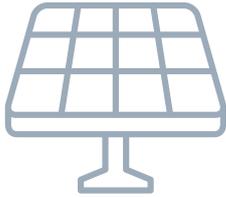




AIFIm

Asociación Ibérica de
Fabricantes de
Impermeabilización



Guía de buenas prácticas para la instalación de paneles solares sobre cubiertas con membranas impermeabilizantes



AIFIm

*Guía de buenas prácticas para
la instalación de paneles solares
sobre cubiertas con membranas
impermeabilizantes*
es un proyecto de AIFIm



AIFIm, Asociación Ibérica
de Fabricantes de Impermeabilización
C/ Tambre, 21, 2.º
28002 Madrid
info@aifim.es
<https://aifim.es/>

Primera edición: octubre de 2024

ISBN: 978-84-09-65305-8

Páginas: 95

Formato: la publicación está disponible para descarga en el sitio web de la asociación.

Todos los derechos de esta publicación están reservados y pertenecen a la asociación AIFIm, a sus miembros asociados, socios colaboradores y al resto de entidades que la han apoyado.

Los participantes en la elaboración de esta publicación han hecho un gran esfuerzo para asegurar que la información contenida sea correcta y precisa, pero no aceptan responsabilidad alguna por errores o perjuicios que pudiera originar su uso y aplicación.

La Guía se ha elaborado para su utilización por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información contenida en la publicación.

Ninguna parte de esta Guía puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma ni por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

CARTA DEL PRESIDENTE



Es un orgullo para mí como presidente de la Asociación presentar la Guía de buenas prácticas para la instalación de paneles solares sobre cubiertas con membranas impermeabilizantes. Este documento, sin lugar a dudas, ayudará a una instalación segura y eficiente para la estanquidad de nuestras edificaciones.

La creación de esta Guía de buenas prácticas responde a la necesidad vital de ofrecer un servicio de calidad a los usuarios como asociación de fabricantes. Elaborado por la Comisión Técnica de AIFIm, el objetivo principal es salvaguardar la integridad de las cubiertas de edificaciones, proporcionando información tanto teórica como práctica.

En respuesta al crecimiento imparable del mercado solar en la península ibérica en 2022, la Asociación Ibérica de fabricantes de impermeabilización y sus colaboradores elaboraron estas recomendaciones para preservar la impermeabilización en cubiertas con instalaciones solares, reconociendo la aceleración de la transición energética y la descarbonización de la edificación.

A diferencia de la documentación existente, que mencionaba de manera anecdótica la importancia de verificar la impermeabilización en la dirección de instalaciones solares, esta Guía se gestó a lo largo de 2023, impulsada por la experiencia previa de la Guía de fijaciones. Agradecemos la contribución de fabricantes y asociaciones, cuya participación fue fundamental para dar forma a este documento que busca mejorar la eficacia y seguridad en la construcción, así como la durabilidad de los trabajos en la edificación.

El propósito de la Guía es orientar el diseño, instalación, operación y mantenimiento adecuados para garantizar un funcionamiento seguro de los sistemas de impermeabilización en cubiertas solares. Presentamos una descripción de los diversos sistemas para la colocación de paneles solares, analizando su compatibilidad con diferentes tipos de impermeabilización, junto con sus ventajas y limitaciones.

Paulo Oliveira



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción: la importancia de la impermeabilización	7
2. Objetivos de la Guía	9
3. Tipología de sistemas de cubierta para albergar paneles solares: características	11
4. Tipología de sistemas de soporte de paneles solares sobre cubiertas	23
5. Configuraciones habituales de los paneles: dimensiones, inclinación y orientación	29
6. Requisitos de los elementos que integran la cubierta	35
7. Recomendaciones para el cálculo de la acción del viento en cubiertas con instalaciones solares	47
8. Patologías asociadas a instalaciones solares en cubiertas	49
9. Diseño	57
10. Instalación y puesta en obra	59
11. Uso y mantenimiento de la cubierta	63
12. Algunos aspectos sobre la seguridad contra incendio de cubiertas con instalaciones solares	67
13. Casos de éxito	75
ANEXO I. NORMAS PARA CONSULTA Y BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXO II. SISTEMAS TIPO CON CLASIFICACIÓN AL FUEGO EXTERIOR Broof(t1)	81
ANEXO III. FICHAS DE SISTEMAS DE SOPORTE DE LOS ASOCIADOS	85



1. INTRODUCCIÓN: LA IMPORTANCIA DE LA IMPERMEABILIZACIÓN

La inversión necesaria para impermeabilizar una cubierta no representa más de un 1% del presupuesto de ejecución del edificio, sin embargo, la falta de estanquidad genera el 25% de los siniestros. Invertir en sistemas de impermeabilización seguros y duraderos es una garantía de éxito.

Un dato contrastado es que las humedades y filtraciones ocupan el primer puesto en la lista de patologías que más afectan a la edificación y representan más de la cuarta parte del total, localizadas fundamentalmente en zonas de cerramientos y cubiertas (Análisis estadístico nacional sobre patologías en la edificación de Fundación Musaat). Estas pueden provocar graves daños en la edificación y afectar al bienestar y salud de sus habitantes.

No hay duda de que con una adecuada impermeabilización se contribuye a la salubridad y sostenibilidad del edificio, y, más concretamente, a la mejora térmica y al confort. Si además optamos por reforzar lo anterior acudiendo a soluciones de captación solar en la cubierta no debemos perder de vista la necesidad de preservar la impermeabilización de manera que pueda cumplir con su función principal, evitar que pase el agua. Las estructuras de paneles solares han de ser por tanto compatibles con la impermeabilización de la cubierta.

Partiendo del hecho de que se ha realizado una correcta instalación de un buen producto y de que se ha tenido en cuenta un mantenimiento preventivo, la implementación de instalaciones adicionales en la cubierta ha de ser siempre cuidadosa; al tratarse de sistemas técnicos complejos, la instalación de paneles entraña ciertos riesgos que conviene prevenir.



2. OBJETIVOS DE LA GUÍA

La Guía pretende abordar todas las cuestiones técnicas que garanticen que la implementación en las cubiertas de tecnología de captación solar se realiza de manera adecuada y respetuosa con la impermeabilización. Recoge todas las cuestiones imprescindibles a tener en cuenta para preservar la impermeabilización de las cubiertas solares.

Así esta Guía básica quiere ser un complemento que ayude a optimizar el resultado del funcionamiento global de la cubierta. Se ha elaborado desde un punto de vista práctico y visual, basándose en el estado del arte actual de la tecnología y en experiencias reales que destaquen la problemática más habitual, proponiendo las mejores soluciones de una manera sistemática y comprensible.

Las consideraciones que se proponen son una mezcla de requisitos normativos, experiencia y conocimiento actual de los autores de la Guía por lo que consideramos que no deben interpretarse como exigencias reglamentarias sino como recomendaciones a observar en cubiertas, especialmente en los casos en los que la impermeabilización queda expuesta y por tanto interactúa de manera directa con la instalación solar. Al tratarse de un campo en continuo desarrollo, está prevista su revisión periódica y actualización cuando haya mejoras significativas o cambios.

La presente Guía ofrece también información sobre patologías y su prevención. Está dirigida a proyectistas, instaladores o aplicadores, operadores de los sistemas solares y propietarios de edificios.

Se recuerda que estas recomendaciones están diseñadas para garantizar la seguridad, la durabilidad y el rendimiento óptimo de la impermeabilización en las cubiertas solares.



3. TIPOLOGÍA DE SISTEMAS DE CUBIERTA PARA ALBERGAR PANELES SOLARES: CARACTERÍSTICAS

Los sistemas de cubierta se caracterizan por diferentes aspectos, tales como: pendiente, uso, capa de protección de la impermeabilización, posición de esta con respecto al aislamiento y tipo de impermeabilización. Los vemos a continuación:

3.1. PENDIENTE DE LA CUBIERTA

3.1.1. Sistemas de cubierta plana

Para el objeto de esta Guía y como describe el CTE en su DB HS1, Tabla 2.9 entendemos por cubierta plana, para soluciones autoprotegidas, aquella con una pendiente de hasta un 15% (8. 53°).

Tabla 0. (Tabla 2.9 DB HS1) Pendientes de cubiertas planas

Uso		Protección	Pendiente en %
Transitables	Peatones	Solado fijo	1-5
	Vehículos	Solado flotante	1-5
		Capa de rodadura	1-5
No transitables		Grava	1-5
		Lámina autoprotegida	1-15
Ajardinadas		Tierra vegetal	1-5

A efectos de cálculo y, según DB SE-AE Tabla D4 se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5° (8,75 %).

3.1.2. Sistemas de cubierta inclinada

Las cubiertas inclinadas se consideran no transitables, y son cubiertas dónde el principal mecanismo de protección frente a la humedad es la rápida evacuación del agua. En dichas cubiertas, la capa de impermeabilización puede ser opcional, siempre que se cumplan las pendientes mínimas de la Tabla 2.10 del DB-HS-1, por tipo de tejado.

En dichas cubiertas, si la inclinación es adecuada, es posible colocar los paneles solares con la misma inclinación que la de la propia cubierta, sin necesidad de soportes que modifiquen dicha inclinación.

Esta Guía no incluye dentro de su alcance los sistemas de paneles solares para cubierta inclinada.

3.2. USO DE LA CUBIERTA

Según el uso de la cubierta, podemos distinguir:

3.2.1. Cubiertas transitables

Son las cubiertas planas diseñadas para el tránsito de personas y/o vehículos, para un tráfico peatonal privativo o público, también conocido como no intensivo e intensivo.



Fotografía 1. Cubierta transitable con paneles solares lastrados

3.2.2. Cubiertas no transitables

Cubiertas planas o inclinadas, no diseñadas para el tránsito frecuente de personas, pero sí para el tránsito para labores de mantenimiento.



Fotografía 2. Cubierta no transitable con impermeabilización bituminosa



Fotografía 3. Cubierta plana no transitable

3.2.3. Cubiertas ajardinadas

Son aquellas que albergan una capa de terminación con motivos paisajísticos o medioambientales. Pueden ser transitables o no transitables según el tipo de vegetación y su inclinación. Mayoritariamente son cubiertas planas, y deben permitir el tránsito como mínimo para las labores de mantenimiento de la cubierta y de la propia vegetación.



Fotografía 4. Cubierta plana ajardinada

3.3. CAPA DE TERMINACIÓN O DE PROTECCIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN

3.3.1. Sistemas con protección pesada

En esta tipología de cubierta, la capa de impermeabilización nunca queda expuesta a la intemperie y, está lastrada por una capa de protección o de terminación de cubierta (pavimento, gravas, sustrato ajardinado, soportes regulables, losas aislantes, etc.). En dichos sistemas, la impermeabilización puede ser adherida o flotante sobre el soporte.



Fotografía 5. Cubierta con protección pesada de grava. Vivienda unifamiliar en Palma de Mallorca (I. Baleares)

3.3.2. Sistemas sin protección pesada o autoprottegidos

En dichos sistemas, la capa de impermeabilización es la capa de terminación de la propia cubierta, quedando expuesta a los rayos solares y resto de agentes atmosféricos. En este tipo de cubierta, la impermeabilización debe colocarse adherida al soporte o fijada mecánicamente para contrarrestar la succión del viento.

Estos pueden ser a su vez:

3.3.2.1. Sistemas *Cool Roof* o cubierta fría

Son sistemas autoprottegidos donde la impermeabilización tiene un índice de reflexión solar SRI, superior a 82% en estado inicial y superior a 64% tras 3 años de vida en cubiertas planas, mejorando la eficiencia energética de la envolvente.



Fotografía 6. Cubierta plana con sistema Cool Roof

3.3.2.2. *Sistemas descontaminantes o fotocatalíticos*

Son sistemas autoprotégidos donde la impermeabilización cuenta con un acabado fotocatalítico, que permite mejorar la calidad del aire de nuestras ciudades por medio de la fotocatalisis, donde los contaminantes de óxido de nitrógeno son transformados en nitratos que son evacuados por la red de saneamiento y posteriormente tratados. Estos sistemas suelen tener acabados claros o blancos, que cuentan con mayores índices de reflexión solar que los colores convencionales (gris, rojo, verde).



Fotografía 7. Cubierta no transitable con lámina fotocatalítica descontaminante y reflectante, autoprotégida (Alicante)

3.3.2.3. Sistema autoprotegido convencional

Son sistemas autoprotegidos donde la impermeabilización no cuenta con estas dos últimas propiedades.

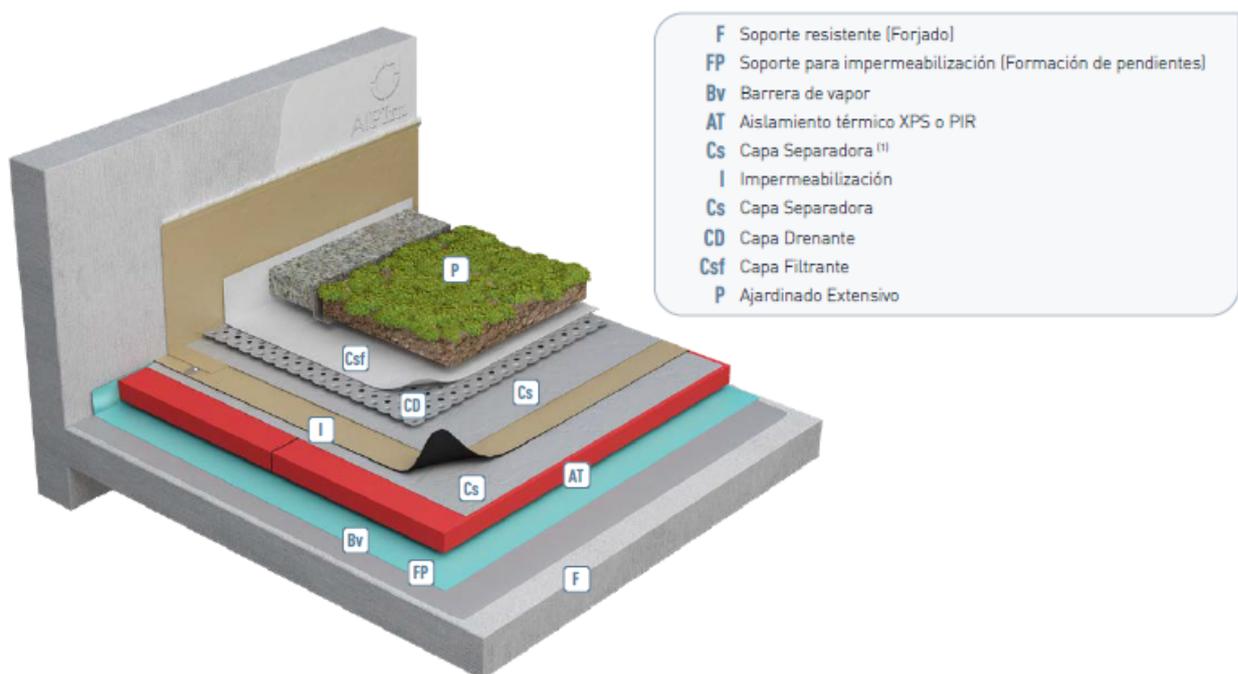


Fotografía 8. Sistema autoprotegido convencional con lámina asfáltica

3.4. POSICIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN CON RESPECTO AL AISLAMIENTO

3.4.1. Cubierta convencional

En este tipo de cubiertas, la capa de impermeabilización se encuentra por encima de la capa de aislamiento, protegiéndolo de la acción de la humedad y exposición directa a la intemperie. En la cubierta convencional, deberá comprobarse la necesidad de colocar una barrera contra vapor debajo del aislamiento.



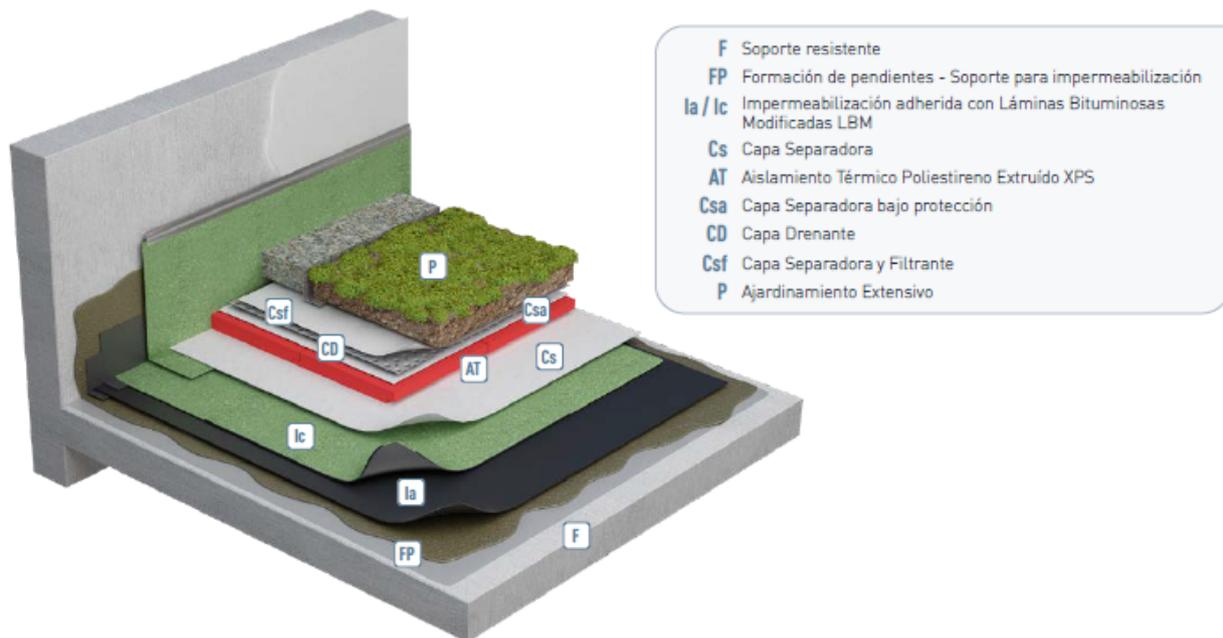
Fotografía 9. Sistema de cubierta plana ajardinada convencional



Fotografía 10. Cubierta plana con soporte metálico

3.4.2. Cubierta invertida

En este tipo de cubiertas, la capa de aislamiento se encuentra por encima de la impermeabilización, actuando como una protección frente a las acciones atmosféricas y mecánicas durante su vida útil. En este tipo de cubierta, la capa de impermeabilización actúa como barrera de vapor con respecto al aislamiento térmico.



Fotografía 11. Sistema de cubierta plana ajardinada extensiva invertida

3.5. TIPO DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LA CUBIERTA

Según el tipo de material que constituya la capa de impermeabilización de la cubierta, podemos diferenciar entre tres tipologías principales según las tecnologías más habituales en el mercado actual.

3.5.1. Sistemas de impermeabilización con láminas de betún modificado con polímeros

Aquellos en los que la capa de impermeabilización está compuesta por láminas asfálticas o láminas bituminosas de betún modificado con polímero.



Fotografía 12. Sistema de cubierta solar con impermeabilización asfáltica

3.5.2. Sistemas de impermeabilización con láminas sintéticas

En dichas cubiertas, la capa de impermeabilización estará formada mediante diferentes tecnologías, como las láminas flexibles de policloruro de vinilo (PVC-p) y láminas de poliolefina termoplástica (TPO/ FPO).



Fotografía 13. Cubierta solar con sistema de impermeabilización con lámina sintética

3.5.3. Sistemas de impermeabilización líquidos

Cubiertas dónde la capa de impermeabilización está formada por membranas líquidas. Entre las tecnologías más habituales encontramos las de tipo poliurea, poliuretano, acrílicas y polimetilmetacrilato.



Fotografía 14. Cubierta solar con impermeabilización expuesta (membrana líquida)

3.6. SISTEMAS MÁS FRECUENTES OBJETO DE LAS RECOMENDACIONES DE ESTA GUÍA

El ANEXO II de esta Guía incluye tres ejemplos con los sistemas más frecuentes en cubiertas solares. Estas fichas forman parte de la colección de Soluciones constructivas sostenibles que se puede consultar en:





4. TIPOLOGÍA DE SISTEMAS DE SOPORTE DE PANELES SOLARES SOBRE CUBIERTAS

Los paneles solares requieren estructuras de soporte estables y duraderas que puedan resistir las inclemencias climáticas (viento, nieve, etc.).

El sistema de montaje engloba los medios necesarios para la fijación mecánica de los módulos solares al edificio: básicamente consiste en una estructura de soporte y los elementos de fijación a la cubierta.

Los soportes para paneles solares constituyen un elemento necesario y muy importante en este tipo de instalaciones. Estos componentes no solo proporcionan una correcta sujeción a los paneles, sino una estabilidad en la orientación y ángulo de inclinación para que tengan el máximo rendimiento solar. Los anclajes, correctamente instalados, deben resultar estancos, por este motivo, estos y el dimensionamiento de las estructuras son algunos de los aspectos que más preocupan.

Para empezar, antes de proceder a la colocación de paneles solares, es fundamental disponer de un estudio previo y asesoramiento técnico cualificado que tenga en cuenta el proyecto de instalación de soportes para las cubiertas de los edificios, pues de la elección de una solución segura y adecuada, dependerá el éxito de esta intervención.

Podríamos realizar una primera clasificación de los soportes distinguiendo entre sistemas integrados en la cubierta (fijados mecánicamente, mixtos, etc.) y sistemas agregados, que se colocan sobre la cubierta existente (soldados, lastrados, etc.).

Existen también distintas clasificaciones de los soportes en función de su movilidad (para aumentar la captación solar), del material en el que están fabricados y del tipo de fijación.

Podemos hablar en primer lugar de estructuras fijas y de estructuras móviles. Las primeras son más habituales en módulos planos pues dotan a los paneles de ángulos fijos (determinados por la latitud de la ubicación) que maximizan la eficiencia de la instalación.

Las estructuras móviles son más complejas pero permiten realizar un seguimiento de la radiación solar, lo que supone un consumo eléctrico y mayor mantenimiento.

En función del material, podemos tener diferentes tipos de soportes: en aluminio, en acero y en hormigón.

El ANEXO III incluye una colección de fichas de los diferentes sistemas donde se pueden consultar sus principales características, ventajas e inconvenientes.

Según su forma de instalación, los soportes pueden ser:

- Lastrados
- Anclados o fijados mecánicamente
- Termofusionados o soldados
- Mixtos

4.1. LASTRADOS

Están formados por estructuras, generalmente metálicas, fijadas a piezas masivas, normalmente de hormigón, que actúan como lastre para contrarrestar la acción del viento. Es imprescindible verificar que, tanto la estructura de la cubierta como el sistema de impermeabilización, sean capaces de soportar las cargas que este sistema aporta. Su principal ventaja es que se disponen por encima de la impermeabilización, sin necesidad de atravesarla. Debe valorarse su idoneidad según la pendiente de la cubierta.



Fotografía 15. Sistema lastrado en cubierta con membrana de impermeabilización líquida

4.2. ANCLADOS O FIJADOS MECÁNICAMENTE

Se trata de estructuras metálicas fijadas al soporte. Están formados por una base que se apoya directamente sobre la impermeabilización de la cubierta, a continuación se instalan las fijaciones adecuadas en función del tipo de soporte, perforando el sistema de impermeabilización existente y dejando las piezas unidas al soporte o estructura de la cubierta. Se ha de garantizar siempre que se restituye la estanquidad de la cubierta para protegerla de la penetración de agua utilizando, si es necesario, elementos de refuerzo.

El resultado final será un elemento sobre el que poder fijar la subestructura del panel solar.

Entre sus ventajas podemos destacar: la eliminación de puntos críticos, que las fijaciones quedan ocultas bajo la membrana y la elevada resistencia a la succión del viento.

Es importante limpiar bien la superficie de apoyo de las piezas y elegir las fijaciones adecuadas en función del soporte.

A fin de garantizar la confiabilidad del sistema y la resistencia de las fijaciones, se aconseja la utilización de fijaciones con Marcado CE que hayan sido sometidas a pruebas y estén certificadas de acuerdo a la normativa aplicable.

Tanto el soporte como la fijación propuesta deberán ofrecer las máximas garantías por parte del fabricante: homologaciones, sellos de calidad y ensayos que permitan conocer un determinado valor de diseño por punto.



Fotografía 16. Sistema de soporte fijado mecánicamente o anclado, para paneles solares sobre una cubierta con impermeabilización sintética expuesta

Para asegurar la estanquidad de la cubierta, antes de usar las piezas las soldaduras deben realizarse conforme a las especificaciones proporcionadas por el fabricante de la membrana de impermeabilización y siempre bajo su aprobación previa.

El sistema elegido deberá respetar sin sobrecargar los sistemas de la impermeabilización y aislamiento.

4.3. TERMOFUSIONADOS O SOLDADOS

En este tipo de sistemas los elementos se sueldan directamente a la capa de impermeabilización, ofreciendo un sistema seguro, sencillo y rápido de instalar, sin la necesidad de perforar la membrana impermeabilizante, asegurando la estanquidad. Es un sistema ligero (no añade cargas a la cubierta) que no precisa de lastres, al instalarse junto a las líneas de fijación de la membrana impermeabilizante.

Por ello, deben calcularse la densidad y disposición de las fijaciones de la membrana de impermeabilización previamente a su colocación, asegurándonos de que el sistema de impermeabilización no sufrirá tensiones extras debido a la colocación de los paneles solares.



Fotografía 17. Sistema de soporte termofusionado o soldado para paneles solares sobre una cubierta con impermeabilización sintética expuesta



Fotografía 18. Sistema de soporte adherido para paneles solares sobre una cubierta con impermeabilización sintética expuesta

4.4. MIXTOS

Son los sistemas que combinan dos o más tecnologías.



Fotografía 19. Sistema de soporte mixto (soldado y lastrado) para paneles solares sobre una cubierta con impermeabilización sintética expuesta



5. CONFIGURACIONES HABITUALES DE LOS PANELES: DIMENSIONES, INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN

La superficie habitual de un panel solar es superior a los 2 m² siendo y su peso aproximado es de 25-30 kg. Dichas configuraciones están en continua evolución.

Para su instalación se emplea un sistema de perfilera metálica, generalmente de aluminio; el peso de la instalación solar incluyendo la perfilera de aluminio se sitúa entre 12,5 y 15 kg / m².

Con el objetivo de maximizar la producción de energía, los paneles deben orientarse al sur con una inclinación óptima en torno a 30°. Es recomendable inclinar los paneles solares al menos 10° para que la suciedad se limpie con la lluvia, evitando así la aparición de zonas frías que comprometan la producción de energía del panel. Los paneles nunca deben orientarse al norte.

Teniendo en cuenta la producción de energía existen tres configuraciones habituales en la instalación de paneles solares en cubierta:

5.1. SISTEMAS INCLINADOS

Se emplean en cubiertas en las que se busca la orientación de los paneles solares al sur con una inclinación entre 10° y 30° . Los paneles solares se instalan en filas individuales mediante sistemas de perfilaría que permitan la inclinación de los paneles. En estos sistemas, los paneles solares crean resaltos en la cubierta que modifican las cargas de viento del edificio original. Es recomendable estudiar estos sistemas como marquesinas a un agua sobre la cubierta del edificio y dimensionar los perfiles y sistemas de soporte de acuerdo a esta hipótesis.



Fotografía 20. Sistema inclinado en cubierta plana no transitable

5.2. SISTEMAS INCLINADOS ESTE-OESTE

En estas configuraciones, los paneles solares se colocan en grupos por diente de sierra muy próximos en su borde más alto, evitando la entrada de viento por debajo de la placa, con inclinaciones de entre 5° y 10° que permitan la limpieza de los paneles solares con la caída de la lluvia.

Los sistemas coplanares en diente de sierra se utilizan de forma más habitual en edificios con orientación solar este-oeste. Las cargas de viento en estos sistemas son similares a las del edificio original porque los paneles solares no generan resaltos y mantienen la inclinación del edificio previa a la instalación de las placas solares. Es recomendable la instalación de deflectores perimetrales que impidan que el viento actúe sobre la cara interior de las placas solares.

5.3. SISTEMAS COPLANARES

En los sistemas coplanares, los paneles se instalan en grupos, imitando la inclinación de la cubierta original.

En estos sistemas los paneles solares se instalan totalmente paralelos a la cubierta original. En el caso de cubiertas planas, estos sistemas necesitan un mantenimiento programado puesto que se puede acumular suciedad sobre los paneles solares reduciendo su producción y generando puntos fríos que pueden llegar a comprometer su funcionamiento.



Fotografía 21. Sistema coplanar en cubierta con impermeabilización sintética



Fotografía 22. Sistema coplanar con inclinación en cubierta bio-solar



6. REQUISITOS DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA CUBIERTA

6.1. REQUISITOS DE LOS MATERIALES

6.1.1. Requisitos de las membranas impermeabilizantes

6.1.1.1. Láminas de betún modificado con polímeros

6.1.1.1.1. Designación de las láminas de betún modificado con polímeros

Las láminas de betún modificado con polímeros para los sistemas de cubiertas planas bajo paneles solares se clasifican en los tipos indicados según norma de designación UNE 104410 y UNE 104401 en función de su peso y de si llevan una capa de protección y acabado.

En la Tabla 1 se puede ver un resumen de las designaciones típicas de láminas que se pueden aplicar en cubiertas convencionales bajo paneles solares.

Tabla 1. Láminas de betún modificado con polímeros LBM

De superficie no protegida	Tipo LBM-30 Tipo LBM-40 Tipo LBM-48
De superficie autoprottegida (mineral)	Tipo LBM-40/G Tipo LBM-50/G Tipo LBM-60/G

Además, se debe indicar en cada tipo la armadura principal empleada con las letras siguientes:

- AL Hoja de aluminio
- FP Fieltro de poliéster (no tejido), con o sin refuerzo de fibra de vidrio
- FV Fieltro de fibra de vidrio

NOTA. El material antiadherente puede ser arena o film de plástico.

6.1.1.1.2. Membranas impermeabilizantes bituminosas para su utilización en los sistemas recomendados para cubiertas planas con paneles solares (según la Norma UNE-EN 13707)

En la Tabla 2 se pueden ver los sistemas de láminas bituminosas y sus características mínimas que se pueden aplicar en cubiertas convencionales bajo paneles solares.

Tabla 2. Láminas bituminosas en sistemas recomendados para cubiertas planas autoprotegidas bajo panel solar

CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL AUTOPROTEGIDA BAJO PANELES SOLARES			
Con capa de protección. No transitable			
Propiedades de la capa de impermeabilización	Capa de impermeabilización bituminosa		
	UNE-	Monocapa	Bicapa
Masa nominal kg/m ²	EN 1849-1	5	7
Estanquidad	EN 1928	pasa	pasa
Reacción al fuego	UNE-EN 13501-1 y UNE-EN ISO 11925-2.	E	E
Comportamiento frente a un fuego externo	UNE-CEN/TS 1187 EN 13501-5	Broof (t1)	Broof (t1)
Resistencia a la penetración de raíces	EN 13948	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	EN 1109	≤ -15	≤ -15
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	EN 1110	≥ 100	≥ 100
Estabilidad dimensional (%)	EN 1107-1	≤ 0,5	≤ 0,5
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada: flexibilidad a bajas temperaturas (°C) resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	EN 1296 EN 1109 EN 1110	- - 5 ± 5 100 ± 10	- - 5 ± 5 100 ± 10
Resistencia a una carga estática (kg)	EN 12730 Método A	≥ 15	≥ 15
Resistencia al impacto (mm)	EN 12691	≥ 1 000	≥ 1 000
Propiedades de tracción: elongación (%)	EN 12311-1	45 ± 15	45 ± 15
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	EN 12311-1	≥ 300	≥ 300

NOTA 1. pasa = cumple con el ensayo especificado para cada caso.
 NOTA 2. En sistemas bicapa, al menos una de las láminas debe llevar armadura de fieltro de poliéster.
 NOTA 3. Los valores especificados deben ser cumplidos por, al menos, una de las láminas del sistema, excepto en la característica de estabilidad dimensional que deben cumplirla ambas láminas.
 NOTA 4. Para láminas con armadura reforzada la estabilidad dimensional debe ser ≥ 0,4%.
 NOTA 5. La resistencia a la fluencia debe ser: para láminas de betún modificado con APP y armadura de FP o FV ≥ 120 °C.
 NOTA 6. Para láminas de betún modificado con APP y armadura de FP o FV, la resistencia a la fluencia tras envejecimiento debe ser 120 ± 10 °C.
 NOTA 7. La resistencia a la penetración de raíces sólo se exige para cubiertas ajardinadas.
 NOTA 8. Broof (t1). Requisito para el sistema de cubierta. Aplicable para láminas expuestas a la intemperie.

6.1.1.2. Láminas sintéticas

6.1.1.2.1. Definición de las láminas de policloruro de vinilo (PVC-p)

Las láminas de policloruro de vinilo plastificado (PVC-p) para los sistemas de cubiertas planas bajo paneles solares se definen según norma de designación UNE 104416 en función de su espesor y su aplicación.

6.1.1.2.2. Definición de las láminas de poliolefinas termoplásticas (TPO) o poliolefinas flexibles (FPO)

Las láminas de poliolefinas termoplásticas (TPO) o poliolefinas flexibles (FPO) para los sistemas de cubiertas planas bajo paneles solares se definen según norma de designación UNE 104416 en función de su espesor y su aplicación.

6.1.1.2.3. Membranas impermeabilizantes sintéticas para su utilización en los sistemas recomendados para cubiertas planas con paneles solares (según la Norma UNE-EN 13956)

En la Tabla 3 se pueden ver los sistemas de láminas sintéticas de PVC-p y TPO/FPO y sus características mínimas que se pueden aplicar en cubiertas convencionales bajo paneles solares.

Tabla 3. Láminas sintéticas en sistemas recomendados para cubiertas planas autoprotegidas bajo panel solar

CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL AUTOPROTEGIDA BAJO PANELES SOLARES			
Con lámina vista. No transitable			
Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización		
	UNE-	PVC-p	TPO/FPO
Espesor efectivo (mm)	EN 1849-2	≥ 1,2	≥ 1,2
Estanquidad	EN 1928 Método B	pasa	pasa
Reacción al fuego	EN 13501-1 y UNE-EN ISO 11925-2.	E	E
Comportamiento frente a un fuego externo	UNE-CEN/TS 1187 EN 13501-5	Broof (t1)	Broof (t1)
Resistencia a la penetración de raíces	EN 13948	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	EN 495-5	≤ -25	≤ -25
Estabilidad dimensional (%)	EN 1107-2	≤ 0,5	≤ 0,5
Resistencia al desgarro (N)	EN 12310-2	≥ 130	≥ 130
Resistencia a una carga estática (kg)	EN 12730 Método B	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	EN 12691 Método A	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	EN 12311-2	≥ 15	≥ 15
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	EN 12311-2 Método A	≥ 1000	≥ 1000
NOTA 1. pasa: Debe cumplir con el ensayo especificado para cada caso. NOTA 2. MLV: (Valor límite del fabricante): Valor establecido por el fabricante, obtenido durante los ensayos, que podrá ser un valor mínimo o máximo. NOTA 3. Broof (t1). Requisito para el sistema de cubierta. Aplicable para láminas expuestas a la intemperie. NOTA 4. La resistencia a la penetración de raíces sólo se exige para cubiertas ajardinadas.			

6.1.1.3. Membranas de aplicación líquida

6.1.1.3.1. Definición de las membranas de aplicación líquida

Los sistemas de impermeabilización líquida (SIL) consisten en un material o una combinación de materiales, donde al menos el componente principal es en forma líquida.

Los sistemas deben tener marcado CE a partir de la obtención de una ETE según la guía EAD 030350-00-0402.

Las membranas líquidas utilizadas para los sistemas de cubiertas planas bajo paneles solares se definen según la guía europea EAD 030350-00-0402 en función de su tecnología. Las más comunes para este tipo de sistemas constructivos y que recomienda AIFIM son:

- Soluciones bituminosas modificadas con polímeros con acabado protector de gránulos minerales, virutas o recubrimiento reflectante solar.
- Poliéster insaturado flexible o poli(metilo) metacrilato reactivo (PMMA).
- Poliuretano, Poliurea y Poliaspártico.
- Polímeros modificados con silano (SMP).
- Polímeros dispersables en agua.
- Copolímero de bloque termoplástico.
- Etc.

Los soportes comunes de estos sistemas son hormigón, mortero, acero u otros metales, membrana impermeabilizante (betún, PVC-p, TPO/FPO, etc.) y productos de aislamiento térmico. El tipo y la clase de sustrato quedará recogido en la ETE.

Los SIL pueden incorporar componentes definidos por el fabricante, tales como:

- Otros componentes líquidos como imprimación y protección.
- Una capa interna de refuerzo (una capa de malla de tela, estera no tejida de material sintético, fibras de vidrio u otro material utilizado).
- Una capa de acabado (una o más capas de material). Por ejemplo: virutas de pizarra, recubrimiento protector solar, etc., aplicadas sobre el sistema ensamblado. La capa de acabado puede tener varias funciones, por ejemplo, la protección del sistema contra los efectos de la intemperie, como acabado estético o como reflexión solar.

Los materiales líquidos se pueden aplicar mediante vertido, cepillado, pulverización o esparcimiento.

6.1.1.3.2. Membranas de aplicación líquida para su utilización en los sistemas recomendados para cubiertas planas con paneles solares (según guía EAD 030350-00-0402)

El sistema deberá quedar definido bajo una ETE (Evaluación Técnica Europea) según la citada guía EAD.

Tabla 4. Sistemas de Impermeabilización Líquida recomendados para cubiertas planas autoprotegidas bajo panel solar

CUBIERTA PLANA AUTOPROTEGIDA BAJO PANELES SOLARES		
Con lámina vista. No transitable		
Propiedades del sistema completo	Según EAD 030350-00-0402	
Requerimientos básicos 2: Seguridad en caso de incendio		
Rendimiento (kg/m ²)		≥ 2,0
Reacción al fuego	2.2.1	E
Comportamiento frente a un fuego externo	2.2.2	Broof (t1)
Requerimientos básicos 3: Higiene, salud y medioambiente		
Contenido, emisión y/o liberación de sustancias peligrosas	2.2.3	MLV
Resistencia al vapor de agua	2.2.4	Nivel μ
Estanquidad	2.2.5	estanco
Resistencia a las cargas de viento	2.2.6	> 50 kPa (pasa)
Resistencia a daños mecánicos (perforación)	2.2.7	P3-P4
Resistencia al movimiento por fatiga	2.2.8	W2 (10 años) – W3 (25 años)
Resistencia a los efectos de bajas y altas temperaturas superficiales	2.2.9	TL3 (-20°C) – TL4 (-30°)
Resistencia al envejecimiento (calor y agua)	2.2.10.1-2.2.10.3	W2 (10 años) – W3 (25 años)
Resistencia a la radiación UV en presencia de humedad	2.2.10.2	S (clima severo)
Efectos de la variación de los componentes del sistema y puesta en servicio	2.2.12	I3-I4
Efectos de las juntas de trabajo (MPa)	2.2.13	MLV (MPa)
Requerimientos básicos 4: Seguridad		
Resbaladidad ⁽¹⁾	2.2.14	MLV
Estanquidad	EN 1928 Método B	pasa
<p>NOTA 1. pasa: Debe cumplir con el ensayo especificado para cada caso.</p> <p>NOTA 2. MLV (Valor límite del fabricante): Valor establecido por el fabricante, obtenido durante los ensayos, que podrá ser un valor mínimo o máximo.</p> <p>(1) Exigible para pasillos técnicos.</p> <p>NOTA 3.. Broof (t1). Requisito para el sistema de cubierta. Aplicable para membranas expuestas a la intemperie.</p>		

6.1.2. Requisitos del aislamiento térmico

Los requisitos exigibles a los aislantes térmicos para su utilización en cubiertas planas en la edificación son los siguientes:

- i. **Deformación relativa, ϵ** : es el cociente entre la disminución del espesor de la probeta de ensayo y su espesor inicial d_0 , medido en la dirección de la carga y expresado en %.
- ii. **Resistencia a compresión, σ_m** : es el cociente entre la máxima fuerza de compresión F_m , alcanzada cuando la deformación relativa ϵ , en el punto de plasticidad o de rotura, es menor del 10% y la superficie inicial de la sección transversal de la probeta de ensayo.
- iii. **Tensión de compresión al 10% de deformación relativa, σ_{10}** : es el cociente entre la fuerza de compresión F10 al 10% de deformación relativa (ϵ_{10}) y la superficie inicial de la sección transversal de la probeta de ensayo. Se aplica a materiales que presentan una deformación relativa del 10% antes de alcanzar el comportamiento plástico o la rotura.
La tensión de compresión a una deformación del 10%, σ_{10} , o la resistencia a compresión, σ_m , se deben determinar de acuerdo con la Norma UNE-EN 826.
- iv. **CS(10/Y)**: es el nivel declarado correspondiente al menor valor obtenido para la tensión de compresión a una deformación del 10% o la resistencia a compresión, el que resulte menor de los dos, elegido de entre los siguientes valores dados en la tabla 5.

Tabla 5. Ejemplo niveles para la deformación a la compresión o resistencia a la compresión

Nivel	Requisito (kPa)
CS(10/Y)70	≥ 70
CS(10/Y)100	≥ 100
CS(10/Y)200	≥ 200
CS(10/Y)250	≥ 250
CS(10/Y)300	≥ 300

- v. **DLT**: es el nivel declarado de deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura. La deformación bajo condiciones de carga a compresión y temperatura específicas se debe determinar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 29767. Para cada condición de ensayo la diferencia entre la deformación correspondiente ϵ_1 , después de la etapa A, y ϵ_2 después de la etapa B, tal como se describe en la Norma UNE-EN 1605 no puede superar los valores indicados en la tabla 6 para el nivel declarado.

Tabla 6. Niveles de deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura

Nivel	Condición			Requisito %
DLT(1)5	carga: 20 kPa	temperatura: $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$	tiempo: (48 ± 1) h	≤ 5
DLT(2)5	carga: 40 kPa	temperatura: $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$	tiempo: (168 ± 1) h	≤ 5
DLT(3)5	carga: 80 kPa	temperatura: $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$	tiempo: (168 ± 1) h	≤ 5

- vi. **WL(T)**: es el nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo por inmersión total determinada de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 16535, método 2A. Ningún resultado de ensayo puede superar el valor indicado en la tabla 7, para el nivel declarado.

Tabla 7. Nivel de absorción de agua a largo plazo por inmersión total

Nivel	Requisito %
WL(T)3	≤ 3
WL(T)1,5	≤ 1,5
WL(T)0,7	≤ 0,7

- vii. **WD(V)**: es el nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo por difusión. Se debe determinar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 16536. Ningún resultado de ensayo puede superar el valor indicado en la tabla 8 para el nivel declarado.

Tabla 8. Niveles de absorción de agua a largo plazo por difusión

Nivel	Requisito %		
	$d_N = 50 \text{ mm}$	$d_N = 100 \text{ mm}$	$d_N = 200 \text{ mm}$
WD(V)5	≤ 5	≤ 3	≤ 1,5
WD(V)3	≤ 3	≤ 1,5	≤ 0,5
a Valor entre espesores para ser interpolados.			

- viii. **FTC**: es el nivel declarado para la resistencia a ciclos de congelación y descongelación después del ensayo de absorción de agua a largo plazo por difusión y por inmersión total.

La resistencia a la congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua a largo plazo por difusión debe determinarse usando una probeta húmeda obtenida a partir del ensayo de difusión de agua de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 16536, y se clasifica como FTCDi, debe declararse dando la absorción de agua adicional, W_v , a partir del ensayo de 300 ciclos de congelación-descongelación en niveles con incrementos del 1% en volumen.

La resistencia a la congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua a largo plazo por inmersión debe determinarse usando una probeta húmeda obtenida a partir del ensayo de difusión de agua de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 16535 y se clasifica como FTCDi, debe declararse dando la absorción de agua adicional W_v , a partir del ensayo de 300 ciclos de congelación-descongelación en niveles con incrementos del 1% en volumen. Se debe determinar de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 16546 y no puede superar el valor indicado en la tabla 9 para un nivel declarado.

Tabla 9. Nivel de resistencia a la congelación-descongelación

Nivel	Requisito %
FTCD1	≤ 1
FTCI1	≤ 1

ix. **La conductividad térmica declarada, λ_D** : es la cantidad de calor que pasa a través de 1 m² de un cuerpo de caras plano-paralelas de espesor 1 metro durante 1 hora, cuando entre ambas caras opuestas hay una diferencia de temperatura de 1°C.

Deben indicarse como valores límite que representa al menos 90% de la producción, determinados con un nivel de confianza de 90%, $\lambda_{90/90}$

La Resistencia térmica declarada, R_D , debe declararse a partir del espesor nominal, d_N , y la conductividad térmica correspondiente, $\lambda_{90/90}$, a menos que se mida directamente.

Ambos deben basar las mediciones realizadas de acuerdo con la Norma EN 12667 o con la Norma EN 1239 para productos de alto espesor.

Tabla 10. Valores ejemplo de conductividad térmica y resistencia térmica declarada según el tipo de aislamiento térmico

Aislamiento	λ_D (W/(m.K))	RD (m ² ·K/W) espesor medio de 50 mm
LM (lana mineral)	0,036 – 0,040	1,39 – 1,25
XPS (poliestireno estruido)	0,029 – 0,035	1,72 – 1,43
PIR (poliisocianurato)	0,021 – 0,028	2,38 – 1,78

6.1.2.1. Requisitos del aislante como soporte base en cubierta convencional para el uso de cubiertas con placas solares

Tipo de cubierta en función del uso ⁽¹⁾	Resistencia mínima a la compresión recomendada por AIFIM según la Norma UNE-EN ISO 29469 (CS/10Y)X kPa		
	XPS	PUR/PIR	LM
Sistema fotovoltaico lastrado	CS(10/Y)250	CS(10/Y)150	CS(10/Y)70
Sistema fotovoltaico anclado o fijado mecánicamente			
Sistema fotovoltaico mixto			
Sistema fotovoltaico adherido			

NOTA 1. kPa = 101,97 kg/m²

⁽¹⁾ Ver capítulo 4 diferentes tipos de sistemas de suportación de paneles fotovoltaicos

⁽²⁾ La resistencia requerida a cada tipo de aislamiento también viene considerada según su tecnología y sus posibilidades límite de fabricación. En aislamientos sintéticos es difícil tener valores bajos de resistencia a la compresión, así que se recomiendan valores límite inferiores a lo normal, mientras que, con aislamientos tipo lana, la exigencia es un valor límite superior a lo normal.

6.1.3. Requisitos para otros materiales

6.1.3.1. Requisitos de las piezas prefabricadas de los soportes de los paneles solares

Las piezas de fijación o apoyos que formen parte del sistema de sujeción de los paneles solares y que incluyan piezas prefabricadas de impermeabilización, deben estar fabricadas del mismo material o de material compatible. Estos elementos deben tener un buen comportamiento elástico y resistencia

al desgarro, así como durabilidad y compatibilidad con las membranas impermeabilizantes mediante soldadura por calor (fuego o termofusión según el tipo de lámina). El uso de piezas con materiales no compatibles con la lámina original puede conllevar efectos negativos como pérdida de estanquidad, degradación acelerada de la lámina o anulación de las garantías, por lo que debe evitarse a toda costa.

6.1.3.2. Requisitos de los elementos de fijación

Las fijaciones de las membranas y las de los paneles solares deben tener marcado CE a partir de la obtención de una ETE según la Guía EAD 030351-00-0402 de 2019. Documento de Evaluación técnica europea de sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente.

Los requisitos mínimos de las fijaciones en cubiertas con paneles solares vienen recogidos en el punto 4 de la *Guía técnica de recomendaciones para el diseño y cálculo de fijaciones para sistemas de impermeabilización de cubiertas planas de AIFIM*.



6.2. CRITERIOS DE MEJORA

6.2.1. Recomendaciones de mejora de las impermeabilizaciones

En puntos anteriores se definen las características mínimas para el uso de diferentes impermeabilizaciones para cubiertas solares. Características mínimas que también vienen recogidas en las normas vigentes (UNE 104401, UNE 104416 o el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE), aunque existen siempre posibilidades mejores en el mercado que pueden beneficiar al uso final de la cubierta y, en consecuencia, del edificio.

Recomendaciones principales a considerar:

- **Durabilidad:** en el caso de membranas de impermeabilización bituminosas y sintéticas, el aumento de masa o espesor puede favorecer la durabilidad y el mejor compartimento frente al envejecimiento térmico y el resto de acciones y sollicitaciones de la cubierta.

Tabla 11. Características mejoradas en favor de la durabilidad

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización					
	UNE-	PVC-p	TPO/FPO	Monocapa	Bicapa	SIL
Espesor efectivo (mm)	EN 1849-2	≥ 1,5	≥ 1,5	-	-	-
Masa nominal kg/m ²	EN 1849-1	-	-	≥ 6	≥ 8	≥ 2,4

6.2.2. Recomendaciones de mejora del aislamiento

El marcado CE exige que los fabricantes de materiales aislantes determinen las propiedades relacionadas con cargas puntuales, como por ejemplo la resistencia a la compresión con una deformación del 10% (CS), la capacidad de carga puntual, o las compresiones a largo plazo – deformación por fluencia.

No obstante, la realidad de una cubierta es que está sometida a ciclos de cargas mecánicas y dinámicas, es decir, no puntuales. Las cargas repetitivas pueden ser la causa de una disminución de la resistencia a la compresión y, en consecuencia, de una mayor deformación del aislamiento. Algunos materiales pueden perder su resistencia a la compresión después de pocos ciclos de carga (por ejemplo, actividades de mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas y de la cubierta, debido al tránsito peatonal).

La declaración del comportamiento de compresión estática de los productos de aislamiento térmico por sí sola puede no ser suficiente para determinadas aplicaciones de construcción y para el escenario que luego se encuentra en una cubierta. Cada vez hay más pruebas de que se necesita un nuevo procedimiento de ensayo europeo para considerar las cargas de compresión cíclica de los aislamientos aplicados en las cubiertas de los edificios. De hecho, hay distintos estudios realizados y factsheet que justifican dicha necesidad de evaluación¹.

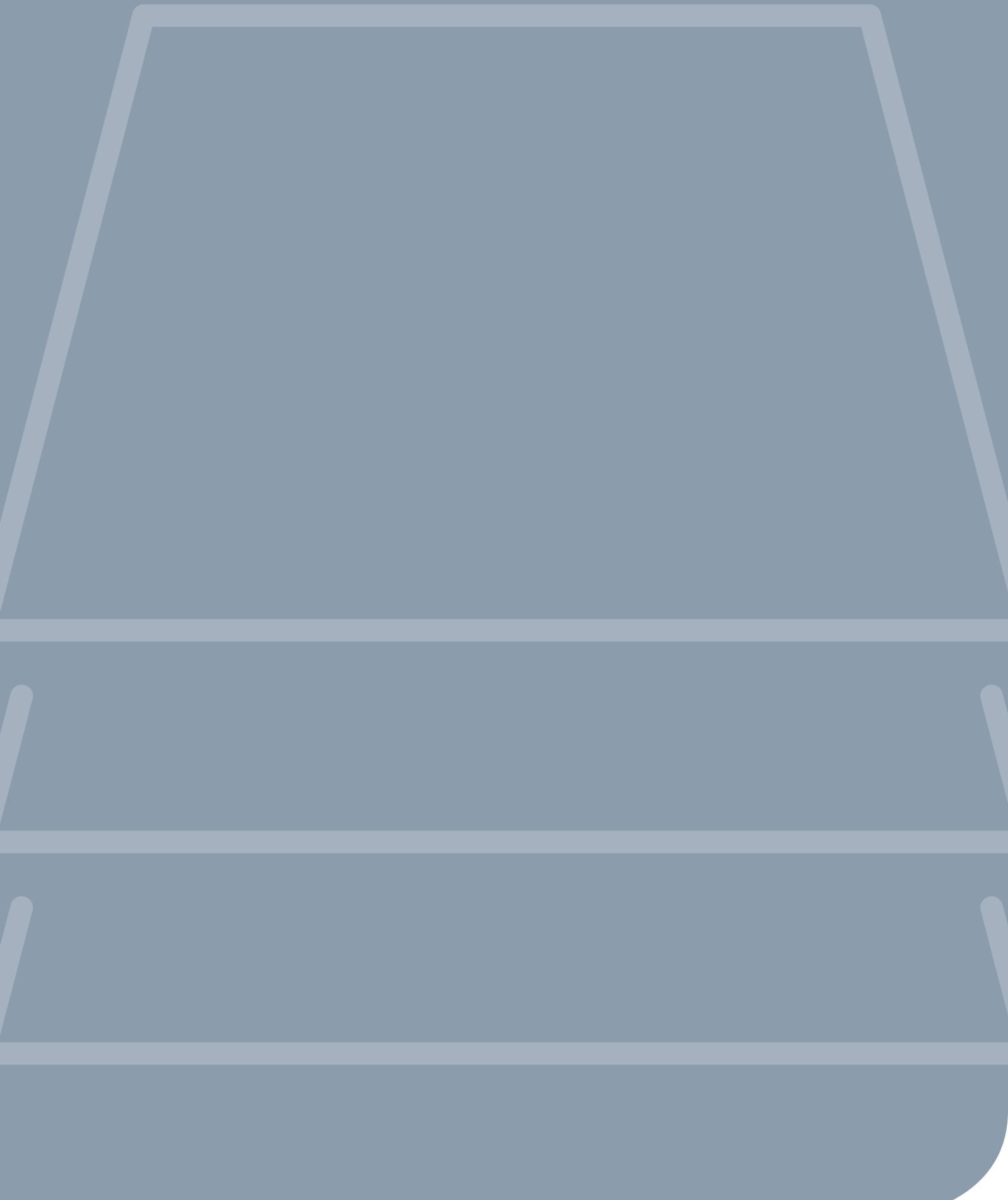
6.2.3. Recomendaciones de mejora del conjunto

También existen otros materiales que pueden ayudar a que el sistema de cubierta con paneles solares alcance prestaciones mejoradas en términos de resistencia al fuego, resistencia a la compresión, etc.

- Los *CoverBoard* o *RoofBoard* son paneles rígidos de base bituminosa, cementosa, yeso u otros materiales compatibles con muchos tipos de sistemas de cubiertas, aportan rigidez y/o protección frente al fuego. Existen paneles desde 6 mm de espesor (12, 35, 45, etc.).

¹ Factsheet y estudios realizados:

- [*Factsheet 3 Repetitive loads on flat roofs - Requirements for the insulation layer.pdf*](#) (highperformanceinsulation.eu).
- Oswald, R.; Spilker, R.; Abel, R.; Wilmes, K.: Zustandsänderungen von Mineralwollgedämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt (Changes of mineral wool insulation in warm roof buildups of flat roofs due to infiltration of water), AIBau Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, Research Report Nr. F 2824, IRB-Verlag, Stuttgart 2012.
- The Effect of Moisture on the Compressive Strength and Walkability of Roofing Insulation, Paper presented at the 5th Global Insulation Conference, London, 4-5 October 2010, Nico A. Hendriks, BDA.
- Determination of behaviour under cyclic loading (“walkability”), Research report of Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.-München (FIW), 2012.
- IVPU-Merkblatt Flachdächer mit Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen – Anforderungen an die Wärmedämmung.



7. RECOMENDACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA ACCIÓN DEL VIENTO EN CUBIERTAS CON INSTALACIONES SOLARES

Actualmente no existe una norma ni europea ni española que defina de una manera clara cómo ha de realizarse el cálculo de las acciones de viento sobre los paneles solares, por ello el sistema propuesto debe tener las máximas garantías posibles por parte del fabricante: homologaciones, sellos de calidad y ensayos que permitan conocer un determinado valor de diseño para los elementos del sistema.

AIFI, recomienda la instalación de los paneles en las zonas centrales de la cubierta, por ser las que reciben menores cargas de succión/presión de viento. La elección de coeficientes de presión adecuados dependerá del tipo de sistema utilizado, ya sea coplanar o inclinado.

Se incluyen a continuación los pasos básicos de un cálculo para conocer la disposición de las fijaciones:

a) Conocer las cargas de presión/succión que actúan sobre los paneles

Parámetros necesarios para realizar cualquier tipo de cálculo en base a normas establecidas (CTE y Eurocódigos):

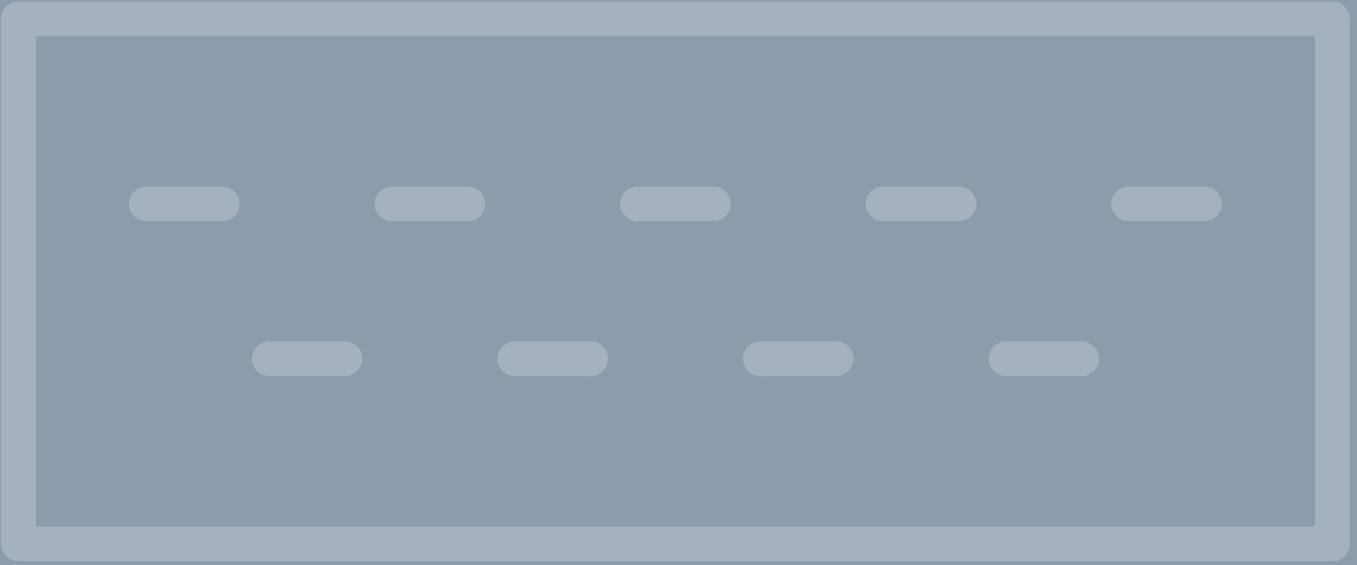
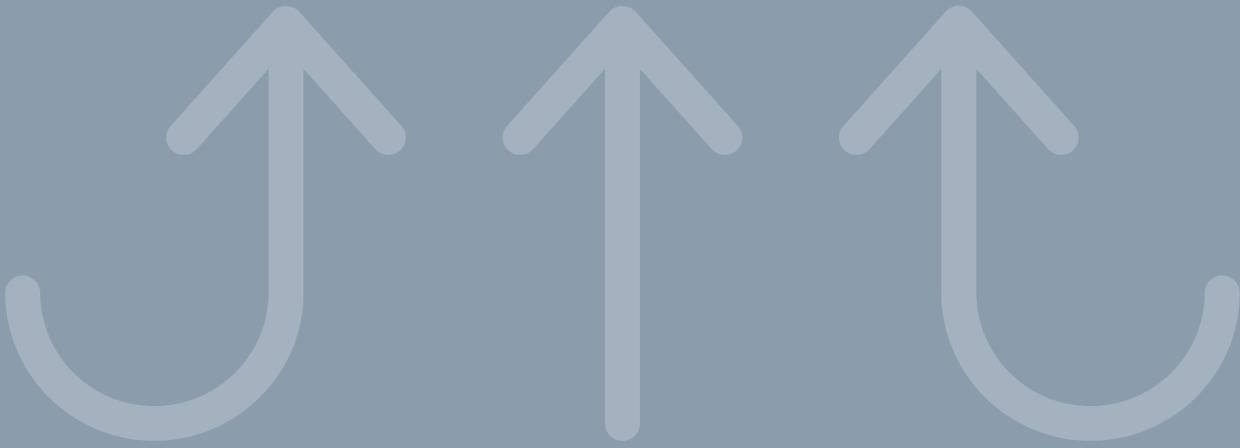
- Ubicación del proyecto (tanto geográfica como grado o categoría de aspereza del entorno).
- Tipo y características del soporte de la cubierta (chapa perfilada, madera, hormigón etc.).
- Altura de la cubierta y existencia o no de petos con su correspondiente altura.
- Tipo de lámina de impermeabilización, características y fabricante.
- Tipo de aislamiento y características.
- Pendiente de la cubierta.
- Inclinación de los paneles solares sobre la cubierta (coplanares o inclinadas).

b) Cálculo de número de soportes/disposición

Para realizar este cálculo volveremos a necesitar una serie de parámetros básicos:

- Dimensiones de los paneles.
- Inclinación y disposición: todas paralelas, "a dos aguas", etc.
- Dimensiones y tipos de bancadas, agrupaciones de paneles.
- Esquema y datos sobre la subestructura de los paneles.

Una vez conocidos estos parámetros se obtienen los valores de las reacciones de cada uno de los apoyos y se comparan con los valores de diseño o admisibles de los soportes de cada uno de los fabricantes; por ello es de vital importancia disponer de ensayos y certificaciones que nos permitan llevar a cabo un diseño y dimensionamiento fiable.

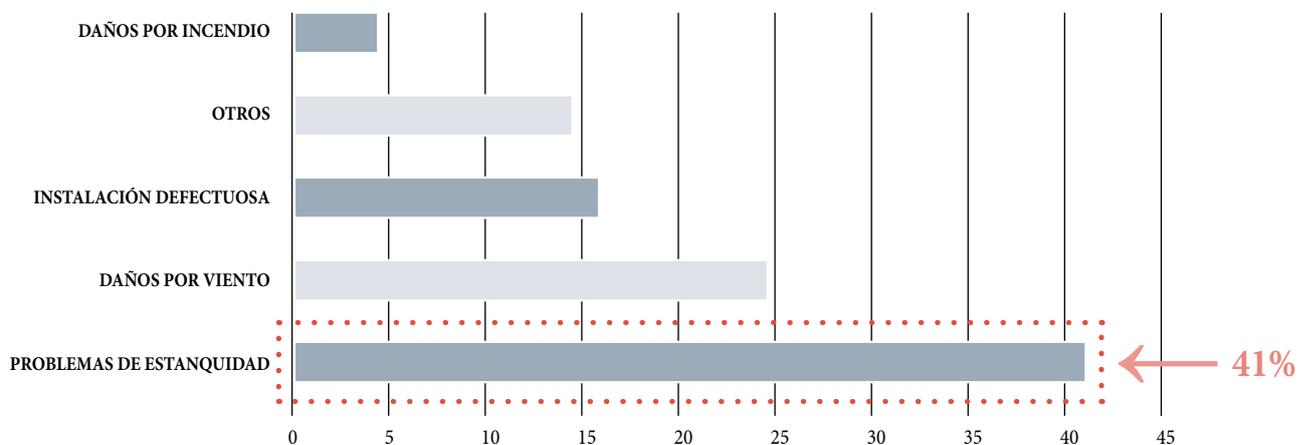


8. PATOLOGÍAS ASOCIADAS A INSTALACIONES SOLARES EN CUBIERTAS

La instalación de paneles solares en cubiertas puede generar algunas patologías que deben ser tenidas en cuenta para prevenirlas y evitar el aumento de la siniestralidad. Las más importantes son las siguientes:

- Fuego.
- Colapso de la estructura por sobrecarga
- Daños provocados por el viento
- Problemas de estanquidad

Número de reclamaciones por causa



Fuente: Caser (Dpto. Prestaciones) Mayo 2024

Es necesario garantizar la estanquidad como principal prestación en la funcionalidad del edificio.

8.1.FUEGO

El riesgo de incendio desde el exterior aumenta por la instalación de conexiones eléctricas sobre la cubierta del edificio. La aparición del fuego se puede prevenir manteniendo una distancia mínima de los paneles con la membrana de impermeabilización y con la instalación de bandejas de conducción de cables eléctricos. Se reduce así la amenaza potencial de las fuentes de ignición (puntos calientes, arcos eléctricos...) minimizando el riesgo de propagación del fuego al sistema de impermeabilización.



Fotografía 23. Bomberos en operación de extinción de incendio en una cubierta industrial

8.2. COLAPSO DE LA ESTRUCTURA POR SOBRECARGA

La instalación de paneles solares conlleva un aumento de carga en la cubierta especialmente en sistemas lastrados. Este aumento de carga debe ser calculado y aprobado por un técnico competente que justifique y evite el colapso de la estructura ya sea de forma local o global.



Fotografía 24. Derrumbe parcial de una cubierta solar

8.3. DAÑOS PROVOCADOS POR EL VIENTO

La acción del viento genera sobre la cubierta y sobre los paneles solares un efecto de succión que puede provocar que los paneles solares salgan volando, ocasionando daños materiales e incluso personales. Para evitarlo, se debe adjuntar un cálculo de viento para todos los elementos que forman el sistema solar (paneles solares, estructura de soporte y soportes de fijación o lastres). En el caso de los sistemas flotantes con lastres, este estudio debe considerar también la resistencia al desplazamiento para evitar que los paneles solares se muevan en la cubierta ocasionando daños materiales y poniendo en riesgo de nuevo la estanquidad de la cubierta.



Fotografía 25. Paneles solares desplazados por la acción del viento en la cubierta



Fotografía 26. Paneles solares desplazados por la acción del viento en la cubierta



Fotografía 27. Paneles solares volteados por la acción del viento



Fotografía 28. Deslizamiento de los apoyos de los paneles solares

8.4. PROBLEMAS DE ESTANQUIDAD EN LA CUBIERTA

Pueden estar causados por:

- una instalación defectuosa de los sistemas de soporte de los paneles solares (perforación directa con fijaciones de la membrana, sin restituir la impermeabilización),
- un aumento de tránsito en la cubierta para labores de mantenimiento de los paneles sin la instalación de pasillos de mantenimiento adecuados para esta función,
- falta de cuidado en la instalación de los paneles,
- interrupción de la escorrentía por mal diseño.



Fotografía 29. Problemas de estanquidad y perforaciones por una inadecuada conexión con la lámina impermeabilizante



Fotografía 30. Rotura de la lámina por contacto con elementos cortantes procedentes de los sistemas de soporte o elementos auxiliares. Falta de protección de la impermeabilización



Fotografía 31. Tránsito de maquinaria sin protección de la impermeabilización



**Fotografías 32 y 33. Envejecimiento acelerado por obstaculización
de la escorrentía o falta de acceso para mantenimiento**

La implementación de estas tecnologías supone un cambio de uso y comportamiento de la cubierta en lo que se refiere a cargas suplementarias, trabajos sobre la impermeabilización, aumento del tráfico, comportamiento en caso de incendio, etc.

Con el objetivo de reducir el riesgo de que tengan lugar estos incidentes, damos, en el siguiente punto, algunas recomendaciones.



9. DISEÑO

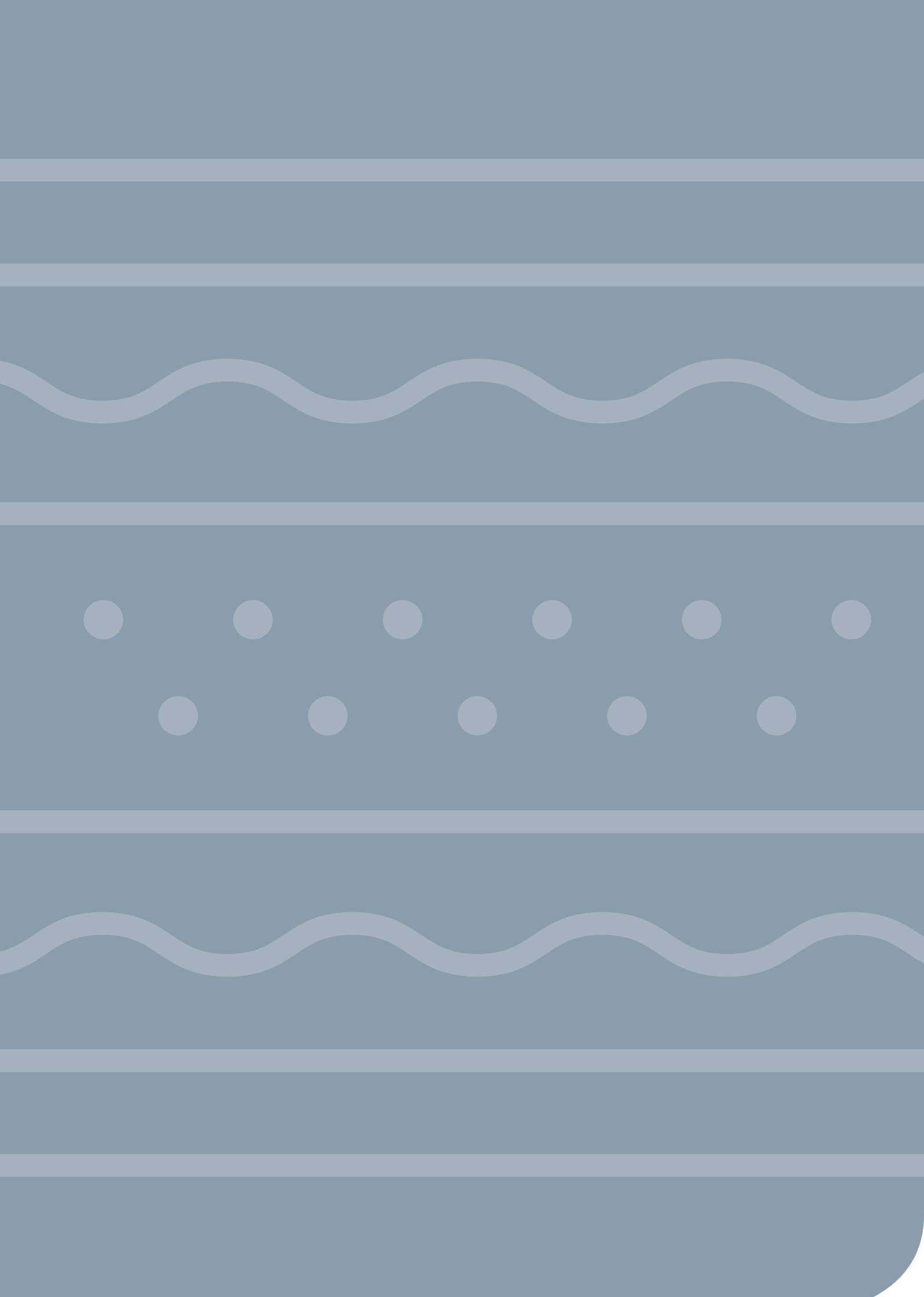
En la fase de diseño, antes de implementar un sistema de captación solar, es necesario realizar una evaluación de la cubierta, realizando una inspección exhaustiva para verificar su integridad, la capacidad de carga de la estructura y la ausencia de daños latentes. Cualquier anomalía o punto débil debe abordarse antes de proceder a la instalación.

Asimismo en la planificación, instalación y funcionamiento de las cubiertas solares es necesario asegurar que el comportamiento de los elementos constructivos no se vea afectado negativamente, estudiando la posible propagación del fuego para evitarla.

Igualmente ha de realizarse una elección cuidadosa de la estructura de soporte de los paneles. Entre los requisitos exigibles a los sistemas de soporte empleados podemos citar:

- ligereza para evitar sobrecargas en la cubierta y facilitar la manipulación en obra,
- que el elemento no transmita cargas al aislamiento o a la lámina que no puedan ser resistidas por estos,
- sistema de fijación respetuoso con la impermeabilización y paquete de aislamiento,
- versatilidad: que permita por un lado buscar la mejor orientación para la ubicación del proyecto, y por otro que sea apto para el tipo de cubierta en cuestión,
- sencillez y rapidez de instalación, que permitan un ahorro de tiempo y mano de obra,
- seguridad en la conexión con la membrana impermeabilizante: compatibilidad y durabilidad,
- que permitan la accesibilidad para el mantenimiento,
- que no represente un obstáculo frente a la escorrentía de agua en la cubierta,
- resistencia a la corrosión y
- que no generen posibles problemas de rotura de la lámina por movimientos del elemento soporte o de apoyo de la subestructura.

Como recomendación general para proteger el sistema de impermeabilización remitimos a lo recogido en las normas de instalación del paquete de cubierta y a las guías y manuales de aplicación de los fabricantes de los productos y sistemas.



10. INSTALACIÓN Y PUESTA EN OBRA

La instalación debe realizarse por instaladores especializados con experiencia y conforme a la normativa y requerimientos locales de viento, limitando los riesgos y evitando dañar la impermeabilización, para que pueda cumplir con su función de estanquidad y ayude a optimizar el funcionamiento global de la cubierta.

Se recomienda la instalación de los paneles solares en las zonas centrales de la cubierta, con menores cargas de succión o presión de viento.

Dando por hecho que todos los aspectos de la instalación estarán documentados, se ha de incluir cualquier cambio o adaptación durante la instalación para evitar problemas y garantizar un buen funcionamiento.

Para la evaluación de la estabilidad y el dimensionado del soporte estructural, se deberán considerar todos los casos de posibles cargas y sus posibles efectos del entorno específico y cargas adicionales causadas por la instalación. Si la capacidad de carga de la estructura y de la cubierta no es suficiente, la construcción debe ser actualizada para adaptarse o bien trasladar la instalación al lugar oportuno.

En cubiertas de nueva construcción, antes de abordar la colocación de paneles debemos asegurar que:

- el sistema de soportes es compatible con la impermeabilización y las garantías del sistema de impermeabilización no se ven comprometidas (consultar con fabricante e instalador de la impermeabilización),
- la instalación es segura frente a las succiones de viento y se han llevado a cabo cálculos que lo demuestren. En instalaciones lastradas, se deben estudiar los desplazamientos y las consecuencias sobre la impermeabilización,
- las prestaciones de comportamiento al fuego de la cubierta se corresponden con las exigencias de la propiedad y su aseguradora.
- el aislamiento o soporte de la impermeabilización cuenta con una resistencia mínima de 70 kPa para evitar deformaciones que causen estancamiento de aguas y degradación acelerada y
- se disponen pasillos de mantenimiento, para evitar tráfico sobre zonas no protegidas (riesgo de punzonamiento).

En cubiertas existentes, además de los anteriores:

- considerar una re-impermeabilización antes de actuar. Las instalaciones solares son actuaciones con una expectativa de vida de 20 o 25 años. El objetivo debe ser que la impermeabilización tenga una vida útil igual o superior a la instalación. Cualquier problema de impermeabilización durante este periodo multiplica su complejidad si la cubierta cuenta con una instalación solar en

operación. Considerar antes la posibilidad de renovación. Lo mismo ocurre con el aislamiento térmico, considerar la instalación o una mejora de la capa de aislamiento es crítico para evitar actuaciones futuras. Recomendamos una resistencia mínima de 70 kPa para el aislamiento a utilizar y

- comprobar con los fabricantes que la instalación solar no implica un cambio de uso que invalide las garantías de la impermeabilización existente.

Recomendamos consultar las fichas de sistema de los diferentes fabricantes (ANEXO III), que recogen para cada tipo de solución, las recomendaciones particulares de instalación y puesta en obra.



11. USO Y MANTENIMIENTO DE LA CUBIERTA

La preservación de la funcionalidad de la impermeabilización de la cubierta requiere unas medidas de mantenimiento periódicas, con visitas preferentemente al comenzar la primavera y el otoño, y en aquellas situaciones en que se hayan producido lluvias fuertes, tormentas o cuando se haya realizado cualquier actuación en la cubierta.

Recomendamos realizar mantenimiento preventivo una vez al año.

Indicamos a continuación algunas operaciones que recoge la normativa de referencia:

- Inspección anual por un experto.
- Limpieza y eliminación de hojas secas, vegetación no propia del sistema y otros materiales.
- Verificación de los sistemas de drenaje y eliminación de posibles residuos.
- Al menos cada 3 años se ha de comprobar el buen estado de la adherencia y de los elementos de fijación mecánica, asegurando y reparando los defectos detectados.
- Al menos cada 3 años se debe comprobar el mantenimiento de la protección de la cubierta en las condiciones iniciales: comprobando si existen movimientos que dejan al descubierto zonas de membrana o de aislamiento, reparando los fallos.
- Revisión de las conexiones y remates, fijaciones, especialmente el sellado y reparación de los defectos.
- Al menos cada 3 años, comprobar el buen estado de conservación de los elementos de albañilería relacionados con el sistema, aleros, petos, etc.
- Reparación de los deterioros producidos por esfuerzos dinámicos ajenos a la funcionalidad de la cubierta (como los ocasionados por falta de cuidado en obras realizadas en la cubierta).
- Mantenimiento de las instalaciones sobre cubierta (limpieza, verificación de potencia, conexiones, etc.). Se deben prever accesos a las mismas, evitando que se pueda dañar el sistema de impermeabilización durante los trabajos.

La conservación y mantenimiento, así como la restauración y transformación de toda parte de la cubierta, debe ser siempre realizada por personal cualificado siguiendo todas las recomendaciones de seguridad.

Para llevar a cabo cualquier tipo de actuación de mantenimiento de manera segura, garantizando tanto la integridad del trabajador como la de la propia cubierta será necesaria la instalación de pasillos técnicos.



Fotografía 34. Pasillo técnico en cubierta impermeabilizada con lámina sintética

Estos son pasos seguros, que permiten al trabajador transitar por la cubierta para llevar a cabo las labores de reparación y/o mantenimiento. Se instalan en la fase final de la impermeabilización de la cubierta y cumplen una doble misión:

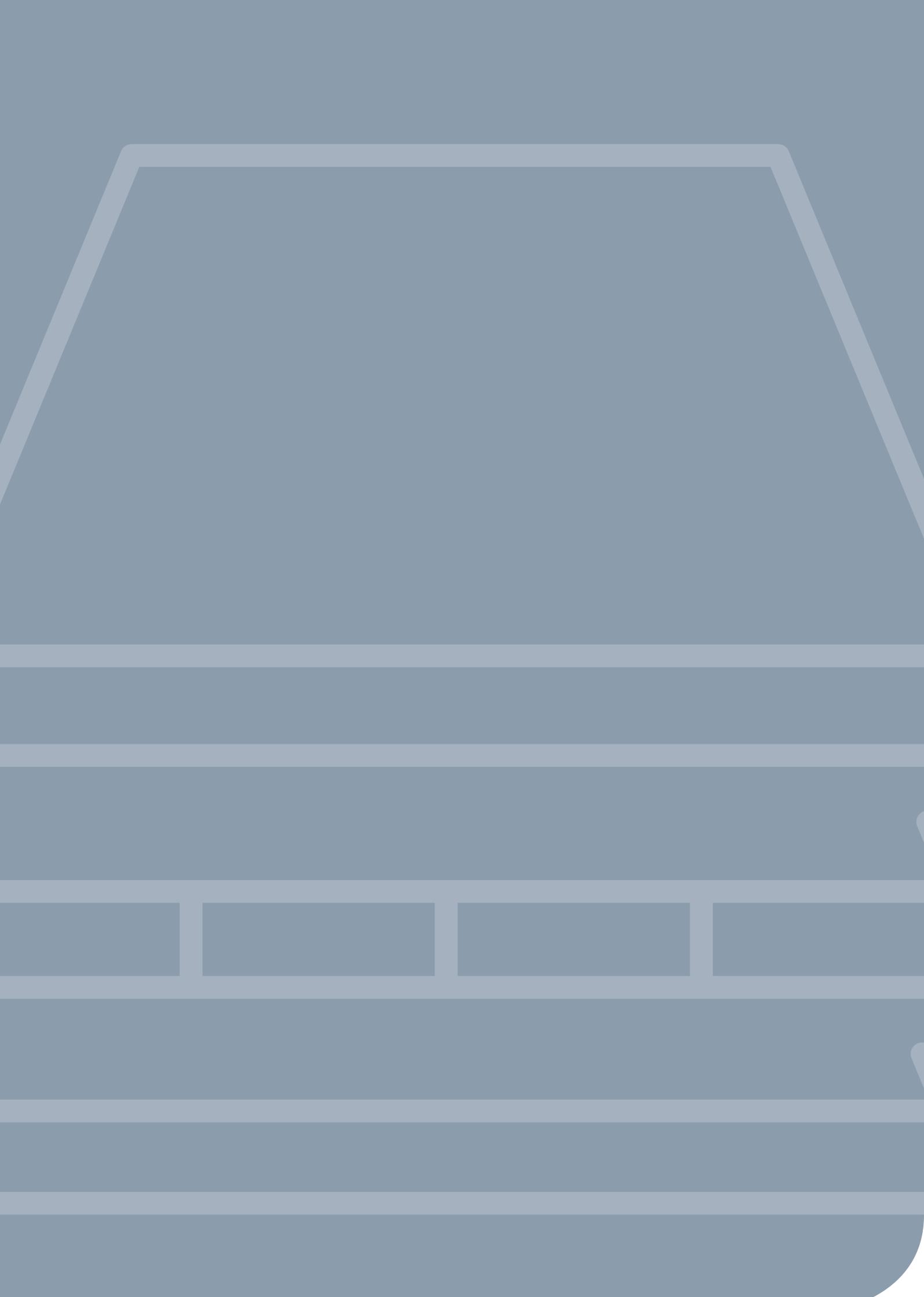
1. Proteger la impermeabilización de posibles daños (roturas, desgarros, punzonamientos) ocasionados por trabajos en altura.
2. Servir como elemento para transitar de manera segura sobre la cubierta, evitando caídas, sobre todo en superficies con impermeabilización sintética. Tanto las láminas de TPO/ FPO como las de PVC-p son resbaladizas, especialmente si están mojadas.

Este tipo de pasillos deberán cumplir una serie de características: tendrán que ser firmes y estables, antideslizantes, con sistema de drenaje, diferenciarse claramente del resto de la cubierta e ir señalizados convenientemente. Además, el material con el que se realicen ha de ser totalmente compatible con el

sistema de impermeabilización de la cubierta, evitando perforaciones o acabados con aristas afiladas o bordes cortantes. En cuanto a sus dimensiones, aunque dependerá del tipo de espacio, se recomienda una anchura mínima de 0,75 m, para poder transportar maquinaria sin riesgos.

Cuando su colocación interrumpe la escorrentía se recomienda dejar una separación de 1-2 cm entre láminas para permitir el paso del agua.

Asimismo, desde AIFIm recomendamos siempre el empleo de sistemas homologados que garanticen la seguridad del trabajador durante cualquier tipo de trabajo en altura, como la línea de vida.



12. ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO DE CUBIERTAS CON INSTALACIONES SOLARES

SISTEMAS TIPO CON CLASIFICACIÓN $B_{ROOF}(T1)$ EN FUNCIÓN DEL COMPORTAMIENTO AL FUEGO EXTERIOR.

En la actualidad, existen diferentes normativas que regulan la seguridad frente a incendios en los edificios, tanto a nivel estatal como autonómico y municipal. Con carácter general, la normativa de referencia a nivel nacional es el Código Técnico de la Edificación (CTE), y más concretamente, su Documento Básico DB SI "Seguridad en caso de incendio", así como el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, RSCIEI.

Esta Guía trata sobre recomendaciones para la instalación de paneles solares colocados sobre las cubiertas y su relación con los sistemas de impermeabilización correspondientes, por lo que un aspecto fundamental para la protección frente al fuego de las cubiertas será el cumplimiento de los requisitos aplicables para fuego exterior requeridos por el CTE y el RSCIEI. Además, deberán tenerse en cuenta los requisitos mínimos de reacción al fuego aplicables a los diferentes productos de la cubierta, según los requisitos establecidos por el mercado CE de dichos productos.

Por último, se incluyen recomendaciones de buenas prácticas para la colocación de paneles solares sobre la cubierta, según las indicaciones recogidas en la Guía CEPREVEN* y Guideline N.º 37:2018 F de CFPA-E.

EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA: CTE

El Código Técnico de la Edificación (CTE), dedica todo un apartado en su DB-SI (Seguridad en caso de incendio), donde se recogen todas las exigencias sobre la propagación de fuego, evacuación, detección y resistencia al fuego de las estructuras, con relación a la cubierta, y la propagación al fuego exterior.

El CTE, en su apartado 2.3 de la sección SI2 Propagación exterior, recoge que los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de la fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego $B_{roof}(t1)$.

El requisito de $B_{roof}(t1)$ es del sistema de cubierta, entendido como la composición de los diferentes materiales colocados desde el soporte hasta el acabado. Esto es así, porque para su obtención se ensaya un sistema de cubierta completo y no un producto aislado, es decir, es un ensayo en condición final de uso.

El procedimiento para la clasificación del comportamiento al fuego exterior de las cubiertas está definido en la norma EN 13501-5; en ella se indica cómo interpretar el resultado obtenido del ensayo a fuego exterior para cada sistema de cubierta. El método de ensayo de fuego exterior queda definido en la norma CEN/ TS 1187:2012. Estos ensayos son aplicables a sistemas de cubiertas.

A fecha de la publicación de este documento, la normativa española actual, no incrementa los requisitos de seguridad frente a incendios antes mencionados, $B_{\text{roof}}(t1)$ (fuego exterior), para los diferentes sistemas de cubiertas, por el hecho de añadir paneles solares sobre la cubierta.

Estos posibles requisitos adicionales que se podrían exigir a los sistemas de cubierta por estar dotados de instalaciones solares se están debatiendo a nivel europeo, pero en la actualidad, no se traducen en requisitos o exigencias adicionales a las arriba mencionadas.

Por otra parte, cada país europeo tiene sus propios requisitos normativos relativos a la seguridad frente a incendios en cubiertas, exigiendo diferentes clasificaciones al fuego exterior que están recogidas en su normativa nacional, y que pueden variar entre las clasificaciones a fuego exterior de tipo $B_{\text{roof}}(t1)$, $B_{\text{roof}}(t2)$, $B_{\text{roof}}(t3)$ y $B_{\text{roof}}(t4)$. En la mayoría del territorio europeo la clasificación al fuego exterior exigida a los sistemas de cubiertas es el $B_{\text{roof}}(t1)$. Exceptuando ciertos países donde varía: como sucede en Francia, donde se requiere un $B_{\text{roof}}(t3)$, en Reino Unido e Irlanda, donde ha de ser $B_{\text{roof}}(t4)$, y los países nórdicos, Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia, donde se exige el $B_{\text{roof}}(t2)$.

Los fabricantes asociados en AIFIm ofrecen múltiples soluciones testadas en laboratorios oficiales que garantizan el adecuado comportamiento al fuego del sistema de cubierta. AIFIm recomienda consultar siempre con los fabricantes sobre la clasificación de sus sistemas.

En el ANEXO I de esta Guía se ofrecen sistemas tipo conformes a esta exigencia.

A continuación, se explica de una forma breve el método de ensayo definido por la norma CEN/TS 1187:2012, para lograr una clasificación al fuego $B_{\text{roof}}(t1)$, anteriormente expuesto.

METODOLOGÍA DE ENSAYO CON ANTORCHA ARDIENDO

El ensayo consiste en aplicar una antorcha ardiendo formada por lana de madera dentro de una cesta metálica, colocada sobre la superficie externa de la probeta de dimensiones 1,8 m x 0,8 m. La inclinación de la cubierta puede ensayarse a 0°, 15° y/o 45°.

El resultado del ensayo es la media de analizar los resultados obtenidos sobre un número de cuatro muestras, las cuales tienen diferentes tipos de juntas, de entre las posibles configuraciones:

Tipo 1: Junta central en la capa superior paralela a la pendiente de la cubierta.

Tipo 2: Junta en la capa superior a 90° con respecto a la pendiente de la cubierta y a una distancia de 100 mm desde el borde inferior de la cesta.

Tipo 3: No se requieren juntas en ninguna de las capas impermeabilizantes. Cuando sea de aplicación se debe colocar una junta central en aislamiento, paralela a la pendiente de la cubierta

Tipo 4: Junta central en la capa impermeabilizante, paralela a la pendiente, próxima al aislamiento.

Tipo 5: Junta central en la capa de impermeabilizante, paralela a la pendiente, próxima al aislamiento.

Para las juntas tipo 1, 2, 4 y 5 no se requieren juntas en ninguna otra capa, incluido el aislamiento.



Fotografía 35. Ensayo con antorcha ardiendo (imagen facilitada por AFITI).

Medidas durante el ensayo

Se coloca la cesta con la lana de madera a 650 mm del borde inferior y centrada, es la ignición de la cesta la que marca el comienzo del ensayo, que tiene una duración de 60 minutos. Se toman los tiempos en los que las llamas, si se producen, alcanzan las distancias de 100 mm, 300 mm, 500 mm (hacia arriba y hacia abajo) y 750 mm (hacia arriba). Pasados los primeros 30 minutos, se extinguen todas las llamas superficiales que pueda haber y pasados los 60 minutos, se procede a desmontar la muestra para comprobar la longitud del daño interior.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

1. Propagación del fuego interior y exterior.
2. Longitud quemada máxima interior y exterior.
3. Aparición de gotas o escorias incandescentes que penetren en la estructura de la cubierta.
4. Producción y área de las aberturas que atraviesan la muestra (reverso de la muestra).
5. Propagación de fuego lateral.
6. Radio máximo de propagación del fuego (cubierta plana).
7. Combustión incandescente interior (ver UNE-EN 13501-5).

CLASIFICACIÓN ENSAYO DE PROPAGACIÓN AL FUEGO PARA CUBIERTA EXTERIOR:

- $B_{\text{roof}}(t1)$. Cumple con todos los valores de los criterios descritos en la norma EN 13501-5.
- $F_{\text{roof}}(t1)$. No cumple con alguno de los criterios descritos anteriorment.

REQUISITOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN QUE FORMAN LOS SISTEMAS DE CUBIERTA

En cuanto a la clasificación al fuego de cada capa de la cubierta, ésta vendrá definida por los requisitos que cada norma armonizada de marcado CE o documento de evaluación técnica europea (ETE) defina para cada material, debiendo cumplir con la clasificación exigida para cada tipo. Por ejemplo, para los materiales que componen la capa de impermeabilización de la cubierta, que sean de tipo bituminoso o sintético (PVC-p, TPO/FPO) serán de tipo Euroclase E.

Es importante conocer que el hecho de que los componentes individuales de una cubierta pertenezcan a la clase E no implica que el comportamiento en caso de incendio del sistema de cubierta sea desfavorable. Por ello es necesario conocer el sistema de referencia o escenario de incendio de cada clasificación. Por ejemplo para la euroclase E, se emplea la norma de clasificación UNE-EN 13501-1 que toma como referencia el inicio y desarrollo de un incendio en el interior de una habitación. Las condiciones de un incendio en una habitación y en una cubierta son muy diferentes, por tanto asociar un comportamiento desfavorable basándose en una clasificación generada a través de la UNE-EN 13501-1 como por ejemplo una euroclase E, no es correcto. Para las cubiertas hay que utilizar los métodos de ensayo correspondientes según muestra la norma UNE-EN 13501-5, siendo en nuestro país el método 1, llamado habitualmente Broof(t1).

Estas reflexiones se ponen de manifiesto cuando se ensayan sistemas de cubierta a gran escala con módulos fotovoltaicos donde se puede apreciar que determinados sistemas de cubierta con elementos aprobados por FM y con clasificaciones individuales muy diferentes, en relación a los aislamientos, se comportan de manera muy comparable (Fuente: **Factsheet de PU Europe**, "Comportamiento frente el fuego de los productos de aislamiento térmico en condiciones de uso final" y **video comparativo**).

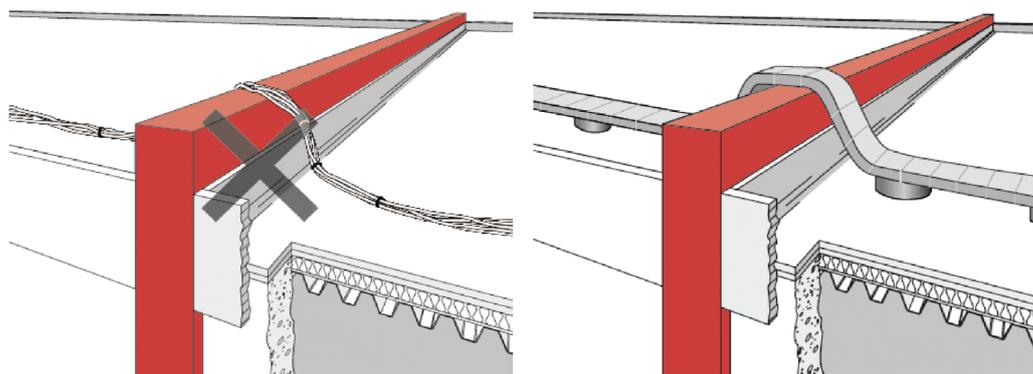
CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los fabricantes de cualquier producto de construcción que disponga del marcado CE tendrán especificado en sus DOP (Declaración de prestaciones) esa reacción al fuego y el método de ensayo utilizado, por lo que es de suma importancia que siempre se solicite este documento junto con la ficha técnica del producto.

RECOMENDACIONES DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

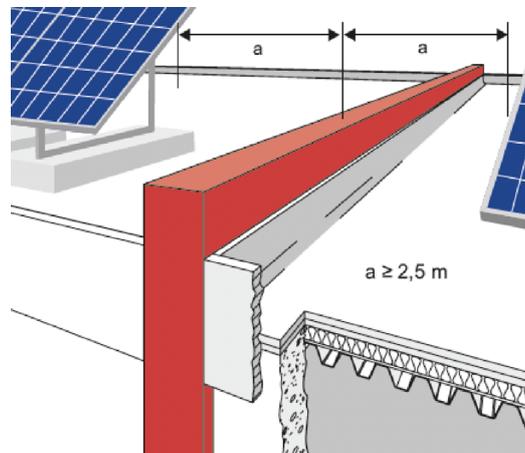
Incluimos a continuación algunas de las medidas o estrategias de prevención a nivel de diseño, siguiendo las recomendaciones de CEPREVEN y Guideline N.º 37:2018 F de CFPA E.

El cableado que pase un sector de incendio a otro, ha de instalarse en conductos o bandejas resistentes al fuego.



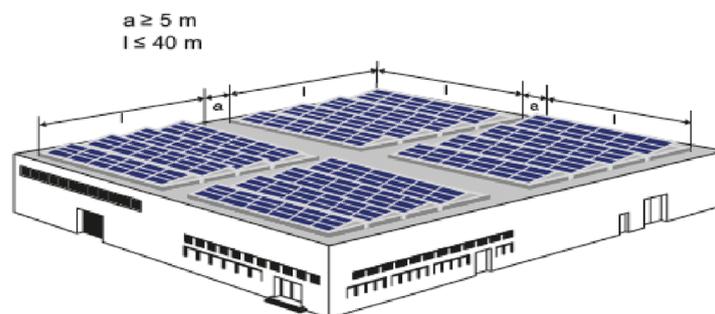
Fotografía 36. Conducto para cableado (imagen de la derecha), CEPREVEN y Guideline N.º 37:2018 F de CFPA E.

También se recomienda una separación de 2,5 m de los módulos solares encubierta respecto al límite del sector.



Fotografía 37. Separación de módulos recomendada con respecto al límite del sector.
 CEPREVEN y Guideline N.º 37:2018 F de CFPA E.

Asimismo, subdividir las áreas ocupadas por los paneles solares en cubierta permite evitar la propagación y facilitar la lucha contra el incendio. La anchura suficiente de pasillo facilita el acceso para el mantenimiento de la cubierta y de los módulos y, en caso de que sea necesario, combatir el fuego.



Fotografía 38. Subdivisión recomendada. CEPREVEN y Guideline N.º 37:2018 F de CFPA E.

Por último se recomienda alejarla al menos 2,5 m de la salida de gases.

Insistimos nuevamente en la utilización de pasillos de mantenimiento, para evitar el desgaste prematuro de la lámina, tanto en soluciones sintéticas como bituminosas.



Fotografía 39. Pasillo técnico en cubierta solar impermeabilizada con lámina sintética



13. CASOS DE ÉXITO

Factoría SEAT. Cool roof. 220.000 m² de impermeabilización con lámina sintética de PVC-p de alta reflectancia. 53.000 paneles solares, 6 plantas fotovoltaicas. Martorell (Barcelona), 2009.



Fotografía 40. Factoría SEAT.

Rehabilitación de plataforma logística. 11.000 m² de impermeabilización con lámina sintética de TPO/
FPO . 2000 paneles solares y soportes adheridos a la impermeabilización. San Agustín de Guadalix
(Madrid), 2022.



Fotografía 41. Plataforma logística

Eurocity. Cubierta “bio-solar” de edificios residenciales de gran altura. 2.700 m² de impermeabilización con lámina sintética de PVC-p. Gibraltar, 2022



Fotografía 42. Eurocity.

Edificio Catalunya. Cool roof. 400 m² de impermeabilización líquida con poliurea de aplicación en frío en una sola capa y sellado con un poliuretano alifático monocomponente SRI 105. Reus (Tarragona), 2022.



Fotografía 43. Edificio Catalunya.

ANEXO I

NORMAS PARA CONSULTA Y BIBLIOGRAFÍA

I. 1 NORMAS PARA CONSULTA

Indicamos a continuación un compendio de la normativa aplicable en cubiertas con instalaciones de paneles solares, que incluye aquella de homologación de elementos y sistemas, de cálculo de las acciones de viento y normativa complementaria

- Marcado CE: EAD 030351-00-0402 de 2019. Documento de Evaluación técnica europea de sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente.
- UNE-CEN/TS 17659:2021. Directrices de diseño para sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente.
- Código Técnico de la Edificación (CTE): DB SE Acciones en la edificación y HE Ahorro de energía
- Eurocódigo 1: UNE-EN 1991-1-4 de 2018: Normativa europea supranacional que es reconocida y aceptada en todos los países de la Unión Europea, y que es la base normativa del CTE.
- UNE 104401:2013. Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas. Sistemas y puesta en obra.
- UNE 104416:2009. Materiales sintéticos. Sistemas de impermeabilización de cubiertas realizados con membranas impermeabilizantes formadas con láminas sintéticas flexibles. Instrucciones, control, utilización y mantenimiento.
- UNE-CEN/ TS 1187: 2013. Métodos de ensayo para cubiertas expuestas a fuego exterior.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSIEI)
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT).

I.2. BIBLIOGRAFÍA

Sistemas fotovoltaicos: recomendaciones sobre prevención de daños (CFPA-E: Guideline_No_37: 2018 F) de CEPREVEN.

Resumen de ponencias de la jornada técnica de IPUR en Madrid 12 de septiembre de 2023 (Exigencias de seguridad en caso de incendio en las cubiertas. Propagación exterior e interior. Ensayo $B_{roof}(t1)$). David Sáez. Director técnico reacción al fuego. AFITI).

ANEXO II

SISTEMAS TIPO CON CLASIFICACIÓN AL FUEGO EXTERIOR $B_{\text{roof}}(t1)$

Se incluyen a continuación tres ejemplos de sistemas tipo con clasificación $B_{\text{roof}}(t1)$ en función del comportamiento al fuego exterior.

CUBIERTA PLANA SOLAR REFLECTANTE BICOMPONENTE

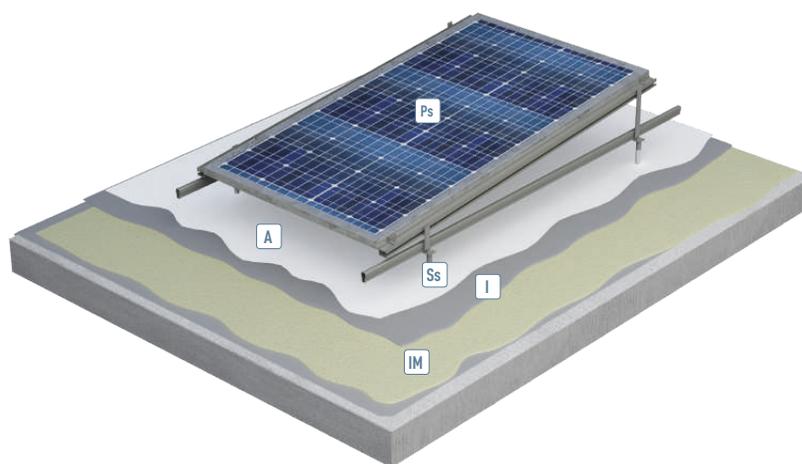
N24.1as

CTE CTE DB-HS
CTE DB-HE

EOTA EAD 030350-00-0402

ACABADO: ALIFÁTICO REFLECTANTE
IMPERM.: MEMBRANA LIQUIDA BICOMPONENTE
SOPORTE: MORTERO / HORMIGÓN
PENDIENTE: $\geq 1-5\%$

Sistema de impermeabilización de cubierta plana reflectante totalmente adherido al soporte mediante puente de unión, a base de poliuretano/poliurea bicomponente de aplicación en frío, y acabado alifático color blanco con índice SRI $\geq 82\%$ en estado inicial y $> 64\%$ tras 3 años de vida que mejora la eficiencia energética de la envolvente. Acabado con paneles solares.



FP Formación de pendientes
IM Imprimación
I Impermeabilización
A Acabado
Ss Soporte solar y estructura metálica
Ps Panel solar

CUBIERTA PLANA REFLECTANTE BICOMPONENTE SOLAR		
CAPA	SISTEMA RECOMENDADO	MARCADO CE
FP SOPORTE ⁽¹⁾⁽²⁾	Formación de pendientes $\geq 1-15\%$	
IM IMPRIMACIÓN ⁽³⁾	Imprimación	EAD 030350-00-0402
I IMPERMEABILIZACIÓN ⁽⁴⁾	$\geq 2,0 \text{ kg/m}^2$	EAD 030350-00-0402
A ACABADO ⁽⁶⁾	Alifático con SRI $\geq 82\%$	ASTM E1980
Ss SOPORTE SOLAR Y ESTRUCTURA METÁLICA ⁽⁷⁾⁽⁸⁾	—	—
Ps PANEL SOLAR	—	—

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- (1) Se prestará especial atención a las condiciones de soporte en cuanto a humedad, resistencia y limpieza. Verificar que no existan presiones negativas.
 - (2) Para pendientes $< 1\%$ se definirá en el Documento de Idoneidad Técnica del fabricante
 - (3) La imprimación podrá ser epoxídica, de poliurea o de poliuretano. Consultar con el fabricante la imprimación más adecuada según el soporte.
 - (4) Membrana de poliuretano / poliurea de aplicación manual (rodillo), airtless, llana. Consultar con el fabricante la cantidad mínima para cumplir con su marcado CE.
 - (5) La membrana de poliuretano / poliurea deberá ir armada en los puntos singulares según material especificado en su ETE.
 - (6) El Índice de Reflexión Solar (SRI) según ensayo ASTM E1980 $\geq 82\%$ en estado inicial y $> 64\%$ tras 3 años de vida para cumplir con LEED (según el CRRC).
 - (7) Se deberá acompañar el sistema de fijación del sistema solar con un estudio de resistencia al viento.
 - (8) Se deberá verificar la compatibilidad del soporte con la impermeabilización existente.
- Ps El cableado de la instalación debe ir colocado sobre bandejas u otros sistemas, evitando el contacto con la membrana.

CUBIERTA DECK SOLAR

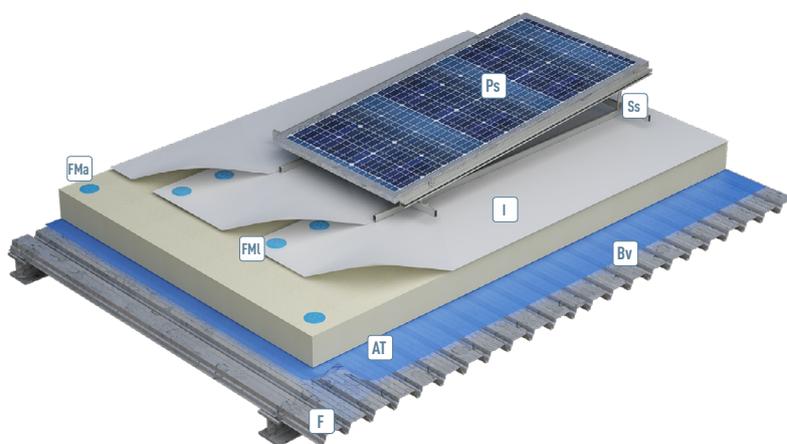
MEMBRANA SINTÉTICA PVC-p, TPO/FPO

N2.3s

CTE	CTE DB-HS CTE DB-HE
UNE	UNE 104416:2009 UNE EN 13956
EOTA	EAD 030351-00-0402 (antigua ETAG 006)

ACABADO: EXPUESTA
 IMPERM.: MEMBRANA SINTÉTICA PVC-p, TPO/
 FPO FIJADA MECÁNICAMENTE
 AISLAMIENTO: PIR O LANA DE ROCA
 PENDIENTE: 1 - 15%

Sistema de cubierta plana no transitable tipo deck, con membrana de impermeabilización sintética tipo PVC-p, TPO/FPO. Cubierta convencional con aislamiento no soldable tipo poliisocianurato (PIR) o lana de roca (MW); impermeabilización con membrana sintética tipo PVC-p, TPO/FPO blanca con índice SRI, $\geq 82\%$ en estado inicial y $\geq 64\%$ tras 3 años de vida que mejora la eficiencia energética de la envolvente, fijado mecánicamente al soporte resistente de chapa metálica. Acabada con paneles solares.



- F** Chapa metálica (soporte) pendiente 1-15%
- Bv** Barrera contra Vapor
- AT** Aislamiento Térmico MW o PIR
- FMa** Fijación Mecánica Aislamiento
- FML** Fijación Mecánica Láminas
- Ss** Soporte solar y estructura metálica
- Ps** Panel solar

SISTEMA DECK CON IMPERMEABILIZACIÓN SINTÉTICA PVC-p, TPO/FPO			
CAPA	UNE 104416	SISTEMA RECOMENDADO	MARCADO CE
F CHAPA METÁLICA (soporte)		Formación de pendientes 1-15%	
Bv BARRERA CONTRA VAPOR (1)	Film polietileno	Film polietileno	UNE EN 13984
AT AISLAMIENTO TÉRMICO NO SOLDABLE (2)	Lana de roca (MW) o paneles poliisocianurato (PIR)	Lana de roca (MW) o paneles poliisocianurato (PIR)	UNE EN 13162 (MW) o UNE EN 13165 (PIR)
FMa FIJACIÓN MECÁNICA AISLAMIENTO (3)	Arandela + Tornillo	Cánula plástica + tornillo con punta broca	ETE (6) según ETAG 006 o ETE (6) según EAD 030351-00-0402
FML FIJACIÓN MECÁNICA LÁMINA (4)	Arandela + Tornillo	Cánula plástica + tornillo con punta broca	ETE (6) según ETAG 006 o ETE (6) según EAD 030351-00-0402
I IMPERMEABILIZACIÓN (5)	1,2 mm	1,5 mm	UNE EN 13956
Ss SOPORTE SOLAR ADHERIDO Y ESTRUCTURA METÁLICA (8)(9)	-	-	-
Ps PANEL SOLAR	-	-	-

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- (1) Barrera contra vapor. Según estudio higrotérmico DB HE1. Recomendada en la ausencia de este estudio. La barrera de vapor, tendrá una resistencia a la difusión de vapor mayor que 10 MN s/g equivalente a 2,7 m²hPa/mg.
 - (2) Resistencia a la compresión al 10% de deformación según UNE [EN 826] ≥ 70 kPa para aislante MW y ≥ 120 kPa para aislante PIR.
 - (3) Fijación mecánica para aislamiento. Fijaciones con resistencia a la oxidación ≥ 15 ciclos Kesternich. Y fijaciones con mecanismo de pisada segura (arandelas y tornillo con doble rosca, canula + tornillo,...).
 - (4) Fijación mecánica para capa de impermeabilización. Se realizará en solape con fijación mecánica tradicional. Fijaciones con resistencia a la oxidación ≥ 15 ciclos Kesternich. Y fijaciones con mecanismo de pisada segura (arandelas y tornillo con doble rosca, canula + tornillo,...). Para el número de fijaciones se solicitará estudio de viento a los fabricantes. También se podrá fijar con sistema de inducción en toda o parte de la cubierta (mixta). No descrito en esta ficha.
 - (5) La impermeabilización deberá prolongarse por el paramento un mínimo de 20 cm por encima del acabado de la cubierta según DB HS1.
 - (6) ETE. Evaluación técnica Europea.
 - (7) El Índice de Reflexión Solar (SRI) según ensayo ASTM E1980 $\geq 82\%$ en estado inicial y $\geq 64\%$ tras 3 años de vida para cumplir con LEED (según el CRRC).
 - (8) Se deberá acompañar el sistema de fijación del sistema solar con un estudio de resistencia al viento.
 - (9) Se deberá verificar la compatibilidad del soporte con la impermeabilización existente.
- Ps El cableado de la instalación debe ir colocado sobre bandejas u otros sistemas, evitando el contacto con la membrana.

CUBIERTA DECK SOLAR

FIJACIÓN MECÁNICA. MEMBRANA BITUMINOSA, AUTOPROTEGIDA DESCONTAMINANTE

N2.2s

CTE CTE DB-HS
CTE DB-HE

UNE UNE 104401:2013

EOTA EAD 030351-00-0402
(antigua ETAG 006)

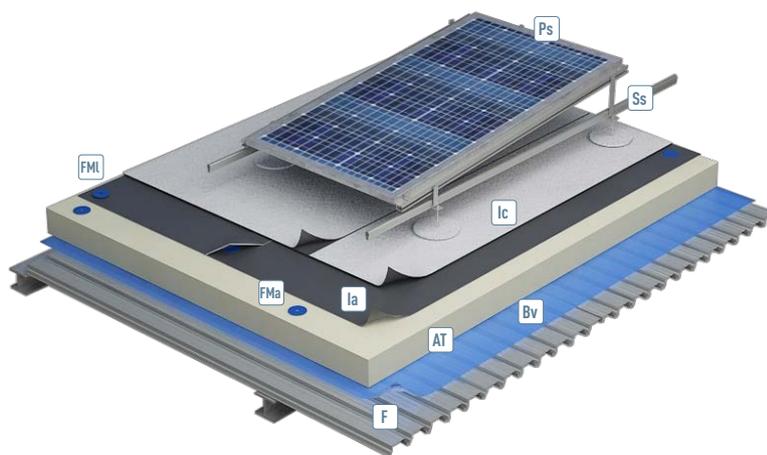
ACABADO: AUTOPROTEGIDO DESCONTAMINANTE

IMPERM.: MEMBRANA BITUMINOSA FIJADA MECÁNICAMENTE

AISLAMIENTO: TRADICIONAL

PENDIENTE: 1 - 15%

Sistema de cubierta plana no transitable, con lámina autoprotegida descontaminante. Cubierta deck, soporte de chapa metálica, con pendiente del 1 al 15%. Cubierta convencional con aislamiento no soldable de paneles de lana de roca o planchas de poliisocianurato PIR fijados mecánicamente al soporte de chapa; impermeabilización con membrana bituminosa bicapa fijada mecánicamente al soporte, con terminación en lámina autoprotegida de color blanco con actividad fotocatalítica probada por informe de ensayo. Acabado con paneles solares.



- F** Chapa metálica (soporte) pendiente 1-15%
- Bv** Barrera contra Vapor
- AT** Aislamiento Térmico MW o PIR
- FMa** Fijación Mecánica Aislamiento
- FMI** Fijación Mecánica Láminas
- la** Lámina inferior
- Ic** Lámina superior
- Ss** Soporte solar y estructura metálica
- Ps** Panel solar

SISTEMA BICAPA CUBIERTA DECK AUTOPROTEGIDA DESCONTAMINANTE			
CAPA	UNE 104401	SISTEMA RECOMENDADO	MARCADO CE
F CHAPA METÁLICA (soporte)		Pendiente del soporte 1-15%	
Bv BARRERA CONTRA VAPOR ⁽¹⁾	Film polietileno o lámina bituminosa	Film polietileno o lámina bituminosa	UNE EN 13984
AT AISLAMIENTO TÉRMICO NO SOLDABLE ⁽²⁾	Lana de roca (MW) o paneles poliisocianurato (PIR)	Lana de roca (MW) o paneles poliisocianurato (PIR)	UNE EN 13162 (MW) o UNE EN 13165 (PIR)
FMa FIJACION MECÁNICA AISLAMIENTO ^(3.1)	Arandela + Tornillo	Canula plástica + tornillo con punta broca	ETE ⁽⁴⁾ según ETAG 006 ó ETE ⁽⁴⁾ según EAD 030351-00-0402
FMI FIJACION MECÁNICA LÁMINA INFERIOR ^(3.2)	Arandela + Tornillo	Canula plástica + tornillo con punta broca	ETE ⁽⁴⁾ según ETAG 006 ó ETE ⁽⁴⁾ según EAD 030351-00-0402
la LÁMINA INFERIOR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	LBM-30-FP	LBM(SBS)-30-FP LBM(SBS)-40-FP	ETE ⁽⁴⁾ según ETAG 006 ó ETE ⁽⁴⁾ según EAD 030351-00-0402
Ic LÁMINA SUPERIOR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	LBM-40/G-FP o LBM-40/G-FV	LBM(SBS)-50 G-FP fotocatalítica ⁽⁷⁾	UNE EN 13707
Ss SOPORTE SOLAR Y ESTRUCTURA METÁLICA ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾	—	—	—
Ps PANEL SOLAR	—	—	—

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

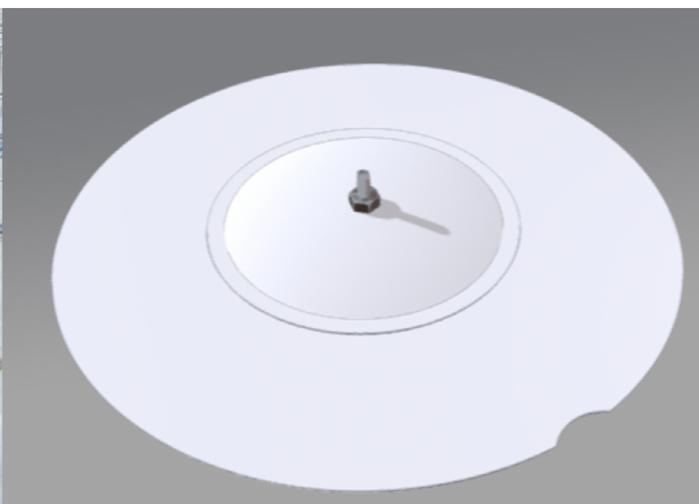
- (1) Barrera contra vapor. Según estudio higrotérmico DB HE1. Recomendada en la ausencia de este estudio. La barrera de vapor, tendrá una resistencia a la difusión de vapor mayor que 10 MN s/g equivalente a 2,7 m²hPa/mg.
 - (2) Aislante térmico sin revestimiento de asfalto u oxiasfalto. Resistencia a la compresión al 10% de deformación según UNE-EN 826 >70 kPa para aislante MW y >120 kPa para aislante PIR.
 - (3.1) Fijación mecánica para aislamiento. Fijaciones con resistencia a la oxidación >15 ciclos Kesternich. Para aislamiento de lana de roca, recomendado arandela de Ø70 mm de diámetro exterior; fijaciones con mecanismo de pisada segura (arandelas y tornillo con doble rosca, cánula +tornillo,...). Para el número de fijaciones del aislamiento no soldable y su distribución en cubierta, se seguirán las indicaciones de los fabricantes.
 - (3.2) Fijación mecánica para primera capa de impermeabilización. Fijaciones con resistencia a la oxidación > 15 ciclos Kesternich. Y fijaciones con mecanismo de pisada segura (arandelas y tornillo con doble rosca, cánula +tornillo,...). Para el número de fijaciones se solicitará estudio de viento a los fabricantes.
 - (4) Las propiedades de la impermeabilización se contemplan en el apartado 5.2.2.2. de la norma UNE 104401.
 - (5) En la membrana bicapa, al menos, una de las dos capas de láminas deberá tener armadura de poliéster FP.
 - (6) Evaluación Técnica Europea (ETE).
 - (7) Lámina con granúlos minerales o pizarra blanca, tratados con aditivo fotocatalítico basado en dióxido de titanio (TiO₂). Lámina con actividad fotocatalítica probada por informe de ensayo, según normas UNI 11484, UNE 127197-1, ISO 22197-1, EN 16980-1, etc.
 - (8) Preferentemente, lámina con certificado ETE⁽⁴⁾ según ETAG 006 ó ETE⁽⁴⁾ según EAD 030351-00-0402 ó alternativamente lámina con marcado CE EN 13707 recomendada por el fabricante para fijación mecánica.
 - (9) Se deberá acompañar el sistema de fijación del sistema solar con un estudio de resistencia al viento.
 - (10) Se deberá verificar la compatibilidad del soporte con la impermeabilización existente.
- LBM-30-FP Lámina de Betún Modificado armadura Fibra de poliéster > 3 kg/m². Resistencia al desgarro por clavo (según EN 12310-1) > 150 N
- LBM-40-FP Lámina de Betún Modificado armadura Fibra de poliéster > 4 kg/m². Resistencia al desgarro por clavo (según EN 12310-1) > 150 N
- LBM-40/G-FV Lámina de Betún Modificado armadura Fibra de vidrio > 4 kg/m² autoprotegida con acabado mineral
- LBM-40/G-FP Lámina de Betún Modificado armadura Fibra de poliéster > 4 kg/m² autoprotegida con acabado mineral
- LBM-50/G-FP Lámina de Betún Modificado armadura Fibra de poliéster > 5 kg/m² autoprotegida con acabado mineral
- LBM(SBS) Lámina de Betún Modificado con polímeros elastómeros SBS (estireno-butadieno-etireno)
- Ps El cableado de la instalación debe ir colocado sobre bandejas u otros sistemas, evitando el contacto con la membrana.

ANEXO III

**FICHAS DE SISTEMAS DE SOPORTE
DE LOS ASOCIADOS**

TIPO DE SISTEMA 1

FIJADO MECÁNICAMENTE



DESCRIPCIÓN: Soporte para fijación de las subestructuras de paneles solares y otro tipo de elementos sobre cubiertas planas. Aplicación directa sobre la impermeabilización. Transmite tanto las cargas de succión como compresión al soporte base de la cubierta, evitando de este modo el deterioro de la lámina de impermeabilización y aislamiento (en caso de existir). El producto se fija mecánicamente al soporte base de la cubierta mediante 9 fijaciones, soldándose posteriormente la membrana con la que ha sido prefabricada, a la lámina de impermeabilización presente en la cubierta quedando como resultado final un perno métrico de acero inoxidable sobre el que fijar cualquier tipo de subestructura para paneles solares.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética (PVC-p, TPO/ FPO)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

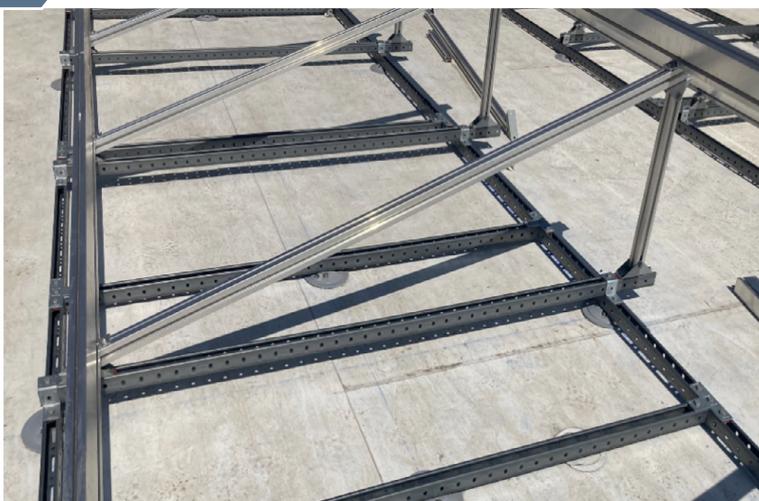
- Transmite las cargas sólo al soporte de la cubierta, evitando el deterioro de la lámina y del aislamiento
- No interrumpe el paso del agua en escorrentías superficiales de cubierta
- Instalación sencilla, por fijación mecánica y termosoldadura
- Fabricado con la misma membrana sobre la que se coloca para una total compatibilidad (tipo y fabricante)
- Testado en laboratorio
- Documentación técnica y valores soporte, posibilita realización de cálculos
- Válido y adaptable a cualquier tipo de subestructura
- Elemento final: perno métrico de acero inoxidable
- Posibilidad de fijación adecuada para todo tipo de soporte: metálico, madera y/o hormigón, con valores testados y homologados
- Basado y fabricado con el sistema de inducción
- Avalado por una amplia trayectoria del producto en instalaciones tanto en Estados Unidos como Europa

LIMITACIONES:

- Pendiente máxima de la cubierta 10%
- Es necesario perforar la impermeabilización existente, aunque la estanqueidad queda restituida

TIPO DE SISTEMA 2

FIJADO MECÁNICAMENTE



DESCRIPCIÓN: Soporte universal para fijación de las subestructuras de paneles solares y otros elementos sobre cubiertas. Aplicación directa sobre la impermeabilización. Transmite tanto las cargas de succión como compresión al soporte base de la cubierta o a la estructura de la cubierta, evitando de este modo el deterioro de la lámina de impermeabilización y aislamiento (en caso de existir). El producto se fija mecánicamente al soporte base de la cubierta mediante un mínimo de 4 y un máximo de 8 fijaciones, que quedan herméticamente sellados, debido a la presencia de una espuma de sellado con memoria y deformable bajo presión, siendo el resultado final un perno métrico de acero inoxidable sobre el que fijar cualquier tipo de subestructura para paneles solares.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Bituminosa, Sintética (PVC-p, TPO/ FPO)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Transmite las cargas sólo al soporte de la cubierta, evitando el deterioro de la lámina y del aislamiento
- No interrumpe el paso del agua en escorrentías superficiales de cubierta
- Instalación sencilla únicamente por fijación mecánica
- No existe una limitación de pendiente de la cubierta. Se puede instalar incluso en vertical
- Testado y homologado por Factory Mutual
- Único sistema homologado FM que no depende de la lámina de impermeabilización utilizada
- Documentación técnica y valores soporte, posibilita realización de cálculos
- Válido y adaptable a cualquier tipo de subestructura y lámina de impermeabilización
- Elemento final: perno métrico de acero inoxidable
- Posibilidad de fijación adecuada para todo tipo de soporte: metálico, madera y/o hormigón, con valores testados y homologados
- En caso de soportes de cubierta en mal estado o rehabilitaciones, y gracias a sus dimensiones, posibilidad de fijación y transmisión de cargas incluso a las correas de la estructura de cubierta
- Experiencia en instalaciones tanto en Estados Unidos como Europa

LIMITACIONES:

- Es necesario perforar la impermeabilización existente, aunque la estanqueidad queda restituida

TIPO DE SISTEMA 3

FIJADO MECÁNICAMENTE / ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Sistema de fijación mecánica para cubiertas solares formado por una base metálica soldable con la membrana de impermeabilización que se une mediante fijaciones mecánicas al soporte de la cubierta permitiendo resistir elevadas cargas de succión de viento sin añadir sobrepeso a la cubierta. Las piezas se impermeabilizan posteriormente con una pieza de remate del mismo material de la membrana de la cubierta quedando totalmente estancas.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Bituminosa/ Sintética PVC-p)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Fijación al soporte de la cubierta y no a la membrana existente
- Elevada resistencia a succión de viento sin añadir sobrepeso.
- Sin limitaciones en tipos de soporte o inclinación de la cubierta.
- Pieza flexible y modificable a las necesidades del proyecto.
- Solución 100% estanca
- Compatible con la mayoría de los sistemas de perfiles comerciales

LIMITACIONES:

- Para el montaje de las piezas se requiere un instalador profesional
- Es necesario perforar la impermeabilización existente, aunque la estanqueidad queda restituida

TIPO DE SISTEMA 4

FIJADO MECÁNICAMENTE/ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Sistema de fijación mecánica para cubiertas solares formado por una base metálica o de polipropileno tecnológico que se une mediante fijaciones mecánicas al soporte de la cubierta permitiendo resistir elevadas cargas de succión de viento sin añadir sobrepeso a la cubierta. Las piezas se impermeabilizan posteriormente con una pieza de remate del mismo material de la membrana de la cubierta quedando totalmente estancas.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética (TPO/ FPO)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Fijación al soporte de la cubierta y no a la membrana existente
- Elevada resistencia a succión de viento sin añadir sobrepeso
- Sin limitaciones en tipos de soporte o inclinación de la cubierta
- Pieza flexible y modificable a las necesidades del proyecto
- Solución 100% estanca
- Compatible con la mayoría de los sistemas de perfiles comerciales

LIMITACIONES:

- Para el montaje de las piezas se requiere un instalador profesional
- Es necesario perforar la impermeabilización existente, aunque la estanqueidad queda restituida

TIPO DE SISTEMA 5

ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Soporte ajustable en altura de poliamida para paneles solares diseñado para cubiertas planas, para su aplicación directa sobre la impermeabilización evitando perforarla. El soporte lleva fijado un trozo de impermeabilización que permite adherirse por termofusión sobre la impermeabilización de la cubierta, y se completa con alzadores y bridas de aluminio para la fijación del panel.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Bituminosa/ Sintética (PVC-p, TPO/ FPO).

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

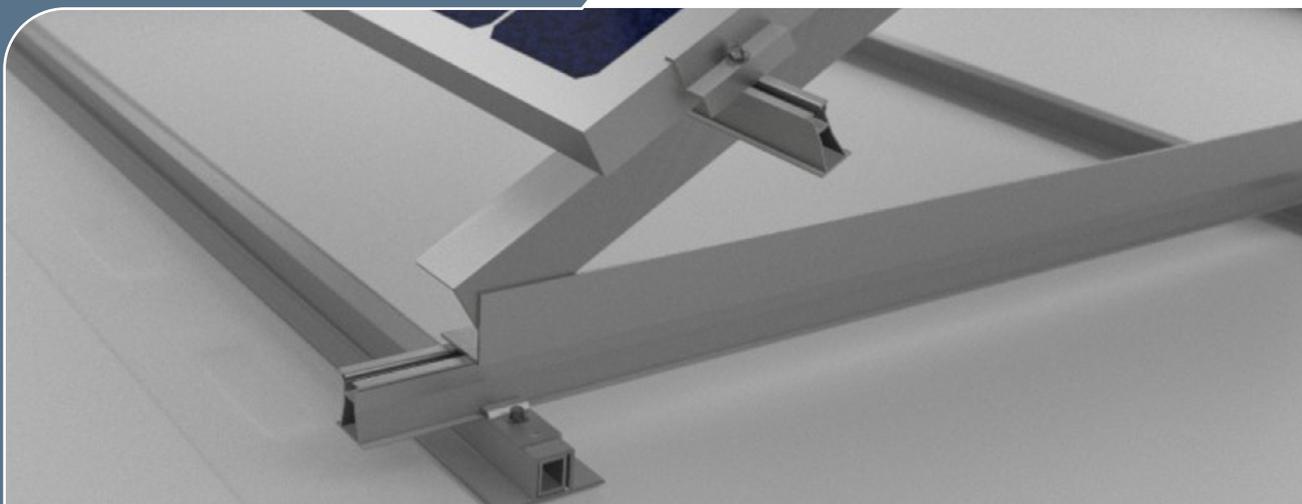
- Sin perforaciones: Evita perforar la impermeabilización
 - Ligero: Evita subestructuras de fijación del panel
 - Instalación sencilla, por termosoldadura o fuego
 - Aplicación económica por el propio instalador
 - Evita puentes térmicos
-

LIMITACIONES:

- Inclinación máxima panel 10°.
- Inclinación máxima cubierta 10% (bituminosa) y 20% (impermeabilización sintética)
- En zonas de alta presión de viento, se requieren cálculos adicionales
- Paneles de gran formato inclinados (>2,5 m longitud)

TIPO DE SISTEMA 6

ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Perfil extruido de PVC-p para la instalación de paneles solares, diseñado para cubiertas, para su aplicación directa por termofusión sobre la impermeabilización evitando perforarla. El perfil extruido aloja en su interior un alma de aluminio que permite realizar las fijaciones del perfil multifunción sin necesidad de perforar la membrana impermeabilizante.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética PVC-p

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Sin perforaciones en la impermeabilización
 - Ligero: evita subestructuras de fijación del panel.
 - Instalación sencilla, por termofusión.
 - Aplicación económica por el propio instalador.
 - Sin puentes térmicos
 - Resiste túnel de viento en el Von Karman Institute (VKI) hasta 200 km/h (laminar)
 - Apto para zonas de alta presión de viento (previo cálculo eólico).
 - Apto para todo tipo de paneles, incluso de gran formato.
-

LIMITACIONES:

- Requiere de perfilería auxiliar para completar el sistema
- En zonas de alta presión de viento, se requieren cálculos adicionales

TIPO DE SISTEMA 7

ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Sistema de montaje aerodinámico y ligero, diseñado para la instalación de paneles solares en cubiertas planas. El producto se instala con fijaciones termoplásticas que transfieren las cargas de viento a la estructura de la cubierta. Las fijaciones se termosueldan directamente sobre las membranas de impermeabilización de la cubierta. El producto incluye los soportes de acero magnelis, las fijaciones, los perfiles de montaje de los paneles y los accesorios para proporcionar un conjunto estable.

TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética (TPO/ FPO, PVC-p)

POSICIÓN DEL PANEL: Inclinada (10°)

VENTAJAS:

- No perfora el sistema de impermeabilización de la cubierta
 - Instalación rápida y sencilla con pocos componentes
 - Fijación a la membrana - sin desplazamiento horizontal de la instalación fotovoltaica
-

LIMITACIONES:

- Inclinación constante del panel (10°)
- Inclinación máxima cubierta 5° con posibilidad de llegar hasta 10°
- En zonas de alta presión de viento, se requieren cálculos adicionales
- Tamaño del panel comprendido entre 975 – 1156 mm

TIPO DE SISTEMA 8

LASTRADO



Sistema de estructuras para paneles solares Picos 4.0 fabricado por Alusín Solar sobre la cubierta del BEC en la instalación realizada por Orgaus Systems.

DESCRIPCIÓN: Sistema de estructuras para paneles solares Picos 4.0 fabricado por Alusín Solar sobre la cubierta del BEC en la instalación realizada por Orgaus Systems.

Sistema flotante, o apoyado, formado por una estructura de aluminio y lastres de bloques de hormigón para paneles solares diseñado para cubiertas planas, para su aplicación directa sobre la impermeabilización evitando perforarla.

TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Bituminosa/ Sintética PVC-p, TPO/ FPO, líquida

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Sin perforaciones en la impermeabilización
 - Posible retirada para reutilización/ reciclado, al no estar fijados
 - Instalación sencilla, simplemente lastrada
 - Orientación variable según necesidad
 - Evita puentes térmicos
 - Paneles de cualquier formato aplicados en horizontal
-

LIMITACIONES:

- Condicionado por su peso a la resistencia de sobrecargas de la cubierta
- Necesidad de proteger la impermeabilización bajo el apoyo
- Límite de viento configurable según fabricante
- Límite de carga de nieve configurable según fabricante
- Inclinación máxima panel 10º
- Peligro de deslizamiento
- Pendiente: consultar con el fabricante

TIPO DE SISTEMA 9

FIJADO MECÁNICAMENTE



DESCRIPCIÓN: Sistema de fijación mecánica estructural preensamblado para cubiertas solares que proporciona una conexión segura mediante su anclaje al soporte resistente de la cubierta o a elementos estructurales, evitando transmitir así carga de viento adicional a la membrana impermeabilizante, creando una solución fiable y duradera.

El producto se fija mecánicamente al soporte base de la cubierta mediante 4 fijaciones, y se debe soldar posteriormente la membrana de TPO que incorpora el producto a la lámina de impermeabilización presente en la cubierta. El resultado final es un perno métrico de acero inoxidable sobre el que fijar cualquier tipo de subestructura para paneles solares.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética (TPO)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Sencilla y rápida instalación pues sólo requiere 4 fijaciones por anclaje
 - Flexible. Apto para configuraciones coplanares e inclinadas
 - Seguro. Solución completamente estanca sin perforación de lámina
 - Duradero
-

LIMITACIONES:

- Para el montaje de las piezas se requiere un instalador profesional
- Es necesario perforar la impermeabilización existente aunque la estanqueidad queda restituida con el faldón de TPO

TIPO DE SISTEMA 10

ADHERIDO



DESCRIPCIÓN: Soporte solar de aluminio (AL 6063 T6) para la fijación de paneles solares a cubiertas planas impermeabilizadas con TPO. Permite la colocación de los paneles sobre soportes específicos soldados por termofusión sobre la lámina de impermeabilización de TPO, sin perforaciones adicionales de la lámina de la cubierta.

Consiste en unas bases de apoyo y unos brazos disponibles en varias alturas. Su configuración permite la colocación de paneles coplanares o inclinados, según las necesidades del proyecto.



TIPOS DE IMPERMEABILIZACIÓN (compatibilidad): Sintética (TPO)

POSICIÓN DEL PANEL: Coplanar/ Inclinada

VENTAJAS:

- Instalación por soldadura, sin perforación de la lámina de la cubierta
- Instalación sencilla
- Duradero. Solución 100% hecha en aluminio
- Ligera. No requiere subestructura ni lastres
- Versátil. Diferentes inclinaciones del panel

LIMITACIONES:

- Inclinación máxima del panel 20°
- Paneles de gran formato inclinados (>2,5 m longitud)
- Para el montaje de las piezas se requiere un instalador profesional



Síguenos en:



Contáctanos en:

info@aifim.es
<https://aifim.es>

ASOCIADOS



SOCIOS COLABORADORES



CON EL APOYO DE

