durabilidad.

### Acción del fuego:

El comportamiento de los materiales en una situación de fuego no se puede considerar como un criterio de sostenibilidad o de durabilidad para la elección de un material puesto que las situaciones de fuego son consideradas hechos catastróficos que conciernen a la totalidad del edificio. El comportamiento al fuego de cada material evaluado individualmente



Ejecución de una cubierta con aislamiento térmico PIR con recubrimiento de aluminio gofrado.

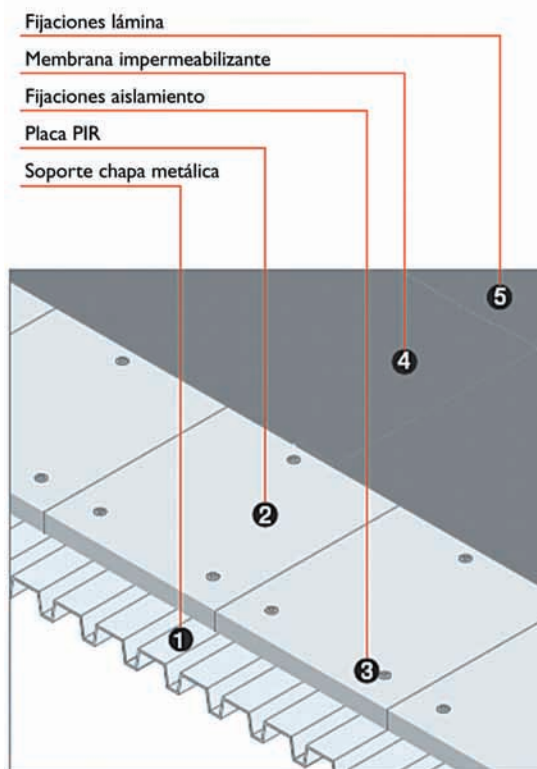
tiene poco significado, ya que debería conocerse el comportamiento para los componentes del edificio en su totalidad y relacionados para su función en particular. En este sentido las planchas **PIR** en aplicación de cubiertas *deck* obtienen la clasificación Euroclase B-s2,d0 mediante el ensayo SBI establecido por la Directiva Europea de Productos de la Construcción. Ensayos específicos diseñados para simular el comportamiento de una cubierta *deck* aislada frente a un fuego interior basados en el ensayo ISO 9705 «Room corner test» demostraron que las planchas **PIR** no dieron lugar a *flashover* (combustión súbita generalizada), la temperatura exterior no excedió de los 200°C y que la integridad de la cubierta fue total al finalizar el ensayo<sup>(3)</sup>.

## EJEMPLOS DE SISTEMAS DE CUBIERTAS DECK CON AISLAMIENTO (PIR)

Durante la puesta en obra del producto, las planchas de espuma **PIR** se presentan habitualmente en formato de 2,5m x 1,2m haciendo su colocación extremadamente rápida y fácil, con menos fijaciones por m<sup>2</sup> y de menor longitud, aún en zonas de fuertes vientos. Las planchas de espuma **PIR** son planchas ligeras que permiten disminuir el peso sobre una cubierta hasta 8 veces comparado con otro tipo de aislantes de mayor densidad.

### 1) Fijación mecánica de aislamiento y membrana impermeabilizante (monocapa o bicapa) impermeabilizante (bituminosa o sintética)

- La resistencia y dureza de la plancha **PIR** permite fijaciones de menor coste para fijar la membrana y el propio aislamiento.
- Mayor rapidez en la colocación (plancha de 3m<sup>2</sup> y menor número de fijaciones).
- Mejor aspecto final de la cubierta, dada la superficie más plana y con mayor dureza de la plancha **PIR**.
- La baja conductividad térmica del producto permite espesores de aislante menores y por consiguiente longitudes de fijación también menores.
- Debido a la mínima absorción de agua de la plancha **PIR**, en situaciones de lluvia, rocío o heladas, no se pierde material ni horas de trabajo durante la instalación.

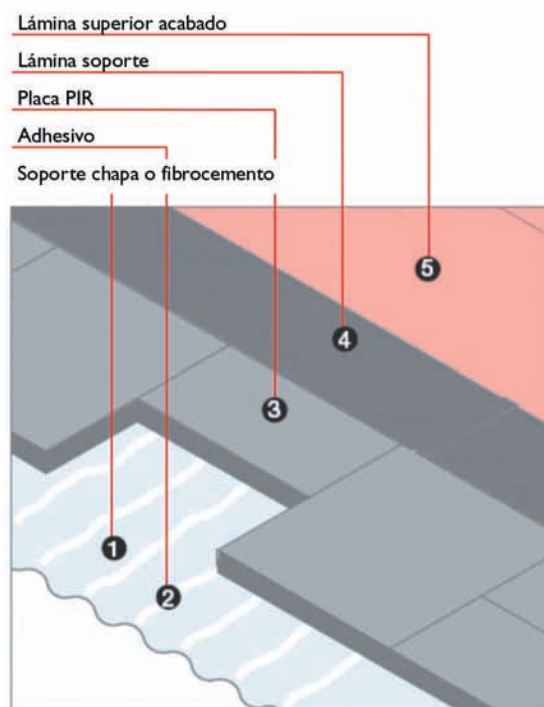
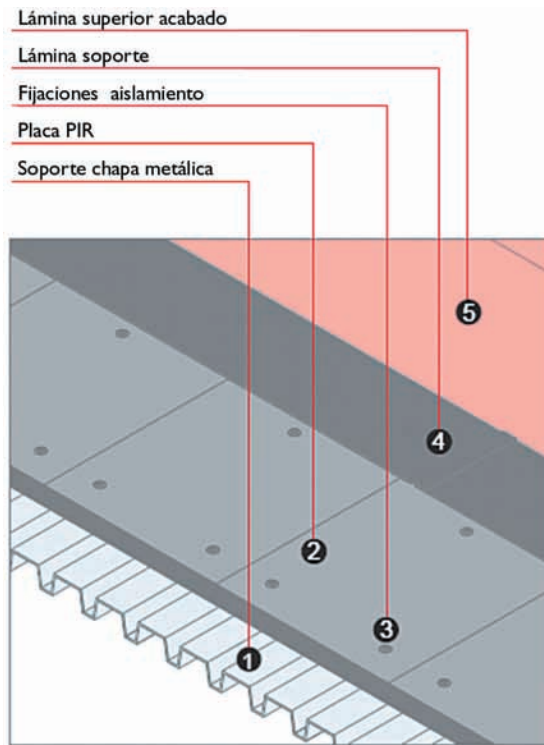


### 2) Fijación mecánica de aislamiento y membrana impermeabilizante bituminosa adherida (doble lámina)

- La resistencia del producto ofrece una superficie plana, estable y homogénea que facilita la aplicación de la lámina de impermeabilización.
- Perfecta adherencia de la membrana bituminosa sobre el aislante mediante llama.
- La cohesión del producto ofrece más seguridad frente a otros productos que se deslaminan y que requieren por tanto más fijaciones para contrarrestar dicha deslaminación.
- Debido a la mínima absorción de agua de la plancha **PIR** en caso de rotura de la lámina impermeabilizante no se incrementa el peso del aislamiento y por tanto de la cubierta.

### 3) Aislamiento y membrana impermeabilizante bituminosa (doble lámina) adheridos

- Soluciones totalmente adheridas, debido a la cohesión del producto sin peligro a la deslaminación.
- Reparto de cargas homogéneo en cubiertas de fibrocemento, proporcionando una elevada seguridad para el instalador.



c) La plancha **PIR** admite ser soporte directo de láminas bituminosas gracias a su buen comportamiento a la llama.

d) Debido a la mínima absorción de agua de la plancha **PIR**, en caso de rotura de la lámina impermeabilizante no se incrementa la conductividad térmica del aislamiento, manteniendo por tanto la resistencia térmica de la solución constructiva.

## CONCLUSIONES

- La cubierta deck es una solución de presente y futuro por su versatilidad (adaptación a cualquier forma del edificio) e integración de instalaciones en su superficie (solar, aire acondicionado, exultores, claraboyas, rótulos, etc).
- La cubierta deck, permite obtener un espacio interior homogéneo a nivel de volumen, condiciones e instalaciones y ofrece una visión externa del edificio muy racional.
- Las planchas PIR aportan las siguientes propiedades:
  - mejor resistencia térmica para un mismo espesor
  - menor peso en la cubierta, mayor rigidez y prestaciones mecánicas mejorando la durabilidad de todo el conjunto.
  - menor absorción de agua, evitando posibles patologías relacionadas con la humedad
  - menor número de fijaciones y fijaciones de menor longitud.
- Las planchas PIR son sinónimo de seguridad, rendimiento a largo plazo y facilitan la puesta en obra de la membrana impermeabilizante.
- Las planchas PIR son una garantía para la dirección facultativa, la empresa instaladora y para la propiedad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. «Building Physics in a Roof with two trapezoidal sheets», H Weiland, Weiland Engineering AG.
2. «Development of walkability test on roof insulation», NVPU report by BDA Keuring-instituut B.V. April 2003, Hendriks, N.A. and Hammete, A.R.
3. «Assessment of the Fire Behaviour of Insulated Steel Deck Flat Roofs. Test Method Base don the ISO 9705 Room Corner Test.» BING 2005. ■