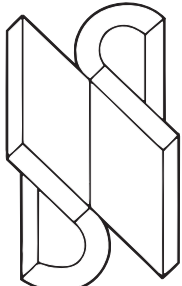


# PROJECT CONSTRUCCIÓN INFO



B 64  
Ref. E 06  
Junio 2000

**FOAMGLAS®**  
AISLAMIENTO EN VIDRIO CELULAR



**Las cubiertas de chapa metálica con FOAMGLAS®  
establecen nuevas tendencias de arquitectura,  
en todo el mundo**

**Las cubiertas de chapa metálica se basan cada vez más en la  
tecnología de aislamiento de cubiertas compactas FOAMGLAS®.**

# Contenido

## Introducción

SUSTITUIR CUBIERTAS METÁLICAS VENTILADAS POR CUBIERTAS  
COMPACTAS FOAMGLAS® con chapa metálica . . . . . 3

## ¿Las chapas metálicas en cubiertas compactas FOAMGLAS® o en cubiertas ventiladas? . . . . . 4

### I. Aspectos prácticos y limitaciones de las cubiertas ventiladas . . . . . 4

#### ARGUMENTOS ADICIONALES, FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN:

CONSECUENCIAS DEL FLUJO DE AIRE SOBRE LOS RESULTADOS TÉRMICOS  
EN CUBIERTAS TIPO DECK Y CON MATERIALES / SISTEMAS DE AISLAMIENTO  
PERMEABLES AL AIRE . . . . . 8

### II. Construcción y ventajas higrotérmicas de la cubierta compacta FOAMGLAS® . . . . . 12

- Ventajas de la cubierta compacta FOAMGLAS® bajo una  
chapa metálica . . . . . 13
- Ventajas ecológicas del aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® . . 14
- Las ventajas concretas de FOAMGLAS® en caso de incendio . . . 16

## La placa de fijación especialmente diseñada (placa dentellada PC®) para chapas metálicas: ♦ sin fijaciones perforantes ♦ sin puentes térmicos ♦ sin necesidad de espacios de ventilación . . . . . 18

**Construcción** La cubierta compacta FOAMGLAS® proyecta las chapas  
metálicas hacia el futuro . . . . . 19

## Tipos de chapa / perfil metálico . . . . . 21

### 1. Bandejas / chapas de junta alzada . . . . . 21

Bandejas / chapas metálicas industriales:

### 2. Perfiladas de junta alzada pre-fabricadas . . . . . 22

### 3. Soportes de acero con bandejas de sección plana o chapas metálicas / de fibrocemento onduladas . . . . . 22

## Las placas de fijación PC® . . . . . 23

– NUEVAS PAUTAS PARA TÉCNICAS DE FIJACIÓN DE CHAPAS METÁLICAS . . 26

## La capa de separación . . . . . 27

### I. Cubierta compacta FOAMGLAS® con chapa de zinc-titanio . . . . . 29

#### Estudio de casos

① Pabellón de exposiciones multiusos, Dornbirn (A) . . . . . 29

② Centro de Relajación Acuática, Ciudad de Luxemburgo . . . . . 34

## Proyectos tradicionales y obras singulares con chapas de zinc . . . . . 36



# Introducción

Las causas de los fallos que ocurren en las cubiertas metálicas ventiladas se entienden mejor cuando se explican ejemplos típicos de los daños que se producen. A su vez, este procedimiento permite subrayar las ventajas del sistema de cubierta compacta FOAMGLAS® que conoce cada vez mayor aceptación entre los expertos en rehabilitaciones.

## Sólo FOAMGLAS® proyecta las chapas metálicas hacia el futuro.

*ESTUDIO DE CASO DE UNA CUBIERTA DAÑADA:*  
CENTRO EUROPEO PARA LA REHABILITACIÓN DE ATLETAS, CAP BRETON, FRANCIA

**L**a cubierta de la piscina del centro era inicialmente una cubierta metálica ventilada con aislamiento de fibra mineral. En apenas tres años empezó a deteriorarse, debiéndose su deterioro a la exposición del aislamiento a la humedad durante su construcción así como a la falta de estanqueidad de la cubierta en su conjunto. Además de la pérdida de protección térmica, los cabios se habían podrido. La única solución era proceder a su total rehabilitación.

**L**a amplia cubierta con chapas de cobre se convirtió en una cubierta compacta FOAMGLAS® – el único sistema que elimina los puentes térmicos mediante placas de fijación especialmente diseñadas y compatibles con el elemento exterior de la cubierta (tecnología de placas dentelladas PC®). Ahora que se dispone de un sistema de cubierta nuevo totalmente estanco para la piscina, ya no habrá que temer la humedad interior ni los fuertes vientos cargados de sal que soplan en la zona de Cap Breton.



Centro Europeo para la Rehabilitación de Atletas (Centre Européen de rééducation du Sportif), Cap Breton, Francia. Cuando se rehabilitó el edificio, se diseñó una cubierta compacta FOAMGLAS® utilizando un sistema de chapas de cobre.

Se presentan estudios de casos de rehabilitación similares en las páginas 34 y 44 de este catálogo.

- **Rehabilitación de una cubierta con chapas de zinc: Centre de Relaxation Aquatique, Ciudad de Luxemburgo.**
- **Rehabilitación de una cubierta ventilada utilizando una cubierta compacta con chapa / perfil de cobre: piscina "Vitusbad" en Everswinkel (Alemania).**

Los tipos de daños que se muestran en dichos proyectos no están limitados a las piscinas ni a ningún tipo de edificios en los que elevadas temperaturas y humedad relativa coexisten en el interior. Es sabido que este tipo de edificios puede deteriorarse al cabo de dos años solamente – una vida muy corta para unos elementos centrales en la cubierta de un edificio.

En condiciones interiores normales (por ej.  $\pm 21^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 50\%$  HR), el perfil de deterioro de las cubiertas con chapa / perfil metálico ventiladas es similar salvo que el tiempo en alcanzar el punto de deterioro es mayor pero, inevitablemente, este hecho se produce antes de vencer el plazo de duración previsto.

H. Arndt ha publicado un artículo científico en el que se explican los mecanismos generales de deterioro. Se publicó por primera vez en la revista comercial alemana BAUPHYSIK21

(1999, volumen 5, páginas 205-209), disponible bajo petición a Pittsburgh Corning.

Un ejemplo de la experiencia de Pittsburgh Corning en la rehabilitación de cubiertas se encuentra en Pamiers, Francia, donde 28 viviendas habitadas por agentes de la policía se habían construido con una cubierta ventilada utilizando aislamiento de lana mineral. Obviamente, las condiciones interiores eran muy normales. En un período de 15 años, se necesitaron varias reparaciones que fracasaron, hasta que las cubiertas fueron totalmente rehabilitadas utilizando una cubierta compacta FOAMGLAS®.

Otros proyectos de rehabilitación se presentan como sigue:

Página 66:

Kulturbrauerei Berlín, una cubierta con dos bóvedas rehabilitada en cubierta acústica FOAMGLAS® con el sistema perfilado KAL-ZIP.

# Las chapas metálicas en cubiertas compactas FOAMGLAS® o en cubiertas ventiladas

## I. Aspectos prácticos y limitaciones de las cubiertas ventiladas

## II. Construcción y ventajas higrotérmicas de la cubierta compacta FOAMGLAS®

### I. Construcción y ventajas higrotérmicas de la cubierta compacta FOAMGLAS®

#### Evolución de la cubierta ventilada

Inicialmente, las cubiertas planas y de ligera inclinación con revestimiento metálico se creaban casi exclusivamente con doble revestimiento y amplios espacios de ventilación. No se prestaba gran atención a los niveles de protección térmica, estanqueidad al aire e impermeabilidad al vapor de agua; se utilizaban valores K de 0,6-0,5W/m<sup>2</sup>K para determinar la protección térmica.

Con estos valores K, en edificios con condiciones interiores normales (20°C máx., 50% HR) de transmisión de calor, se producía un flujo de aire y de humedad en el interior de la cubierta. La humedad creada por el uso normal se trasladaba al interior de la estructura de la cubierta y se podía evacuar con toda seguridad, creando a veces un fenómeno de condensación en el revestimiento metálico dependiendo de las condiciones climáticas estacionales. Estas cubiertas ventiladas eran caras pero proporcionaban unos resultados aceptables en relación con el equilibrio de humedad.

#### Con valores K en disminución, el riesgo potencial para el rendimiento global del edificio aumenta

A consecuencia de las exigencias en ahorro de energía, el valor K exigido para cubiertas planas y de ligera inclinación se ha reducido, pasando de 0,6 al valor actual de entre 0,3 y 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Queda cada vez más claro que incluso para edificios con condiciones interiores normales, la humedad no se puede evacuar en su totalidad mediante el flujo de aire y humedad durante todas las fluctuaciones estacionales, pero se puede condensar y gotear desde la superficie inferior de las chapas metálicas.

Estas cubiertas se humedecerán más rápidamente lo que provocará la descomposición de las maderas de construcción y corroerá los componentes metálicos.



**Humedad cayendo de la cubierta, restringiendo el uso de las instalaciones.**



**Componentes de cubiertas en descomposición. Trabajo de rehabilitación oneroso bajo una protección provisional contra la intemperie.**

Generalmente, el aumento del contenido de humedad en la estructura y el entablado de madera puede alcanzar más de 20% vol. lo que favorece la formación de hongos, acelerando así el proceso de descomposición. Los componentes metálicos se corroen por culpa del goteo de la condensación desde el interior del revestimiento metálico. Además, cualquier aislamiento de células abiertas queda saturado y pierde su capacidad de protección térmica.

Inicialmente, se creía que la causa principal de este deterioro era la falta de impermeabilidad al vapor y de estanqueidad al aire. Se hicieron esfuerzos para detener el problema del incremento de humedad en la cubierta mejorando las barreras de vapor.

La disponibilidad de barreras de vapor cuya fabricación y materiales son perfectos no es suficiente para garantizar que se dispone de una cubierta sin humedad a largo plazo.

Se descubrió que en cubiertas ventiladas con un aislamiento reforzado y revestimiento metálico se producen transmisiones de calor y flujos de aire y humedad que impiden la evacuación de humedad de la cubierta y, además, estimulan la acumulación de humedad adicional procedente del exterior (figuras 1 & 2).

Se dispone de estudios científicos e informes detallados sobre estos problemas; entre ellos destacan los hallazgos del profesor Dr. H. Hens (Universidad de Lovaina) basados en observaciones prácticas y debidamente documentados <sup>1)</sup>.



1) Prof. H. Hens et al.: Investigación práctica sobre flujos de temperatura y humedad en cubiertas con aislamiento reforzado y chapa / perfil de zinc.



La rehabilitación de las viviendas para policías en Pamiers-Sarrut-Pamiers, Francia, es un ejemplo evidente de los problemas de rendimiento de una construcción. El aislamiento de lana mineral original había absorbido un alto porcentaje de humedad procedente de la condensación y no se había secado a pesar de las numerosas aperturas existentes para el aire entrante y saliente, y los ventiladores de las chapas metálicas. Rehabilitando la cubierta existente y sustituyéndola por una cubierta compacta FOAMGLAS®, los problemas se resolvieron de una vez por todas.

Fig. 1

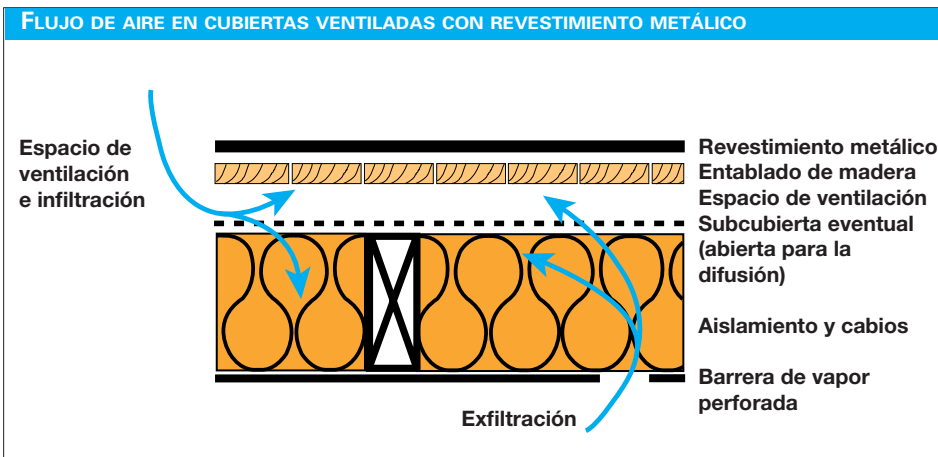
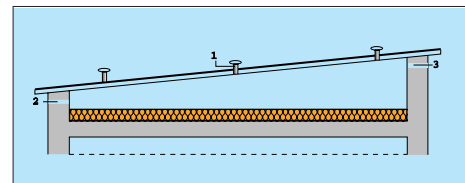
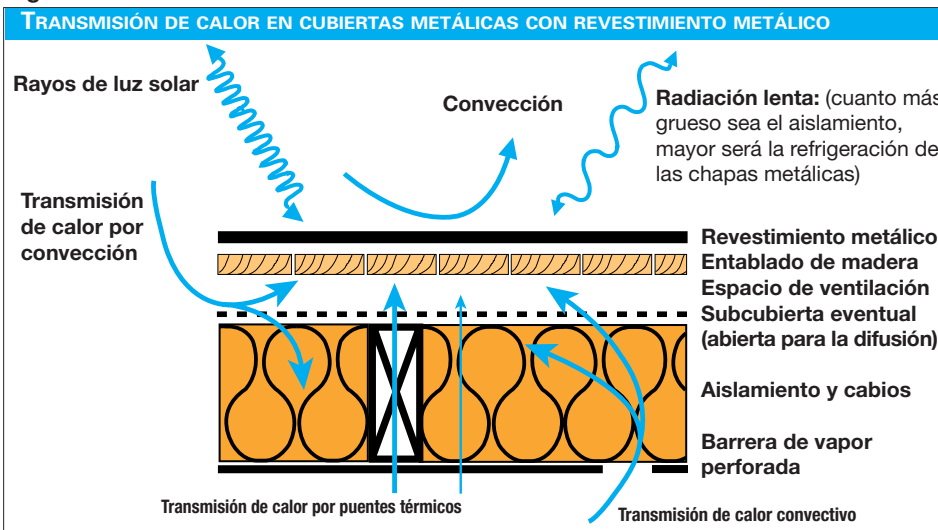
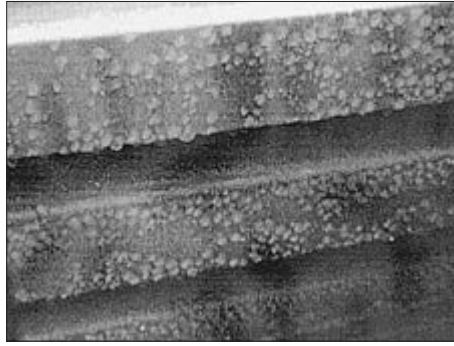


Fig. 2



- ① Chimenea de aeración
- ② Aperturas para la entrada de aire en la pared exterior
- ③ Aperturas para la salida de aire en la pared exterior

Alta condensación bajo el revestimiento metálico. La causa, el flujo de aire muy húmedo que se condensa sobre la superficie "fría".



En este caso, la condensación gotea directamente sobre el aislamiento permeable. El deterioro de las propiedades de aislamiento térmico y los problemas de rendimiento de la construcción son inevitables.



Aislamiento deteriorado por el goteo de condensación. Esta situación provoca la destrucción de la cohesión de la fibra y la pérdida de la resistencia a la compresión del material aislante. Además, la exposición a la humedad de la estructura para cargas provoca a la larga corrosión y deterioro.



## Además, se ha demostrado que:

### 1. LA CONDENSACIÓN SE PRODUCE CASI A DIARIO.

En cubiertas con aislamiento reforzado, cuando el metal se enfría – lo que ocurre prácticamente todas las noches – la cubierta inferior está sujeta continuamente a los efectos del goteo de agua.

### 2. LAS FIJACIONES QUE PENETRAN EL SISTEMA REDUCEN EL RESULTADO TÉRMICO CALCULADO EN MÁS DEL 50%.

En la práctica, los valores K estándar de 0,3-0,2 W/m<sup>2</sup>K nunca se consiguen debido al efecto de los puentes térmicos que provocan las fijaciones al penetrar el aislamiento. En un sistema ventilado, este hecho puede reducir el resultado térmico entre un 20 y un 50%. **Aumentar el grosor del aislamiento** calculado en teoría de más de 5 cm es sólo una solución parcial.

**Una profundidad de construcción mayor representa mayores costes los cuales son raramente aceptables.**

Permeabilidad al aire de materiales de construcción seleccionados	
Material de construcción*	Permeabilidad al aire en m <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> h) para 50 Pa
Lana mineral	13 - 150
Hoja PE 0,1 mm	0,0015
FOAMGLAS®	0
Tablero de fibra de madera blanda	2 - 3,5
Tablero de yeso	0,002 - 0,03
Ladrillo	0,005 - 0,05
Recubrimiento de yeso / hormigón-chal hormigón	0,02 - 0,6

\* Generalmente, se recomienda que los materiales de construcción tengan un valor inferior al valor máximo de 0,1 m<sup>3</sup> (m<sup>2</sup>h).

Permeabilidad al aire de elementos de construcción seleccionados	
Elemento de construcción*	Permeabilidad al aire en m <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> h) para 50 Pa
Hoja PE fijada al borde	4 - 8
Rollisol fijado al borde	10 - 25
Foamglas® en aplicación compacta	0
Tablas machihembradas	ca. 15
Techo acústico	90 - 100
Pared de ladrillos con recubrimiento	Como para el recubrimiento
Paneles de espuma de plástico, no unidos entre los cabios	> 40

\* Generalmente, se recomienda que los materiales de construcción tengan un valor inferior al valor máximo de 0,1 m<sup>3</sup> (m<sup>2</sup>h) en relación con la estanqueidad al aire.



La cantidad de condensación que gotea de la parte inferior del revestimiento metálico es considerable por lo que la cubierta sufre el ataque constante de la humedad. Las fijaciones / clip penetran la barrera de vapor de aluminio.

### 3. CONSEGUIR VALORES K INFERIORES PUEDE SER ILUSORIO.

Cuando se utilizan materiales de aislamiento no estancos al aire, con valores K calculados en torno a  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , se producen fenómenos de entalpía y un flujo de calor latente que pueden llevar a una situación en la que valores K inferiores a  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  no se pueden conseguir en ningún caso, independientemente del grosor del aislamiento.

Esta deficiencia debe considerarse como obra de pésima calidad y puede implicar responsabilidades por defectos dado que el contrato del arquitecto estipula que el rendimiento de la cubierta no debe peligrar.

Si la resistencia térmica de la cubierta disminuye más de lo calculado, debido a las condiciones físicas descritas más arriba, las deficiencias en el rendimiento térmico no permiten respetar la normativa para el aislamiento térmico, situación que el propietario no está obligado a aceptar. El propietario puede denunciar la responsabilidad del arquitecto y del contratista para que aporten una solución a los problemas de calidad deficiente, (respectivamente el elemento de construcción deficiente) o bien solicitar una compensación económica.

### 4. SE PUEDEN PRODUCIR PÉRDIDAS DE CALOR 2 A 6 VECES SUPERIORES.

Unos daños leves durante la instalación o la más mínima fisura en las barreras de vapor que se producen inevitablemente en aislamientos no estancos al aire pueden duplicar la pérdida de calor calculada para un aislamiento de 5 cm de grosor, y multiplicar por 4 y hasta 6 veces la pérdida de calor calculada para un aislamiento de 12 cm.



¿Con qué eficacia se pueden sellar las barreras de vapor en vertical?



Cuando la barrera de vapor está arrugada, el flujo de aire introducirá la humedad en la capa de aislamiento.



Uniones y engatillados de la barrera de vapor – el flujo de aire introduce la humedad en la capa de aislamiento.

**La respuesta es sustituir las cubiertas convencionales ventiladas por cubiertas compactas FOAMGLAS® con revestimiento metálico**

Los datos mencionados más arriba, junto con los gastos y el espacio necesario para cubiertas ventiladas con aislamiento reforzado, ha llevado a planificadores y arquitectos a optar por cubiertas compactas FOAMGLAS® simples y más económicas cuando se trata de instalar cubiertas planas o de ligera inclinación utilizando revestimiento metálico. Hoy, ésta es una práctica común y corriente.



## ARGUMENTOS ADICIONALES:

Consecuencias del flujo de aire sobre el rendimiento térmico de cubiertas de chapa metálica sobre soporte tipo deck / perfil metálico nervado y sin sistemas / materiales de aislamiento estancos al aire

### **Cálculo del flujo de aire y humedad en cubiertas sobre soporte metálico tipo deck**

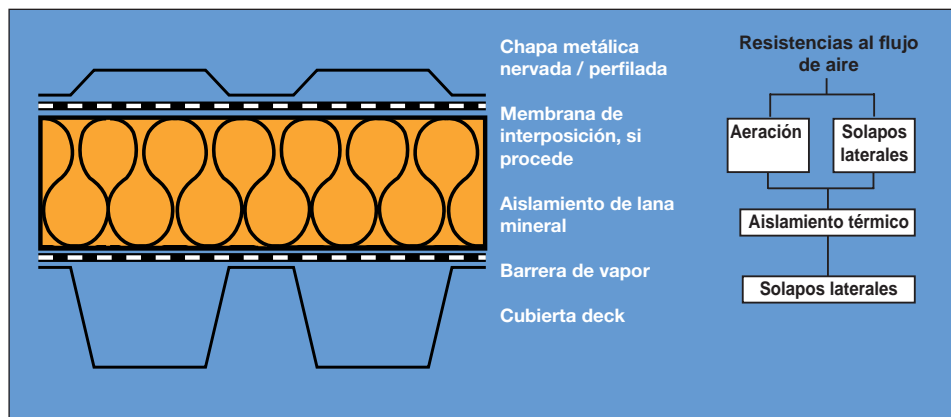
#### **ENFOQUE MATEMÁTICO**

El cálculo basado en condiciones límite lineales y constantes que se presentan aquí describe un modelo simplificado de fenómenos reales de difusión de vapor y de flujo de aire que es tridimensional y no constante en cubiertas expuestas a la intemperie. Sin embargo, el modelo permite investigar las proporciones de la cantidad de condensación generada por los puentes de difusión y prever el potencial de riesgo de dichas edificaciones.

Considerando condiciones límite constantes (estacionarias), la precisión del cálculo será suficiente. Los cálculos de mayor precisión serían mucho más complicados y no llevarían a mayor investigación y estudio del problema ni ayudarían a prevenir o establecer criterios para la rehabilitación de los daños causados por la humedad.

Investigación de la cubierta siguiente:

Fig. 1



Modelos de resistencias al flujo de aire

#### **LAS DIFERENTES RESISTENCIAS AL FLUJO DE AIRE EN UNA CUBIERTA**

Las resistencias al flujo de aire a través de la cubierta y la chapa exterior se definen como R.

Suponemos un flujo de aire turbulento para los solapos laterales de las chapas metálicas sobre soportes tipo deck, los solapos laterales de la chapa, respectivamente, la barrera de vapor así como en los huecos de la zona de aeración y un flujo laminar para el material aislante:

$$R \text{ Valores de resistencia para un flujo turbulento en kg/m}^3 \quad \Delta p = R \cdot v^2$$

$$R \text{ Valores de resistencia para un flujo laminar en kg s/} \cdot \text{m}^2 \quad \Delta p = R \cdot v$$

v flujo de aire en m/s

y con el valor R de flujo turbulento

$$R = \frac{\rho}{2} \cdot \sum \zeta$$

con

$\zeta$  coeficiente de resistencia y

$\rho$  densidad del aire.

Las resistencias al flujo laminar que atraviesa el material aislante son comprobadas por pruebas (por ejemplo, en conformidad con DIN 52213), o bien quedan reflejadas en los manuales publicados como coeficiente de resistencia  $\zeta$  en función de la longitud.

## VOLUMEN DE FLUJO DE AIRE

El volumen de flujo de aire  $V' = v \cdot A$  se calcula sobre la base de la fórmula para las diferencias de presión atmosférica  $p$ , que representa la condición límite. La ecuación cuadrática siguiente para la velocidad del flujo de aire  $v$  debe resolverse:

$$p = (R_{PBi} + R_{Bi} + R_{Ba} + \frac{1}{\frac{1}{R_{PBa}} + \frac{1}{R_s}}) \cdot v^2 + R_{WD} \cdot v$$

con

$R_{PBi}$	Resistencia al flujo de aire de la cubierta deck
$R_{Bi}$	Resistencia al flujo de aire de la barrera de vapor
$R_{Ba}$	Resistencia al flujo de aire de la membrana ubicada debajo de la lámina exterior
$R_{PBa}$	Resistencia al flujo de aire que atraviesa los solapos laterales de la chapa metálica exterior
$R_s$	Resistencia al flujo de aire que atraviesa las ondas/grecas/nervios de la chapa / perfil metálico superior
$R_{WD}$	Resistencia al flujo de aire laminar que atraviesa el aislamiento

## DIFUSIÓN DEL VAPOR

Basándose en el volumen de flujo de aire, se puede calcular el flujo de humedad si se conocen las condiciones climáticas límite como temperatura interior ( $\vartheta_i$ ) y exterior ( $\vartheta_a$ ) así como las humedades relativas del interior ( $\varphi_i$ ) y del exterior ( $\varphi_a$ ).

También debería tomarse en cuenta el hecho de que las condiciones límite en el exterior varían dependiendo de las condiciones atmosféricas que son no-constantes y de que las condiciones en el interior varían en función del nivel de humedad dentro del edificio. El volumen de flujo de aire y el nivel de humedad tienden a establecer un equilibrio de presión en el interior del edificio, que, en realidad, depende de las presiones de aire dinámicas provocadas por el viento (aeración).

Para nuestro modelo de cálculo simplificado, es suficiente suponer condiciones constantes (estacionarias). Se pueden utilizar valores estándares y extremos de carga de viento.

Nuestro propósito es evaluar el potencial de riesgo y los medios que permitan contestar la pregunta: “En condiciones específicas, ¿el flujo de aire y de humedad provocan o no daños por corrosión o incluso fallos en la estructura?”

El cálculo del flujo de humedad basado en el flujo de aire específico se puede realizar con la ayuda del diagrama estándar para la humedad absoluta del aire en función de la temperatura y de la humedad relativa del aire.

### CÁLCULOS ESTACIONARIOS

Se han de analizar algunos cálculos de flujos de aire a través de una cubierta metálica, simulando la calidad de la instalación que se observa en la obra. Las diferencias de la presión de aire ( $\Delta p$ ) que se utilizan son de 12 Pa si la temperatura interior es de 20°C y la temperatura exterior de -10°C (valores extremos), de 4,8 Pa si la temperatura exterior es de 4°C y la temperatura interior de 16°C (valores medios) y de 990 Pa (1,1 · 900 Pa), si se utilizan los datos del estándar suizo SIA y lit. [1] para una velocidad de viento extrema. Además, se considera que la humedad relativa exterior es de 80% y la interior de 50%. Para el cálculo del flujo de aire, la resistencia para la entrada de flujo de aire se considera idéntica a la resistencia para la salida de flujo de aire.

#### Flujo de aire y de humedad, aumento del valor K provocado por el levantamiento térmico en condiciones extremas

( $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_a = -10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta P = 12 \text{ Pa}$ ):

Tabla 1

Ensamblado de cubierta	Flujo de aire [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	Flujo de humedad [g/h m <sup>2</sup> ]	Aumento del valor K [%]
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación medio). Lana mineral, ventilada	16	110	1000
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación alto). Lana mineral, ventilada	4,5	30	340

#### Flujo de aire y de humedad, aumento del valor K provocado por el levantamiento térmico en condiciones medias ( $\vartheta_i = 16^\circ\text{C}$ , $\vartheta_a = 4^\circ\text{C} \rightarrow \Delta P = 4,8 \text{ Pa}$ ):

Tabla 2

Ensamblado de cubierta	Flujo de aire [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	Flujo de humedad [g/h m <sup>2</sup> ]	Aumento del valor K [%]
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación medio). Lana mineral, ventilada	10	18	640
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación alto). Lana mineral, ventilada	2,7	4,7	250

[1] J. Grandemer:  
Aérodynamique,  
CSTB París 1980

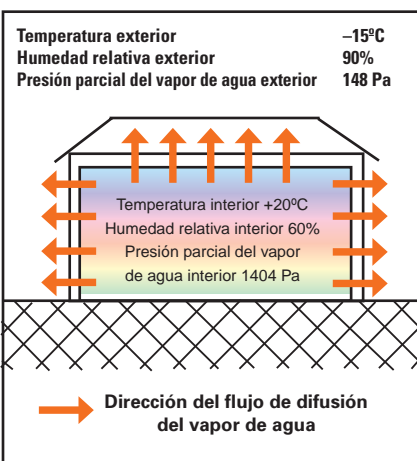
Flujo de aire y de humedad, aumento del valor K provocado por una velocidad de viento extrema (140 km/h) en condiciones medias ( $\vartheta_i = 16^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_a = 4^\circ\text{C} \rightarrow \Delta P = 990 \text{ Pa}$ ):

Ensamblado de cubierta	Flujo de aire [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	Flujo de humedad [g/h m <sup>2</sup> ]	Aumento del valor K [%]
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación medio). Lana mineral, ventilada	150	260	8100
Chapa grecada; barrera de vapor (membrana PE, estándar de instalación alto). Lana mineral, ventilada	43	75	2500

Tabla 3

Todos los valores reflejados en las tablas ①, ② y ③ son únicamente válidos para un ensamblado de cubierta sin alteraciones.

**El principal problema de estanqueidad se percibe en el perímetro de la cubierta y los encuentros / remates. Es extremadamente difícil diseñar detalles en dichas áreas de tal forma que permitan una instalación perfecta.**



DIFUSIÓN DEL VAPOR CON DIFERENCIAS DE TEMPERATURA INTERIOR – EXTERIOR

Para revestimientos de construcción permeables al flujo de aire (cubiertas y paredes), puede ser ilusorio conseguir un nivel elevado de protección térmica, cuando los materiales / sistemas de aislamiento son permeables al flujo de aire, incluso si se aplican aislamientos con grosores calculados en decímetros.

Se recomienda analizar la envoltura de los edificios con grosores de aislamiento elevados que permitan la estanqueidad del revestimiento externo. Para edificios más pequeños, la prueba Door Blower se considera un método adecuado de evaluación de la estanqueidad.

En cubiertas con chapa / perfil metálico y grosores de aislamiento elevados sobre estructuras de soporte no estancas y / o con materiales aislantes permeables al flujo de aire, se observan fenómenos de entalpía así como una pérdida de calor latente por flujo de aire, que contribuyen al hecho de que valores K mínimos se pueden calcular pero pueden resultar ilusorios en condiciones reales.

En este caso, el arquitecto y el contratista se enfrentan cada vez más a denuncias interpuestas por el propietario o la gestora, por no respetar la normativa sobre aislamiento térmico.

## II. Construcción y ventajas higrotérmicas de la cubierta compacta FOAMGLAS®

### Cubierta caliente convencional como soporte para cubiertas de chapa metálica

Cuando se elige una cubierta caliente como sustrato para chapas metálicas, la selección de los materiales para las diferentes capas es extremadamente importante, de la misma forma que lo son las dimensiones de las capas en términos de física de la construcción:

- Sin ninguna forma de ventilación entre el aislante y la junta vertical, la estructura de la cubierta debe ser completamente estanca sin daño alguno para, o penetración de, las barreras de vapor. Dichas barreras deben estar totalmente adheridas a todos los elementos de la estructura, sin agujero alguno, y con solapamientos de juntas completamente sellados y, por lo tanto, estancos.

Intentar conseguir un rendimiento térmico elevado con un armazón no estanco –cubiertas y paredes– y usar aislante no estanco al aire es imposible incluso cuando los materiales tienen un grosor importante.

Se recomienda analizar la estanqueidad al aire de cualquier armazón de edificio que pretende alcanzar una protección térmica elevada.

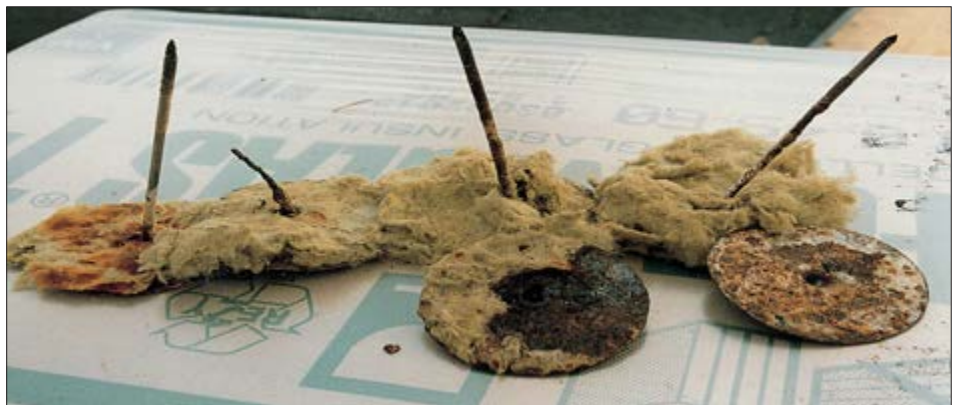
Para edificios más pequeños, la prueba Door Blower se considera un método adecuado de evaluación de la estanqueidad.

También se debe evitar el uso de todo tipo de fijaciones de chapa / perfil que penetren el ensamblado de la cubierta. Las razones son las siguientes:

1. las fijaciones dañan la barrera de vapor, reduciendo o destruyendo su funcionalidad, y provocando así daños debido a la humedad.
2. en cubiertas con aislamiento reforzado, las fijaciones pueden incidir sobre el valor K calculado en hasta un 50% o más, con la creación de puentes térmicos. Para obtener el valor K exigido, se necesitan mayores grosores de aislamiento al principio.
3. la condensación provocada por el enfriamiento nocturno recorre las fijaciones y penetra en el ensamblado de la cubierta dañando progresivamente el aislamiento y corroyendo las fijaciones debido a la humedad.

#### Fijaciones corroidas

Corte de una cubierta y diagrama de los efectos de la humedad que atraviesa las fijaciones en un aislamiento con lana mineral.



Los datos de investigación disponibles en la actualidad demuestran que la condensación se produce prácticamente a diario en cubiertas con aislamiento reforzado y chapa / perfil metálico. Este fenómeno se debe al ciclo de enfriamiento diario de las chapas metálicas y se produce en todas las estaciones excepto en verano. Se le conoce como condensación secundaria y, asociada con cubiertas no estancas al aire que no incluyen un aislamiento estanco al aire, representa un riesgo importante debido a la absorción de humedad.

**FEUCHTIGKEIT UND LUFTSTRÖMUNG  
IN DACH- UND WANDAUFBAUTEN  
MIT PROFILBLECHEN**

---

**AUFTRAGGEBER**    EMPA ABT. 176  
8600 DÜBENDORF

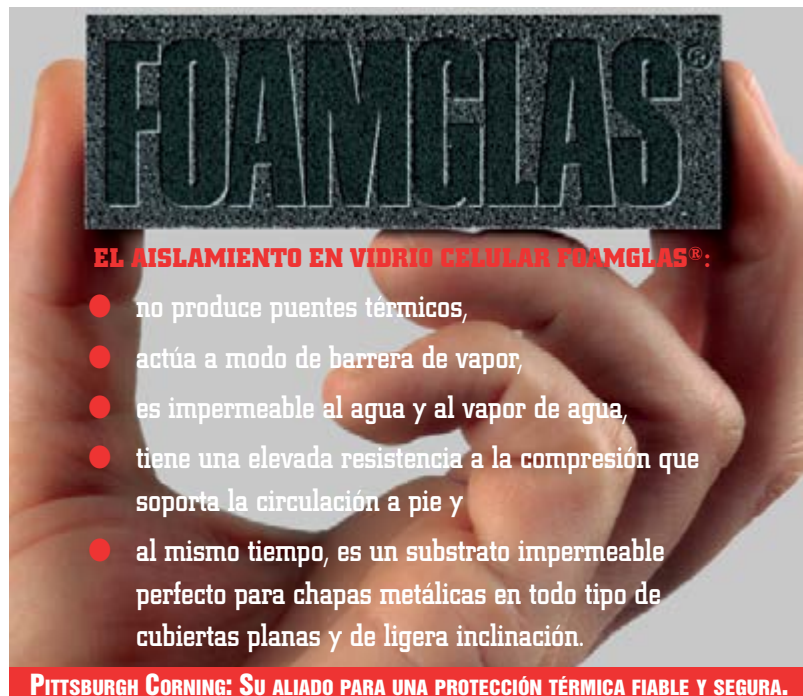
**BEAUFTRAGTER**    HEINZ WIELAND  
DIPL. BAU-ING. ETH  
IM STÄDTLI 121  
7304 MAIENFELD  
081/ 302 72 72

Maienfeld, 15. Juli 1994  
8033-008.T/br

El estudio realizado por H. Wieland en beneficio de la Eidgenössische Materialprüfungsanstalt EMPA: "Feuchtigkeit und Luftströmung in Dach- und Wandaufbauten mit Profilblechen" (Flujos de aire y de humedad en cubiertas y paredes con chapa / perfil metálico) está disponible a petición.

### Ventajas de una cubierta compacta FOAMGLAS® con chapas metálicas

Pittsburgh Corning ha diseñado un concepto de cubierta compacta para chapas metálicas que utiliza aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS®. Placas de fijación especiales que no se perforan ni crean puentes térmicos actúan como interfaz para las fijaciones de las chapas metálicas. La utilización de este sistema permite satisfacer todos los criterios de rendimiento a la vez que proporciona un sistema económico y fácil de instalar para las cubiertas planas y de ligera inclinación cuyo rendimiento se mantendrá durante toda la vida del edificio.



**EL AISLAMIENTO EN VIDRIO CELULAR FOAMGLAS®:**

- no produce puentes térmicos,
- actúa a modo de barrera de vapor,
- es impermeable al agua y al vapor de agua,
- tiene una elevada resistencia a la compresión que soporta la circulación a pie y
- al mismo tiempo, es un sustrato impermeable perfecto para chapas metálicas en todo tipo de cubiertas planas y de ligera inclinación.

**PITTSBURGH CORNING: SU ALIADO PARA UNA PROTECCIÓN TÉRMICA FIABLE Y SEGURA.**

# Pittsburgh Corning hace del medio ambiente una de sus principales prioridades

**Impacto medioambiental – todos los productos de aislamiento en vidrio celular no son idénticos.**

## Ventajas del aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® desde el punto de vista ecológico

### Cubiertas metálicas con aislamiento FOAMGLAS® – una solución 100% ecológica

Los materiales naturales tales como el aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® utilizado conjuntamente con una chapa / perfil metálico ofrecen una solución de integridad elevada que cobra importancia a medida que las consideraciones ecológicas influyen en las decisiones importantes.

Al final de su ciclo de vida, las cubiertas con chapas metálicas ofrecen ventajas adicionales – el material de revestimiento se puede reciclar y volver a introducir en el proceso de producción de materia prima nueva.

Por ejemplo, el contenido reciclado de los aleados de aluminio puede alcanzar el 85–90%.

La durabilidad es un factor primordial y, al respecto, el metal tiene un comportamiento óptimo: por ejemplo, después de 275 años, “Hildesheim Cathedral” tiene una cubierta de cobre en perfectas condiciones y, en toda Europa, existen edificios con chapa / perfil de aluminio de 100 años de antigüedad que atestiguan de sus excelentes características.

Sistemas punteros que utilizan aleados de zinc y titanio, y acero inoxidable, ofrecen una durabilidad similar cuando se utilizan en el sistema de cubierta adecuado.

### FOAMGLAS®, RECOMENDADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICO\*)

- Fabricado esencialmente a partir de materias primas naturales, disponible en abundancia.
- No contiene sustancias dañinas tales como formaldehidos, estirenos, agentes ignífugos (como el bromo o compuestos similares), resinas, fibras, CFC/H-CFC y HFC.
- Conforme con las exigentes normas de protección del medio ambiente y de la salud; biológicamente seguro.
- “Incombustible”, la categoría A1 se ajusta a la norma DIN 4102, Euroclass A.  
Suiza: categoría 6.3
- Resiste a los roedores, parásitos e insectos. Sin riesgo de putrefacción ni hongos.
- Ecológico en todas las etapas de su utilización:
  - Extracción de materias primas
  - Aplicación
  - Utilización
  - Reciclaje
- Aislamiento de por vida con un rendimiento térmico constante.
- Fabricado con 66% de vidrio reciclado seleccionado (desechado por el consumidor).
- Se puede depositar en vertederos para materiales inertes (se ajustan a los valores límite del ensayo ELUAT suizo).



\*) Con el certificado Z.PIT199 para la promoción y el desarrollo de productos para la construcción y de procesos de producción de conformidad con las exigentes normas de protección del medio ambiente y de la salud.

**E**n los 10 últimos años, Pittsburgh Corning ha invertido más de 10 millones de euros en tecnología vanguardista para la producción de FOAMGLAS®. Las líneas de producción de alta tecnología garantizan que FOAMGLAS® sea el producto favorito a la hora de evaluar el impacto medioambiental de los materiales de aislamiento térmico de fabricación industrial.

Se han realizado avances tecnológicos que reducen la energía necesaria para la producción, las emisiones de polvo y de CO<sub>2</sub>, y fomentan el reciclaje del vidrio desechado.

Las diferentes medidas influyen directamente en:

- la **reducción a la mitad de la energía necesaria para la producción,**
- la **reducción a un tercio de la emisión de CO<sub>2</sub>,**

- la **eliminación de la emisión de polvo** y
- el porcentaje de **vidrio reciclado** (desechado por el consumidor) utilizado en la producción es actualmente del **66%**.

**Elo significa que el arena natural necesario procedente de pozos de arena podría reducirse en un 65% con consecuencias positivas para la protección del paisaje y la reducción de energía gris.**

### **FOAMGLAS® es el producto favorito de aislamiento en vidrio celular**

El consumo total de energía para la producción de FOAMGLAS® y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas son dos veces menos elevados que los de otros productos en vidrio celular.

Además, FOAMGLAS® es el único producto de vidrio celular en el que se recicla y se incluye en la producción el vidrio desechado con las consiguientes ventajas globales inherentes para el medio ambiente.

Consideramos que estos hechos justifican la afirmación de que: **¡todos los productos de aislamiento en vidrio celular no son iguales!**

**Evaluaciones e información medioambientales detalladas y completas sobre FOAMGLAS® están disponibles a petición.**

**Investigación y desarrollo continuos han sido necesarios para incluir elevados porcentajes de vidrio reciclado en la producción de aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® sin socavar la calidad del producto. Dichos porcentajes son los que han permitido utilizar menos materia prima y reducir el consumo de energía.**



Para reducir las emisiones del proceso de producción del vidrio, se han instalado nuevos sistemas de filtración eficientes.



Se otorga la máxima prioridad a la recuperación del calor en la fábrica.



Abastecimiento de vidrio para su reciclaje (desechado por el consumidor).



# FOAMGLAS® contra incendios

## Las ventajas especiales de FOAMGLAS® y de la Cubierta compacta FOAMGLAS® sobre soportes metálicos y demás estructuras ligeras en caso de incendio

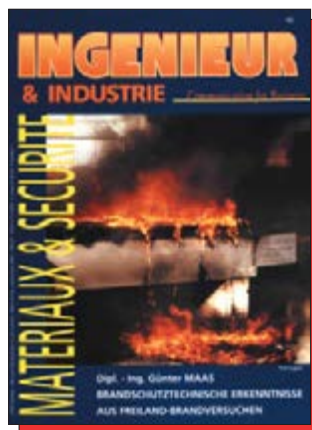
La evaluación de FOAMGLAS® como material incombustible y el rendimiento de la Cubierta compacta FOAMGLAS® en caso de incendio están detallados en el manual «**The FOAMGLAS® Compact Roof – 40 years later**», capítulo *FIRE* (páginas 91 – 114).

La documentación sobre los conocimientos adquiridos sobre el comportamiento de la Cubierta compacta FOAMGLAS® en caso de incendio y la correspondiente clasificación contra incendios están disponibles a petición.

El comportamiento como material y como parte de un sistema de los productos de aislamiento de uso común – en comparación con FOAMGLAS® – se puede consultar, por ejemplo, en el informe del oficial de prevención contra incendios alemán G. Maas (Ingeniero graduado), publicado en la revista especializada *INGENIEUR & INDUSTRIE*, Nº 46, Sept. 1993). Dicha publicación de 16 páginas está disponible solicitándola a su filial de Pittsburgh Corning.



Es posible obtener una documentación sobre la clasificación de FOAMGLAS® como material incombustible, tanto en su rendimiento como formando parte de un sistema, solicitándola a Pittsburgh Corning.



**Dipl.-Ing. Günter Maas: Brandschutztechnische Erkenntnisse aus Freilandversuchen (Informe sobre pruebas comparativas contra incendios al aire libre).**  
Reedición: Ingenieur und Industrie, Nº 46, Sept. 1993.  
Este documento está disponible solicitándolo a Pittsburgh Corning.

## FOAMGLAS® – UN RENDIMIENTO EXCELENTE EN CASO DE INCENDIO

- “Incombustible” de acuerdo con la categoría de clasificación DIN 4102 A1, respectivamente Euroclass A. Suiza: clase 6.3.
- “Incombustible”.
- Sin emanación de productos químicos nocivos tales como el formaldehído, el estireno, los agentes ignífugos (por ejemplo, bromo u otros compuestos); no contiene ligantes ni fibras.
- Sin humo o gases tóxicos.
- Sin efecto mecha, por lo tanto sin propagación del fuego entre el aislamiento.
- Reconocida seguridad contra incendios de FOAMGLAS® para la protección de:
  - Personas
  - Edificios
  - Accesorios interiores
  - Almacenes
- Primas de seguros ventajosas.

## Aspectos técnicos de la seguridad contra incendios

DESPUÉS DEL INCENDIO OCURRIDO EN EL AEROPUERTO DE DÜSSELDORF (1996), SE OPTÓ POR UTILIZAR EL AISLAMIENTO FOAMGLAS® INCOMBUSTIBLE, POR RAZONES DE SEGURIDAD, EN LA RECONSTRUCCIÓN Y EXTENSIÓN DE LOS EDIFICIOS

Se sabe – y con más razón tras el incendio ocurrido en el aeropuerto de Düsseldorf – que los materiales combustibles, aquellos que suelen ser difíciles de incendiarse, juegan un papel importante en la propagación del fuego. Además, la rápida propagación de humo es muy peligrosa, y no solamente para los bomberos. Desgraciadamente, estos aspectos de la seguridad contra incendios a menudo se subestiman.

La clasificación contra incendios de los materiales se basa generalmente en pruebas a escala reducida. Un incendio declarado, en condiciones reales y con sus complejas consecuencias, no se reproduce en pruebas de laboratorio que son las que permiten establecer las categorías de seguridad contra incendios. Las pruebas contra incendios no toman en consideración, de manera adecuada, el comportamiento de los materiales o edificaciones en condiciones reales.

A raíz de una serie de incendios en Europa, los horrores y las consecuencias para las vidas humanas, los bienes y los edificios han sido subrayadas. FOAMGLAS® se está ganando rápidamente el reconocimiento por sus particulares cualidades de prevención contra incendios.

## Evaluación del riesgo en edificaciones de cubiertas con aislamientos de fibras en relación con la propagación del fuego desde la brasa hasta el calor vivo

En el sector de la construcción, el aislamiento en lana mineral se considera un material incombustible y el marketing del producto resalta esta particularidad. Como estos productos de aislamiento contienen entre 1,5 y 6% de ligantes combustibles así como aceites hidrofóbicos, generalmente no son incombustibles puesto que dichos aditivos pueden arder sin llama e incandescer, favoreciendo de hecho la propagación del fuego.

Ejemplos de publicaciones recientes

• **VDI nachrichten**, el diario alemán de ingeniería del 27.11.98,

*Riesgo de propagación del fuego desde la brasa y el calor vivo...*

así como un artículo en la prensa comercial sueca

• **byggIndustrin** Nº 6/2000,

**E. Milaszewski**, *Brandrisk i tak även med mineralull (Riesgos de incendios en edificaciones con lana mineral)*

Ilustran los diferentes factores de riesgo y analizan toda una serie de incendios catastróficos.

Ambos artículos están disponibles a petición.



**VDI Nachrichten, Nº 48, Nov. 1998, el artículo trata el tema de la brasa con aislamiento en fibra. Ejemplares disponibles a petición.**



**byggIndustrin Nr. 6/2000, Edward Milaszewski: Brandrisk i tak även med mineralull (Riesgos de incendios en edificaciones con lana mineral), p. 30. Existe una traducción del presente artículo.**

## Especificar solamente la cubierta compacta FOAMGLAS® de alta integridad para las cubiertas con chapas metálicas.

La placa de fijación especialmente diseñada (placa dentellada PC®) permite fijar los clips de fijación de las chapas metálicas:

- sin fijaciones perforantes que producen puentes térmicos
- sin necesidad de espacios de ventilación



La tecnología innovadora de cubiertas compactas FOAMGLAS® para chapas metálicas está lanzando nuevas tendencias.

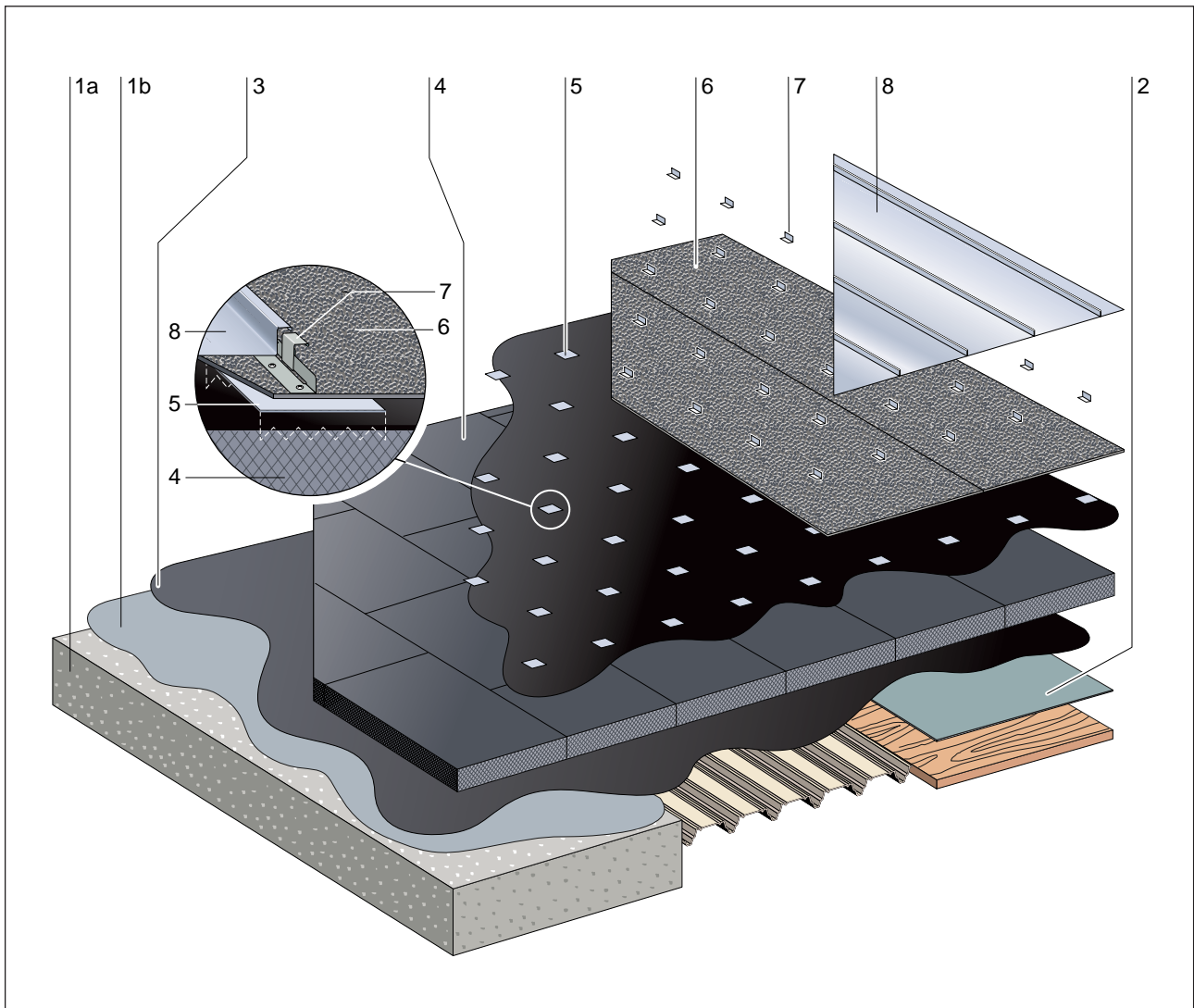
**E**l metal se usa cada vez más para el revestimiento de las cubiertas de edificios privados, públicos y comerciales.

Un ensamblaje económico, una elevada resistencia al viento y al clima, una larga durabilidad así como excelentes propiedades de reciclaje que unidas a su atractiva estética le proporcionan todas sus ventajas a las cubiertas de chapa metálica.

Los sistemas de aislamiento de Pittsburgh Corning para cubiertas con chapas metálicas han sido desarrollados para satisfacer la creciente demanda de rendimiento en edificios y tecnología de construcción para cubiertas convencionales sin ventilación. El aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® abre todo un campo de oportunidades de diseño atractivas y de elevado rendimiento para la tecnología de chapas metálicas. Las soluciones para chapas metálicas FOAMGLAS® son únicas – no necesitan ventilación por debajo de la lámina de metal y requieren una profundidad total inferior a la de las cubiertas metálicas dobles y ventiladas tradicionales.

**SI VALORA LA ECONOMÍA, LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN, LA DURABILIDAD Y LA PROTECCIÓN CONTRA LOS INCENDIOS, PIENSE EN LOS SISTEMAS DE CHAPAS METÁLICAS FOAMGLAS®.**

# FOAMGLAS® proyecta las cubiertas de chapa metálica hacia el futuro



- 1a Soporte: hormigón / acero / madera de construcción
- 1b Imprimación bituminosa (sólo con hormigón)
- 2 Membrana de impermeabilización (sólo con entablado de madera/multiplex)
- 3 Ligado con betún caliente o ligado en frío con adhesivo bituminoso
- 4 Placas FOAMGLAS®
- 5 Placas dentelladas en revestimiento de betún
- 6 Membrana bituminosa aplicada mediante calor (usar sólo aquellas que tengan un punto de fusión elevado)
- 7 Clips de fijación para las juntas alzadas
- 8 Chapa metálica

# Las cubiertas compactas FOAMGLAS® con chapas metálicas garantizan que su nueva cubierta metálica no sea un fracaso desde el inicio

**Las cubiertas con chapas metálicas no ventiladas combinadas con una cubierta compacta FOAMGLAS® ofrecen las siguientes ventajas comprobadas:**

▲ Cubiertas de larga duración gracias a la utilización de materiales que no se deterioran o cuyas características no cambian, incluso después de varias décadas de uso.

▲ Se puede obtener una protección térmica eficaz en una construcción superficial debido a que no es necesario un espacio de ventilación adicional y que las fijaciones perforantes no producen puentes térmicos. Los valores de aislamiento permanecen constantes durante todo el ciclo de vida del edificio.

▲ Fácil instalación.

▲ Sin absorción de humedad por el aislamiento durante su construcción ni en el futuro.

▲ Solución de alta integridad con un potencial de deterioro reducido.

▲ Riesgo de incendio mínimo – el aislamiento no propaga el fuego.

▲ Para todas las formas e inclinaciones de cubiertas, cualquiera que sea su tamaño.

▲ Para todos los tipos de edificios.

Pabellón deportivo de la Escuela europea en Bruselas, con bandejas perfiladas de zinc.



# Tipos de revestimiento / acabado metálico

Para la fabricación de revestimientos metálicos, se utiliza aluminio, plomo, acero inoxidable, cobre, titanio-cinc y acero galvanizado.

Para el revestimiento de cubiertas y paredes, los arquitectos disponen de más de 20 opciones para poner en práctica sus diseños, incluidos diferentes tratamientos de superficie para los metales.

Se debe hacer una distinción entre:

**1. Bandejas de junta alzada**, fabricadas siguiendo métodos tradicionales de trabajo del metal.

**2. Bandejas perfiladas con autoaporte**, que se fabrican en cadena y se instalan utilizando fijaciones disimuladas especiales (por ejemplo fijaciones KAL-ZIP o VAW-Aluform).

**3. Bandejas metálicas onduladas**, perfiles en fibrocemento ondulados cada uno con su propia capacidad de carga y con fijación superior.

## Bandejas de junta alzada

### 1. Diferentes técnicas para instalar bandejas de junta alzada

Las bandejas de junta alzada tradicionales suelen arrollarse en la obra a partir de bobinas de metal y posteriormente se cortan a medida siguiendo el diseño de la cubierta.

Las bandejas no son de autoaporte y requieren una instalación regular, con longitudes de chapa de  $\leq 15\text{m}$  (por lo general). El aislamiento FOAMGLAS® que dispone de una resistencia a la compresión elevada es el aislamiento ideal para soportar las bandejas y el tráfico a pie.

Otra ventaja de la tecnología de aislamiento FOAMGLAS® para las bandejas de junta alzada es su impermeabilidad al vapor de agua y al flujo de aire.

Las especificaciones técnicas actuales elaboradas por los fabricantes de perfiles metálicos siempre deben tomarse en cuenta puesto que proporcionan información sobre la manipulación, el proceso y la aplicación, en función del material considerado.

En la construcción de cubiertas de ligera inclinación, se debe respetar la inclinación mínima dictada por los diferentes elementos de la estructura.

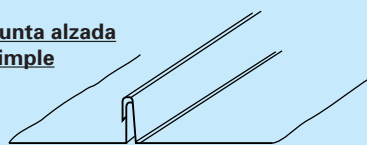
Las juntas alzadas pueden instalarse de diferentes maneras:

- la junta alzada simple
- la junta alzada en ángulo
- la junta alzada doble.

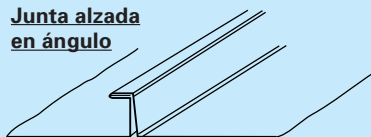


## Junta alzada

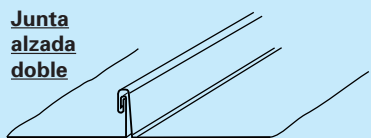
**Junta alzada simple**



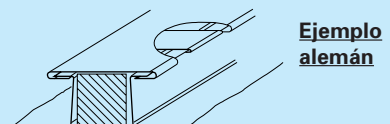
**Junta alzada en ángulo**



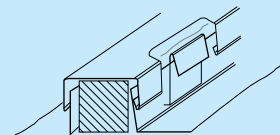
**Junta alzada doble**



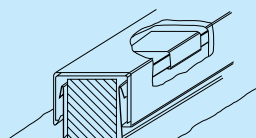
## Verticales sobre rastreles (p. ej. para juntas alzadas maestras)



**Ejemplo alemán**



**Ejemplo belga**



**Ejemplo de tipo especial**

## Bandejas / chapas metálicas industriales

### 2. Chapas / bandejas perfiladas de junta alzada preformadas

Foto ①  
**Bandeja de aluminio KAL-ZIP con clips deslizantes sujetados a placas de fijación Pittsburgh Corning ligadas al aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS®.**  
**PROYECTO:** Escuela técnica, Ecole Polytechnique en Palaiseau (Francia).

Foto ②  
**Bandeja de acero grecada con corona plana utilizada a modo de revestimiento de cubierta y fijada a la corona de la bandeja mediante un puente de soporte metálico.**  
**PROYECTO:** Bassin de Carène, una zona de ensayos para los navíos de la Marina Francesa en Val de Reuil.

Foto ③  
**Perfil Zambelli pre-arrollado y revestido de plástico que se desliza sobre abrazaderas en "U". Las abrazaderas están sujetadas a placas de fijación Pittsburgh Corning que, a su vez, están ligadas al aislamiento FOAMGLAS® y cubiertas por una membrana bituminosa.**  
**PROYECTO:** Base aérea militar en Mecklenburg, Alemania.

El principio de fabricación de los perfiles preformados debe ser completamente diferente de los métodos tradicionales de trabajo del metal que se utilizan in situ.

Los perfiles metálicos con autoaporte de gran tamaño están sujetos mecánicamente a las placas de fijación FOAMGLAS® mediante clips deslizantes ocultos.

Por ejemplo, una característica importante del perfil KAL-ZIP AF es su bandeja completamente plana soportada en su totalidad por un sustrato no comprimible como el vidrio celular FOAMGLAS®. El aislamiento no se deformará con el tráfico de personas y reducirá los daños causados a las chapas de aluminio cuando se realicen tareas de mantenimiento.

Los clips deslizantes especiales están sujetos a las placas de fijación FOAMGLAS® a través de la membrana bituminosa sin crear puentes térmicos. FOAMGLAS® sirve de aislamiento y de soporte a los perfiles metálicos.

Si existen distancias importantes entre los puntos de fijación (p. ej. 2 m – 3 m)

que son técnicamente posibles con perfiles preformados, puede ser necesario recurrir a fijaciones sólidas fijadas a través de la estructura de soporte. En este caso, los fabricantes de chapas / perfiles deben aportar pruebas sobre la estabilidad del sistema.

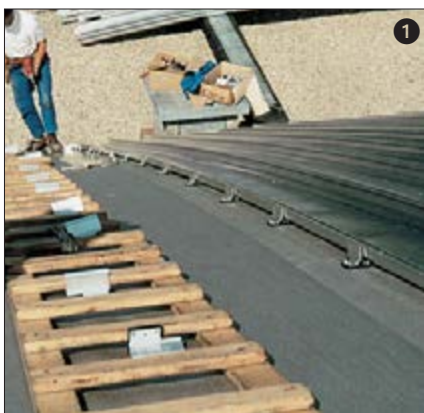
Sistemas reconocidos ya han sido instalados en muchas aplicaciones utilizando el sistema de cubierta compacta ligada FOAMGLAS®; por ejemplo, los sistemas KAL-ZIP (Hoogovens) y VAW-Aluform.

### 3. Soportes de acero con láminas de fibrocemento / metal onduladas o planas

Este tipo de producto se utiliza básicamente en el sector de la construcción industrial pero se va extendiendo cada vez más a edificios públicos y privados.

Para las fijaciones, se utilizan remaches ciegos o tornillos roscados vistos.

Los últimos avances tecnológicos permiten precurvar o encrespar los perfiles de chapas o las chapas tipo deck para amoldarlas a la forma del edificio. Incluso se pueden crear pequeños radios lo que se aplica a todos los tipos de chapas perfiladas.



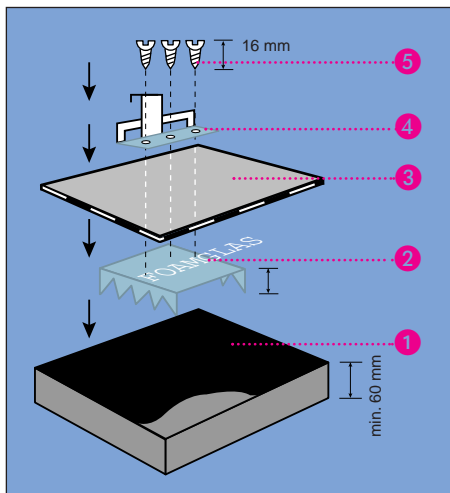
# Placas de fijación PC®

## Descripción del producto

Las placas de fijación especialmente diseñadas sirven como interfaz para las chapas metálicas y los perfiles de fabricación industrial sin crear puentes térmicos en cubiertas compactas FOAMGLAS®.

Las placas dentelladas de 15 x 15 cm están disponibles en:

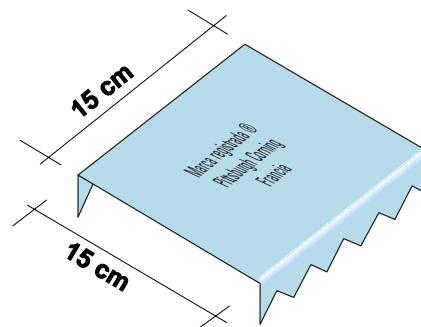
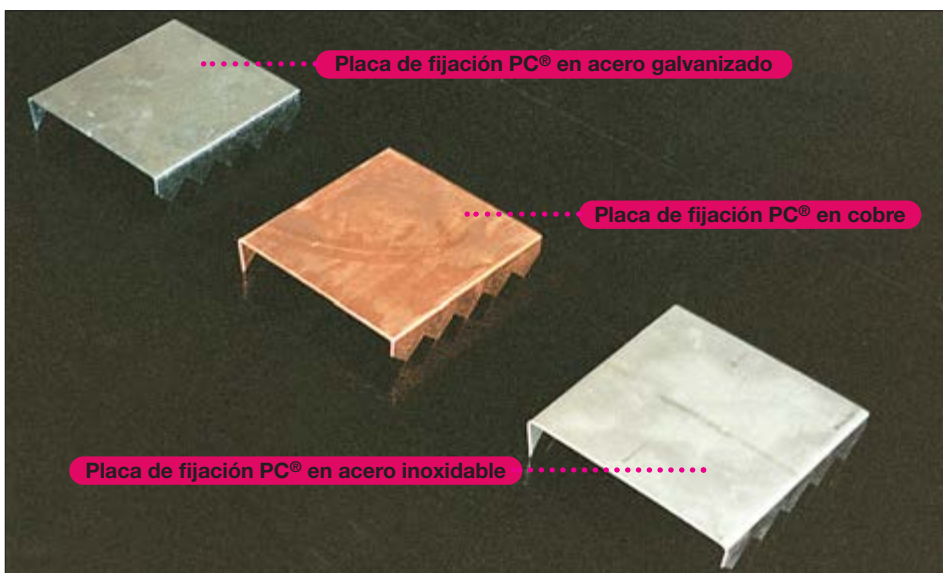
- acero galvanizado como norma o para aplicaciones especiales en:
- cobre y
- acero inoxidable.



- ❶ Placas FOAMGLAS® con revestimiento de betún caliente
- ❷ Placa de fijación dentellada PC®
- ❸ Membrana de impermeabilización bituminosa aplicada con soplete
- ❹ Clips metálicos para la fijación de chapas metálicas
- ❺ Tornillos o remaches ciegos sellados



Placa de fijación PC® diseñada especialmente, 50 unidades por cartón.



Las placas de fijación PC® llevan unos bordes dentellados en ambos lados. Las placas tienen un espesor de 1,5 mm.

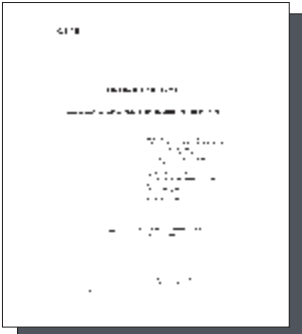
A veces, se prefiere utilizar las placas de fijación de cobre con las cubiertas de cobre y las placas de acero inoxidable con las cubiertas de acero inoxidable.

Al fijar los clips de las chapas metálicas sobre la placa de fijación PC®, se eliminan los problemas que se producen en una cubierta ventilada sobre entablado de madera en la que los tornillos o los clavos pueden quedar atrapados en las juntas de las tablas, sin sujetar realmente el revestimiento metálico a la madera.





- Informe de prueba elaborado por MPA Dortmund (Laboratorio de pruebas para materiales) Nº 31000091 sobre comportamiento de la corrosión.



- Informe de prueba para placas de fijación PC® conforme a la normativa UEATC sobre cargas de viento.

AMBOS INFORMES DE PRUEBA PUEDEN OBTENERSE A PETICIÓN.

## El informe de prueba sobre la corrosión confirma que:

LA PLACA DE FIJACIÓN PC® EN ACERO GALVANIZADO ES ÓPTIMA PARA SUJETAR TODOS LOS TIPOS DE REVESTIMIENTOS METÁLICOS Y REPRESENTA LA SOLUCIÓN MÁS ECONÓMICA A LARGO PLAZO.

En cuanto a la corrosión provocada por el contacto con metales, los informes de las pruebas confirman que las placas de fijación en acero galvanizado recubiertas con una membrana de impermeabilización y, por lo tanto separadas del revestimiento metálico, son la solución adecuada para todo tipo de revestimiento metálico.

### COMBINACIÓN DE METALES

El informe de prueba elaborado por MPA Dortmund analiza los riesgos de corrosión cuando existe una combinación de diferentes tipos de metales en una cubierta metálica FOAMGLAS®; por ejemplo, la placa de fijación galvanizada con diferentes metales.

El informe concluye que las placas de fijación galvanizadas, ligadas al aislamiento FOAMGLAS® y recubiertas por una membrana no presentan potencial de corrosión alguno porque:

- 1 El aislamiento FOAMGLAS® es estanco al aire, lleva ligante y está juntado a tope en la cara inferior por lo que el flujo de aire no puede penetrar esta estructura.
- 2 La membrana de impermeabilización en la cara superior sella por completo las placas y las aísla de la atmósfera exterior y del agua de lluvia.

Incluso cuando se perforan las placas de fijación (p. ej. con una abundante extracción de astillas) el sistema no queda dañado.

Perfil de carga de viento UEATC confirmado: los clips de fijación y las chapas metálicas se deterioran antes que la placa de fijación PC®.

## La placa dentellada PC® – resistencia a la carga de viento probada y certificada.

Las pruebas efectuadas conforme a las directivas UEATC, simulando cargas típicas pulsantes de succión de viento hasta el nivel de tempestad, producen fuerzas de arranque de  $\geq 600\text{N}$  por placa dentellada en condiciones de adherencia total.

Este requisito satisface todas las reglamentaciones UEATC paneuropeas que entrarán en vigor a mediados de 2000 y que prevén cuatro puntos de fijación para los clips de las chapas metálicas en el centro de la cubierta, incrementándose en el perímetro según la altura del edificio (ver también p. 28).

Utilizando valores de resistencia al arranque de dicha escala, los clips mismos ceden antes de que la placa dentellada ligada sea arrancada del aislamiento FOAMGLAS®. Por lo tanto, las limitaciones del revestimiento metálico quedan determinadas por los clips de fijación y no por la placa de fijación PC®.



## Las cubiertas metálicas FOAMGLAS® con tecnología de fijación PC® resistieron al huracán del siglo sin sufrir daños

A finales de 1999, un huracán calificado de desastre natural por las autoridades y las compañías de seguros nacionales destruyó amplias zonas de Francia y de Europa central, y todas las cubiertas FOAMGLAS® instaladas con revestimiento metálico resistieron. **Las inspecciones in situ demostraron que el sistema de chapas metálicas FOAMGLAS® con placas de fijación dentelladas aguantó la tempestad y no sufrió daños.**

Estos resultados positivos combinados con exhaustivas pruebas de laboratorio dan fe de la alta integridad del sistema FOAMGLAS®. Cuando la seguridad está en juego, FOAMGLAS® aporta la solución tanto a los especificadores como a los propietarios y a los aseguradores.



Las imágenes dan una idea de la carga de viento que aguantaron las cubiertas con chapas metálicas FOAMGLAS® durante el huracán de 1999 que azotó a Europa Occidental y Central.



Numerosas cubiertas metálicas ventiladas fijadas sobre listones fueron arrancadas de cuajo – incluso las cubiertas (foto más arriba) no soportaron los efectos del huracán.

# NUEVAS PAUTAS PARA LAS TÉCNICAS DE FIJACIÓN DE CHAPAS METÁLICAS

La cantidad mínima de, y los espacios entre, las placas dentelladas PC® dependen de la altura del edificio, de su forma, ubicación y cargas de viento, que se combinan con el ancho y el grosor de la lámina metálica (factor de seguridad 1,5)

Datos para tecnología de chapas metálicas										
Altura del edificio en m	Sección	Espesor del metal (mm)	Ancho de la lámina en mm							
			430/500/530		600		630		730	
			0,7		0,7		0,7		0,8	
			n	s	n	s	n	s	n	s
0 a 8	Esquinas <sup>1)</sup>		7	300	7	300	7	250	7	250
	Perímetro <sup>2)</sup>		4	500	4	500	4	400	4	400
	Centro		4	500	4	500	4	500	4	400
> 8 hasta 20	Esquinas <sup>1)</sup>		10	200	10	200	10	150		
	Perímetro <sup>2)</sup>		6	350	6	350	6	300		
	Centro		4	500	4	500	4	400		
> 20 hasta 100	Esquinas <sup>1)</sup>		13	150	13	150				
	Perímetro <sup>2)</sup>		8	250	9	250				
	Centro		4	500	4	500				

n = cantidad mínima de placas, s = distancia entre las placas, en mm,  
<sup>1)</sup> Esquina = 1/16 del ancho / longitud del edificio  
<sup>2)</sup> Perímetro = 1/8 del ancho / longitud del edificio

Estas nuevas recomendaciones técnicas se han especificado de acuerdo con la ZVSHK (Asociación alemana de cubiertas metálicas), Rheinzink GmbH, Alemania, y otros expertos en revestimientos metálicos. Estas especificaciones se añadirán a las líneas directrices oficiales para estructuras metálicas lo antes posible; no han sido incluidas en la última edición con fecha del 7.99.

Para el cálculo de la cantidad de placas de fijación, estos datos demuestran que dicha cantidad queda determinada por la superficie de la cubierta, la altura del edificio y otros factores.

Generalmente, para un edificio con una altura de 8 a 20 m, se deben instalar diez fijaciones por m<sup>2</sup> en las esquinas. Las líneas directrices de la ZVSHK recomiendan utilizar seis puntos de fijación por m<sup>2</sup>

en los perímetros de las cubiertas, considerándose suficientes cuatro puntos en el centro.

(La definición de las superficies de esquina y perímetro se basan en la norma DIN 1055).

## Selección de los elementos de fijación

Para seleccionar las placas, remaches y tornillos adaptados, se debe recurrir a las recomendaciones de la ZVSHK (u otras asociaciones europeas similares).

# La capa de separación

## Información

Los fabricantes de revestimientos metálicos pueden recomendar la instalación de una capa de separación entre la membrana de impermeabilización bituminosa y la chapa metálica.

Las capas de separación suelen ser:

- ❑ losas estructuradas no laminadas, (p. ej. Enkamat) o fieltros
- ❑ membranas geotextiles

## Fieltros

Se recomienda utilizarlos cuando en la cara inferior se usa titanio-cinc no revestido para evitar colocar la lámina de cinc directamente sobre el soporte. Si el flujo de aire es insuficiente, la cara inferior del titanio-cinc no revestido (p. ej. bandejas Rheinzink) está sometido a humedad permanente, por ejemplo el flujo de humedad que circula a través de la capa de aislamiento no estanca al aire / vapor, lo que provoca corrosión en forma de herrumbre blanca.

El fieltro produce un “cojín de aire” provocando la oxidación natural del cinc no revestido por la atmósfera y dando lugar al desarrollo de una pátina. La losa permite la evacuación de la humedad – rocío o agua – que se introduce en las chapas metálicas. Los fieltros no se pueden mojar y no guardan la humedad por lo que no se formará la oxidación.

Se pueden utilizar otros tipos de capas de separación con el cinc, de conformidad con las líneas directrices establecidas por los fabricantes.

## Membranas geotextiles

Con titanio-cinc revestido contra la formación de herrumbre blanca, las membranas geotextiles se utilizan frecuentemente como capa de separación debajo de las chapas metálicas.

El geotextil se utiliza para evitar que la abrasión mecánica del revestimiento de protección en la parte inferior de las chapas de cinc alcance la cubierta compacta debido a la expansión térmica.

Otras chapas metálicas o chapas metálicas perfiladas, por ejemplo de aluminio, acero inoxidable o cobre, por experiencia no requieren losas ni geotextiles.

La cubierta compacta con ligante de betún FOAMGLAS®, acabada con una membrana de impermeabilización bituminosa (temperatura de reblandecimiento elevada recomendada) es aconsejable para instalar directamente las chapas metálicas encima (excepto para el titanio-cinc tal y como se ha mencionado más arriba).

La propia cubierta compacta produce una barrera eficaz que protege de cualquier reacción química del sustrato provocada por los aditivos del hormigón, la humedad residual rica en álcali o los conservantes de la madera cuando se utilizan entablados de madera. No se necesita capa de separación puesto que FOAMGLAS® representa la barrera perfecta.

Algunos fabricantes de chapas metálicas creen que una capa de separación permite disminuir la contaminación acústica – especialmente el efecto “tambor” de la lluvia torrencial o del granizo. Dicha capa no es necesaria cuando se utiliza el sistema de chapas metálicas FOAMGLAS®, especialmente cuando la lluvia persistente o el granizo son esporádicos; además, la instalación de una capa de separación por este motivo representa un coste elevado.

Al contrario que los materiales aislantes que se asientan, la elevada resistencia a la compresión de FOAMGLAS® constituye un soporte ideal para las chapas metálicas que no se deforman o dañan cuando se camina por encima.

Foto 1



Foto 2



Foto 1: Instalación de una losa estructurada no laminada (Enkamat), como capa de separación por debajo del revestimiento metálico de titanio-cinc sin protección anti-corrosiva, del fabricante Rheinzink por ejemplo.

Foto 2: Instalación de una membrana geotextil como capa de separación por debajo del revestimiento metálico de titanio-cinc con protección anti-corrosión, del fabricante VM Zinc por ejemplo.



# I. CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS® CON CHAPAS DE TITANIO-CINC

CHAPAS METÁLICAS

## ESTUDIO DE CASO 1 PABELLÓN DE EXPOSICIONES MULTIFUNCIONAL CON PISTA DE HIELO.

Entablado de madera, placas T4 FOAMGLAS®, placas de fijación y chapas – VM Zinc Quartz +



### PROYECTO:

**Nueva construcción  
Pabellón de exposiciones  
multifuncional con pista  
de hielo  
Messestrasse 4  
A – 6854 Dornbirn**

### PROMOTOR:

**Dornbirner Messe GmbH**

### ARQUITECTO Y SUPERVISOR

#### DE OBRA:

**ARGE, Ing.  
Leopold Kaufmann  
KAUFMANN 96 GmbH,  
Ing. O.L. Kaufmann  
BAUMEISTER  
J. KAUFMANN  
Järgergasse, 4  
A – 6850 Dornbirn**

### CÁLCULO DE ESTRUCTURAS:

**Büro RÜSCH, DIEM u.  
PARTNER  
BÜRO MOOSBRUGGER,  
Martin  
(fundaciones de  
hormigón)**

### CONTRATISTA FOAMGLAS®:

**Schwendinger &  
Fink GmbH  
Inselstr. 19  
A – 6922 Wolfurt**

### ESPESOR DEL AISLAMIENTO:

**140 mm**

### CONTRATISTA VM ZINC:

**ERO – LEGEN – KRÖLL  
BONYSAK Spenglerei –  
Järgergasse 5  
A – 6900 Bregenz**

Este pabellón multifuncional de Dornbirn ha convencido al público y los profesionales no solamente desde el punto de vista estético sino que además presenta un concepto de economía de energía muy sofisticado. Por ejemplo, el calor que produce el funcionamiento de la pista de hielo se recupera para calentar otras zonas del pabellón.

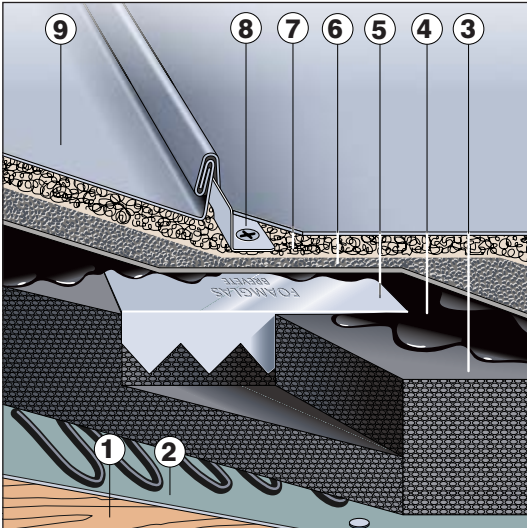
La “espinas dorsal” tecnológica de la estructura de la cubierta es el aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® ligado de manera compacta a una estructura de madera. El aislamiento protege la madera de la humedad y ofrece un soporte sin deformación para las chapas en cinc. Una de las características de FOAMGLAS® es que se puede utilizar fácilmente para crear todo tipo de formas de cubiertas cualquiera que sea su curvatura.

### Concepto

Se trata de un edificio multifuncional que acoge tanto el patinaje sobre hielo como otras actividades no relacionadas con el hielo de septiembre a marzo. En la temporada de patinaje sobre hielo, a las gradas con espacio para 3600 personas se añade un espacio adicional para acoger 1000 personas más de pie.

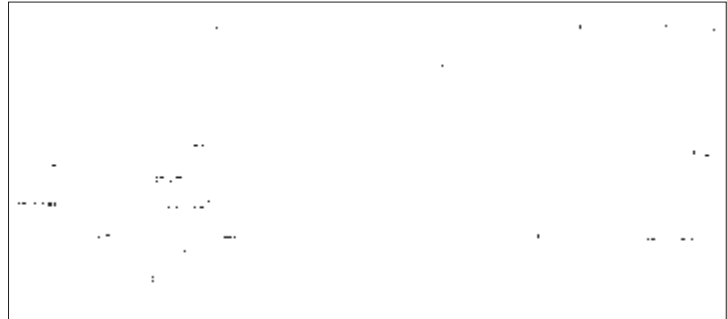
En verano, se retira el hielo y la zona se utiliza para exposiciones, ferias, conciertos, etc. Según las necesidades, se puede alojar a 3000 personas más.

# Instalación

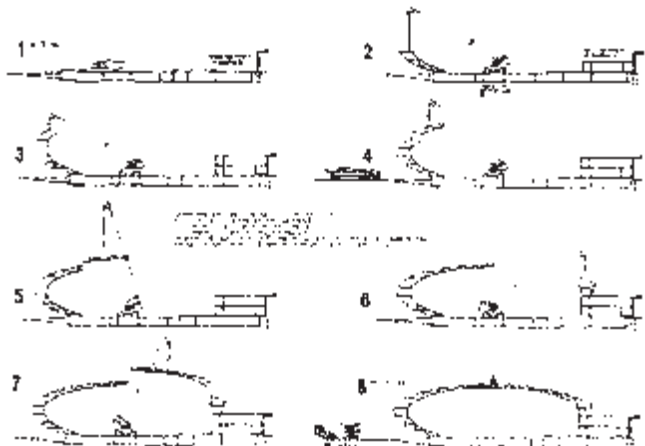


## Ensamblado de la cubierta

- 1 Entablado de madera tipo multibox con absorción acústica
- 2 Membrana bituminosa autoadherente, por ejemplo Vedag SU Vedatop, clavada en el soporte de madera con 10 cm de solapamiento
- 3 Placas T4 FOAMGLAS®, con espesor de 140 mm, totalmente ligadas con betún caliente 115/35 al soporte con juntas rellenas de betún
- 4 Revestimiento de betún sobre el aislamiento FOAMGLAS®
- 5 Placas de fijación PC® galvanizadas colocadas siguiendo una cuadrícula previamente marcada. El revestimiento bituminoso situado debajo de las placas se calienta con una antorcha y las placas de fijación se aprietan contra la capa de aislamiento (cantidad de placas necesarias: 10/m<sup>2</sup> en las esquinas, 6/m<sup>2</sup> en los perímetros y 4/m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta)
- 6 Membrana de impermeabilización monocapa (por ejemplo: Plastovill P-4), aplicada con antorcha sobre el revestimiento de betún
- 7 Capa de separación, membrana geotextil 150 g/m<sup>2</sup>
- 8 Sujeción de las patas de fijación y deslizamiento a las placas galvanizadas con tornillos especiales (o remaches ciegos)
- 9 Chapas VM Zinc Quartz +



## FASES DE INSTALACIÓN



MESSE MEHRZWECKHALLE DORNBIERN ARGE D.I. Leopold Kaufmann/KAUFMANN 96 GmbH Dornbirn  
AUSCHREIBUNG KONSTRUKTION 15.12.97

## DATOS TÉCNICOS

- Coste total de construcción:** 150 millones ATS
- Espacio interior:** Alas 11.000 m<sup>3</sup>, pista de hielo 64.000 m<sup>3</sup>
- División de los espacios:** Pista de hielo 30/60 m: pista de patinaje, 8 vestuarios  
Garaje subterráneo para 160 vehículos  
Vestíbulo con las instalaciones de producción de hielo  
2 zonas de reserva en la planta superior
- Características principales:** 8.000 m<sup>3</sup> de hormigón  
900 toneladas de acero  
900 m<sup>3</sup> de madera





## Calefacción y eficacia térmica

El pabellón se calienta mediante una caldera de gas y un quemador. Además, también se han instalado pilas de energía abastecidas por una bomba de calor.

Todo el funcionamiento del pabellón incluye tecnología vanguardista de la que forma parte el sistema de aislamiento FOAMGLAS® que permite optimizar el rendimiento térmico y ahorrar energía.

## Las dimensiones FOAMGLAS® adecuadas para cubiertas abovedadas

Las placas FOAMGLAS® son idóneas para cubiertas abovedadas o con formas especiales dado que se pueden adaptar a condiciones específicas. Ver en la página 85 la información detallada sobre cubiertas abovedadas, radios y subestructuras adecuadas.



Con la ayuda de una grúa móvil se instalan jácenas de acero gigantes que forman la enorme estructura del pabellón que se construyó en tan solo un año. Se caracteriza por una estructura de madera de grandes dimensiones colocada sobre un esqueleto metálico triangular y recubierta por chapas de cinc.





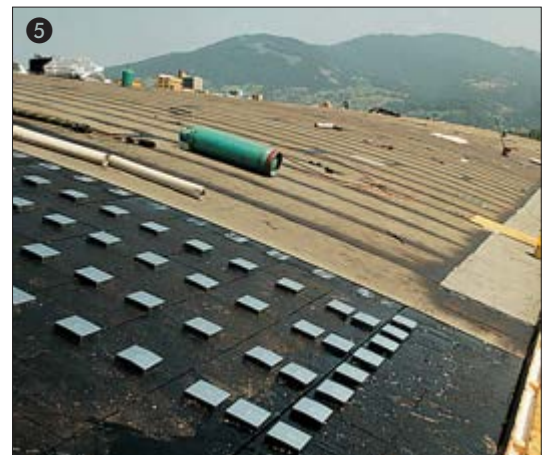
# Ligamiento de las placas FOAMGLAS<sup>®</sup>, colocación de las pla- cas de fijación PC<sup>®</sup> e instalación de las chapas VM Zinc Quartz+

- 1 La membrana bituminosa autoadherente se clava al entablado de madera y se aplican las placas T4 FOAMGLAS<sup>®</sup> de 140 mm de grosor bañadas en betún caliente.
- 2 Se recomienda aplicar un revestimiento de betún caliente tan pronto como se haya instalado el aislamiento en una sección de la cubierta.



- 3 Las placas de fijación PC<sup>®</sup> (galvanizadas en este caso) se colocan sobre una cuadrícula predeterminada trazada de acuerdo con la forma de la cubierta y la carga del viento. La cuadrícula se marca con tiza sobre la superficie superior del aislamiento.
- 4 Al calentar el revestimiento de betún situado debajo de la placa dentellada, esta placa se puede hincar en el aislamiento en vidrio celular con un mazo. El betún licuado debajo de la placa es el que proporciona un ligamiento perfecto y una adherencia total, y por lo tanto una elevada resistencia a la separación.
- 5 Por lo general, en los **edificios de hasta 20 m de altura**, es suficiente colocar cuatro placas de fijación por m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta, 6 por m<sup>2</sup> en los perímetros y 10 por m<sup>2</sup> en las esquinas. Esto es suficiente para garantizar que las cargas de viento y el peso de la chapa metálica se transmitan a través del FOAMGLAS<sup>®</sup> a la estructura de soporte.

Para **edificios de entre 20 y 100 m de altura**, la cantidad de puntos de fijación debe aumentarse en los perímetros y esquinas hasta 8/m<sup>2</sup> y 13/m<sup>2</sup>



respectivamente – ver también p. 26. Debido a la alta densidad de fijaciones en las esquinas, se debe estudiar cada proyecto para decidir si se necesitan fijaciones perforadas adicionales entre el revestimiento y el soporte en las esquinas para resistir cargas de viento específicas.

Los valores de prueba utilizados para la resistencia al viento de FOAMGLAS® corresponden a DIN 1055, con factores de seguridad para sistemas ligados que corresponden a DIN 18531.

**Los certificados de MPA Dortmund así como los resultados de las pruebas de CSTC/CSTB están disponibles a petición.**

La prueba en condiciones reales descrita en la página 25 confirma que las cubiertas metálicas FOAMGLAS® son completamente fiables en la práctica.

Como se puede ver en la foto 5, las placas de fijación PC® se colocan más juntas en los perímetros.

6 En este caso, se instala una membrana de impermeabilización bituminosa aplicada con

antorcha P-4 Plastovill monocapa y para terminar, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de revestimientos metálicos, se coloca una membrana geotextil a modo de capa de separación debajo de las chapas.

7 Aquí las chapas son VM Zinc Quartz+ tratadas especialmente para eliminar la corrosión producida por herrumbre blanca. Generalmente, se pueden colocar chapas metálicas sin auto-soporte de hasta  $\leq 10$  m de longitud. Se utiliza una máquina de juntas eléctrica para encrespar las juntas y tornillos especiales para sujetar tanto los clips fijos como deslizantes a las placas de fijación dentelladas y galvanizadas.

8+9 Cuando se utiliza una capa geotextil sobre una membrana de impermeabilización, los bordes de las placas dentelladas no estarán visibles para poder sujetar los cabestros. Para ubicar las placas, conviene utilizar una ruedecilla metálica que lleve marcada la ubicación de las placas; también se pueden ubicar las placas golpeando ligeramente con un martillo.

El concepto de cubierta FOAMGLAS® es totalmente estanco al aire y al vapor, y su diseño es conforme a todas las directivas profesionales referentes a la instalación de chapas metálicas. Este punto está especialmente relacionado con la estanqueidad al aire puesto que se trata de evitar la entrada de vapor de agua bajo el revestimiento metálico.



# Nuevas chapas en titanio-cinc – un proyecto de rehabilitación con FOAMGLAS®

CHAPAS METÁLICAS

## ESTUDIO DE CASO ② CENTRO DE RELAJACIÓN ACUÁTICA, CIUDAD DE LUXEMBURGO.



*Con los balnearios y los baños termales, todos los elementos de construcción están sujetos a exigencias físicas especialmente severas. El elegante balneario de la ciudad de Luxemburgo tenía una cubierta ventilada que se rehabilitó por primera vez hace 8 años. Recientemente, la cubierta con revestimiento de cinc ha sido transformada en un sistema de chapas metálicas sin ventilación FOAMGLAS®.*

Después de ocho años escasos de vida, tuvieron que rehabilitar por completo 1000 m<sup>2</sup> de cubierta. Se trataba de una cubierta de cinc con ventilación y una barrera de vapor así como aislamiento en lana mineral.

Los fallos de la barrera de vapor y los puentes térmicos permitieron que el aire y el vapor de agua se introdujeran



en la estructura. En muy poco tiempo, surgieron problemas provocados por la humedad. Cuando se alcanzaba la temperatura de rocío, la condensación goteaba y dejaba manchas de agua en el techo suspendido interior.

El aislamiento en lana mineral estaba expuesto constantemente a la humedad; por consiguiente, no se pudo mantener la protección térmica ni el coste excesivo del consumo de energía. Desmontar la cubierta para retirar las capas dañadas, incluidos el aislamiento y los soportes, fue muy costoso.

La ingeniería Gehl Jacoby & Partners se encargó de supervisar los trabajos de planificación y construcción, realizando los trabajos de rehabilitación el contratista Toi-



tures Artesanales. Secolux S.A. realizó las inspecciones y dio el visto bueno.

Una de las exigencias del proyecto era garantizar que el balneario permanecería abierto durante todo el proceso de rehabilitación. Para no tener que interrumpir el trabajo

durante el mal tiempo, se cubrió por completo la zona de obras. El coste de los andamios, la protección y la retirada de escombros permitió recordar lo importante que es tomar las decisiones adecuadas desde un principio.

Quedo demostrado nuevamente que un sistema de cubierta ventilada había fracasado en muy poco tiempo.



(Construcción: vigas de soporte, entablado de madera, barrera de aire / vapor, aislamiento en fibra mineral con espacio de ventilación, entablado de madera sobre cabios con membrana de impermeabilización y chapas de cinc).

Para conseguir una rehabilitación con una eficacia total, los arquitectos y el cliente optaron por el sistema FOAMGLAS® de chapas metálicas que dispone, a modo de base, de una cubierta compacta FOAMGLAS® adherida en caliente en la que el propio vidrio celular constituye la barrera de vapor. Esta característica permite eliminar desde el principio los problemas provocados por la humedad debajo de las chapas metálicas.



La innovadora cubierta compacta FOAMGLAS® con chapas metálicas presenta importantes ventajas de construcción y garantiza el funcionamiento rentable del edificio a largo plazo, a pesar de tener unas condiciones de uso muy exigentes. Los costes de mantenimiento también quedan reducidos al mínimo.

# Proyectos tradicionales y obras singulares de chapas de cinc sobre cubiertas compactas FOAMGLAS®

## CON EL SISTEMA **COMPACT FIXING**

**Aeropuerto Roissy Charles-de-Gaulle  
París (Francia)**

**FOAMGLAS® sobre soporte de acero  
con chapas VM Zinc**

ARQUITECTO: PAUL ANDREU, PARIS



**Fábrica Louis Vuitton con chapas de  
zinc con pátina azul  
Sainte Florence (85), Vendée (Francia)**



**Piscina L'Arbre Sec,  
Auxerre (Francia)**

ARQUITECTOS: CARDUNER & ASSOCIÉS, PARIS



**Compañía de seguros Neubrandenburg  
Provincial (Alemania)**

INGENIERÍA: ARCHITEKTURBÜRO WgK, WUNSCH,  
GLEICHMANN, KRÜGER EN HAMBURGO



**Energie Forum Innovation  
Bad Oeynhausen (Alemania)**

ARQUITECTOS DEL DISEÑO: FRANK O. GEHRY &  
ASSOCIATES – LOS ÁNGELES, CALIFORNIA





**Museo Jean Tinguely,  
Friburgo (Suiza)**

ARQUITECTO: JEAN-CLAUDE SAUTEREL  
FRIBURGO



**Escuela primaria en Bettembourg (Gran  
Ducado de Luxemburgo)**

ARQUITECTO: EVEN, LUXEMBURGO



**Escuela Europea de Bruselas (Bélgica)  
Pabellón de deportes**



**Convento Onze Lieve Vrouwen 7 Weeën,  
Ruislede (Bélgica)**



**Museo SMAK de Arte Moderno,  
Gant (Bélgica)**

**FOAMGLAS®**

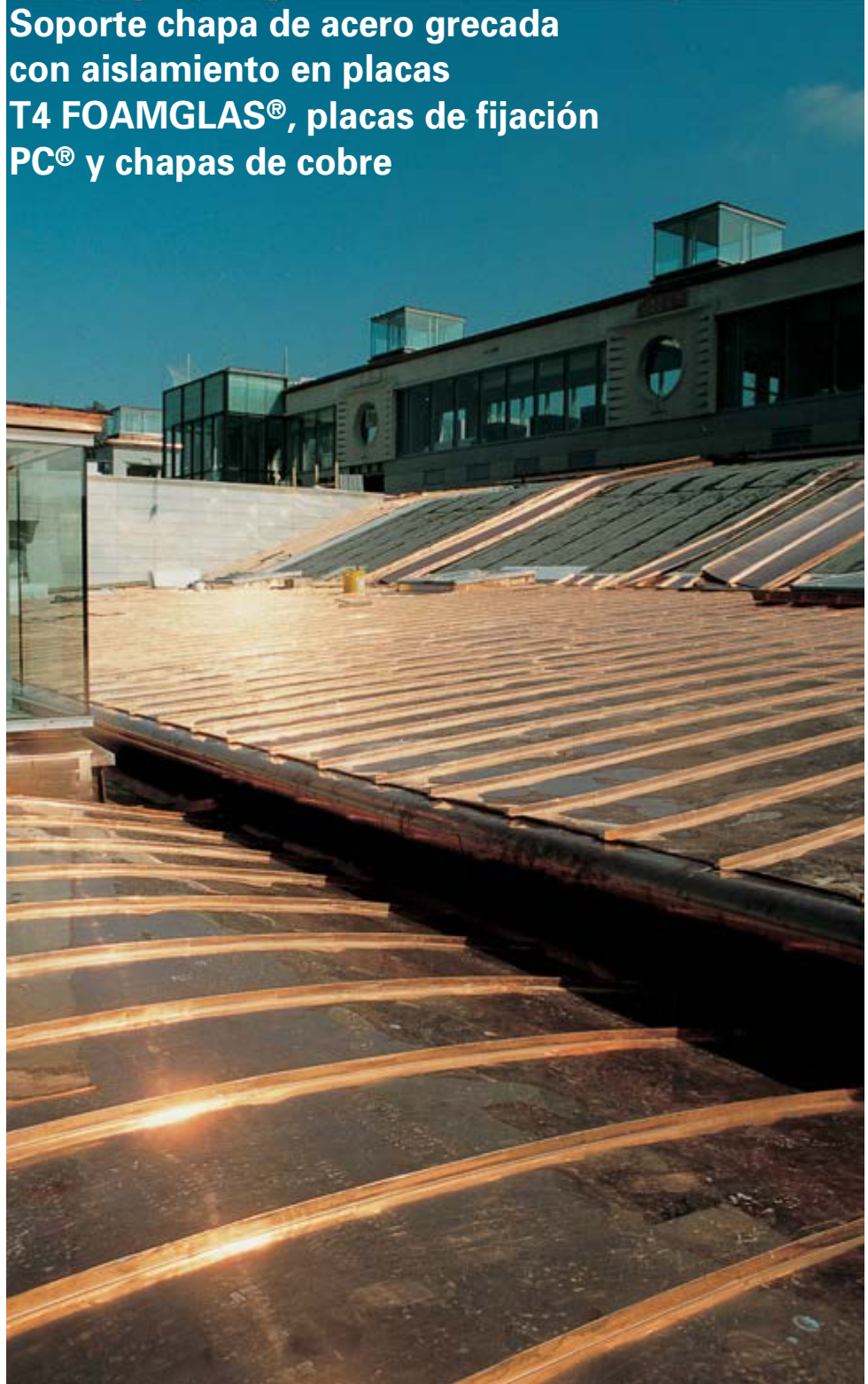
EL AISLAMIENTO PARA TODOS LOS REVESTIMIENTOS METÁLICOS

## II. CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS® CON CHAPAS DE COBRE

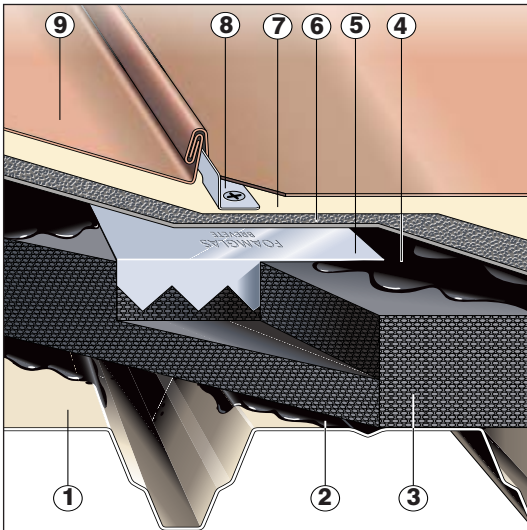
ESTUDIO DE CASO ③

Soporte chapa de acero grecada  
con aislamiento en placas  
T4 FOAMGLAS®, placas de fijación  
PC® y chapas de cobre

BAÑOS TERMALES  
CHEVALLEY,  
AIX-LES-BAINS  
(FRANCIA).



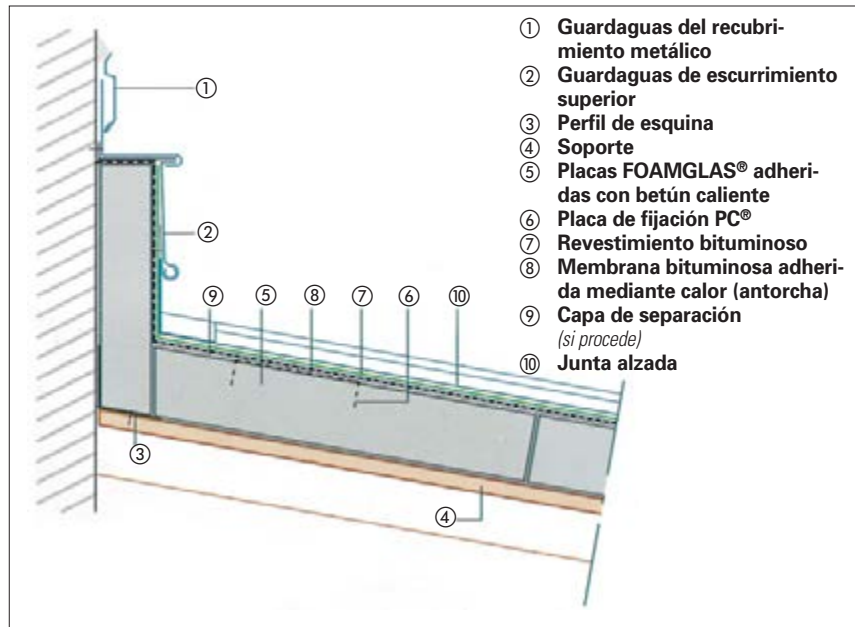
**PROYECTO:**  
Thermes Chevalley  
F - Aix-les-Bains  
**PROMOTOR:**  
Les Thermes Nationaux  
**CONTRATISTA FOAMGLAS®:**  
Antonangeli  
F - Lyon  
**AISLAMIENTO Y ESPESOR:**  
Placas T4 FOAMGLAS®,  
80 mm  
**CONSTRUCCIÓN:**  
1998 y 1999



El ensamblado de la cubierta

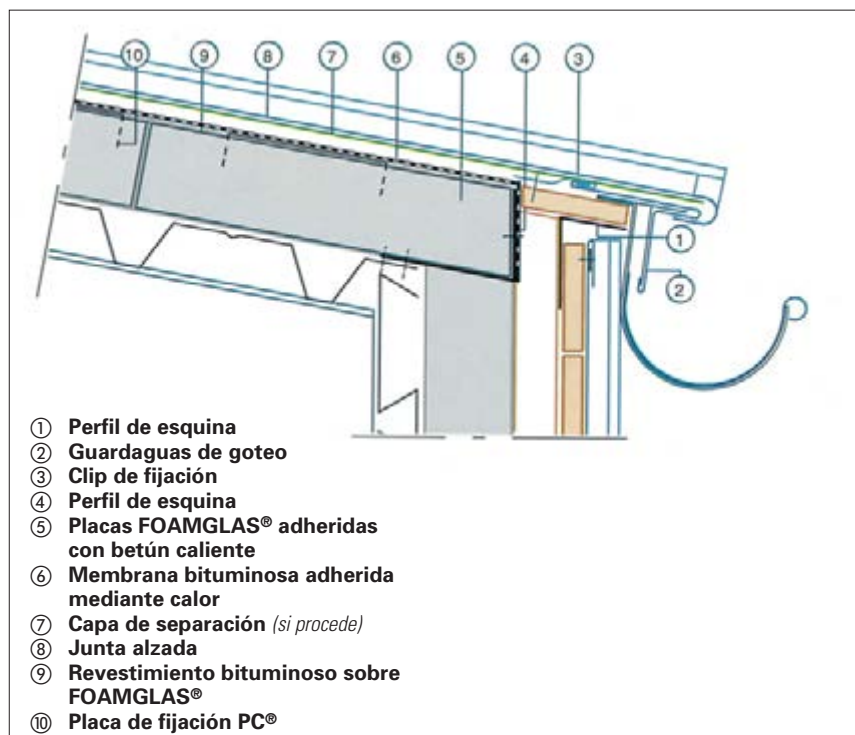
- 1 Soporte: chapa de acero grecada (steel deck)
- 2 Imprimación bituminosa sobre las crestas
- 3 Placas T4 FOAMGLAS® con espesor de 80 mm y adheridas con betún caliente al soporte con juntas rellenas de betún
- 4 Revestimiento bituminoso (betún en caliente) sobre el aislamiento FOAMGLAS®
- 5 Placas de fijación PC® (*acero galvanizado, cobre o acero galvanizado; aquí en acero*) colocadas en las ubicaciones previamente marcadas. Calentar el revestimiento bituminoso situado debajo de las placas con el soplete e hincar las placas de fijación en la capa de aislamiento. Cantidad de placas necesarias: 10/m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta, 6/m<sup>2</sup> en los perímetros y 4/m<sup>2</sup> en las esquinas
- 6 Membrana de impermeabilización aplicada con soplete sobre el revestimiento bituminoso
- 7 Membrana geotextil a modo de capa de separación, si lo requiere el fabricante de las chapas metálicas
- 8 Sujeción de los clip de fijación y deslizantes a las placas de fijación PC® con tornillos especiales (o remaches ciegos)
- 9 Chapa de cobre de junta alzada

Detalle de la unión a la pared



- 1 Guardaguas del recubrimiento metálico
- 2 Guardaguas de escurrimiento superior
- 3 Perfil de esquina
- 4 Soporte
- 5 Placas FOAMGLAS® adheridas con betún caliente
- 6 Placa de fijación PC®
- 7 Revestimiento bituminoso
- 8 Membrana bituminosa adherida mediante calor (antorcha)
- 9 Capa de separación (*si procede*)
- 10 Junta alzada

Detalle del perímetro de la cubierta con canalón



- 1 Perfil de esquina
- 2 Guardaguas de goteo
- 3 Clip de fijación
- 4 Perfil de esquina
- 5 Placas FOAMGLAS® adheridas con betún caliente
- 6 Membrana bituminosa adherida mediante calor
- 7 Capa de separación (*si procede*)
- 8 Junta alzada
- 9 Revestimiento bituminoso sobre FOAMGLAS®
- 10 Placa de fijación PC®



# BAÑOS TERMALES CHEVALLEY



Vista de la parte inferior de la cubierta. La forma de la cubierta depende de las vigas de madera sobre las que se coloca el soporte de acero.

El balneario Chevalley en construcción. Fue un proyecto importante y complejo, y el contratista de la cubierta participó activamente en el diseño de la cubierta.



Sección de la cubierta aislada con placas FOAMGLAS®. Las placas de aislamiento se ligaron al soporte de acero utilizando betún caliente y juntas escalonadas rellenas de betún. Posteriormente, un revestimiento de betún –aplicado a la cubierta sección por sección– sella toda la superficie FOAMGLAS®.



**E**l cobre está disponible de varias formas y para el techado las más comunes son las bobinas y las bandejas.

El acabado natural del cobre es brillante o color rojo dorado y se puede conseguir precurtido. De esta forma o con curtido natural según su ubicación, presenta unos tonos que normalmente van del marrón mate al antracita, sobre los cuales se

forma una pátina verde con el paso del tiempo. Las bandejas de cobre prepatinadas también están disponibles en verde claro o incluso revestidas de estaño.

Cuando se aplican chapas metálicas a cubiertas abovedadas de menos de 10 m de radio o sobre otras cubiertas con formas especiales, se debe tomar en cuenta la curvatura previa en fábrica.



Las placas de fijación PC® se colocan sobre la capa de aislamiento revestida de betún siguiendo una cuadrícula que el arquitecto ha proporcionado previamente, tomando en cuenta la carga de viento prevista y la altura del edificio (ver página 28).

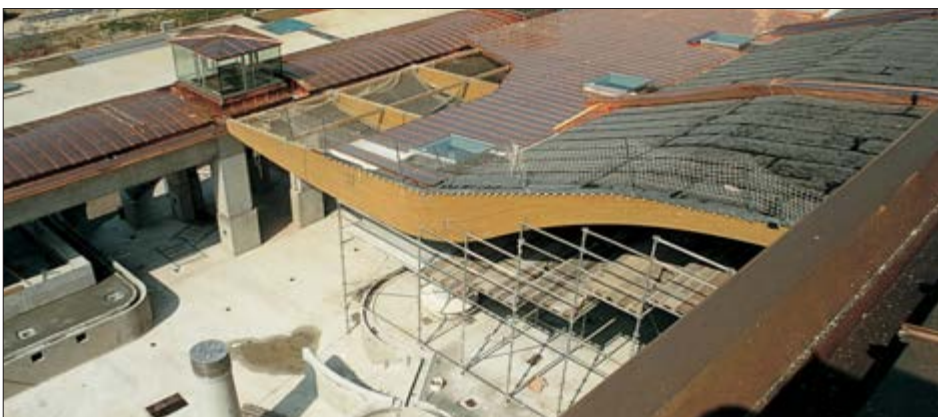
La cuadrícula se dibuja sobre la capa de aislamiento FOAMGLAS® revestida de betún con una tiza. Las placas de fijación PC® se hincan en la capa de aislamiento mediante un mazo calentando simultáneamente el revestimiento bituminoso en la parte inferior con una antorcha; así, las placas quedan totalmente adheridas a la capa de aislamiento revestida de betún.



Una lámina bituminosa monocapa adherida permite la impermeabilización. Entonces, las chapas de cobre que se perfilan in situ se sujetan mediante abrazaderas a las placas de fijación FOAMGLAS®.

En este proyecto, bajo las chapas/láminas de cobre se coloca una membrana geotextil adicional como capa de separación, siguiendo las recomendaciones del fabricante de cobre.

Al mismo tiempo que se instalan las láminas de cobre, se desenrolla la membrana geotextil que es ligeramente más ancha. Este alero reducido presenta la ventaja de no dañar la capa de separación con el tráfico de la obra. Una membrana geotextil colocada debajo de las chapas de cobre puede compensar los posibles desniveles de la superficie de impermeabilización.



# Elementos de cubierta prefabricados con aislamiento térmico FOAMGLAS® y chapas de cobre

## ESTUDIO DE CASO 4

## MICROPOLIS, LA CITÉ DES SCIENCES EN ST. LÉONS, (FRANCIA)

### PROMOTOR:

Micropolis®  
La Cité des Insectes  
43, rue Béteille  
F – 12000 RODEZ  
Tel.: 33 (05) 65 73 01 15  
Fax: 33 (05) 65 73 01 19

### ARQUITECTO:

Bureau DECARIS  
F – PARIS (75)

### EMPRESA CONSTRUCTORA:

Entreprise Fourquet  
F – Pérouges (01)

### ASESOR TÉCNICO:

Pittsburgh Corning  
Francia – Rhône-Alpes  
Michel Luxembourger  
5, rue Saarinen, SILIC 125  
F – 94523 RUNGIS CEDEX  
Tel.: 33 (01) 56 73 70 00  
Fax: 33 (01) 56 73 70 01

### AISLAMIENTO:

Placas T4 FOAMGLAS®  
sobre entablado de  
madera;  
135 elementos de  
cubiertas separados con  
chapas metálicas de cobre  
sujetadas con placas de  
fijación PC®.

### SUPERFICIE: 2400 m<sup>2</sup>

### CONSTRUCCIÓN:

Terminada en la primavera  
de 2000



La fachada de cristal se ha construido para reproducir el ojo compuesto de un insecto y guía al visitante de la claridad a la oscuridad. Cuando se mira del interior hacia el exterior, el pueblo de Saint-Léons se ve en sus múltiples facetas.

FOAMGLAS® proporciona una protección térmica segura para los elementos de la cubierta revestidos de cobre cuya colocación recuerda el diseño de una flor.



## Utilización de luz y colores

Micropolis es un nuevo museo de estudio de la naturaleza único en Europa y construido en los parajes de montaña y lago de Lévézou, al noroeste de Montpellier, en el pueblo de St. Léons (Aveyron, Francia).

El arquitecto ha diseñado un edificio magnífico que se integra en el entorno natural. Sus formas, los materiales y colores seleccionados dibujan un trazado que serpentea por las colinas como si se tratase de un gusano. El revestimiento de cobre reluce como la espalda de un insecto y

con el tiempo pasará del rojo brillante al verde claro.

La superficie dedicada a exposiciones es de 2.400 m<sup>2</sup> e incluye 11 salas de muestras permanentes, numerosas exposiciones en vivo y modelos de gran tamaño que invitan a los visitantes a un recorrido por el microcosmo del mundo de los insectos.

Formas y tamaños sorprendentes, materiales inhabituales, la pared ventana en forma de "ojo compuesto" para capturar los cambios de luz, todos estos elementos se combinan para ofrecer una experiencia perceptiva y sensorial inhabitual.

## Aislamiento térmico FOAMGLAS® para una nueva dimensión en arquitectura

La cubierta está compuesta por 135 elementos individuales que representan un diseño floral. Cada sección del entablado de madera fue aislada con aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® y revestida con chapas de cobre utilizando placas de fijación PC®. Todos los elementos de la cubierta fueron fabricados especialmente y transportados hasta su destino por avión.



Secciones de cubierta prefabricadas parecidas a flores, con aislamiento térmico FOAMGLAS® y cubierta con chapas de cobre.



# Rehabilitación de la cubierta de una piscina interior utilizando una cubierta nueva con chapas de cobre

## ESTUDIO DE CASO ⑤ VITUSBAD EN EVERSWINKEL (ALEMANIA)

Se ha instalado una cubierta compacta FOAMGLAS® nueva con chapas de cobre, después del fracaso de rehabilitaciones anteriores

Este artículo fue publicado en primer lugar por la prensa especializada de los fabricantes de cubiertas alemanes "Der Dachdecker Meister" y está disponible como separata en Deutsche Pittsburgh Corning.



### Construcción de cubierta ventilada víctima de un deterioro prematuro

En el centro del magnífico parque de la zona de SE Münster se encuentra el pueblo de Everswinkel. Su atractivo más especial es el complejo deportivo Vitus-Bad con su interesante concepto arquitectónico y su estructura imponente. Su construcción en pirámide fue acabada en 1982.

El arquitecto del proyecto optó por un sistema ventilado para la cubierta del edificio principal en forma de pentágono. Su inclinación es de 30° y lleva un aislamiento en lana mineral de 10 cm de espesor. La piscina tiene una estructura de vigas laminadas y en la galería se halla la sauna. La cubierta dispone de ventanas abuhardilladas en dos zonas sobre las que reposa una cubierta plana. Cinco vigas de apoyo están conectadas a cuatro jácenas laminadas, con cabios cada 2 m.

### Las primeras medidas de rehabilitación tuvieron que tomarse al cabo de tan solo 18 meses

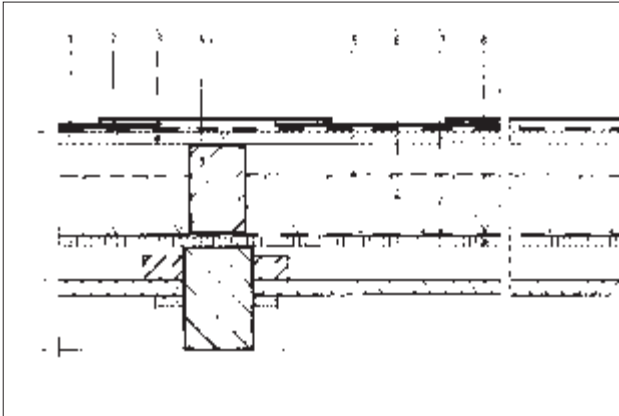
Transcurridos solamente unos meses desde la inauguración oficial del edificio, los daños causados por la humedad en el interior eran visibles.

Al año y medio escaso, en julio de 1984, la cubierta se tuvo que rehabilitar por completo. Cuando se desmontó la cubierta quedó claro que el aislamiento en lana mineral había absorbido grandes cantidades de humedad. Durante el invierno, los puentes térmicos habían helado la condensación y se podía ver desde el exterior. Los cabios habían permitido que el flujo de aire penetrara en la cubierta por los fustes de ventilación. El aislamiento se había hinchado al llenarse de humedad y había cerrado las aperturas de la cumbrera eliminando así el flujo de aire.

*El deterioro causado era visible y el aislamiento había perdido su eficacia provocando el aumento de los costes de energía.*

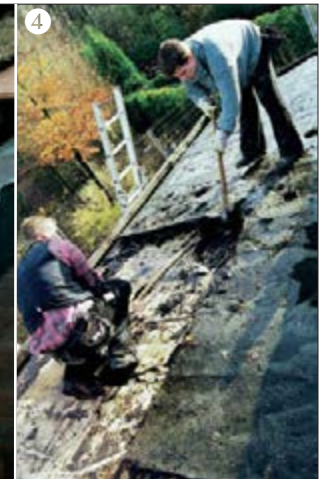
# Deterioro prematuro de la cubierta ventilada

## Sistema de cubierta ventilada



### Ensamblado de la cubierta (antes de la rehabilitación):

- |   |   |        |
|---|---|--------|
| ① | Chillas de betún                              | 4 mm   |
| ② | Fieltro impermeable                           | 4 mm   |
| ③ | Entablado de madera                           | 24 mm  |
| ④ | Cabios 100/160                                | 160 mm |
| ⑤ | Barrera de vapor (solapada)                   |        |
| ⑥ | Aislamiento en lana mineral (Rollisover)      | 100 mm |
| ⑦ | Barrera de vapor en hoja de aluminio laminada |        |
| ⑧ | Tablero de partículas                         | 18 mm  |



### Segunda rehabilitación completa a los tres años

A pesar de la rehabilitación de 1984, se tuvo que volver a empezar al cabo de tres años, en 1987. El deterioro debido a la humedad era de nuevo evidente y estaba relacionado con los defectos de la barrera de vapor formada por una hoja de aluminio laminado. Al retirar el aislamiento, se pudieron ver fácilmente los puentes térmicos en forma de juntas abiertas. Para conseguir una mejor ventilación de la cubierta, se construyeron respiraderos adicionales en la cumbrera, e incluso se llegó a calentar la cubierta posteriormente.

### Siete capas de membrana de impermeabilización no resolvieron el problema

Una rehabilitación regular era todavía necesaria y esta estructura doble de coste elevado requería aún un mantenimiento frecuente sin haber encontrado una solución a largo plazo.



- ① 1) Aislamiento en lana mineral hinchado y empapado de agua debido al bloqueo de la ventilación en el ensamblado de la cubierta original.
- ② 2) En invierno, la condensación helada provocada directamente por un puente térmico se puede ver claramente desde el exterior.
- ③ 3) Inspección de la cubierta.
- ④ 4) Desmontaje de la cubierta plana ubicada sobre la zona abuhardillada.

# Rendimiento y coste son los dos factores decisivos que influyen en la selección de la cubierta compacta FOAMGLAS® para las chapas metálicas

## Rehabilitación total 1995

De las 2 opciones de rehabilitación posibles, la cubierta compacta FOAMGLAS® para las chapas metálicas es una elección evidente por su

- ◆ simplicidad de construcción
- ◆ capacidad de satisfacer las exigencias de rendimiento del edificio

La cubierta compacta FOAMGLAS® para chapas metálicas elimina los puentes térmicos.

En 1995, los daños múltiples eran evidentes. En mayo de 1998, las autoridades de Everswinkel le pidieron al Profesor Estermann que rehabilitara por completo la cubierta. Propuso dos soluciones en las que evaluaba tanto el rendimiento del edificio como el coste:

### SOLUCIÓN 1

#### CUBIERTA VENTILADA CON AISLAMIENTO EN LANA MINERAL DE 200 MM Y UN ENSAMBLADO DE CUBIERTA MUCHO MÁS ELEVADO

◆ La primera opción proponía un sistema ventilado con aislamiento en fibra de vidrio de 200 mm y una barrera de vapor adicional por debajo de la capa de aislamiento. En la construcción original con aislamiento en lana mineral de 100 mm, el efecto de puente térmico era evidente en las zonas donde los cabios estaban apilados. Por ello, en esta opción, la segunda capa de cabios está separada por bloques de madera (10/12 cm) colocados perpendicularmente a la capa y a intervalos de 1 m en vez de apilados. Encima de este sistema de cabios, se pensó en instalar un entablado de madera de 2,4 cm que crease un espacio de ventilación de 100 mm. Este aumento considerable del espacio de ventilación era necesario puesto que la longitud entre los aleros y la zona abuhardillada era superior a 20 m.

### SOLUCIÓN 2

#### CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS® CON CHAPAS METÁLICAS Y UNA ALTURA REDUCIDA

◆ Una cubierta compacta FOAMGLAS® sobre un entablado de madera con un aislamiento FOAMGLAS® adherido con betún en caliente y placas de fijación en acero inoxidable es una solución de alta integridad para las chapas metálicas que no produce puentes térmicos.

## Los expertos evalúan los criterios de rendimiento de ambas soluciones

Ambas opciones fueron analizadas sucesivamente por el Profesor D. Klopfer (catedrático de Física de la construcción, Universidad de Dortmund). He aquí sus conclusiones.

La humedad del edificio es de un 70 % aproximadamente, alcanzando valores máximos de un 95 % con temperaturas en el interior de 30–35 °C.

Estas condiciones condicionan seriamente la instalación de las barreras de vapor en la cubierta. La elevada presión del vapor tiende a crear un equilibrio de presión con la atmósfera exterior. Por lo tanto, cualquier barrera debe ser totalmente estanca al vapor lo cual es virtualmente imposible de conseguir en la práctica pero si no se consigue, el ensamblado está permanentemente expuesto al riesgo de absorción de humedad.

Las reglamentaciones alemanas sobre aislamiento térmico más recientes (WVSO) también deben tomarse en cuenta. **Con el aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS®, se consigue un factor de seguridad del 25 % de acuerdo con dichas reglamentaciones.**

Es interesante apuntar que se consigue este mismo factor con un aislamiento en lana mineral de 200 mm que con un aislamiento en vidrio celular de 160 mm, porque cuando se utiliza lana mineral los cabios colocados a intervalos de 1 m que soportan el entablado de madera creaban un puente térmico. Por lo tanto, el espesor del vidrio celular se puede reducir en 40 mm – un 20 % respecto de la opción con lana mineral.

La evaluación permitió concluir que ambas opciones eran conformes a las reglamentaciones WVSO pero que, en el caso de la lana mineral, se debía tomar en cuenta el problema de los puentes térmicos.

Además, cuando se utiliza este tipo de aislamiento, es necesario instalar una barrera de vapor totalmente estanca por debajo del aislamiento. Por lo tanto, es de gran importancia la ejecución y supervisión de la obra.

Las características especiales de FOAMGLAS® – impermeable al agua, al vapor de agua y al aire – añaden factores de seguridad física adicionales a la construcción.

## Limitaciones de las cubiertas ventiladas

Como lo demuestran los daños que ocurren, hay que aceptar que las cubiertas ventiladas son delicadas, especialmente cuando las condiciones internas son de temperatura y humedad elevadas; por ejemplo, en las piscinas.

Se tenía que encontrar un sistema que permitiese utilizar un revestimiento metálico, resistir la humedad elevada pero al mismo tiempo satisfacer otras exigencias:

- condensación inexistente
- reducción del ruido ambiente mediante un aislamiento acústico adecuado
- optimización de la luz natural
- viabilidad económica – tanto en instalación como en rendimiento
- estanqueidad absoluta al aire.

## Evaluación de la rentabilidad de la inversión

Cuando se especifican los métodos y los materiales de construcción, es necesario mirar más allá de los aspectos económicos de la construcción original. Se deben tomar en consideración los costes operativos, especialmente los relacionados con una durabilidad larga y unos costes de mantenimiento o de reparación reducidos. El sistema más económico será siempre aquel que garantice la mayor durabilidad sin mantenimiento.

## Los costes de construcción reflejan una diferencia insignificante

Se presupuestaron las opciones simples o dobles tomando en cuenta lo siguiente:

- Retirada y eliminación de los materiales
- Retirada y nuevo montaje de la estructura de madera
- Aislamiento y revestimiento.

Las comparaciones se realizaron con dos tipos de acabado: láminas Eternit plastificadas y placas de cobre (30/60 cm). Sorprendentemente, el coste total por m<sup>2</sup> de revestimiento Eternit casi duplicaba el del cobre. Las bandejas de formato más reducido y los consiguientes aumentos de los costes laborales fueron factores determinantes.

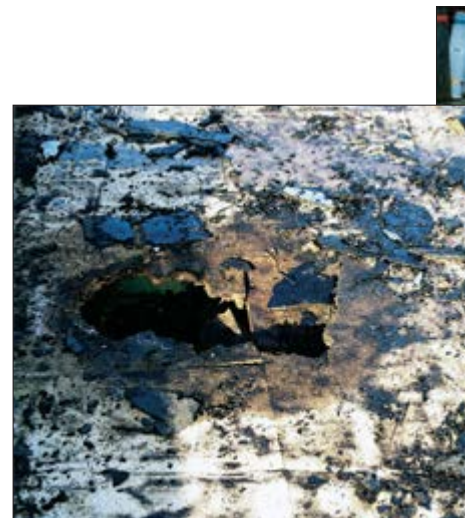
En su conjunto, el sistema de cubierta compacta FOAMGLAS® era más económico que el sistema ventilado que utiliza lana mineral.

**Cuando se comparan costes para proyectos similares, dadas las condiciones específicas de cada proyecto, el sistema de chapas metálicas con FOAMGLAS® tiene más a menudo el mismo coste o un coste menor al de los sistemas ventilados. En referencia al proyecto "Jet Center, Ostende", los precios propuestos para una cubierta metálica ventilada resultaron ser un 25 % más caros que los de un sistema de cubierta compacta FOAMGLAS® con chapas de cobre. La información adicional sobre estas cifras está disponible a petición.**

Tomando en consideración los siguientes parámetros:

- ▲ costes de construcción
- ▲ costes de funcionamiento
- ▲ durabilidad global del edificio
- ▲ costes de mantenimiento /reparación

**Queda claro que una durabilidad a largo plazo sin costes de mantenimiento es un factor determinante en la evaluación de la rentabilidad de la inversión en edificios.**



Al abrir la cubierta, era evidente que la humedad había podrido el entablado de madera de tal manera que corría peligro de derrumbarse. Los soportes cedieron por la presión de los pasos y se tuvo que desmontar el ensamblado de la cubierta con mucha precaución.

Las autoridades locales decidieron por unanimidad optar por el sistema de cubierta compacta FOAMGLAS® con acabado de chapa metálica abrumados por el coste excesivo de las reparaciones.



# Rehabilitación del ensamblado completo de la cubierta con chapas metálicas aislada con FOAMGLAS®

Además de las placas de fijación PC®, en algunos países existen PANELES FOAMGLAS® especiales con perfiles de acero en "U". Estos sirven de interfaz para la fijación de todo tipo de revestimiento metálico y para aplicaciones específicas.



Los perfiles en "U" se insertan in situ en ranuras precortadas en la superficie de FOAMGLAS® READYBOARD. Antes de insertar los perfiles en "U", se calienta mediante calor con un soplete la superficie impregnada de betún del FOAMGLAS® READYBOARD. Al insertar y ligar los perfiles en "U" a los PANELES, el revestimiento bituminoso de la parte inferior de los perfiles en "U" forma un ligante compacto con la superficie bituminosa derretida del aislamiento.

## Sistema de cubierta metálica con paneles READYBOARD®

Después de desmontar la cubierta completa hasta la estructura de madera portante, fue posible reconstruir una cubierta nueva con un diseño de cubierta compacta FOAMGLAS®. Como es impermeable al agua y al vapor de agua, satisface todos los criterios de construcción.

### El soporte de la cubierta

La primera etapa consistió en colocar un entablado de madera nuevo sobre la cubierta de 1600 m<sup>2</sup>. Para respetar las reglamentaciones técnicas, se clavó una membrana de impermeabilización sobre la madera, con un solapamiento de 10 cm en las juntas.

### Aislamiento con paneles READYBOARD®

Debido a la elevada inclinación de la cubierta, se insertaron los perfiles en "U" cuando los paneles FOAMGLAS® estaban todavía en tierra.

Los paneles preparados se transportaron luego a la cubierta y se adhirieron con adhesivo bituminoso frío y juntas rellenas y escalonadas.

La impermeabilización se realizó con una lámina soldada (con betún), con juntas unidas a tope. Una lámina soldada (con una antorcha), crea un ligante compacto y totalmente adherido entre el aislamiento, los perfiles en "U" y las juntas. El betún derretido de la lámina aplicada en caliente (con antorcha) no

sólo sella las juntas a tope desde la parte superior (garantizando su impermeabilidad total a la difusión) sino que también adhiere mejor los perfiles en "U" al aislamiento.

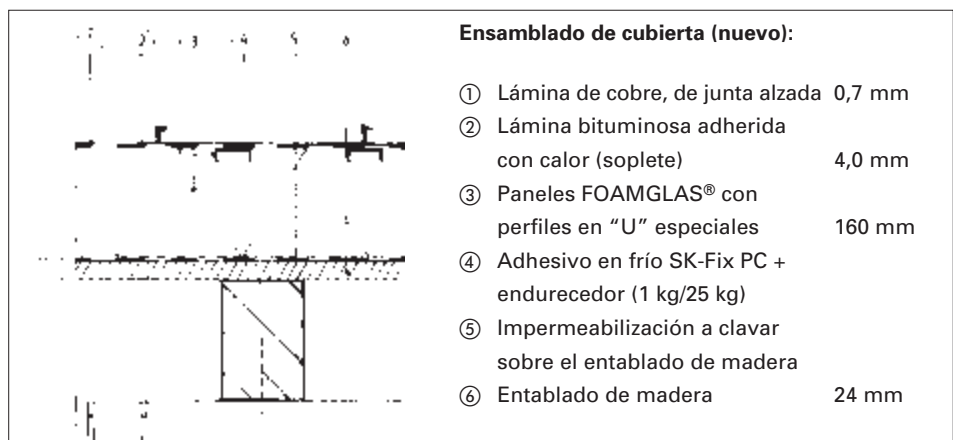
En los bordes laterales perforados del perfil en "U" el betún licuado se liga de manera homogénea con el FOAMGLAS®. Los puentes térmicos se eliminan desde el principio puesto que no es necesario hacer ninguna fijación mecánica con perforación. No se producen problemas de difusión de vapor que podrían provocar la corrosión de los elementos de fijación de los perfiles "U". Lo mismo ocurre con los clip de fijación que sujetan las chapas metálicas.

### Construcción rápida

Cuando la obra transcurre a finales de año y el tiempo puede influir en el trabajo, el sistema rápido FOAMGLAS® BOARD presenta numerosas ventajas. Cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas, el trabajo puede proseguir y el programa no sufre variaciones.

La estructura en vidrio celular cerrada de FOAMGLAS® garantiza que, al contrario que con otros materiales de aislamiento tradicionales, la humedad no es absorbida. Por esta razón, el deterioro por absorción de humedad durante la construcción se elimina desde el principio.

En conclusión, el sistema de cubierta de chapas metálicas con FOAMGLAS® y su rápida instalación garantizan su viabilidad cuando se exige una construcción rentable.



Como lo demuestra este estudio de caso, las cubiertas ventiladas con aislamiento en fibra están sujetas con frecuencia a la absorción de humedad, especialmente a través del aislante. La pérdida de rendimiento térmico necesariamente se produce puesto que el aislamiento en fibra está a menudo expuesto a condiciones climáticas pésimas durante la construcción. Una ventilación inexistente o insuficiente entre el aislamiento y el entablado de madera significa que una vez que se absorbe la humedad, el secado no se produce. A veces, los expertos describen este fenómeno como “el ahogo de los paneles de aislamiento”.

Los diseños de cubierta en cupulino o pirámide presentan problemas de flujo de aire especiales. A menudo el espacio para la entrada de aire es suficiente pero no lo hay para su exfiltración; a consecuencia de ello, los problemas se acumulan. Los cabios ubicados entre los dos tablones de madera inhiben con frecuencia la ventilación cruzada en el sentido horizontal y producen puentes térmicos.

Por el contrario, las cubiertas compactas FOAMGLAS® son seguras, eficaces, simples, de precio competitivo y no producen puentes térmicos. Además, la altura limitada del ensamblado simple simplifica el acabado y las conexiones en las partes verticales y bordes de la cubierta.

La impermeabilidad al agua y al vapor de agua del aislamiento en vidrio celular lo convierte en el único aislamiento de efecto triple:

- protección térmica
- barrera al vapor
- soporte maestro para el revestimiento.

La cubierta compacta es en sí una barrera eficaz contra la difusión del vapor y el flujo de aire. Esto es importante porque un sistema de chapas metálicas fijado por clip de fijación o sobre rastreles no es eficaz contra la lluvia a menos que se tomen medidas adicionales.



**FOAMGLAS®**, la solución de alta integridad para cubiertas compactas con revestimiento metálico

**Un soporte de cubierta nuevo en entablado de madera se instala con una membrana de impermeabilización clavada encima.**

**Los paneles READYBOARD con perfiles en “U” se aplican horizontalmente y se adhiere la membrana de impermeabilización con un adhesivo bituminoso (frío).**

**En una sección de la cubierta, el aislamiento FOAMGLAS® ya está impermeabilizado por una lámina bituminosa aplicada mediante calor. En la sección de cubierta adyacente, se ha iniciado la instalación de las chapas de cobre.**

Con el sistema FOAMGLAS®, no hay que preocuparse por la ventilación o por saber si membranas de interposición onerosas o retardadores de vapor permitirán eliminar la humedad absorbida.

FOAMGLAS® detiene por completo la formación de humedad – su estructura de celda cerrada previene la pérdida de calor debido a un cambio en el punto de rocío del nivel de aislamiento.

Otros diseños de cubiertas incluyen fijaciones que perforan las barreras de vapor – los problemas provocados por la difusión y la corrosión son tan reales como los puentes térmicos. No es solamente por estos motivos que la cubierta compacta FOAMGLAS® con chapas metálicas es cada vez más popular.

# Rehabilitación de una cubierta abovedada con placas T4 FOAMGLAS® y un revestimiento de cobre nuevo

## ESTUDIO DE CASO 6

## MERCADO DE PESCADO, OSTENDE (BÉLGICA)

### Seguridad industrial en el trabajo con betún en caliente para la aplicación de FOAMGLAS® sobre cubiertas curvadas muy inclinadas

El ejemplo de la cúpula de hormigón del mercado de pescado de Ostende ilustra perfectamente la manera en que el ligado de FOAMGLAS® con betún caliente a superficies curvadas o muy inclinadas se puede instalar muy fácilmente, siguiendo las normas de seguridad, utilizando una caldera de betún portátil montada en una grúa móvil.

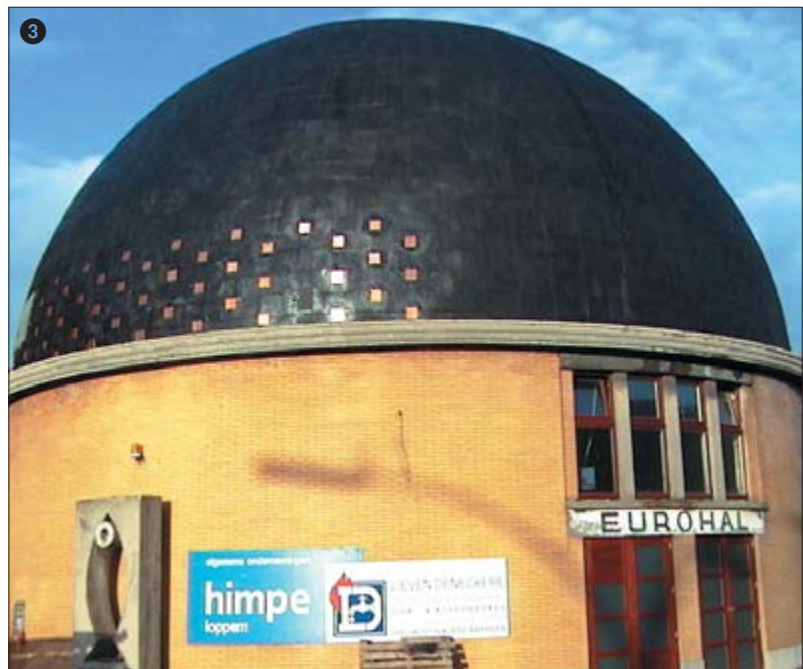
#### NOTA:

Actualmente, se están desarrollando otras soluciones para la adherencia del FOAMGLAS® a superficies curvadas de menor tamaño con un nuevo tipo de adhesivo bituminoso frío. Se espera que puedan ser aprobadas y comercializadas a principios de 2003.

### Dimensiones de las placas FOAMGLAS®

Para conseguir las curvas necesarias, las placas de FOAMGLAS® se pueden adaptar (en esta aplicación, se utiliza el tamaño estándar de 60 x 45 cm).

En la página 74, se puede consultar una información más detallada sobre las dimensiones ideales de las placas según el radio y tipo de soporte. Por lo general, la altura del espacio existente entre la superficie curvada y la parte inferior de la placa de aislamiento, y las juntas en "V", debe ser la menor posible.



Las placas de fijación PC® ofrecen una gran flexibilidad para cualquier forma de cubierta

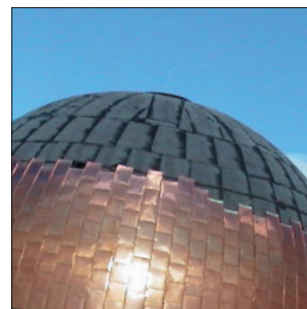
Las placas de fijación FOAMGLAS® que sujetan el revestimiento metálico ofrecen un sistema muy flexible y adecuado para cualquier forma de cubierta.

La bóveda del mercado de pescado de Ostende demuestra la adaptabilidad y las posibilidades técnicas existentes cuando se utiliza FOAMGLAS®.



## Aplicación

- ① Las placas FOAMGLAS® se aplican con betún caliente procedente de una caldera portátil montada sobre una grúa móvil.
- ② Aplicación del embarrado de oxiasfalto/revestimiento de betún para sellar la superficie FOAMGLAS®, también desde la grúa móvil.
- ③ Después, las placas de fijación PC® (de cobre) están adheridas al aislamiento FOAMGLAS® a intervalos regulares e intercalados lo que produce una fijación sin puente térmico. El borde dentellado de las placas debe colocarse paralelamente a los aleros.
- ④ lámina bituminosa de impermeabilización adherida mediante calor juntada a tope, para obtener la impermeabilización. La lámina o membrana debe tener una buena resistencia a las temperaturas elevadas.
- ⑤ Finalmente, el revestimiento de cobre se sujeta a las placas de fijación PC®.



**PROYECTO:** Mercado de pescado • B – 8400 Ostende ■ **PROMOTOR:** VUL • B – 8400 Ostende ■ **ARQUITECTO:** De Lange • B – 8400 Ostende ■ **REHABILITACIÓN DE LA CUBIERTA:** Lieven Deneckere • B – Kortrijk • Tel. 055/21.4745 • Fax: 055/21.47.39 ■ **ASESOR TÉCNICO:** Pittsburgh Corning Europe S.A. • Sede regional Vlaandere Este y Oeste • Frank Vanhove • Tel. 075/79 58 18 ■ **AISLAMIENTO:** Placas T4 FOAMGLAS® T4 (espesor 6 cm) sobre soporte de hormigón con revestimiento de cobre sujetado a las placas de fijación FOAMGLAS® ■ **SUPERFICIE:** 400 m<sup>2</sup> ■ **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** Marzo de 2000

# Proyectos tradicionales e inhabituales con chapas metálicas de cobre sobre una cubierta compacta FOAMGLAS®

## CON SISTEMA **COMPACT FIXING**

### Teatro Municipal, Ciudad de Klagenfurt (Austria)

AMPLIACIÓN TRASERA CON REVESTIMIENTO DE COBRE



### Teatro "Städtische Bühnen", en Dortmund (Alemania)

LA CUBIERTA METÁLICA FOAMGLAS® CON REVESTIMIENTO DE COBRE MÁS ANTIGUA, CON MÁS DE 30 AÑOS



### Catedral "Deutscher Dom", Berlín (Alemania)



### Laboratorio Buckman, Gante (Bélgica)



### Sede central de Jetcenter, Ostende (Bélgica)





**Convento Pradines (Francia)**



**Hospital Bouscat (Francia)**



**Rehabilitación de la piscina del Centre Européen de Rééducation du Sportif (Centro Europeo para la Rehabilitación de Atletas);  
Cap Breton (Francia)**



**Residencia particular (Francia)**



**Complejo residencial de Langgasse,  
Winterthur (Suiza)**

ARQUITECTO: BEAT ROTHEN, WINTERTHUR

### III. CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS® CON CHAPA DE ACERO INOXIDABLE

#### ESTUDIO DE CASO 7 SEDE CENTRAL DE LOBBE HOLDING, ISERLOHN (ALEMANIA)

PROYECTO:

Sede central  
Lobbe Holding GmbH &  
Co.; D – Iserlohn

PROMOTOR:

Gustav Dieter Edelhoff,  
Iserlohn

ARQUITECTO:

Prof. Görgé & Partner,  
Oelde

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS:

Kentzler GmbH & Co.  
KG, Dortmund

CUBIERTA:

- Techo cilíndrico del atrio y ventanas "linterna": cubierta metálica FOAMGLAS®
- Terrazas sobre las zonas de oficinas: FOAMGLAS® con una superficie accesible al tráfico peatonal

AISLAMIENTO DEL APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO:

- FOAMGLAS® como aislamiento de las paredes con cámara subterráneas e = 8 cm
- Sobre el aparcamiento subterráneo e = 7, 8, 12 y 15 cm

SUPERFICIE: 4.800 m<sup>2</sup>

ASESOR TÉCNICO:

Deutsche Pittsburgh Corning GmbH  
G. Mitlewski, Dortmund

CONSTRUCCIÓN:

1999



#### Un aislamiento que actúa como barrera de vapor y de aire

El nuevo edificio de oficinas de Iserlohn dispone de una cubierta compacta FOAMGLAS® monocapa con chapa de acero inoxidable.

La solución FOAMGLAS® no solamente es totalmente impermeable al flujo de aire y al vapor de agua sino que también elimina los puentes térmicos.

La nueva sede central de Lobbe Holding domina ahora la colina donde antes estaban ubicados los antiguos cuarteles de Iserlohn/ Sauerland. No se trata simplemente de otro edificio de oficinas para la ciudad sino más bien de un símbolo de su patrimonio industrial.

Lobbe Holding fue creada por dos empresas de Iserlohn – Lobbe y Edelhoff. Antes de fusionarse en 1993, ambas estaban presentes en el sector de eliminación de desechos. En 1996, la familia Edelhoff adquirió la empresa Lobbe y hoy en día el nuevo Lob-

be Group está presente en once países europeos.

#### Exigencias específicas de los clientes

A modo de reacción a los cambios acaecidos en la empresa, la nueva sede central de Lobbe Holding tenía que dejar bien claro que se había producido su reorganización.

Gustav Dieter y su hijo Dieter Edelhoff, segunda y tercera generación de la familia, están al mando del negocio en la actualidad. Ellos querían construir algo



El techo abovedado del atrio y las ventanas "linterna" superiores, ambos por encima de dos plantas de oficinas.

más que un bloque de oficinas. Querían reflejar en el edificio la filosofía de la empresa – innovadora y moderna, proporcionando un entorno saludable para motivar aún más a sus empleados.

Su quehacer diario con materiales de desecho, rehabilitación de edificios y demás actividades relacionadas con el medio ambiente suponía que aquellos que iban a decidir del diseño del edificio comprendían la necesidad de usar materiales de construcción ecológicos, sostenibles y poco contaminantes.

El arquitecto, profesor Göрге, admitió las exigentes especificaciones de su cliente y diseñó un edificio estético que incluiría granito, vidrio y acero inoxidable. Göрге utilizó FOAMGLAS® para el aparcamiento subterráneo, las terrazas de la cubierta y las cubiertas cilíndricas precisamente por su composición a partir de vidrio y por su durabilidad.

### La elección de FOAMGLAS®

El edificio dispone de cuatro alas en forma de cruz. La característica principal del edificio es un atrio de 3 plantas situado por encima del espacio reservado a las oficinas sobre dos niveles. Se diseñó de esta forma para que todas las oficinas del edifi-

cio tuviesen la misma relación entre sí. Es decir para que no existiesen las tradicionales zonas reservadas para altos ejecutivos ni las que es obvio que se destinan a empleados. Existen más paredes acristaladas que sólidas lo que otorga al conjunto una sensación de espacio abierto.

Era necesario encontrar una solución técnica para la cubierta curva del atrio con ventanas "linterna" que se adecuara a la filosofía de la empresa y al diseño de los arquitectos. Se optó por una cubierta compacta sin ventilación compuesta por chapa de acero inoxidable y aislamiento térmico FOAMGLAS®.

El vidrio celular con una composición única de carbono y vidrio puro es resistente a la descomposición, incombustible y totalmente compatible con las características de durabilidad del granito y del acero inoxidable. El techo también tenía que ser seguro y satisfacer las exigencias higrotérmicas del edificio. La característica compacta del FOAMGLAS® ofrece una elevada integridad y está diseñada para eliminar los puentes térmicos proporcionando una protección térmica constante sin que los efectos de la humedad supongan riesgo alguno.

## Conclusión

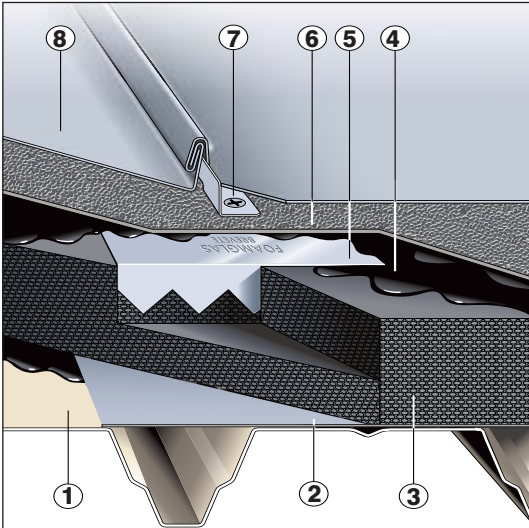
De ningún modo se trata de una coincidencia si una empresa de eliminación de desechos con tanta fama exigió el uso de materiales sostenibles para la construcción de su nueva sede central.

Las empresas presentes en este sector comprueban en directo y día a día los resultados que ofrecen unos materiales cuya durabilidad y rendimiento son muy pobres. Por lo tanto, ellas comprenden la necesidad de aportar calidad y saben que una duración de vida elevada y segura es un elemento de importancia crítica en un entorno de desarrollo sostenible.

Si se considera el medio y largo plazo, los productos y sistemas son más sanos desde el punto de vista ecológico y más económicos que cualquier opción de bajo coste y corto plazo. El Lobbe Edelhoff Group quería asegurarse de que los propios valores de la empresa se reflejasen en la construcción del techo: construir más allá del milenio con el futuro siempre presente en mente.



# Instalación



## Ensamblado de la cubierta

- 1 Estructura de apoyo: chapa de acero nervada/perfilada sobre vigas de acero inoxidable.
- 2 Aplicación de la membrana, tipo G 200 S4, adherida a la chapa de acero
- 3 Placas T4 FOAMGLAS®, en 2 capas de 10 cm cada una, adheridas con betún caliente siguiendo el método del bañado y juntas selladas con betún
- 4 Revestimiento de betún (embarrado de oxiasfalto) aplicado al aislamiento FOAMGLAS®
- 5 Placas de fijación PC® (o en este caso: canales en "U" de acero) colocadas en posiciones previamente marcadas y paralelas a los aleros. Calentar el revestimiento bituminoso situado debajo de las placas con el soplete y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento (cantidad de placas necesaria: 10/m<sup>2</sup> en las esquinas, 6/m<sup>2</sup> en los perímetros y 4/m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta).
- 6 Membrana de impermeabilización aplicada mediante calor
- 7 Fijación de los clip deslizantes a las placas de fijación PC®
- 8 Chapas de acero inoxidable fabricadas a partir de bobinas de 625 m de ancho y 0,4 mm de espesor. Las chapas tienen los bordes ribeteados y están soldadas con un cordón de junta arrollada por encima del borde superior de la soldadura.

## La construcción compacta FOAMGLAS®

La construcción de una cubierta de cañón incluye un soporte de acero inoxidable sobre vigas. Por razones acústicas, el soporte de chapa de acero lleva paneles tejidos con acero inoxidable por debajo para crear un techo.

La primera capa por encima del soporte de acero es la membrana, tipo: G200 S4. Se aplica esta membrana para facilitar la aplicación de cada una de las capas siguientes. Luego, se añaden las placas T4 FOAMGLAS®, adheridas con betún caliente.

EL arquitecto calculó que se necesitaría un aislamiento con un espesor de 20 cm para acogerse a la reglamentación sobre aislamiento térmico. Para adaptarse a la geometría de la superficie curvada, se aplicaron placas FOAMGLAS® de formato reducido en 2 capas, cada una con un espesor de 10 cm. Era la mejor forma de evitar las "juntas en V".

Las placas de vidrio celular se aplicaron mediante el método de bañado y betún caliente. Con una caldera de betún portátil y bañando las placas en la caldera, la parte inferior y los bordes de las placas quedan recubiertos de betún. El ligado al soporte se hace rompiendo juntas que quedan selladas con betún. Cualquier desnivel en la estructura del soporte se puede eliminar por abrasión. El aislamiento queda sellado con un revestimiento de betún y, posteriormente, se realiza el ligado de las placas de fijación para los clip de las chapas metálicas al aislamiento.

El sistema de cubierta metálica FOAMGLAS® utiliza principalmente placas de fijación con bordes dentellados; para proyectos especiales, se utilizan perfiles en "U" (con fijaciones lineales), especialmente en el mercado alemán.

En el proyecto de Iserlohn, se utilizaron perfiles en "U", colocados paralelamente a los aleros. Los perfiles en "U" disponen de un revestimiento bituminoso en la parte inferior que cuando se calienta con una antorcha forma un ligante compacto con aislamiento en vidrio celular revestido de betún.

La última etapa consiste en aplicar la membrana de impermeabilización (tipo PV 200 54 en este caso) debajo de las chapas metálicas.

**Después de aplicar la imprimación bituminosa a las coronas de la chapa de acero, las placas T4 FOAMGLAS® se ligan con betún caliente con el método de bañado.**

<sup>1)</sup> Aplicar una membrana tipo G 200 S4 directamente sobre el soporte de chapa de acero puede tener la ventaja de facilitar el trabajo subsiguiente; con las cubiertas compactas FOAMGLAS® impermeables al agua y al vapor de agua, lo anterior no es necesario, por razones higrotérmicas.



Cuando la membrana se aplica con calor (soplete), se crea un ligante compacto y totalmente adherido entre el aislamiento, los perfiles en "U" y la membrana. El betún derretido penetra desde la parte superior y se cuela por los bordes perforados de los perfiles en "U". Esto forma un adhesivo homogéneo sin cavidades con el vidrio celular. Además, el contorno de los perfiles en "U" es visible debajo de la membrana de impermeabilización facilitando la fijación de los clip de las chapas metálicas.



**Ejemplo de cubierta curvada con aislamiento en placas T4 FOAMGLAS® y placas de fijación PC® para sujetar las chapas metálicas. Aplicación de una membrana de impermeabilización a plena adherencia mediante calor.**



**Atornillado de los clip deslizantes a las placas de fijación PC®.**

En el edificio Lobbe, se utilizaron clip deslizantes para sujetar la cubierta de chapa metálica. Éstos pudieron compensar la expansión y demás resistencias de la cubierta metálica. Las bandejas de chapas metálicas se formaron in situ con bobinas de 0,4 mm de espesor y 625 mm de

ancho. Las juntas se soldaron en continuo para garantizar una impermeabilidad total al agua de lluvia. Luego, el cordón de la soldadura ha sido plegado para producir un acabado estético y evitar lesiones.

**Sin puentes térmicos y con estanqueidad total al aire y al vapor**

El tipo de construcción de cubierta FOAMGLAS® utilizado en el edificio Lobbe puede realizarse con todo tipo de revestimientos metálicos.

Se pueden usar varios soportes con FOAMGLAS® – por ejemplo, soporte de chapa de acero, entablado de madera o bien hormigón. El ensamblado del sistema de cubierta metálica ofrece ventajas muy concretas.

Los puentes térmicos se eliminan porque no existen fijaciones que perforen el aislamiento hasta alcanzar el soporte. Los metales suelen transmitir el calor y las fijaciones que perforan el aislamiento producen puentes térmicos lo que conduce a un aumento claro del valor K y a un valor de aislamiento insuficiente.

La humedad es una de las mayores amenazas para una cubierta y FOAMGLAS® es totalmente resistente a los efectos de todo tipo de humedad por su estructura de celdas cerradas.

Con las juntas rellenas de betún, todo el sistema es totalmente estanco al flujo de aire y a la difusión de vapor. La capa de aislamiento constituye efectivamente una barrera de vapor gruesa y muy eficaz.

La resistencia a la compresión de FOAMGLAS® aporta unas ventajas particulares para los operarios, especialmente porque es resistente a los daños mecánicos. El material que se coloca sobre los canales del soporte resistirá el tráfico de personas y no se deteriora si caen herramientas encima. Esta elevada resistencia a la compresión es primordial para permitir la fijación de las juntas metálicas a las placas de fijación – en vez de utilizar fijaciones con perforación.



**Soldadura plegada de las chapas en acero inoxidable.**

**Para cubiertas con una inclinación entre 0 y 7°, se recomienda soldar también las juntas verticales. La impermeabilidad de las juntas soldadas se puede probar con un instrumento de prueba de helio que garantice la integridad.**

**REFERENCIAS ADICIONALES**  
**FOAMGLAS® + CHAPAS DE**  
**ACERO INOXIDABLE**

- Emisora central de la radio alemana "Mitteldeutscher Rundfunk", Magdeburgo
- Edificio de oficinas Kentzler, Dortmund
- Ministerio de Justicia, Provincia de Sachse, en Dresde

**El acero inoxidable combina estética con resistencia a la corrosión**

**DENOMINACIONES EUROPEAS Y BRITÁNICAS**

**316** - bajo en carbono – es el material de mejor calidad para cubiertas y revestimiento de paredes. Conviene utilizarlo en construcciones costeras expuestas a la intemperie y en condiciones de elevada concentración industrial y urbana.

La denominación europea de la calidad AME es x5CrNiMo17 12-2 o más simplemente 1:4401.

**304** - el metal de esta clase es el acero inoxidable básico; es económico y conviene utilizarlo para cubiertas y revestimientos en construcciones alejadas de las costas.

La denominación europea de la calidad AE es x5CrNi18-10 o más simplemente 1:4301.

**Norma DIN**

En Europa Occidental, los tipos de acero están identificados por dos denominaciones específicas: principalmente, el número del material abreviado, y también el nombre abreviado que indica la composición química.

La norma DIN EN 10088 describe los criterios para las bobinas y chapas laminadas en frío y ofrece, entre otras cosas, la composición química y las propiedades físicas de los aceros inoxidables.



La tabla de la derecha muestra los tipos de acero con su número de material y los límites para las condiciones atmosféricas.

Los sistemas FOAMGLAS® son el socio ideal para las chapas de acero inoxidable: ofrecen una durabilidad excepcional debido al propio material y a la manera de utilizarlo.

**Clases de rendimiento para corrosión-resistencia y formas típicas de corrosión**  
Conforme a la norma DIN 55928, parte 1, Mayo de 1991

Clase	Descripción	Tipo de acero/ número de material
II	Condiciones atmosféricas dominantes en el país incluidas humedad elevada permanente y/o temperatura ambiente. Atmósfera de ciudad sin industrias ni emisiones de sustancias químicas nocivas [ej. cloruro, dióxido de azufre].	1,430
		1,4541
III	Ciudad muy poblada, atmósfera industrial o costera sin los efectos de humedad elevada permanente y/o temperatura ambiente elevada	1,4401, 1,4404 1,4571, 1,4435 1,4436
IV	Atmósfera con emisiones elevadas de productos químicos nocivos (cloruro, dióxido de azufre) como la de zonas industrializadas y próximas al mar, con humedad permanente y/o temperatura ambiente elevadas. Se debería evitar una concentración de estos productos químicos nocivos.	1,4439 1,4539

**PROYECTO:**  
Royal Sun Alliance  
Insurance  
King William Street  
Reino Unido – Londres

**PROMOTOR:**  
Royal Sun Alliance  
Insurance

**OFICINA DE PROYECTOS:**  
GMW Partnership,  
239 Kensington High  
Street  
P.O. Box 1613  
Reino Unido – Londres W8  
6SL

**REVESTIMIENTO DE CHAPA METÁLICA:**  
Eurocom,  
Representante en el Reino  
Unido de Usinor Sacilor,  
Francia

**AISLAMIENTO:**  
FOAMGLAS® READY  
BOARDS  
Espesor: 80 mm  
Ligado en frío con PC® 11;  
juntas selladas

**CONSTRUCCIÓN:**  
1997



ROYAL SUN ALLIANCE INSURANCE, LONDRES (GRAN BRETAÑA)

# Proyectos inhabituales y tradicionales de chapas de acero inoxidable sobre cubiertas compactas FOAMGLAS®

CON EL SISTEMA **COMPACT FIXING**



**Comedor de la fábrica Paulstra,  
Chateaudun (Francia)**



**Barrio residencial Lütisämetstrasse,  
Meilen (Suiza)**

ARQUITECTO: PC ARCHITEKTUR,  
PLÖCHINGER + SCHNEIDER, CH – 8712 STÄFA



**Iglesia en Ruggel  
(Principado de Liechtenstein)**

ARQUITECTO: BARGETZE + PARTNER, FL – 9490 VADUZ



**SEBES (Empresa de electricidad en  
Esch-sur-Sure; Gran Ducado de  
Luxemburgo)**

REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS Y PAREDES:

EN TOTAL, 10.000 M<sup>2</sup> DE PLACAS FOAMGLAS® Y PLACAS TAPERED® CON UN ESPESOR MEDIO DE 10 CM PARA LAS CUBIERTAS DE CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE. PARA EL AISLAMIENTO DE LAS PAREDES, SE SELECCIONÓ FOAMGLAS® WALL BOARD.



**Terminales de autobus Niels Erikson,  
Goteborg (Suecia)**

UNA ESTRUCTURA DE VIDRIO Y ACERO CON PANELES “SANDWICH” FOAMGLAS® PREFABRICADOS, DE CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE PARA LAS ZONAS DE CUBIERTAS HORIZONTALES.

**FOAMGLAS®**

EL AISLAMIENTO PARA TODOS LOS REVESTIMIENTOS METÁLICOS

# IV. CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS® CON CHAPA DE ALUMINIO

## A. CUBIERTAS CON JUNTA ALZADA DE ALUMINIO

### ESTUDIO DE CASO 8

### CENTRO DE ATENCIÓN AL CLIENTE DE DAIMLER CHRYSLER AG, BREMEN (ALEMANIA)



Cubierta compacta terminada con junta alzada de aluminio Alcan. Las chapas que se ven en la foto aún tienen su protección.

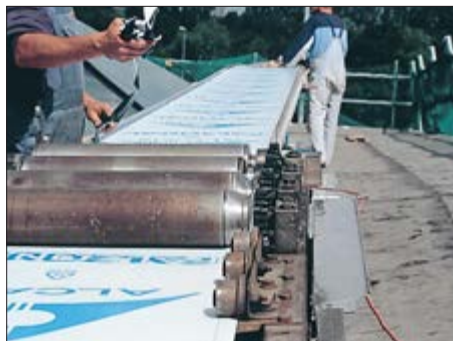
Las cubiertas de aluminio FOAMGLAS® pueden ser:

- A. según la técnica de la junta alzada de aluminio, (ej. bobinas Alcan-Falzonal) o
- B. de bandejas perfiladas con autosoporte tales como:
  - KAL-ZIP o
  - VAW ALUFORM

Este prestigioso proyecto fue diseñado por los arquitectos Kohlbecker Gesamtplan GmbH (Gaggenau) para Daimler Chrysler AG, Bremen, como centro de atención al cliente. Se seleccionaron las chapas Alcan para embellecer el diseño elegante del edificio.

Se utilizaron perfiles en "U" ligados al aislamiento FOAMGLAS® para sujetar los clip de las chapas. Se añadió una lámina bituminosa adherida mediante calor/antorcha.

Formación de junta alzada a partir de bobinas Alcan mediante una máquina de perfilar móvil.

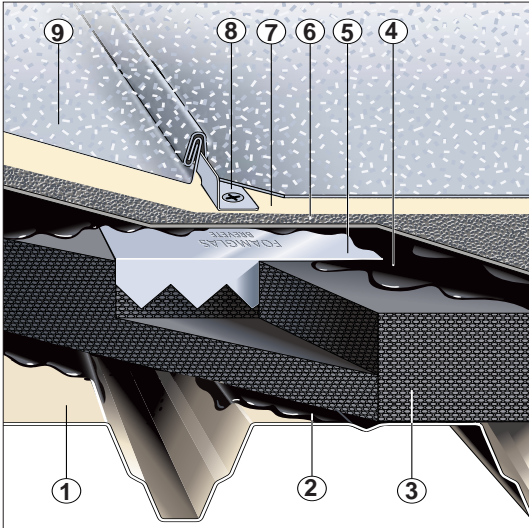


Se utilizaron bloques FOAMGLAS TAPERED® para formar canalones integrales sobre la cubierta

Estos canalones se forman fácilmente puesto que las inclinaciones necesarias se pueden obtener rápidamente con bloques TAPERED® (ver dibujo en p. 61).



PROMOTOR:  
Centro de Atención al Cliente  
Daimler Chrysler AG,  
D - Bremen  
OFICINA DE PROYECTOS:  
Kohlbecker Gesamtplan  
GmbH  
D - Gaggenau  
PROVEEDOR DE CHAPAS:  
Chapas Alcan-Falzonal  
AISLAMIENTO:  
FOAMGLAS® T4, 2 capas  
de 10 cm cada una; juntas  
selladas con betún  
CONSTRUCCIÓN: 1998



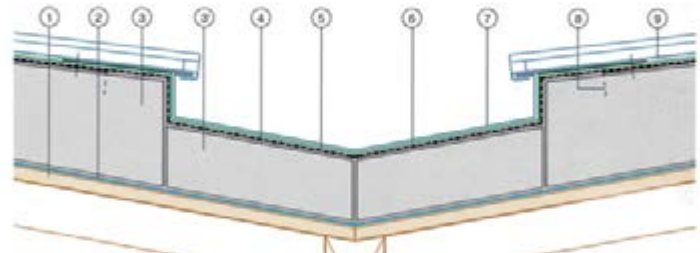
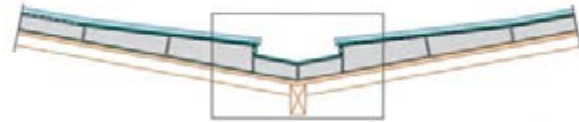
## Ensamblado de la cubierta

- 1 Soporte chapa de acero perfilada
- 2 Imprimación bituminosa sobre las coronas de la chapa perfilada de acero
- 3 Placas T4 FOAMGLAS®, adheridas con betún caliente y juntas selladas con betún<sup>a)</sup>
- 4 Revestimiento de betún sobre aislamiento FOAMGLAS®
- 5 Procedimiento normal: placas de fijación PC® galvanizadas colocadas en puntos previamente marcados. Calentar el revestimiento bituminoso situado bajo las placas con un soplete y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento (cantidad de placas necesaria: 10/m<sup>2</sup> en las esquinas, 6/m<sup>2</sup> en los perímetros y 4/m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta).
- 6 Membrana de impermeabilización totalmente adherida al aislamiento con soplete
- 7 Capa de separación en forma de membrana geotextil si así lo exige el fabricante del revestimiento metálico
- 8 Clip de fijación y deslizantes sujetos a las placas de fijación PC® con tornillos o remaches ciegos
- 9 Chapas de aluminio de junta alzada

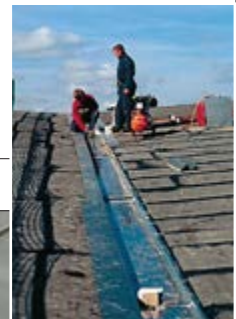
[<sup>a)</sup> Para este proyecto, se ligaron canales en "U" a FOAMGLAS® READY BOARDS; dos canales por panel de aislamiento, a modo de puntos de fijación.]

**Atornillar los clip de las chapas en las placas de fijación PC®.**

## EJEMPLO: CÓMO FORMAR UN CANALÓN RANURADO CON BLOQUES FOAMGLAS® TAPERED®



- 1 Soporte
- 2 Membrana de impermeabilización con entablado de madera o multiplex; imprimación bituminosa con hormigón o sobre las coronas del soporte de acero
- 3 Placas FOAMGLAS® TAPERED®
- 4 Placas FOAMGLAS®
- 5 Embarrado de oxiasfalto en caliente (revestimiento bituminoso)
- 6 Membrana bituminosa aplicada con soplete (resistente a las temperaturas elevadas)
- 7 Capa de separación (si procede)
- 8 Perfil de canalón metálico
- 9 Placa de fijación PC®
- 10 Cubierta de chapa metálica de junta alzada



## B. PERFILES PARA CUBIERTAS DE ALUMINIO FABRICADOS INDUSTRIALMENTE SOBRE CUBIERTAS COMPACTAS FOAMGLAS®

### ESTUDIO DE CASO 1 **PISCINA AQUACENTRE, FROIDCHAPELLE (BÉLGICA) CON BANDEJAS PERFILADAS DE ALUMINIO KAL-ZIP**



**PROYECTO:**

**Aquacentre  
B – Froidchappelle**

**ARQUITECTO:**

**Jacques Rougerie  
F – París**

**GESTIÓN DE LA OBRA:**

**Arquitecto Pierre Petit  
B – Doornik**

**CONTRATISTA GENERAL:**

**Jacques Delens y Sud  
Construct**

**AISLAMIENTO TÉRMICO  
E IMPERMEABILIZACIÓN:**

**Torlani S.A.  
B – Bruselas**

**PROVEEDOR DE CUBIERTA  
METÁLICA:**

**Bandejas perfiladas de aluminio KAL-ZIP prefabricadas y revestidas en blanco**

**CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA METÁLICA:**

**Soc. Brouillard, Bélgica**

**AISLAMIENTO:**

**Placas T4 FOAMGLAS®,  
espesor: 10 cm**

**CONSTRUCCIÓN:**

**1999**

### Cubierta de aluminio revestida de color blanco para un centro acuático nuevo

En Froidchappelle, en uno de los lagos de la extensa región de lagos valona, se está construyendo “Eau d’Heure”, un complejo deportivo y de ocio nuevo. Una de las características de este inmenso complejo es su piscina interior “Aquacentre” inaugurada a mediados de 1999.

Dispone de una cubierta curvada cuyo revestimiento exterior es una cubierta compacta FOAMGLAS® con bandejas perfiladas de aluminio KAL-ZIP blanco.

El desarrollo del complejo corre a cargo de “Eau d’Heure Développement”, financiado al 90 % por el European Sports Deve-

lopment Fund (Fondo Europeo para el Desarrollo de los Deportes). También se ha previsto la construcción de un centro vacacional con 350 bungalows y más instalaciones para deportes y deportes acuáticos. La inversión para la construcción de la piscina alcanzó los 5 millones de euros.

El Aquacentre fue diseñado por el taller de arquitectura de fama internacional “Agence d’architecture Jacques Rougerie” especializado en proyectos marítimos.

La obra estuvo bajo la supervisión del arquitecto belga Pierre Petit de Doornik.

EL ARQUITECTO

**Jacques Rougerie**

Jacques Rougerie, el arquitecto reconocido internacionalmente, trabaja en una gran variedad de proyectos en todo tipo de entorno: tierra, mar y aire. Su trabajo se caracteriza por estos tres elementos, centrándose más en el mar. Las miríadas formas del mundo submarino quedan reflejadas en sus diseños que se asemejan a esculturas en el espacio. El uso que hace de las curvas, envolturas, espirales y aletas dinámicas es visionario. Después de estudiar arquitectura y oceanografía, Jacques Rougerie fundó su "Agencia de arquitectura" en 1973 y se hizo famoso, no solamente en Francia, también en el mundo. Sus diseños han calado en Japón especialmente donde se le concedió un doctorado honorífico por la Universidad de Arquitectura de Tokio en 1995. Rougerie construye para clientes en Rusia, Estados Unidos, México, Oriente Medio, España, Portugal y Bélgica, y su trabajo está inmediatamente reconocido. Además de arquitecto autónomo, Jacques Rougerie imparte cursos en universidades de Francia y Japón. En 1981, se le concedió el premio de la Asociación Internacional de Arquitectos. Al construir el acuario marino más grande de Europa, OCEANOPOLIS II en Brest, Rougerie se impuso una vez más nuevas pautas en cuanto a dimensiones y forma futurista de su arquitectura. Las formas curvilíneas de la estructura maestra se asemejan al caparazón de un cangrejo gigante con estructuras en forma de pinzas que comunican los diferentes edificios.

Al seleccionar los materiales de sus edificios, su prioridad es la calidad y la durabilidad, no sólo porque muchos de sus proyectos se edifican muy cerca del mar, sino también porque siempre toma en consideración el futuro del edificio a largo plazo. FOAMGLAS® es su aislamiento preferido – él sabe que se puede adaptar a la forma de un edificio porque Pittsburgh Corning es un socio fiable a la hora de analizar los problemas de aislamiento a largo plazo. En el proyecto Oceanopolis II, se utilizó FOAMGLAS® para una cubierta abovedada sobre entablado de madera, impermeabilizada con una membrana sintética compatible con betún blanco.

**Jacques Rougerie, Arquitecto † Péniche St-Paul † Port des Champs Elysées • F – 75008 PARIS (Francia) • Tel.: +33- 1- 42 66 53 37 • Fax: +33- 1- 42 66 67 08**



Jacques Rougerie en Cabo Cañaveral con el trasbordador espacial cuyas ventanillas de cabina diseñó él mismo.



Aquarium Coutant, La Rochelle (F). Construcción 1997.



Oceanopolis (1990) + Oceanopolis II. Brest (F). Finalizado 2000.



Oceanopolis II, Brest. Extensión.



Oceanopolis, Brest.



Oceanopolis, Brest.



Pabellón del Mar, Kobe (Japón). Construcción 1981.



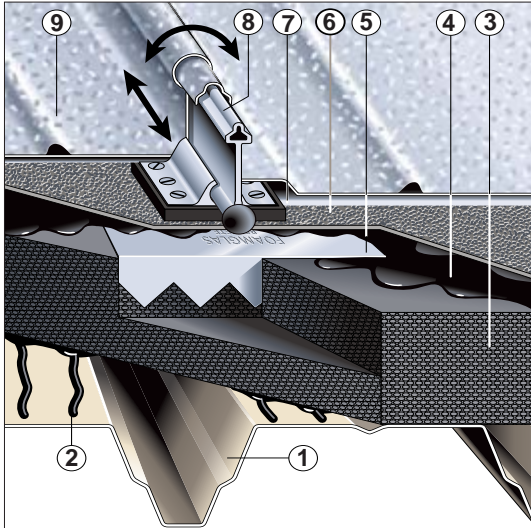
Nausicaa. Boulogne-sur-Mer (F). Construcción 1991.

Información en Internet:  
<http://www.rougerie.com>





# Instalación



## Ensamblado de la cubierta

- 1 Soporte: chapa de acero perfilada
- 2 Imprimación bituminosa aplicada a las coronas de la chapa de acero
- 3 Placas T4 FOAMGLAS®, adheridas con betún caliente y juntas selladas con betún
- 4 Embarrado de oxiasfalto (revestimiento de betún) sobre aislamiento FOAMGLAS®
- 5 Placas de fijación PC® galvanizadas colocadas en puntos previamente marcados. Calentar el revestimiento bituminoso situado debajo de las placas con una antorcha y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento (cantidad de placas necesaria: 10/m<sup>2</sup> en las esquinas, 6/m<sup>2</sup> en los perímetros y 4/m<sup>2</sup> en el centro de la cubierta).
- 6 Membrana de impermeabilización adherida mediante calor (soplete) al aislamiento
- 7 Capa de separación (si procede)
- 8 Clip deslizantes AF STS (FOAM-ZIP) con movilidad bidireccional
- 9 Bandeja perfilada AF KAL-ZIP fijada mecánicamente a la cabeza del clip deslizante AF STS

El clip deslizante AF STS (FOAM-ZIP) es una fijación con una movilidad bidireccional; es decir que puede deslizarse y girar. Esta fijación, desarrollada conjuntamente por Hoogovens y Pittsburgh Corning, permite fijar sin tensión las bandejas perfiladas KAL-ZIP de gran tamaño. El movimiento térmico de las bandejas no transmitirá ninguna deformación a las fijaciones y el mecanismo de deslizamiento/rotación puede soportar la succión del viento. Junto con la placa de fijación PC® como interfaz de fijación que ofrece una elevada resistencia al arranque, todas las tensiones exteriores y el peso muerto del material de revestimiento están dirigidos, a través del aislamiento, hacia la estructura de soporte sin producir puentes térmicos.



Las características específicas del sistema y material FOAMGLAS® permiten construir un ensamblado de cubierta sin puentes térmicos y totalmente estanco al aire y al vapor.

## Construcción de la cubierta compacta con FOAMGLAS®

Esta cubierta curvada de 1.200 m<sup>2</sup> de superficie está edificada sobre una chapa de soporte estructural con un espesor de 1 mm (ej. KAL-DEK) colocada sobre cabios de madera separados por intervalos de 1,20 m. Los cabios están apoyados en pilares de hormigón separados por intervalos de 5 m.

Después de aplicar una imprimación bituminosa a las coronas del soporte, las placas T4 FOAMGLAS® de 10 cm de espesor están adheridas con betún caliente 110/30 a la estructura de acero con juntas selladas con betún. Debido al ligante compacto y totalmente adherido, no se suelen necesitar sistemas de fijación mecánicos que producen puentes térmicos para el aislamiento. El vidrio celular FOAMGLAS® produce una pantalla eficaz contra el agua, la humedad y el flujo de aire debido a las propiedades de fabricación y de la materia prima. Por ello, la Normativa Europea sobre Construcción no exige la instalación de una barrera de vapor adicional puesto que satisface todos los criterios de rendimiento de un edificio.



Después de aplicar el aislamiento, la superficie de vidrio celular está sellada por un revestimiento de betún. La combinación de impermeabilidad/aislamiento FOAMGLAS® ofrece una protección total de toda la estructura laminar contra las precipitaciones y el rocío matinal de tal forma que las obras en el interior pueden empezar en las primeras etapas de la construcción.

### Bandejas de aluminio KAL-ZIP

La fijación invisible del sistema, conectada a la placa de fijación PC® galvanizada (150 mm en cuadro, 1 mm de espesor) garantiza una cubierta de aspecto armonioso y estético, sin fijaciones vistas. Una característica importante del perfil es el pan completamente plano, soportado por el FOAMGLAS® sin compresión que actúa como soporte.

Las placas de fijación PC® están colocadas siguiendo una cuadrícula predeterminada y adheridas al aislamiento derritiendo el revestimiento bituminoso debajo de las placas.

Los clip de fijación en forma de "L" se atornillan posteriormente en las placas lo que elimina los puentes térmicos al no perforar ni el aislamiento ni la subestructura.

Se aplica con soplete una membrana bituminosa de 3 mm de espesor con refuerzo de poliéster a la superficie del aislamiento, sobre la capa de aislamiento y las placas de fijación. Para garantizar una superficie lo más nivelada posible, se aplica la membrana juntada a tope.

Como la bandeja AF KAL-ZIP debe estar separada de la membrana de impermeabilización bituminosa, se aplica una membrana geotextil de 170 g/m<sup>2</sup> antes de fijar los clip deslizantes FOAM-ZIP a través de esta membrana y de la membrana bituminosa con dos fijaciones KAL-FIX de acero inoxidable y 6,3 mm de diámetro, a las placas de fijación PC®.

Estas fijaciones especiales pueden moverse en dos direcciones y soportan todas las cargas de viento y la expansión del material. Las bandejas perfiladas KAL-ZIP de aluminio revestido de blanco se instalaron como revestimiento exterior.

### Aplicación de las bandejas de aluminio KAL-ZIP

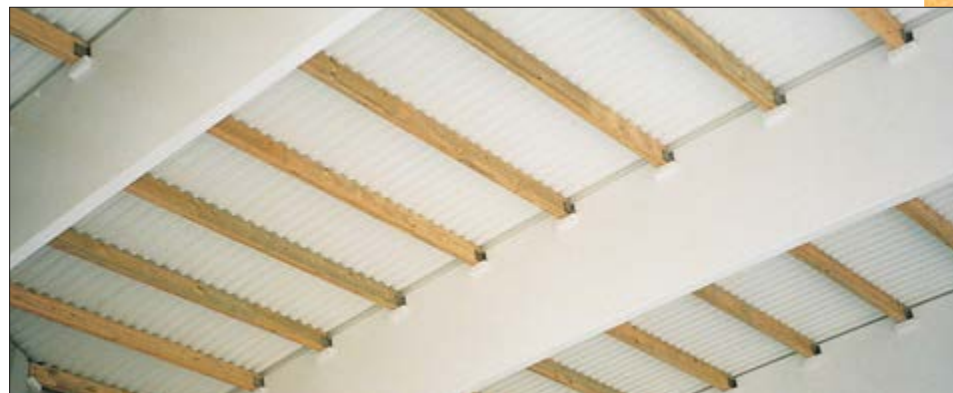
El pequeño rollo del perfil AF KAL-ZIP se fija mecánicamente a la cabeza del clip deslizante AF STS (FOAM-ZIP) con un remache sellado ciego de aluminio de 4,8 mm de diámetro con mandril de acero inoxidable. Luego, el rollo grande y

Después de la aplicación de la membrana geotextil de 170 g/m<sup>2</sup> como capa separadora, los clip deslizantes FOAM-ZIP se fijan en las placas de fijación PC® para sujetar las bandejas perfiladas KAL-ZIP.

pequeño de las bandejas adyacentes se juntan mecánicamente al clip deslizante AF STS para formar una junta a prueba de la intemperie.

Además de la cubierta curvada, la superficie de cubierta plana (1.400 m<sup>2</sup>) se aisló con bloques FOAMGLAS® TAPERED®. El sistema de cubierta FOAMGLAS® TAPERED® es un sistema de aislamiento a medida que elimina con seguridad el agua de lluvia de los canales y ahorra la carga de peso adicional que necesitan fijaciones con hormigón o cemento. Otros ahorros son posibles con el sistema FOAMGLAS® TAPERED® porque los bordes de la cubierta pueden permanecer bajos.

**Chapa de acero y cabios vistos por debajo.**



# Cubierta acústica FOAMGLAS® con revestimiento exterior de bandejas perfiladas KAL-ZIP

## ESTUDIO DE CASO 2

## DISCOTECA, CINE Y CENTRO DE OCIO KULTURBRAUEREI EN BERLÍN (ALEMANIA)

### PROYECTO:

Kulturbrauerei Berlin  
Schönhauer Allee/  
Ecke Sredzkistrasse

### CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA:

- Cubierta FOAMGLAS® TAPERED®
- Cubierta metálica: Cubierta de cañón construida con cubierta acústica FOAMGLAS® con el sistema KAL-ZIP de junta alzada

### ASESOR TÉCNICO:

Deutsche Pittsburgh  
Corning, GmbH  
G. Körner, Berlín

### REHABILITACIÓN:

1999



El centro de ocio “Kulturbrauerei” en Berlín-Prenzlauer Berg aporta varios cines y discotecas a la oferta cultural berlinesa.

Para reconvertir la antigua cervecería, era necesario rehabilitar las diferentes cubiertas para adaptarlas a la normativa acústica actual.

Una cubierta de hormigón fue aislada con placas FOAMGLAS® TAPERED® (pendiente de 2,2 %) y se diseñó una cubierta de dos cañones con estructura acústica

FOAMGLAS® con láminas de aluminio KAL-ZIP de junta alzada.

### Cubierta de dos cañones

La cubierta acústica FOAMGLAS® sobre una estructura metálica permite un ahorro considerable en costes de construcción y, al mismo tiempo, optimiza el aislamiento acústico y térmico, pudiéndose comparar con una cubierta de hormigón reforzado.

#### Foto izquierda:

Subestructura de acero con relleno acústico y perfiles metálicos en forma de “Z”. Para evitar los puentes fonéticos, se coloca una banda de atenuación con forro de vidrio debajo de los perfiles en forma de “Z”.

#### Foto derecha:

Instalación de una segunda capa de relleno acústico entre los perfiles en forma de “Z”.



## El ensamblado de la cubierta de cañón

- 1 Soporte: chapa de acero
- 2 Relleno acústico
- 3 Perfil en forma de "Z" galvanizado, 1,0 mm 70/50/70, con bandas de atenuación acústica y forro para detener la transmisión del sonido
- 4 Relleno acústico (segunda capa)
- 5 Paneles acústicos PC® de 2 x 10 mm atornillados de manera intercalada
- 6 Imprimación bituminosa
- 7 Placas T4 FOAMGLAS® de 150 mm de espesor, adheridas con betún caliente 100/25
- 8 Revestimiento de betún
- 9 Placas de fijación PC® galvanizadas
- 10 Membrana de betún (tipo G 200 S4)
- 11 Bandejas perfiladas de juntas alzadas KAL-ZIP 65/305/0,9 mm

### Aislamiento acústico hasta 56dB

La normativa estipula que la zona debe estar protegida del sonido de la música procedente del interior. El relleno acústico con sacos de PE que contienen gránulos de arcilla expandida (densidad total 400 kg /m<sup>3</sup>) es eficaz.

Se logra un valor de absorción del sonido de  $R'v = 56$  con dos capas de relleno acústico, combinadas con paneles acústicos PC® (una tabla mineral de dimensiones estables reforzada con fibra) de 2 x 10 mm de espesor, y el aislamiento FOAMGLAS®.

### Procedimiento

La primera etapa consistió en introducir los sacos con el relleno en los canales del soporte de acero, instalado paralelamente a los aleros y, después, en atornillar los perfiles galvanizados en forma de "Z" en una de cada dos coronas perpendicularmente a la dirección de las coronas.

Entre dos perfiles "Z", se coloca la segunda capa de sacos con relleno acústico.

Luego, se atornillan dos capas de paneles acústicos PC® de 10 mm y 1,27 x 1,50 m en los perfiles "Z" de forma intercalada, añadiendo una imprimación bituminosa como adhesivo (se puede utilizar una brocha o un rodillo).



Paneles acústicos PC® de 2 x 10 mm de espesor atornillados sobre los perfiles Z con tornillos auto-perforadores y discos de apoyo.



Después de aplicar una imprimación bituminosa a los paneles acústicos, las placas de aislamiento FOAMGLAS® de 150 mm se ligan con betún caliente con el método de bañado y para finalizar se sellan con revestimiento de betún. Luego, las placas de fijación PC® se colocan siguiendo una cuadrícula previamente determinada, se anclan y se adhieren calentando el revestimiento bituminoso por debajo y, por último, se aplica en caliente con antorcha una membrana de impermeabilización (tipo G 200 S4).

# KULTURBRAUEREI, BERLÍN

Los paneles acústicos PC® tienen un peso de superficie de 11 kg/m<sup>3</sup>.

El ensamblado acústico FOAMGLAS® para soportes de acero ligeros es un sistema de cubierta de alto rendimiento con una carga de superficie reducida. Por ello, se pueden obtener los spans más elevados posibles del soporte de acero.

Las pruebas realizadas sobre el sistema de cubierta acústica FOAMGLAS® por la oficina de ingeniería para acústica técnica y física de la construcción, Bauer + Partner, Dortmund (Alemania), está disponible a petición.



**Informe de prueba sobre el sistema de cubierta acústica FOAMGLAS® disponible a petición.**



## El sistema KAL-ZIP, bandejas perfiladas de aluminio

Para sujetar las bandejas perfiladas de aluminio KAL-ZIP, se atornillaron patas en "L" en las placas de fijación PC® debajo de la membrana.

En la zona de canalones situada entre las dos bóvedas, se aislaron bandejas de canalón de aluminio especiales.

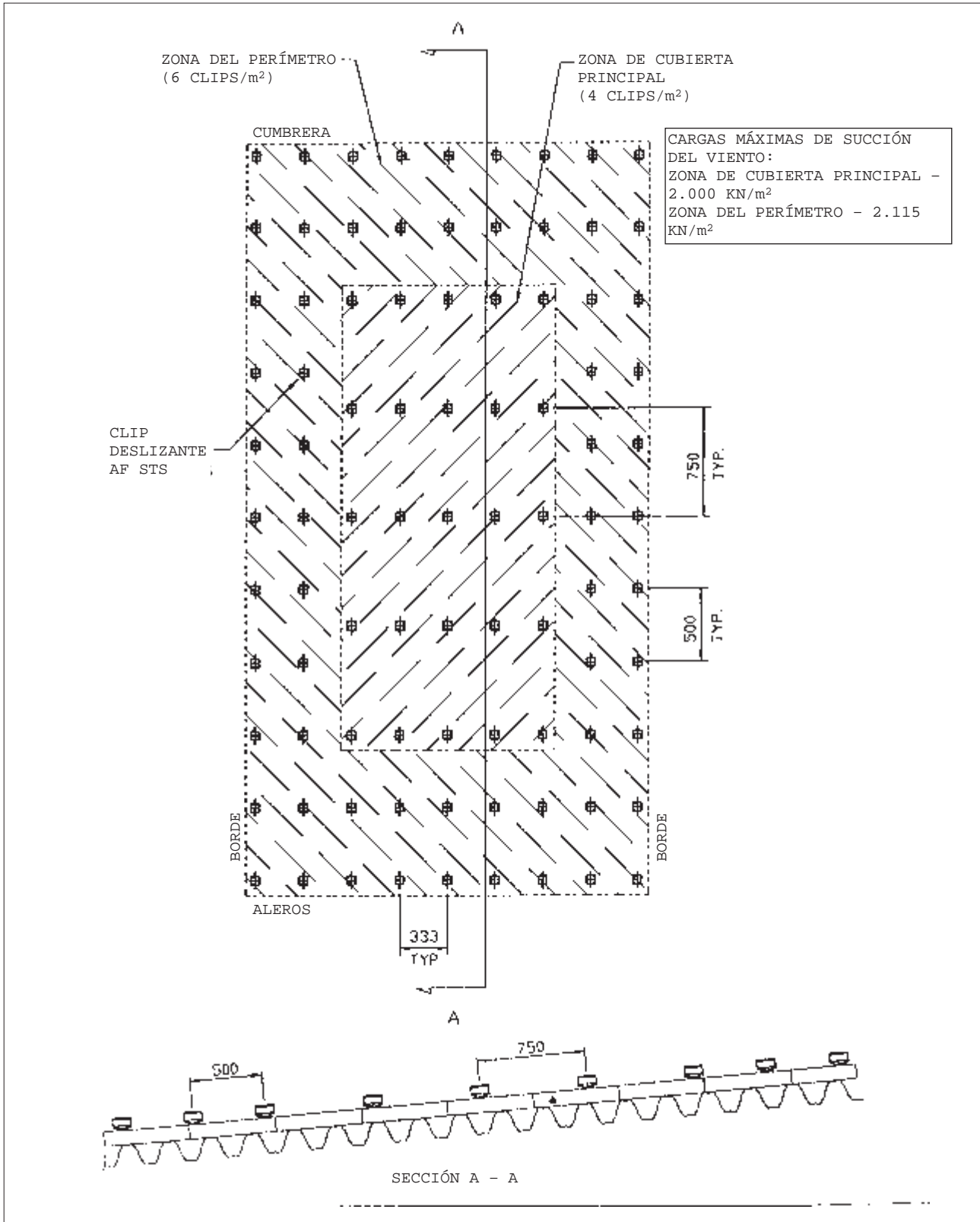
A modo de protección de la intemperie, se eligieron bandejas perfiladas KAL-ZIP precurvadas de 65/305/0,9 mm para el revestimiento metálico (el fabricante dirá qué perfiles están disponibles precurvados).



# Cuadrícula estándar de placas de fijación PC<sup>®</sup> y clip de fijación para bandejas perfiladas KAL-ZIP, según la forma del edificio

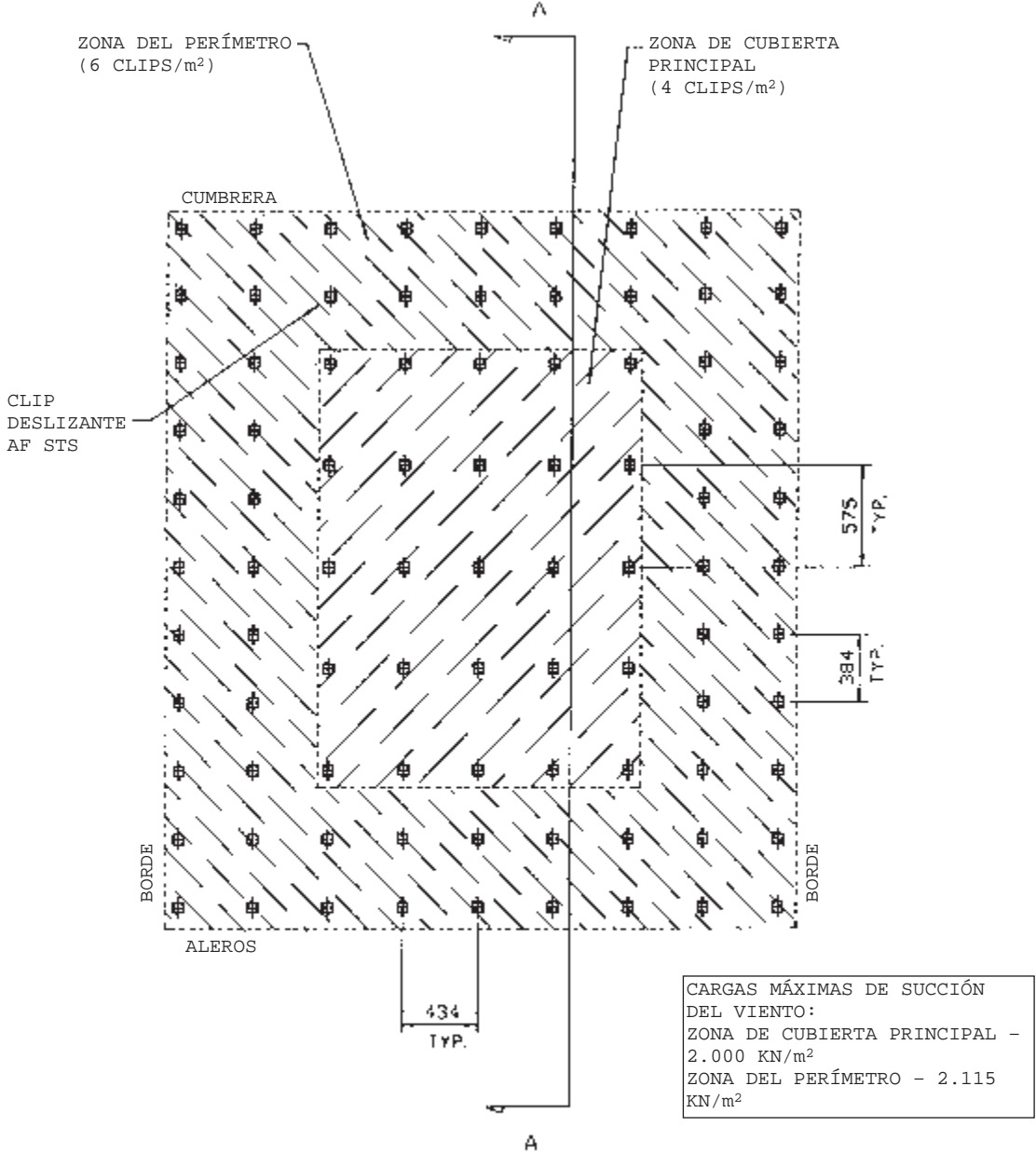
PERFILES DE CUBIERTAS DE ALUMINIO

## CUBIERTA RECTANGULAR

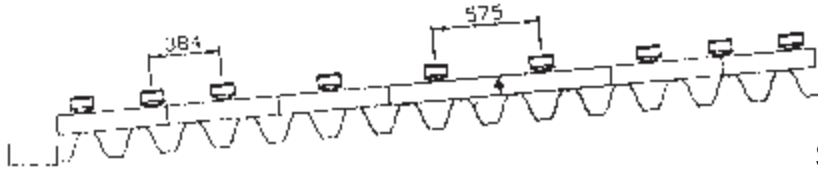


Posición de los clip deslizantes para perfiles AF 333 KAL-ZIP en las zonas del centro y del perímetro.

**CUBIERTA CUADRADA**

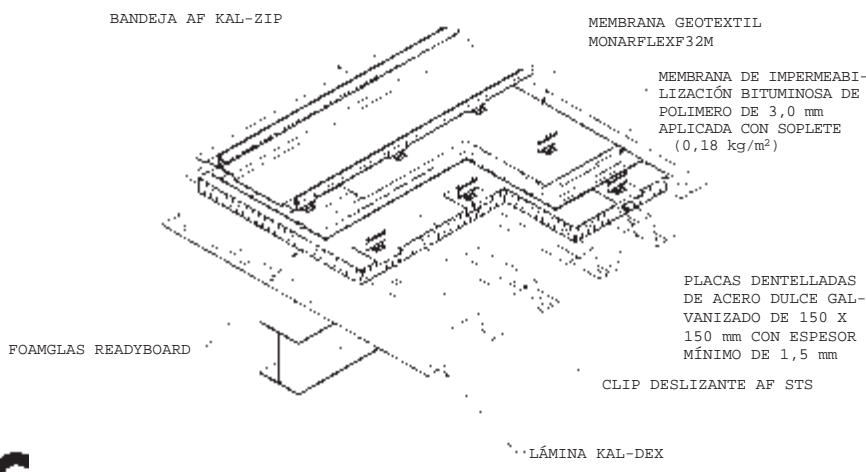


CARGAS MÁXIMAS DE SUCCIÓN DEL VIENTO:  
 ZONA DE CUBIERTA PRINCIPAL - 2.000 KN/m<sup>2</sup>  
 ZONA DEL PERÍMETRO - 2.115 KN/m<sup>2</sup>



**SECCIÓN A - A**

Posición de los clip deslizantes para perfiles AF 434 KAL-ZIP en las zonas del centro y del perímetro.



# Proyectos inhabituales y tradicionales de chapas de aluminio sobre cubiertas compactas FOAMGLAS®

## CON EL SISTEMA **COMPACT FIXING**

**Daimler Chrysler AG, Centro de Atención al Cliente**

**Bremen (Alemania)**

ARQUITECTO: KHOLBECKER GESAMTPLAN  
GMBH, GAGGENAU



**Centro de ocio "Kulturbrauerei" en Berlín (Alemania)**

**Bandejas perfiladas de aluminio KAL-ZIP**



**Embotelladora Früh Kölsch**

**Colonia (Alemania)**

**Bandejas perfiladas de KAL-ZIP**



**Aeropuerto de Hamburgo (Alemania)**

ARQUITECTO: VON GERKAN, MARG + PARTNER,  
HAMBURGO



**Piscina en Castelnaudary (Francia)**

**Bandejas perfiladas KAL-ZIP**







**Piscina en Mimizan (Francia)**  
**Bandejas perfiladas KAL-ZIP**



**Escuela Secundaria Haute Pierre en  
Estrasburgo (Francia)**  
**Bandejas perfiladas KAL-ZIP**  
ARQUITECTO: LUPI ET CHAUMETTE, PARÍS



**Universidad Politécnica de Ingeniería en  
Palaiseau (Francia)**  
**Rehabilitación de la cubierta con  
bandejas perfiladas KAL-ZIP**



**Escuela Secundaria Haute Pierre en  
Estrasburgo (Francia)**  
**Bandejas perfiladas KAL-ZIP**



**Embotelladora de agua mineral  
“Gerolsteiner Brunnen”  
Gerolstein (Alemania)**  
**Bandejas perfiladas KAL-ZIP**

## V. OTRAS LÁMINAS METÁLICAS PERFILADAS PARA REVESTIMIENTOS SOBRE CUBIERTAS CONVENCIONALES FOAMGLAS®

### A. PERFILES DE ACERO CON REVESTIMIENTO DE RESINA ACRÍLICA CON FIJACIONES VISTAS

#### ESTUDIO DE CASO ① INSTALACIÓN PARA ENSAYOS NAVALES, VAL DE REUIL (F)

**PROYECTO:**

Bassin de Carène  
F – Val de Reuil (76)

**PROMOTOR:**

Marina francesa

**Aislamiento:**

20.000 m<sup>2</sup> de placas T4  
FOAMGLAS®, adheridas  
con betún caliente a una  
chapa de acero perfilada

**ESPESOR DEL AISLAMIENTO:**

100 mm

**REVESTIMIENTO METÁLICO:**

Láminas perfiladas  
Haironville de acero,  
tipo 3.33.79 T con  
revestimiento de resina  
acrílica blanca

**CONSTRUCCIÓN:**

1998



**Estructura de acero – todos los clientes confían en la estética del metal combinada con la alta tecnología del aislamiento FOAMGLAS®.**



Esta instalación perteneciente a la Marina francesa demuestra que las placas FOAMGLAS® de tamaño reducido son ideales para las cubiertas curvadas, bóvedas o demás cubiertas de formas especiales. Esta nave con cubierta en cañón tiene una estructura de acero con un soporte de chapa de acero.

Las placas FOAMGLAS® están adheridas con betún para lograr la mayor adherencia a la estructura de acero.

**Las placas de aislamiento están cortadas a medida para adaptarse al radio convexo de la cubierta, tomando en cuenta:**

1. la profundidad del espacio comprendido entre la superficie de la cubierta curvada y la parte inferior plana del aislamiento – éste debe ser el menor posible para garantizar una adherencia total con la menor cantidad de betún posible.
2. el ancho de las juntas en “V” que deben rellenarse de betún también debe ser el más pequeño posible.

**Detalle de las tolerancias para el espacio incluido entre FOAMGLAS® y el soporte, y dimensiones de placas recomendadas.**

Para obtener la mejor adherencia y utilizar la menor cantidad de betón posible, es necesario limitar la profundidad del espacio existente entre las placas FOAMGLAS® y el soporte a:

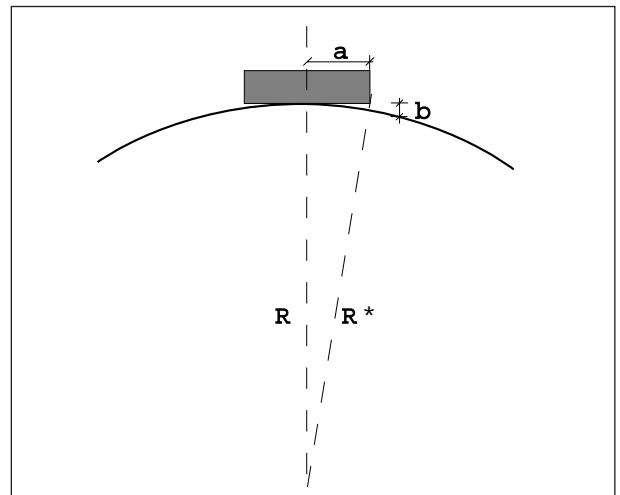
- b ≤ 3 mm en soportes regulares (hormigón, madera, etc.)**
- b ≤ 2 mm en soportes de chapa de acero**

Estos valores se pueden obtener reduciendo el ancho de las placas. Según el radio de la cubierta y el tipo de soporte (ver tabla más abajo), el ancho de las placas FOAMGLAS® se puede determinar como sigue.

Dimensiones	Soporte regular	Soporte chapa de acero
A	R > 8,5 m	R > 12,6 m
B	8,5 ≥ R > 3,75 m	12,6 ≥ R > 5,6 m
C	3,75 ≥ R > 2,00 m	5,6 ≥ R > 3,2 m
D	2 ≥ R	3,2 ≥ R



BANDEJAS PERFILADAS  
TIPO DECK

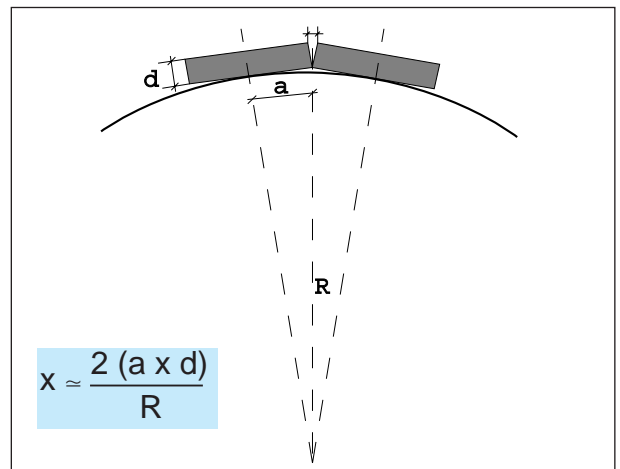


**Las placas FOAMGLAS® están cortadas a medida y colocadas con el lado más corto en el sentido de la curva.**

- A** Dimensión estándar de las placas 60 x 45 cm
- B** Dimensión estándar de las placas 30 x 45 cm
- C** Placa de 60 x 45 cm, cortada a lo largo in situ o cortada por la mitad antes del envío (60 x 22,3 cm)
- D** Segmentos pre-acabados antes del envío

El ancho de las juntas longitudinales en "V" varía en función del radio de la cubierta y del espesor del aislamiento FOAMGLAS®. Se recomienda limitarlo a ≈ 3 mm en la zona superior.

Si "x", calculado con la fórmula, no excede 3 mm, la instalación de las placas con una sección transversal en ángulo recto se puede realizar utilizando placas estándar. Si rebasa los 3 mm, se recomienda adaptar uno o dos de los lados largos de las placas biselando los bordes. De esta forma, se obtiene una sección transversal trapezoidal evitando así abrir demasiado las juntas en "V".



Fijación de las bandejas perfiladas



Aplicación con soplete de la membrana de impermeabilización



Ligado / anclaje de las placas de fijación PC®



Aplicación del revestimiento de betún



Ligado en caliente de las placas FOAMGLAS®



Trabajo de aislamiento y techado



## El ensamblado de la cubierta

- 1 Soporte: chapa metálica.
- 2 Placas FOAMGLAS® adheridas con betún caliente siguiendo el método del baño.
- 3 Revestimiento de betún.
- 4 Instalación y ligado de las placas de fijación PC® al aislamiento según la carga de succión del viento.
- 5 Membrana de impermeabilización bituminosa adherida mediante calor (soplete).
- 6 Capa de separación con membrana geotextil para la protección de las bandejas perfiladas de acero revestidas con PVDF.
- 7 Láminas perfiladas con coronas de 33 mm fijadas con sujeciones vistas en las placas de fijación PC®. Para reconocer más fácilmente las placas de fijación debajo de las dos membranas, se puede usar un patrón picado. Se utilizan tornillos autopercutores/autorroscantes con arandelas de goma y puente metálico como elementos de fijación para satisfacer las exigencias de tracción.



Patrón picado: es una simple guía para la colocación de las placas de fijación PC® sobre una cuadrícula previamente determinada sobre FOAMGLAS®.

Láminas perfiladas trapecoidales precurvadas y laminadas.

Cubierta con chapas perfiladas tipo deck: ancho de bandeja de 1,30 m. Fabricante: Haironville



## C. LÁMINAS DE FIBROCEMENTO ONDULADAS (ETERNIT) CON FIJACIONES VISTAS SOBRE CUBIERTAS CONVENCIONALES FOAMGLAS®

LÁMINAS  
ONDULADAS

### ESTUDIO DE CASO ③ GUARDERÍA HEIDEWEG EN BIEL (SWITZERLAND)



Cubierta después de su rehabilitación con bandejas de fibrocemento Eternit y cubierta compacta FOAMGLAS®.

Este sistema es eficaz por

- su excelente relación coste / ventajas;
- su instalación rápida, y
- su rendimiento térmico y protección contra la intemperie a largo plazo.



El ensamblado de la cubierta

- 1 Soporte de hormigón con inclinación de 7-12°, placas FOAMGLAS® adheridas con betún caliente y placas de fijación PC®.
- 2 Membrana de impermeabilización aplicada con soplete; solapamiento de 10 cm.
- 3 Estructura de madera, fijación mecánica a las placas de fijación PC® y parcialmente al soporte de hormigón; orificios de perforación impermeabilizados con mastic bituminoso.
- 4 Se colocan las bandejas Eternit onduladas empezando por los aleros, y se solapan.
- 5 Los ángulos de los aleros Eternit ondulados en "L" se colocan juntados a tope.
- 6 Atornillado de las bandejas Eternit onduladas en la estructura de madera con fijaciones vistas.
- 7 Detalle del acabado y fijación de un borde de la cubierta.

# Pautas para la entrega e instalación

## Cantidades necesarias / Aplicación

### Soporte: hormigón Cantidad necesaria/ Aplicación

- Imprimación bituminosa, consumo de 0,3 kg/m<sup>2</sup>.
- Ligado con betún caliente 180-220°C, consumo aprox. 5 kg/m<sup>2</sup>.
- Placas T4 FOAMGLAS®, dimensión de 45/60 cm, espesor del aislamiento según valores K necesarios, adheridas con betún caliente y juntas rellenas de betún, escalonadas.
- Revestimiento de betún 180 – 220°C.
- Colocación de las placas de fijación PC® según cuadrícula. Los bordes dentellados de las placas PC® deben colocarse paralelamente a los aleros y cumbra.
- Calentar el revestimiento bituminoso debajo de las placas con un soplete y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento FOAMGLAS®.
- Membrana de impermeabilización aplicada con soplete, espesor ≥ 3 mm; criterio de calidad: temperatura de reblandecimiento elevada.
- Instalación de las chapas metálicas; si procede, instalar una capa de separación compuesta por una membrana geotextil entre la impermeabilización y el revestimiento metálico. Los clip de las chapas metálicas o los clip deslizantes están sujetos a las placas de fijación PC® con tornillos o remaches ciegos.

### Soporte: entablado de madera Cantidad necesaria/ Aplicación

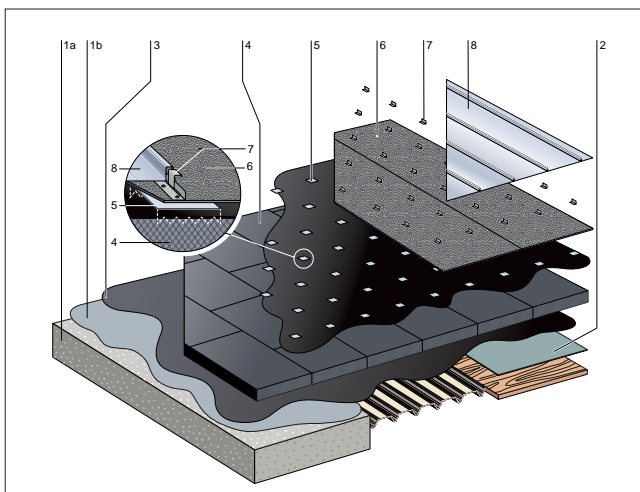
- Membrana de impermeabilización clavada en el entablado de madera con solapamiento y juntas soldadas.
- Ligado con betún caliente 180-220°C, consumo aprox. 5 kg/m<sup>2</sup>.
- Placas T4 FOAMGLAS®, dimensión de 45/60 cm, espesor del aislamiento según valores K necesarios, adheridas con betún caliente y juntas rellenas de betún, escalonadas.
- Revestimiento de betún 180 – 220°C.
- Colocación de las placas de fijación PC® según cuadrícula. Los bordes dentellados de las placas PC® deben colocarse paralelamente a los aleros y cumbra.
- Calentar el revestimiento bituminoso debajo de las placas con un soplete y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento FOAMGLAS®.
- Membrana de impermeabilización aplicada con soplete, espesor ≥ 3 mm; criterio de calidad: temperatura de reblandecimiento elevada.
- Instalación de las chapas metálicas; si procede, instalar una capa de separación compuesta por una membrana geotextil entre la impermeabilización y el revestimiento metálico. Los clip de las chapas metálicas o los clip deslizantes están sujetos a las placas de fijación PC® con tornillos o remaches ciegos.

### Soporte: Deck/Chapa de acero Cantidad necesaria/ Aplicación

- Imprimación bituminosa, aplicada a las crestas de la chapa nervada, limpio y sin grasa, consumo de 0,2 kg/m<sup>2</sup>.
- Placas T4 FOAMGLAS®, dimensión de 45/60 cm, espesor mínimo del aislamiento > 6 cm, respectivamente según valores K necesarios, adheridas con betún caliente (180 – 220°C) y juntas rellenas de betún, escalonadas. El largo de la placa debe estar paralelo a las crestas. Consumo aprox. 2 - 3 kg/m<sup>2</sup>.
- Revestimiento de betún 180 – 220°C.
- Colocación de las placas de fijación PC® según cuadrícula. Los bordes dentellados de las placas PC® deben colocarse paralelamente a los aleros y cumbra.
- Calentar el revestimiento bituminoso debajo de las placas con un soplete y presionar las placas de fijación contra la capa de aislamiento FOAMGLAS®.
- Membrana de impermeabilización aplicada con soplete, espesor ≥ 3 mm; criterio de calidad: temperatura de reblandecimiento elevada.
- Instalación de las chapas metálicas; si procede, instalar una capa de separación compuesta por una membrana geotextil entre la impermeabilización y el revestimiento metálico. Los clip de las chapas metálicas o los clip deslizantes están sujetos a las placas de fijación PC® con tornillos o remaches ciegos.

#### En soportes de chapa de acero acústicos:

- Limpiar y quitar la grasa de las crestas del soporte.
- Inserción de rastreles acústicos minerales en los canales.
- Aplicación de cinta adhesiva sobre los canales o mantas o aplicación de impermeabilizante al soporte.
- Ligado en caliente de las placas T4 FOAMGLAS®.



- 1a Soporte: hormigón / soporte de acero / entablado de madera
- 1b Imprimación bituminosa (solamente con hormigón o sobre las crestas del soporte de acero)
- 2 Membrana de impermeabilización (solamente con entablado de madera/multiplex)
- 3 Ligado con betún caliente o ligado en frío con adhesivo bituminoso
- 4 Placas FOAMGLAS®
- 5 Placas de fijación PC® revestidas de betún
- 6 Membrana de bituminosa aplicada mediante calor
- 7 Clip de fijación de chapas metálicas o clips deslizantes
- 8 Chapas metálicas

La cubierta compacta FOAMGLAS® demuestra claramente sus características prácticas, estéticas y durables en todo tipo de diseños y en combinación con todos los materiales de techado y técnicas de fijación.

**Tejas de ladrillo**



**Piedra natural**



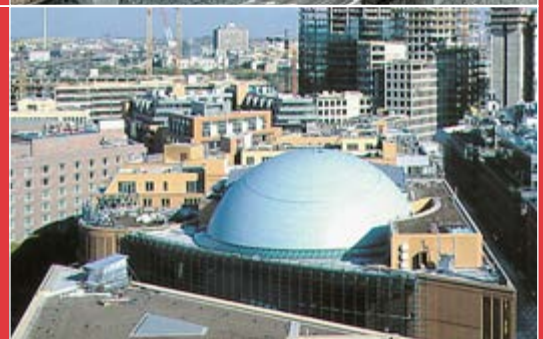
**Pizarra**



**Paneles solares**



**Tejas de cerámica**



## TEJAS EN CERÁMICA CON CUBIERTA COMPACTA FOAMGLAS®

ARQUITECTO:  
RENZO PIANO

PROYECTO: CINE IMAX EN POTSDAMER PLATZ, BERLÍN.  
REVESTIMIENTO DE CUBIERTA ABOVEDADA  
CON TEJAS EN CERÁMICA.



Diferentes etapas de la construcción aparecen en la misma fotografía.

- a la derecha – FOAMGLAS® antes del sellado de las juntas
- centro – FOAMGLAS® con las juntas selladas
- a la izquierda – aplicación de la primera capa de revestimiento
- izquierda (abajo) – se colocan las primeras tejas curvadas.

Placas T4 FOAMGLAS® que satisfacen los criterios de construcción: • Protección contra incendios  
• Rendimiento • Fácil instalación

El cine IMAX diseñado por el famoso arquitecto Renzo Piano es un edificio destacado de la Potsdamer Platz. A primera vista, parece una esfera pero, en realidad, tiene una forma de huevo. Sus radios oscilan entre 18 y 36 m y su eje de rotación es de 14° desde la perpendicular.

El armazón de hormigón de 30 cm fue moldeado in situ y las tejas en cerámica seleccionadas velando por la armonía con los edificios colindantes que utilizan baldosas en las paredes.

El fabricante de tejas BUCHTAL disponía de la tecnología para fabricar tejas curvadas con fijación invisible. Pittsburgh Corning propuso usar FOAMGLAS® para ofrecer la solución térmica e impermeabilizante que se adaptara al concepto del arquitecto y lo hiciese realidad – estanqueidad al aire garantizada, impermeabilidad garantizada, incombustibilidad y compatibilidad total.

Se formarán temperaturas elevadas debajo de las tejas debido a los efectos de los rayos solares; para evitar una acumulación de calor inaceptable en la cima de la bóveda, se tuvieron que usar juntas abiertas en el revestimiento con tejas. Por lo tanto, había que encontrar una solución que evitara la infiltración del agua de lluvia. El único material que respondiera a todas estas exigencias era FOAMGLAS®.

Para ligar el aislamiento al soporte de hormigón, especialmente en las zonas apoyadas en voladizo donde las fuerzas de gravedad son las más fuertes, se utilizó un adhesivo especial.

BÖRNER SK-TOL se utilizó como imprimación en el hormigón y BÖRNER SK FIX 2K como adhesivo y relleno de juntas.



Se utilizaron placas FOAMGLAS® pequeñas de 300 x 450 mm para facilitar su aplicación a la bóveda, en espesores de 120 mm. El aislamiento FOAMGLAS® compacto fue sellado con dos capas de revestimiento reforzadas por fibra. Se tuvo que proceder con cautela para integrar las fijaciones de soporte en acero inoxidable – se necesitaron 250 para soportar las tejas, incrustadas en el aislamiento y en la impermeabilización.

La rigurosa normativa contra incendios existe para lugares públicos como los cines. En este caso, las autoridades contra incendios de Berlín insistieron para que la totalidad de la construcción abovedada dispusiera de una instalación de rociadores y que se colocaran caños de agua entre el aislamiento y el revestimiento de tejas.

¡Incluso fue necesario pensar en que los cohetes de los festejos de Año Nuevo pudiesen quedar atrapados en las juntas de las tejas!



# PEDIDO - CUBIERTAS METÁLICAS EN RELACIÓN CON LAS CONDICIONES Y DE HUMEDAD



Nº 93 470 54 26 (PARA ESPAÑA)  
Nº (0032) 2/353 1063 (Fuera de España)

Necesitamos que envíe la información más abajo por fax a:

- FOAMGLSA PENÍNSULA IBÉRICA, o a
- PITTSBURGH CORNING EUROPE para clientes ubicados fuera del Reino Unido

## 1 CONDICIONES GENERALES

### 1.1 1.1 Utilización del edificio

La información sobre la utilización del edificio es un parámetro esencial para la evaluación. No es lo mismo un edificio que sirve para el mantenimiento de la maquinaria de construcción, equipos electrónicos sensibles u otras actividades. La cubierta de un almacén para productos a granel no exigen los mismos criterios físicos que la cubierta de unos edificios residenciales

#### 1.1.1 Valores (de no poder evaluar los valores del edificio, sírvase describir su uso)

- Elevado El valor de la decoración interior, equipamientos y bienes almacenados puede duplicar los costes de construcción del edificio.
- Medio
- Bajo

#### 1.1.2 Tolerancia (de no poder evaluar el nivel de humedad, sírvase describir su uso)

- Tolerancia baja a la humedad, flujo de aire y contaminación de equipamientos y bienes
- Tolerancia media
- Tolerancia elevada

#### 1.1.3 Requisitos estéticos del interior

- Techo(s) bajo una cubierta con tolerancia baja a la humedad
- Techo(s) con tolerancia media
- CTecho(s) con tolerancia elevada

#### 1.1.4 Requisitos estéticos del exterior, vida útil prevista

## 1.2 Datos técnicos y condiciones climáticas interiores

Temperatura interior de \_\_\_\_ a \_\_\_\_ °C  
Humedad interior relativa de \_\_\_\_ a \_\_\_\_ %

- Ventilación por  Flujo de aire natural
- Ventilación mecánica \_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h
  - Aire acondicionado

ducción de humedad \_\_\_\_ kg agua por hora  
Tipo de producción de humedad \_\_\_\_\_

## 1.3 Forma del edificio

(De ser posible, envíe plano(s) y cortes, escala y dimensiones principales (largo, ancho, alto), así como el tipo y la posición de las penetraciones en la cubierta (cúpulas, linternón, conductos de ventilación, etc.)

Longitud \_\_\_\_ m Ancho \_\_\_\_ m  
Altura \_\_\_\_ m

Inclinación de cubierta \_\_\_\_ ° o \_\_\_\_ % (si procede, indique varias inclinaciones)

## 1.4 Localización geográfica del proyecto (zona climática)

udad (incluido código postal) \_\_\_\_\_  
Por encima del nivel del mar \_\_\_\_ m  
Exposición: \_\_\_\_\_

- Valle/costa  Zona rural
- Suburbio, zona industrial  Centro de ciudad

## 2 CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA CON REVESTIMIENTO METÁLICO POR EVALUAR

### 2.1 Estructura

- Hormigón  Chapa de acero  Madera  Otros:

### 2.2 Soporte de cubierta

### 2.3 Barrera de vapor (puede incluir una descripción)

Producto: \_\_\_\_\_  Adheridas  
Resistencia a la transmisión del vapor de agua

- Placa de hormigón/elementos de hormigón  Perforada  Entablado de madera
- Placas de hormigón ligero  Otros:
- Soporte de chapa de acero

\_\_\_\_\_ μ . m o \_\_\_\_ m<sup>2</sup>/Pa/mg

- soldadas

### 2.4 Aislamiento térmico

Producto: \_\_\_\_\_  
Espesor: \_\_\_\_ mm Densidad: \_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
Cebos,  Madera  
 1 capa – dimensión \_\_\_\_ x \_\_\_\_ mm  
 capa cruzada – dimensión \_\_\_\_ x \_\_\_\_ mm  
 Acero  Otros:

### 2.5 Capa de separación

Producto: \_\_\_\_\_  
Espesor: \_\_\_\_ mm Densidad: \_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

### 2.6 Tipo de revestimiento metálico

Producto: \_\_\_\_\_  
Método de instalación: \_\_\_\_\_

Fijaciones mecánicas:

- Tipo de fijaciones \_\_\_\_\_
- Cantidad por m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ Centro \_\_\_\_\_
- Borde \_\_\_\_\_ Angulo \_\_\_\_\_

## 3 OBSERVACIONES ADICIONALES:

## 4 PEDIDO:

Para una evaluación rápida de los riesgos potenciales de una cobertura metálica en relación con la estructura, condiciones térmicas y de humedad; coste: EUR 80

**PAGO:** del importe de EUR 80

- Sí, por la presente le autorizo a realizar una evaluación rápida de los riesgos potenciales de una cubierta metálica en relación con la estructura, las condiciones térmicas y de humedad, según la información facilitada más arriba y con este motivo he efectuado una transferencia por un importe de EUR 80 indicando las razones de este abono.

por el banco \_\_\_\_\_  
el día \_\_\_\_\_

a abonar a la cuenta de PITTSBURGH CORNING EUROPE,  
CUENTA NÚMERO 235 – 0116700-21 del banco Fortis,  
en Hasselt, Bélgica.

- Solicito el envío del comprobante de pago.

Por favor, escriba su dirección aquí o añada el sello de su empresa.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El sistema de cubierta FOAMGLAS® con revestimiento de chapas metálicas es resistente a la intemperie y ahorra energía.

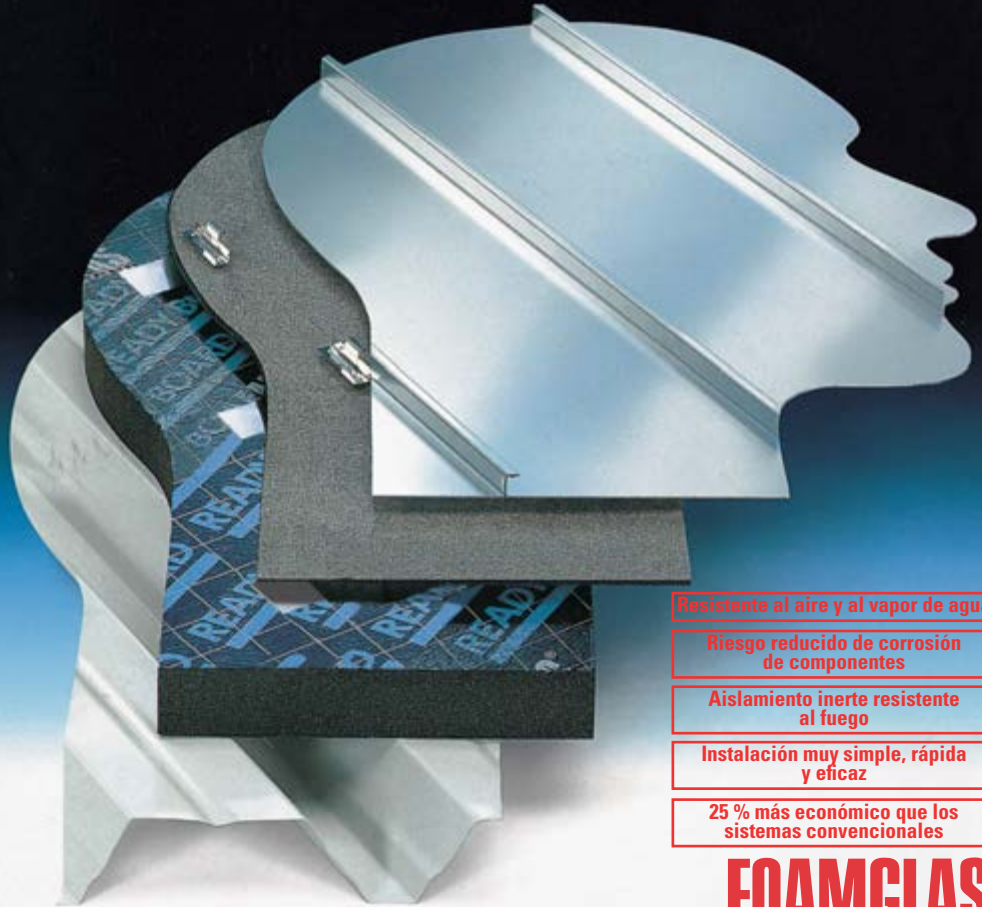
El aislamiento en vidrio celular FOAMGLAS® es la combinación perfecta entre rendimiento elevado y estética cuando se especifica una cubierta de chapa metálica.

**Los puentes térmicos quedan totalmente eliminados** mediante un sistema de fijación único, y el rendimiento de FOAMGLAS® está garantizado durante toda la vida útil del edificio. No merece la pena pensar en otra alternativa.



Considerando el ahorro, la resistencia a la corrosión, la duración y protección contra incendios.

*Piense en FOAMGLAS® para las cubiertas de chapa metálica.*



- Resistente al aire y al vapor de agua
- Riesgo reducido de corrosión de componentes
- Aislamiento inerte resistente al fuego
- Instalación muy simple, rápida y eficaz
- 25 % más económico que los sistemas convencionales

**FOAMGLAS®**

Las aplicaciones del aislamiento FOAMGLAS® están detalladas en las especificaciones técnicas que abarcan las diferentes fases de un proyecto: Diseño, Especificaciones, Propuesta e Instalación. Estas especificaciones están disponibles a petición en cualquier filial de Pittsburgh Corning o de sus representantes autorizados.



los innovadores en técnicas de aislamiento

**DEUTSCHE PITTSBURGH CORNING GmbH**  
Marketing Division • Landstraße 27-29  
42781 Haan • Germany  
Tel.: (02129) 93 06-21 • Fax: (02129) 16 71  
**e-mail:** dpc.haan@pce.be  
**Internet:** www.foamglas.de

**PITTSBURGH CORNING FRANCE**  
5, rue Saarinen • SILIC 125  
94523 Rungis CEDEX • France  
Tel.: (01) 56 34 70 00 • Fax: (01) 56 34 70 01  
**e-mail:** pcinfo@foamglas.com  
**Internet:** http://www.foamglas.fr

**PITTSBURGH CORNING U.K. Ltd.**  
Southcourt • 29 South Street  
Reading Berkshire, RG1 4QU • Great Britain  
Tel.: (0118) 95 00 655 • Fax: (0118) 95 09 019  
**e-mail:** info@foamglas-building.uk  
**Internet:** www.foamglas-building.co.uk

**PITTSBURGH CORNING NEDERLAND B.V.**  
Marconibaan 42; Postbus 72  
3430 AB Nieuwegein • The Netherlands  
Tel.: (030) 60 35 241 • Fax: (030) 60 34 562

**PITTSBURGH CORNING GmbH**  
Hauptstraße 33  
4040 Linz-Urfahr • Austria  
Tel.: (0732) 73 09 63 • Fax: (0732) 73 74 09  
**e-mail:** direktion@foamglas.at  
**Internet:** www.foamglas.at

**FOAMGLAS® DENMARK**  
Borgmester Jensens Allé 7, 4. tv.  
2100 København • Denmark  
Tel.: 70 20 66 05 • Fax: 70 20 66 15  
**e-mail:** jri@foamglas.dk  
**Internet:** www.foamglas.dk

**PITTSBURGH CORNING SCANDINAVIA AB**  
Gårdsvägen 4  
16970 Solna • Sweden  
Tel.: (08) 730 04 60 • Fax: (08) 730 04 61  
**e-mail:** info@pittsburgh-corning.se  
**Internet:** www.pittsburgh-corning.se

**PITTSBURGH CORNING SCHWEIZ AG**  
Wydengasse 4; Post box  
2557 Studen bei Biel  
Switzerland  
Tel.: (032) 374 20 20 • Fax: (032) 374 20 60  
**e-mail:** direktion@foamglas.ch  
**Internet:** www.foamglas.ch

**Etablissements THÉO HARY**  
100, route d'Arlon - 1150 Luxembourg  
Grand Duchy of Luxembourg  
Tel.: 264.404 56 • Fax: 246.404 58

**HABITEMA - Italia**  
Viale Virgilio, 58/N • 41100 Modena  
Italy  
Tel.: (059) 84 87 97 • Fax (059) 84 88 47  
**e-mail:** habitema@tin.it

**NUOVA DIRECCIÓN A PARTIR DEL 1.06.2000**

**PITTSBURGH CORNING EUROPE S.A. & GRAND DUCHY OF LUXEMBOURG**  
*Division Building*  
Lasne Business Park  
Chaussée de Louvain, Building F  
1380 Lasne / Belgium  
Tel.: (02) 351 02 30 • Fax: (02) 353 10 63  
**e-mail:** info@foamglas.be  
**Internet:** www.foamglas.be

**PITTSBURGH CORNING EUROPE S.A.**  
*Division Industry*  
Lasne Business Park  
Chaussée de Louvain, Building F  
1380 Lasne / Belgium  
Tel.: (02) 351 02 30 • Fax: (02) 353 10 63  
**e-mail:** foamglas.industry@pce.be  
**Internet:** www.foamglas-industry.com

Este documento no puede ser utilizado como especificación de aplicación

PC® y FOAMGLAS® son marcas registradas en los Estados Unidos y en otros países.

