



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Estudio constructivo y funcional de capas separadoras en
cubiertas ajardinadas.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Bazán Martínez, Candela

Tutor/a: Mas Tomas, Maria de los Angeles

Cotutor/a: Garcia Borràs, Júlia

Cotutor/a: Lerma Elvira, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Estudio constructivo y funcional de capas separadoras en cubiertas ajardinadas

Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universitat Politècnica de Valencia

Candela Bazán Martínez

María de los Ángeles Mas Tomás

Julia García Borràs

26 de julio de 2024



ÍNDICE

1. PRÓLOGO	6
1.1 Motivación	6
1.2 Objetivo	6
1.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible	6
1.4 Metodología	7
2 INTRODUCCIÓN	8
2.1 Evolución de las cubiertas	8
2.2 Tipos de cubiertas	9
2.3 Requisitos de las cubiertas	12
3 CUBIERTAS AJARDINADAS	14
3.1 Definición	14
3.2 Evolución de las cubiertas ajardinadas	14
3.3 Beneficios	19
3.4 Tipos de cubiertas ajardinadas	20
3.5 Diseño de las cubiertas ajardinadas	25
3.6 Consideraciones en fase de diseño y de construcción	26
4 TIPOS DE CAPAS SEPARADORAS EN CUBIERTAS AJARDINADAS	28
4.1 Capa filtrante	28
4.1.1 Normas Tecnológicas de Jardinería y paisajismo – Cubiertas verdes	29
4.1.2 UNE 104416:2009	30
4.1.3 Productos comerciales	30
4.2 Capa drenante	38
4.2.1 Normas Tecnológicas de Jardinería y paisajismo – Cubiertas verdes	40
4.2.2 UNE 104416:2009	40
4.2.3 Productos comerciales	41
4.3 Capa difusora de vapor	59
4.3.1 UNE 104416:2009	59
4.3.2 Productos comerciales	60
4.4 Capa retenedora de humedad	64
4.4.1 Productos comerciales	66
4.5 Capa antiraíces	71
4.5.1 Productos comerciales	73
5 FICHAS RESUMEN CAPAS SEPARADORAS	78
6 CONCLUSIONES	100
7 REFERENCIAS	102



7.1	Bibliografía.....	102
7.2	Figuras	107
7.3	Tablas.....	110
8	ANEXO I	114
8.1	Definiciones	114



1. PRÓLOGO

1.1 Motivación

Este Trabajo Final de Grado parte de la curiosidad personal que despiertan las **cubiertas ajardinadas** debido a su estética y complejidad, sumado al interés en temas y aspectos constructivos. A esto hay que añadirle el poco conocimiento que se tiene de las cubiertas ajardinadas y sus beneficios, provocando así el escaso empleo de este tipo de cubiertas.

Un ejemplo de la falta de uso y conocimiento sobre este tipo de cubiertas se refleja en las normativas UNE, ya que estas no son de obligado cumplimiento, por lo que pasan a un segundo plano. En ellas se describen las cubiertas ajardinadas y algunos de sus componentes, no todos, y se detallan algunas recomendaciones y especificaciones.

Estos aspectos han derivado en el estudio de las diferentes **capas separadoras** que componen estas cubiertas, buscando así ampliar la información sobre estos sistemas constructivos y sus capas, explicar las diferentes funciones de las capas separadoras, proporcionar información sobre los múltiples beneficios del empleo de este tipo de cubiertas y promover el uso de las cubiertas ajardinadas, facilitando la búsqueda de los diferentes productos dentro del mercado actual.

1.2 Objetivo

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es, por un lado, ampliar la información disponible tanto de las cubiertas ajardinadas como de las diferentes tipologías de capas separadoras empleadas en estas cubiertas; y, por otro lado, promover su uso a través de un **catálogo de fichas** que simplifica y facilita la búsqueda de estos productos a los profesionales de la edificación.

Estas fichas exponen de manera resumida y por apartados la información y características más importante de cada tipología de capa, además de proporcionar **productos** dentro del mercado actual que cumple estas especificaciones.

A través de este Trabajo de Fin de Grado y, sobre todo, con la creación del catálogo de fichas resumen, se pretende promover el empleo y diseño de este tipo de cubiertas, ya que su uso conlleva **beneficios** económicos, medioambientales y sociales. Además, las cubiertas ajardinadas mejoran el nivel de vida y la salud de las personas.

1.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible

En septiembre de 2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en la Asamblea General de la ONU aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos 17 objetivos se conocen como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y constituyen un llamamiento a nivel mundial a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas de las personas en todo el mundo. Cada uno de estos 17 objetivos profundiza en alguno de los problemas que afecta actualmente a nivel mundial. Es cierto que se está progresando en muchos lugares, sin embargo, no se avanza ni progresa como se debería para poder alcanzar los objetivos marcados en 2030¹.

Dentro de los 17 objetivos, el empleo de este tipo de cubiertas contribuye a alcanzar, principalmente, 6 de estos objetivos.

- **Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades:** las cubiertas ajardinadas debido a la presencia de especies vegetales contribuyen mejorando la calidad del aire y ayudan a disminuir los gases perjudiciales para los seres vivos. Además, con este tipo de cubiertas se generan espacios verdes donde poder relacionarse y crear relaciones interpersonales.

- **Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos:** un buen drenaje y almacenaje del agua de la lluvia captada por este tipo de cubiertas, por un lado, permite su reutilización para el riego de la propia cubierta, reduciendo así la cantidad de agua que necesita para

¹ Naciones Unidas, 2023.

su mantenimiento. Y, por otro lado, permite poder emplear esta agua para otros usos dentro del edificio, evitando así desaprovecharla, disminuyendo así el consumo de agua.

- **Objetivo 11:** Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles: la población mundial crece a unos niveles descontrolados, sin embargo, las ciudades no están preparadas para esta rápida urbanización. Dentro de este objetivo, entre otros temas se reduce el consumo urbano de energía y la contaminación. Como ya se ha comentado, estas cubiertas ayudan a mejorar la calidad del aire y disminuye los gases perjudiciales para los seres humanos.

Además, debido a la composición y posición de capas que constituyen estas cubiertas, se evitan las pérdidas de calor en invierno y la entrada de este en verano, lo que genera una disminución de consumo de energía ligado a un ahorro económico.

- **Objetivo 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: debido entre otros factores a la capa de sustrato, de mayor o menor espesor dependiendo de la tipología, que se sirve como protección de las cubiertas ajardinadas, la vida útil de este tipo de cubiertas aumenta considerablemente, lo que supone la reducción de los residuos de la construcción.

Por otro lado, con una buena elección de materiales se contribuye a la economía circular, con productos duraderos, reparables y reciclables.

- **Objetivo 13:** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos: a este objetivo se colabora de varias formas. Por un lado, reduciendo los gases de efecto invernadero gracias a la vegetación de las cubiertas. Por otro lado, se reduce la cantidad de energía necesaria para mantener el confort térmico en el interior de los edificios. Además, se aumenta la vida útil de la cubierta y sus capas, disminuyendo así la contaminación de la producción de estos materiales. Y, por último, la elección de materiales más sostenibles, reciclados, de buena calidad y duraderos, reduce la cantidad de gases perjudiciales producidos en su producción, respecto a otros que no lo son.

- **Objetivo 15:** Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad: el uso de vegetación autóctona de la zona donde se construya la cubierta ayuda a la renovación de su biodiversidad. Además, en las tipologías de cubiertas con mayor sustrato de pueden plantar especies arbóreas más contundente y grandes, aumento así la superficie vegetal del planeta.

1.4 Metodología

El Trabajo Final de Grado puede dividirse en cuatro partes:

- La primera tiene como objetivo **introducir al lector** en el tema de las cubiertas en general, para luego adentrarse en más profundidad en las cubiertas ajardinadas. Para ello se ha hecho un breve resumen de la historia de la edificación y de las cubiertas, para analizar la evolución en los aspectos constructivos y en la materialidad. Además, gracias al análisis de las normativas y otros documentos técnicos de interés se han definido los diferentes tipos de cubiertas y los requisitos básicos y generales que debe cumplir una cubierta.

- La segunda parte pretende **ampliar la información** acerca de las cubiertas ajardinadas. Por un lado, se hace un repaso de la evolución que han tenido, desde sus inicios hasta la actualidad. Y, por otro, se exponen cuestiones más técnicas y detalladas de este tipo de cubiertas obtenidas tras la consulta de normativas y documentos técnicos.

- La tercera parte se adentra en los cinco **tipos de capas separadoras** que más se emplean en las cubiertas ajardinadas. En esta parte se han analizados normativas, casas comerciales, productos y documentos técnicos, con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información de todas y cada una de las tipologías de capas separadoras y poder posteriormente resumirlas en las fichas del catálogo.

- La última parte está compuesta por las diferentes **fichas** que conforman el catálogo, las cuales se dividen basándose en los cinco tipos de capas separadoras. Estas fichas son el resultado de haber sintetizado toda la información obtenida del análisis de las normativas vigentes y del estudio del mercado actual. Este catálogo pretende proporcionar de manera rápida, visual y concisa la información técnica más importante de cada capa, junto con información gráfica como detalles constructivo e imágenes.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Evolución de las cubiertas

La historia de las cubiertas a lo largo de los siglos es un claro ejemplo de evolución, sin embargo, esta historia no se remonta a los inicios del ser humano.

Si se busca la palabra “cubierta” en la Real Academia Española² de la lengua, entre sus 8 definiciones se encuentran:

- “1. Cosa que se pone encima de otra para taparla o resguardarla.”
- “7. Parte exterior de la techumbre de un edificio.”

Haciendo alusión a estas dos definiciones en concreto, se puede afirmar que las cubiertas surgen en el momento en el que ser humano deja de usar estructuras propias de la naturaleza como las cuevas y construye las primeras viviendas. Esto les daba la posibilidad resguardarse y protegerse del exterior y a la vez de poder situarse cerca de zonas que les proporcionarían comida y agua³. Esto ha provocado una evolución de las cubiertas al mismo tiempo que lo hacían las necesidades de cobijo del ser humano y sus medios para poder construirlas.

Durante la **prehistoria**, una vez el ser humano deja de vivir en cuevas y tiene la necesidad de diseñar las primeras construcciones, hizo uso de materiales naturales como madera, arcilla, piedra, pieles, paja, etc. Es decir, materiales conocidos y utilizados en su vida diaria⁴.

Posteriormente, durante la **Edad Antigua** (3300 a.C. – 476 d.C.), en culturas como la romana o la griega, comienzan a emplearse piedra, como el mármol, para los monumentos, mientras que las viviendas se construían con ladrillos de barro secados al sol y las cubiertas planas o inclinadas con ramas y cañas cubiertas de barro⁵.

En la **Edad Media** (476 – 1453) se distinguen dos etapas, una primera donde se utiliza principalmente la madera, y una posterior, sobre todo en las zonas más urbanas, donde se comienza a emplear piedra y ladrillo. Para las cubiertas, en su mayoría inclinadas, se usaban estructuras de madera con terminaciones de paja y ramas, estos eran baratos y fáciles de reemplazar, pero eran propensos a incendios, posteriormente se usaron las tejas⁶.

La **Edad Moderna** (1453 – 1789) supone la continuación de la época anterior, a pesar de utilizar el acero, aún no se disponía de medios para poder emplearlo en edificación, ni de materiales novedosos capaces de resolver las cubiertas de manera más efectiva, por eso se seguía empleando madera, ladrillo y tejas, además de la piedra, sobre todo en los cerramientos y elementos arquitectónicos, como columnas, pilastras, dinteles, etc⁷.

Es a partir de la **Edad Contemporánea** (1789 - actualidad), con el descubrimiento de nuevos materiales como el hormigón, productos derivados del petróleo y del acero, cuando empiezan a diseñarse y construirse las cubiertas como las conocemos actualmente. Durante esta época comienza a imponerse el uso de la cubierta plana, gracias, entre otros a Le Corbusier y el Movimiento Moderno.

Le Corbusier, uno de los grandes arquitectos del siglo XX, pone el valor la cubierta de los edificios, exponiendo la importancia de este “plano” que no se debía descuidar ni dejar de tener en cuenta⁸. Incluye el principio del *toit-jardin* dentro de los 5 puntos de la arquitectura de 1927:

“La azotea debe recuperar el espacio de suelo perdido al construir el edificio y, evidentemente, debe ser un jardín, un lugar de uso que recupere la cultura al aire libre⁹”. Las cubiertas de los edificios ofrecen un

² RAE, 2001.

³ Blanco, F., 2012.

⁴ Seguí, P., 2016.

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

⁷ Ibidem.

⁸ Selecta home, 2015.

⁹ Construmática, 2010.

amplio abanico de posibilidades y usos pudiendo adaptar diferentes soluciones según el momento, el lugar y su contexto¹⁰.

Este breve recorrido por la evolución de las cubiertas a lo largo de la historia es un claro ejemplo de que la evolución va paralelamente ligada a la necesidad y a los materiales de los que se disponía en cada época.

Actualmente, debido a las mejoras de los materiales y sistemas constructivos, las posibilidades a la hora de diseñar una cubierta son inmensas. Gracias a esto, un buen diseño de los edificios y en particular de las cubiertas pueden contribuir a frenar y minimizar uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el mundo, como es la actual situación climática. La construcción de edificio sostenibles y la reducción del impacto ambiental durante la vida útil del edificio, puede ayudar en gran medida a frenar esta situación.

Entre las medidas que pueden adoptarse se encuentra el uso de materiales sostenibles, minimizando así las emisiones de CO₂, la integración de sistemas de energía renovables o aerotermia, edificios con buena eficiencia energética o el buen diseño constructivo de la envolvente del edificio, ya que son las zonas de contacto con el exterior¹¹.

Una cubierta bien diseñada, teniendo en cuenta entre otros aspectos: la zona climática, el uso que tendrá, las capas necesarias, los materiales que se emplearán, etc., ayuda a que los edificios cuenten con mejor comportamiento térmico. Esto provoca que la cantidad de energía que necesite para mantener un estado de confort térmico en el interior sea menor, e incluso no se necesite, evitando así que empeore de la situación climática global.

2.2 Tipos de cubiertas

Actualmente, se pueden encontrar una gran variedad de cubiertas, clasificadas en función de varios aspectos:

- El porcentaje de pendiente, clasificando las cubiertas entre **planas** o **inclinadas**.
- El uso al que se destine la cubierta, pudiendo ser **transitable** o **no transitable**, pero accesible para mantenimiento.
- Si cuenta con **cámara de aire** (ventilada o no ventilada), o no.
- La posición del aislante térmico con respecto a la membrana impermeabilizante, clasificando las cubiertas en **convencionales** o **invertidas**.
- El número de capas de la impermeabilización, pudiendo ser **monocapa** o **bicapa**.
- El **acabado** de la cubierta.

Estos aspectos ayudan a categorizar y clasificar las diferentes cubiertas, proporcionando las características generales de la cubierta. Por lo tanto, siguiendo estos aspectos se pueden definir las cubiertas en base a los siguientes aspectos:

Pendiente

- **Planas**: cuando el porcentaje de la pendiente es $\leq 2,9^\circ$.
- **Inclinada**: cuando la cubierta cuenta con una pendiente $> 2,9^\circ$.

Uso

- **Transitable**: son las destinadas al tránsito de personas y/o vehículos, tanto en espacios públicos como privados¹².
- **No transitable, pero accesible para mantenimiento**: son cubiertas accesibles únicamente para la realización de labores de mantenimiento, conservación o reparación de algunos de sus elementos, no están diseñadas para soportar el tránsito continuo de personas, y menos aún de vehículos¹³.

¹⁰ Selecta home, 2015.

¹¹ Construible, 2024.

¹² AENOR, 2013, p:15.

¹³ AENOR, 2013, p:15.

Presencia de cámara de aire

- Con cámara de aire: también denominadas cubiertas frías, están constituidas por dos hojas separadas por una cámara de aire, pudiendo ser esta ventilada o no. Cada una de estas hojas cumple una función, la superior sirve de protección al resto de la cubierta de la radiación solar y de los agentes atmosféricos, además de garantizar la impermeabilización del conjunto, mientras que la capa inferior sirve de aislamiento térmico¹⁴.
- Sin cámara de aire: estas cubiertas están constituidas por diversas capas dispuestas contiguamente, este tipo de cubiertas también se conocen como cubiertas calientes¹⁵.

Posición del aislante térmico con respecto a la membrana impermeabilizante

- Convencional: (Fig. 1) la impermeabilización se coloca por encima del aislante térmico. La capa impermeabilizante es muy delicada a los cambios bruscos de temperatura, pudiendo provocar filtraciones y humedades, debido a deterioro y daño de esta capa¹⁶. Esto además afecta al aislante térmico, haciendo que disminuyan así sus prestaciones¹⁷. En general estas cubiertas necesitan más juntas de dilatación y tienen menos durabilidad. La disposición de estas capas hace necesario la presencia de la barrera contra vapor, esta se coloca entre el aislante térmico y el soporte. Su principal función es oponer resistencia al paso del vapor, para poder así controlar el flujo entre el interior y el exterior, y evitar la aparición de condensaciones¹⁸.

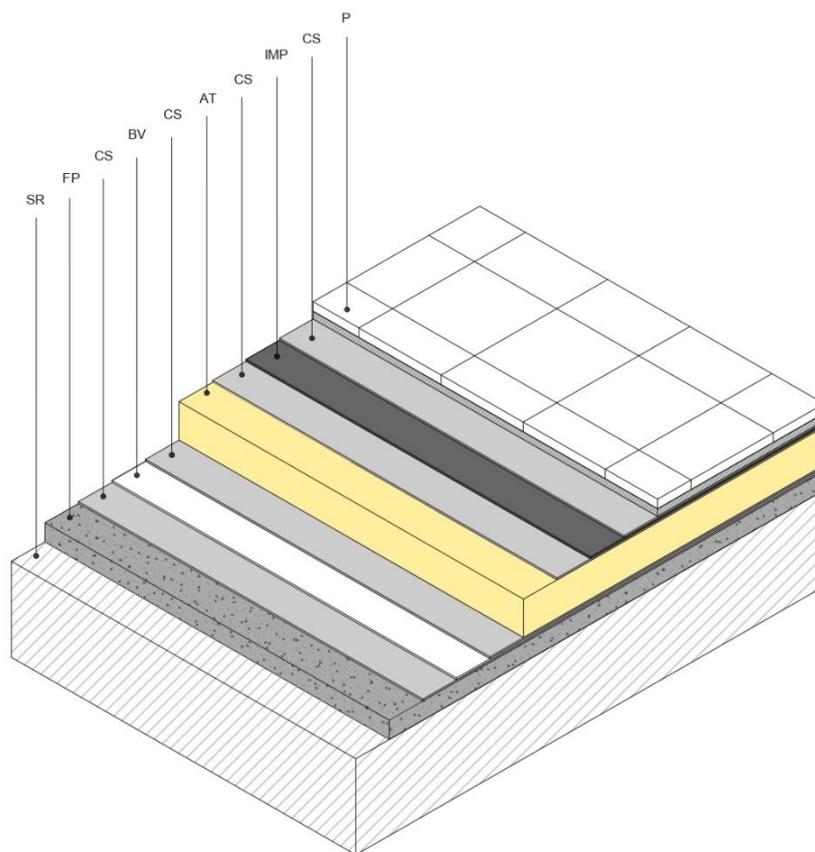


Figura 1. Detalle constructivo cubierta convencional. Leyenda: P. Protección; CS. Capa separadora; IMP. Lámina impermeabilizante; AS. Aislante; BV. Barrera contra vapor; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

¹⁴ **Construcción**, 2018.

¹⁵ *Ibidem*

¹⁶ **Rodríguez Cubero, J.**, 2024.

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ **Mora, N.**, 2022.

- Invertida: (Fig. 2) en este caso se dispone el aislante térmico por encima de la impermeabilización, pudiendo prescindir así de la barrera contra vapor. En este caso la impermeabilización está protegida de las agresiones mecánicas y de los rayos ultravioleta¹⁹. Además, el aislante reduce los cambios de temperatura entre el día y la noche en capas inferiores, aumentando así la vida útil de las capas de las cubiertas²⁰. El único inconveniente es que el aislante tiene que poder estar en contacto con el agua sin perder sus propiedades aislantes.

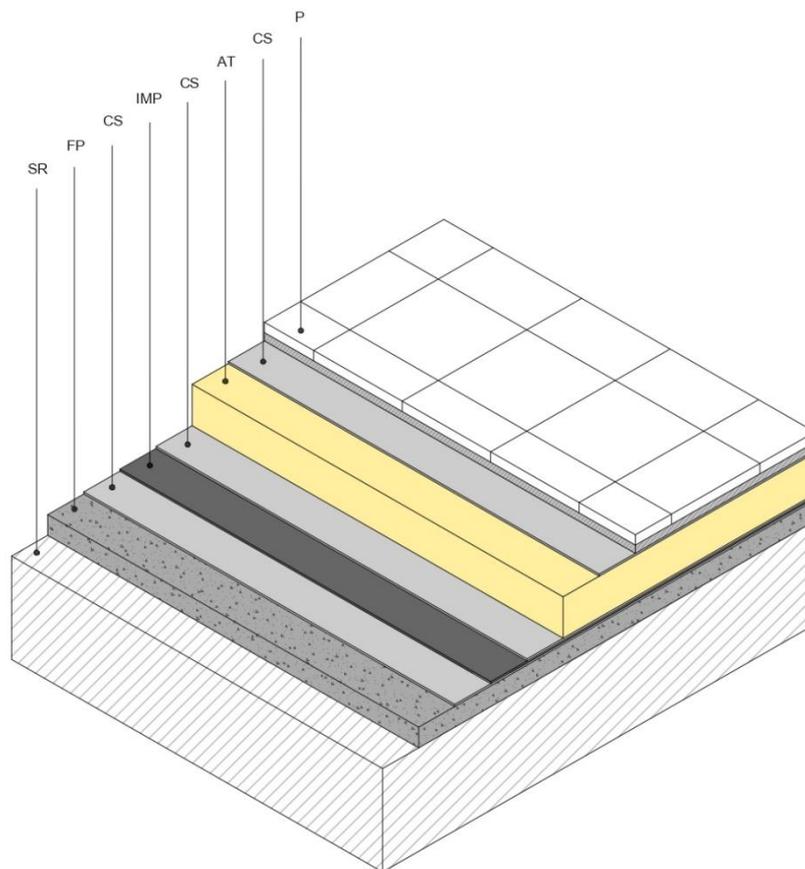


Figura 2. Detalle constructivo cubierta invertida. Leyenda: P. Protección; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

Número de capas de la impermeabilización

- Monocapa: la impermeabilización en este caso está constituida únicamente por una sola capa.
- Bicapa: en este tipo de cubiertas, la impermeabilización contará con dos capas del material que lo componga.

Acabado de la cubierta

- Cubiertas planas:
 1. Pavimento fijo, al estar fijo a las capas inferiores la junta es cerrada²¹.

¹⁹ Mora, N., 2022.

²⁰ URSA, 2024.

²¹ Construcción II, 2019, p: 11.

2. Pavimento flotante, en este caso, el pavimento se encuentra elevado con soportes dejando una cámara de aire entre el pavimento y la capa en la que se apoyan los soportes. Este pavimento cuenta con junta abiertas²².

3. Grava, usada en cubiertas no transitables²³.

4. Lámina autoprottegida, la última capa de la cubierta cuenta con un acabado especial resistente a la intemperie (autoprotección), por lo que no necesita una protección adicional.²⁴. En caso de las cubiertas convencionales, la propia lamina impermeable con un acabado especial de autoprotección. Este tipo de acabado se emplea en cubiertas no transitables.

5. Tierra vegetal, creando cubiertas ajardinadas, con un manto de mayor o menor espesor de sustrato y vegetación²⁵.

6. Agua, también conocida como cubierta aljibe²⁶.

- Cubiertas inclinadas: Teja, pizarra, paneles prefabricados o chapa metálica²⁷.

Según las características y necesidades constructivas y de uso de la cubierta, estas se diseñarán empleando las capas en el orden necesario para asegurar su correcto funcionamiento. Dentro de estas capas, por un lado, se encuentran las capas principales y por otro, las capas separadoras.

Las capas principales serían la protección, la impermeabilización y el aislante térmico, siendo estas imprescindibles. En cuanto a las capas separadoras sus funciones son varias, colocándose en diferentes posiciones dentro de la cubierta para mejorar el comportamiento de esta y asegurar una mayor durabilidad del sistema y de las capas que lo componen. Además, deberá tenerse en cuenta las capas que hay por encima y por debajo.

Las posibles funciones que pueden desempeñar las **capas separadoras** son: antipunzonante, antiadherente, antiarañas, filtrante, barrera contra el vapor, drenante, por incompatibilidad química o retenedora de humedad.

2.3 Requisitos de las cubiertas

Las cubiertas son uno de los planos de separación entre el interior del edificio y ambiente exterior, por lo que deben cumplir con una serie de requisitos que aseguren su durabilidad y buen comportamiento con el paso del tiempo. Son varias las **condiciones de comportamiento** que deberán satisfacer las cubiertas, las cuales se detallan a continuación.

- **Seguridad estructural**: deben soportar las cargas para las que hayan sido diseñadas estructuralmente, siendo estas las cargas permanentes debidas al peso propio de los materiales que componen la cubierta, las acciones variables tales como la sobrecarga de uso, el viento y la nieve, y las cargas accidentales, como podría ser un terremoto, un incendio o un impacto²⁸. A estas acciones directas hay que sumarle las acciones indirectas, propias de los cambios de temperatura (acciones térmicas) y las retracciones y fluencia de los materiales (acciones reológicas)²⁹.
- **Estanqueidad**: las cubiertas están en contacto directo con el exterior y por tanto con los agentes meteorológicos, por lo que deberán prestar especial atención a esta condición. Para asegurar la estanqueidad las cubiertas deberán disponer de la suficiente pendiente para desaguar, contar con sistemas de evacuación de aguas, es importante disponer de las capas necesarias, tanto

²² **Construcción II**, 2019, p: 11.

²³ **Construcción II**, 2019, p: 11.

²⁴ **AENOR**, 2013, p: 27.

²⁵ **Construcción II**, 2019, p: 11.

²⁶ *Ibidem*, p: 11.

²⁷ *Ibidem*, p: 11.

²⁸ *Ibidem*, p: 3.

²⁹ *Ibidem*, p: 4.

principales como separadoras, y, por último, prestar atención en la construcción de la propia cubierta, en particular en los puntos singulares³⁰.

- **Aislamiento térmico:** la cubierta forma parte de la envolvente del edificio, por eso debe prestarse especial atención al flujo de temperatura a través de ella. Evitando las pérdidas o ganancias de calor a través de la cubierta, se reducirá el consumo energético de los edificios. La capa más importante en este aspecto es el aislante térmico, colocado en una posición u otra dependiendo de si la cubierta es convencional o invertida³¹.

En cuanto a la disposición del aislante térmico, mejora sus prestaciones si se sitúa más al exterior ya que permite aprovechar la masa térmica de la envolvente moderando los cambios de temperatura en el interior. Esto sobre todo en viviendas habituales. Sin embargo, en viviendas de uso temporal, es mejor colocar el aislante más al interior, ya que eso ayudará a una climatización más rápida.

- **Aislamiento acústico:** con el objetivo de reducir el ruido en el interior de los edificios, evitando las molestias que este pueda ocasionar en los usuarios³².
- **Seguridad en caso de incendio:** en este aspecto se clasifican las cubiertas en función del grado de combustibilidad, un parámetro indicativo de emisión de humos y otro indicativo del desprendimiento de gotas o partículas inflamadas, estos parámetros se detallan en el CTE – DB – SI³³. Documento en el cual se establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

Además, a la hora del diseño de la cubierta se deberá tener en consideración la separación de esta en sectores de incendio y tener en cuenta la unión con la fachada y con edificios colindantes.

- **Seguridad de utilización:** en las cubiertas transitables se dispondrá de barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas, y en balcones, ventanas, etc. de mínimo 90 cm, o 1,1 m si la altura de caída es mayor a 6 m³⁴. En las no transitables pero accesible para mantenimiento se dispondrán puntos de fijación de Equipos de Protección Individual (EPI) para asegurar que los trabajos de mantenimiento se realizan de forma segura.
- **Mantenimiento:** se debe tener en cuenta dos aspectos. Por un lado, la utilización de buenos materiales y que la impermeabilización sea compatible con los movimientos que sufra la cubierta³⁵. Y, por otro lado, que a la hora de diseñar la cubierta se disponga de todas las capas necesarias y de una buena protección, con el fin de alargar en la medida de lo posible la vida útil de las capas³⁶.

³⁰ **Construcción II**, 2019, p: 4– 5.

³¹ **Construcción II**, 2019, p: 8.

³² *Ibidem*, p: 8.

³³ *Ibidem*, p: 8.

³⁴ *Ibidem*, p: 10.

³⁵ *Ibidem*, p: 11.

³⁶ *Ibidem*, p: 11.

3 CUBIERTAS AJARDINADAS

3.1 Definición

Las **cubiertas ajardinadas** son aquellas que como protección y acabado cuentan con una capa de cierto espesor de sustrato y un manto de especies vegetales. El sustrato que se coloque se adecuará a las características y necesidad de las plantas y vegetación que se implante.

El uso de estas cubiertas ha aumentado en los últimos años por los beneficios medioambientales y energéticos, sumado al carácter estético de las cubiertas ajardinadas. Estas pueden incorporarse en distintos tipos de proyectos.

3.2 Evolución de las cubiertas ajardinadas

Las cubiertas ajardinadas empleadas hoy en día son resultado de una evolución a lo largo del tiempo que tiene sus inicios en la prehistoria. Esta evolución se culmina en Alemania, en el siglo XX, asentando las bases constructivas de lo que hoy se conoce como cubierta ajardinada. Sin embargo, se dispone de ejemplos de esta tipología a lo largo de toda la historia de la humanidad.

Prehistoria

Los primeros ejemplos se remontan a la época del Neolítico (3500 a.C.) en la vertiente atlántica del norte de Europa, en edificaciones funerarias.³⁷ Éstas son conocidas como *Tumbas de Corredor* y consistían en un estrecho pasaje de grandes piedras, y una o varias cámaras funerarias cubiertas de tierra³⁸. Al no ser habitables no era necesario impermeabilizar estas cubiertas, por lo que contaban únicamente con una estructura de piedras sobre la que se disponía un sustrato³⁹.

Los ejemplos más famosos de este tipo de edificaciones son: Newgrange (Fig. 3), en Irlanda y la *Tumba de Corredor* en Anglesey, Gales (Fig. 4)



Figura 3. Newgrange, en Irlanda.



Figura 4. Tumba de Corredor en Anglesey, Gales.

³⁷ González Ciller, L., 2015.

³⁸ Ibidem

³⁹ Ibidem

Edad Antigua

Durante el apogeo de la civilización egipcia, se ha conocido a través del estudio de grabados el uso de cubiertas vegetales sobre edificios residenciales (Fig. 5), sin embargo, no se dispone de restos arqueológicos que permitan conocer más detalles sobre estas cubiertas⁴⁰.



Figura 5. Grabado egipcio.

Uno de los ejemplos más importantes de cubiertas ajardinadas en la historia de la Humanidad son los *Jardines Colgantes de Babilonia* (Fig. 6), considerados como una de las Siete Maravillas del mundo antiguo. Fueron construidos en el siglo I a.C., a modo de terrazas escalonadas sobre un edificio de 90 m de altura. Los jardines comprendían 1600 m² de superficie y eran abastecidos de agua por diversas canalizaciones que nacían de un depósito dispuesto en la cima del edificio. Se construyeron junto al palacio real, en el encuentro entre los ríos Tigris y Éufrates⁴¹.

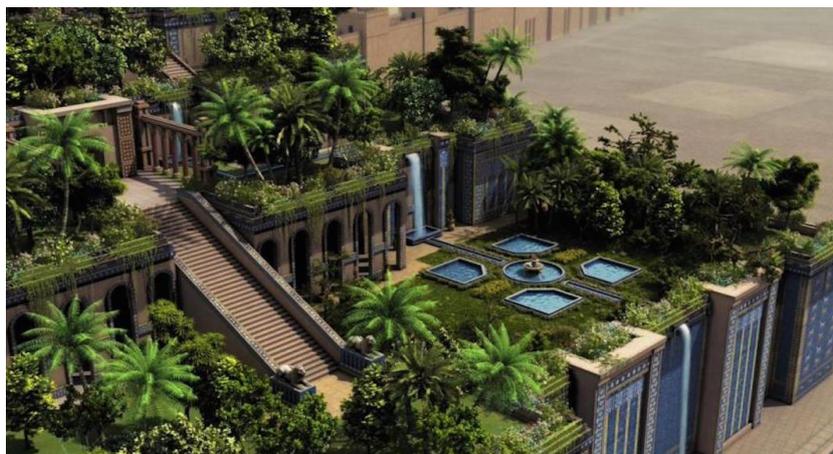


Figura 6. Jardines Colgantes de Babilonia.

La civilización romana también empleó este tipo cubiertas en palacios y viviendas, las denominamos *Horti pensiles*. La ubicación de estos jardines generaba la necesidad de cierta permeabilidad, que resolvieron con una gruesa capa de mortero apisonado sobre pedazos de cerámica, arena y cal, sobre la estructura. Este mortero recibía el nombre de *cocciopesto* u *opus signinum*, y se caracterizaba por su impermeabilidad una vez que endurecía⁴².

Estas cubiertas se emplearon en el Palacio de emperador Tiberio (Fig. 7), en edificios de la Colonia de Paltino y en las Termas de Trajano. La cubierta se construía con una capa de más de 30 cm de *cocciopesto* con una pendiente de más de 5° sobre una estructura abovedada. Sobre esta capa se elevan, sobre apoyos, placas de cerámica, dando lugar a una cámara de aire que permitía mejorar la estanqueidad de la solución y evitar que las raíces de las plantas dañaran la estructura⁴³.

⁴⁰ González Ciller, L., 2015.

⁴¹ Construcción II, 2019, p: 2.

⁴² González Ciller, L., 2015.

⁴³ Ibidem, 2015.

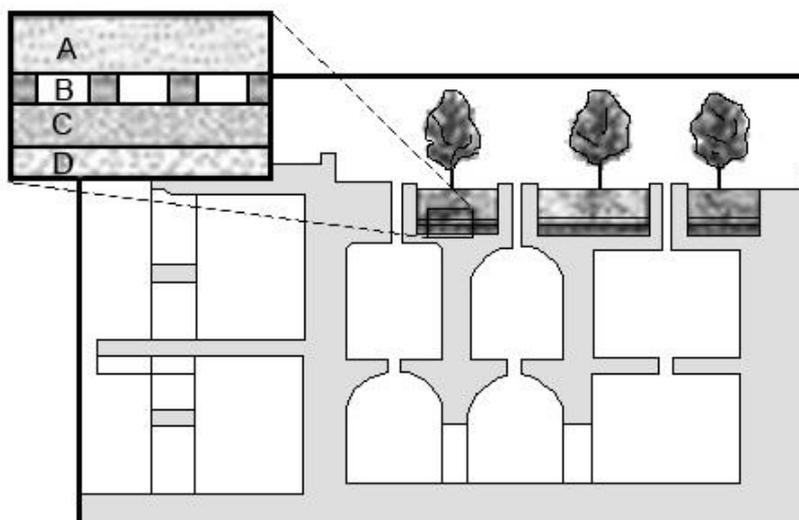


Figura 7. Sección de Domus Tiberiana. Leyenda: A. Sustrato; B. Cámara de aire; C. Cocciopesto; D. Estructura.

Edad Media en el norte de Europa

Cabe destacar el papel de los Países Escandinavos en el desarrollo y evolución de las cubiertas ajardinadas, principalmente de Islandia y las Islas Faroe, ya que este tipo de cubiertas son comunes allí desde la Edad Media. El uso de estos sistemas con acabado de tepe de césped mejoraba el acondicionamiento térmico dentro de las viviendas⁴⁴.

En los Países Escandinavos las capas se colocaban sobre una estructura de tablonces de madera con una pendiente de entre 22 y 44°. Sobre esta estructura se colocaban piezas de corteza de abedul superpuestas, para mejorar la estanqueidad y, sobre estas, dos capas de tepe de césped, la primera en sentido inverso, quedando en contacto el sustrato de ambas capas (Fig. 8). El motivo era crear gracias al paso del tiempo una capa compacta, ya que las raíces de la capa superior penetraban en la inferior⁴⁵.

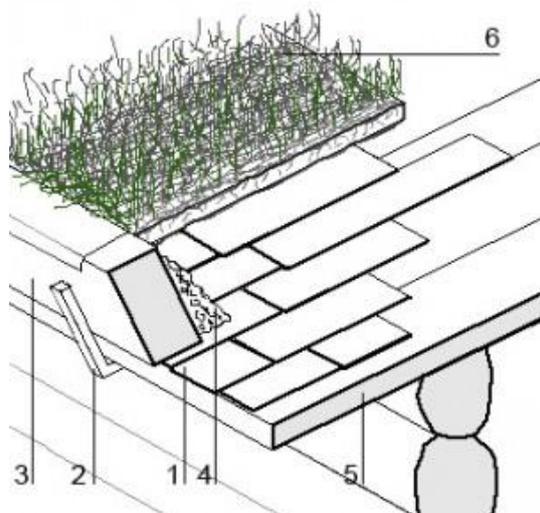


Figura 8. Cubierta tradicional vegetal de Noruega. Leyenda: 1. Corteza de Abedul; 2. Anclaje; 3. Tablón de madera con función de peto; 4. Grava; 5. Tablonces de madera, base estructural de la cubierta; 6. Tepe de césped.

⁴⁴ González Ciller, L., 2015

⁴⁵ Ibidem



En Islandia hay ciertas diferencias, en lugar de tableros como estructura se emplean ramas, y en lugar de corteza de abedul usaban una capa de turba, la cual una vez seca con una pendiente de 45° resultaba impermeable⁴⁶.

Hoy en día, el Museo Nacional de Islandia se encarga del mantenimiento diez granjas de ‘cubiertas vegetales’ en diferentes zonas del país, como la *Granja Stöng*, en el valle de *Þjórsárdalur* (Fig. 9), mientras que otras edificaciones históricas están bajo la protección de museos municipales y organismos privados, con el objetivo de evitar que queden en ruinas⁴⁷.



Figura 9. Granja Stöng, en el valle de Þjórsárdalur (Islandia).

Alemania (siglo XIX)

Es a principios de este siglo cuando empiezan a darse soluciones constructivas más parecidas a las que se emplean en la actualidad. De acuerdo con González Ciller⁴⁸, cabe destacar a tres autores:

- Samuel Häuslen, en 1832, puso en práctica la cubierta conocida como *Holzzementdach* (Fig. 10). Estaba formada por una estructura de madera con una pendiente entre 2,9 y 5,7°. Sobre esta estructura se colocaba la impermeabilización formada por 4 capas de papel impregnado en una mezcla de 60 % de alquitrán, 15 % de asfalto y 25 % de azufre. Por encima de estas láminas se colocaba un sustrato de 15 mm de arena y 60-100 mm de grava, creando una mezcla con arcilla arenosa. En esta última capa la vegetación crecía de forma natural, evitando así la erosión. Por otro lado, el alquitrán gracias a sus propiedades tóxicas alejaba a las raíces de las capas impermeables, impidiendo que estas penetrasen y dañasen las capas inferiores.

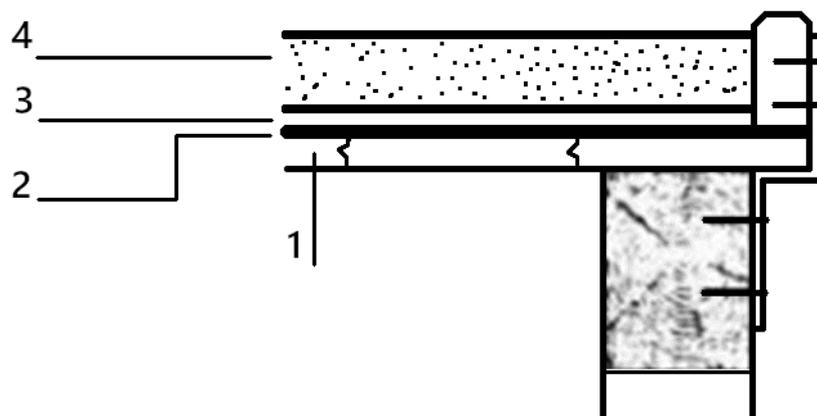


Figura 10. Detalle del sistema constructivo *Holzzementdach*. Leyenda: 1. Forjado de madera sin aditivos; 2. Lámina impermeable (4 capas); 3. Arena (15 mm); 4. Grava (60-100 mm).

⁴⁶ González Ciller, L., 2015.

⁴⁷ Ibidem

⁴⁸ Ibidem

- Eduard Rüber, en 1860, publicó su trabajo titulado *Das Rasendach* (Fig. 11). Rüber proponía un nuevo sistema buscando mejorar el grado de impermeabilización de la madera, protegiéndola así sobre la humedad. El sistema consistía en saturar esta estructura de madera con aceite de alquitrán y posteriormente impregnarla con cenizas seleccionadas. Sobre esta última capa se colocaban cuatro capas de papel impregnado de alquitrán que se remontaba con una capa de arena y para terminar la cubierta se extendía una capa de sustrato de 15 cm.

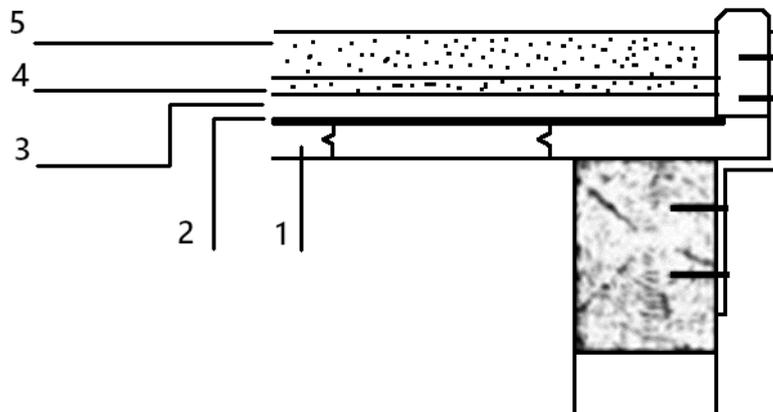


Figura 11. Detalle del sistema constructivo de Eduard Rüber. Leyenda: 1. Forjado de madera saturado con alquitrán; 2. Capa de cenizas; 3. Lámina impermeable (4 capas); 4. Arena; 5. Sustrato (150 mm).

- Karl Rabitz, en 1867, publicó su folleto *Naturdächer von vulkanischem Cement* en Berlín, en el que explicaba las cubiertas en las que había estado trabajando desde 1850 (Fig. 12). Este sistema consistía en un soporte de madera con tres capas de membrana impermeabilizante de alquitrán, recubiertas con “cemento volcánico”, una mezcla de cemento Portland y aditivos hidráulicos, principalmente toba volcánica triturada. Este sistema proporcionaba mayor resistencia y estanqueidad. Para culminar el sistema, sobre esta capa se extendía arena arcillosa y finalmente sustrato sobre el que se podía plantaba la vegetación.

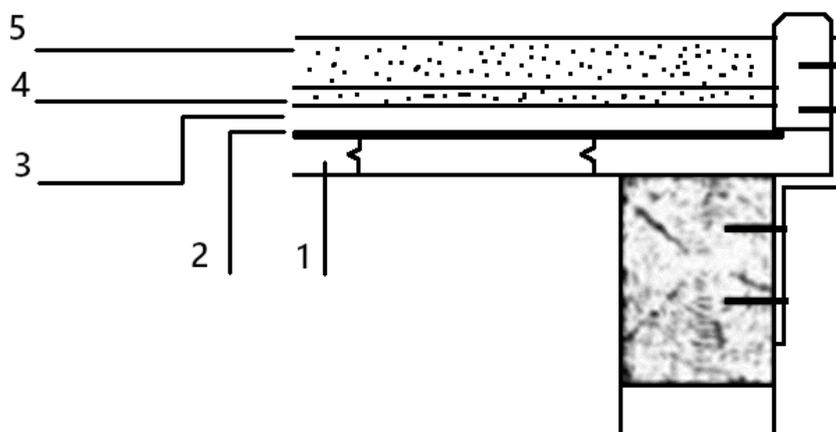


Figura 12. Detalle del sistema constructivo de Karl Rabitz. Leyenda: 1. Forjado de tabloncillos de madera; 2. Capa impermeable (3 capas); 3. Cemento volcánico; 4. Arena; 5. Sustrato.

Arquitectura moderna y contemporánea

A lo largo del siglo XX, se busca por parte de los arquitectos aligerar los pesos de las cubiertas, aumentar la vida útil de las soluciones constructivas, mejorar las prestaciones de las edificaciones y lograr un aspecto diferente y moderno en las cubiertas⁴⁹.

Uno de los ejemplos singulares de este siglo es Le Petite Maison (Fig. 13). Le Corbusier y Pierre Jeanneret construyeron entre 1923 y 1924 esta vivienda para los padres del primero en Corsey-Vevey, junto al lago

⁴⁹ González Ciller, L., 2015.

Lemán, en Suiza. La vivienda tiene 64 m² (16x4) con forma de paralelepípedo rectangular, estrecho y alargado, de 2,50 metros de altura. Esta pequeña casa ya reúne tres de los futuros “Cinco puntos de una nueva arquitectura” que Le Corbusier presentaría en 1926: la planta libre, la ventana horizontal y el jardín de la azotea⁵⁰.

Otro gran ejemplo es el edificio Rockefeller Center (Fig. 14), construido en 1939 por el arquitecto Raymond Hood, Nueva York.



Figura 13. *Le Petite Maison*.



Figura 14. *Rockefeller Center, 1939*.

3.3 Beneficios

Son innumerables los **beneficios** del empleo de soluciones arquitectónicas de cubiertas ajardinadas, pudiendo dividirlos fundamentalmente entre beneficios públicos, relacionados con el medio ambiente; beneficios privados, donde los beneficiarios son los usuarios de los edificios⁵¹.

- **Beneficios públicos:** estos beneficios están relacionados con aspectos estéticos y medioambientales. Este tipo de cubiertas generan zonas verdes dentro de la trama urbana, creando espacios de ocio y divertimento atractivos y diferentes, embelleciendo así el paisaje urbano⁵².

⁵⁰ Casa abierta, 2024.

⁵¹ DANOSA, 2014, p: 5.

⁵² Ibidem, p: 5-6.

Por otro lado, a nivel medioambiental, ayudan a disminuir los residuos de construcción, ya que alargan la vida útil de las diferentes capas de la cubierta. Además, de prologar la vida útil de los sistemas de calefacción, ventilación y climatización, gracias a su comportamiento térmico⁵³.

La vegetación permite conseguir un aumento en la calidad del aire, ya que las cubiertas verdes captan los contaminantes del aire. También ayudan a la disminución del efecto “Isla de Calor Urbana”, a través del rocío diario y del ciclo de evaporación, las plantas son capaces de enfriar las ciudades durante los meses más calurosos. Además, ayuda a la gestión de aguas pluviales, ya que las cubiertas retienen durante el verano entre el 70 y el 90 % de la precipitación que cae sobre ellas. Esta agua que es tomada por las plantas para su desarrollo y liberada a la atmósfera gracias a la transpiración⁵⁴.

Siguiendo con los beneficios medioambientales de estas cubiertas, por un lado, aumentan la biodiversidad de la zona, ya que estas cubiertas pueden servir de sustento para la vegetación y los insectos, a la vez que proporcionan un hábitat para las aves⁵⁵.

Por otro lado, aumenta la calidad del aire, disminuyendo la contaminación del ambiente y del agua, mejorando así la salud y bienestar de los seres humanos. Además, de potenciar la agricultura urbana creando un sistema de alimento local, reduciendo así la contaminación provocada por el transporte. Por último, estas cubiertas instaladas en centros educativos son una increíble fuente de conocimiento y aprendizaje sobre la biología y la tecnología⁵⁶.

- **Beneficios privados:** en este caso están asociados con el ahorro económico y la mejora de las prestaciones del edificio. El sustrato actúa como aislante, por lo que en verano evita la entrada de calor y en invierno la pérdida de este a través de la cubierta, gracias a su inercia térmica. La vegetación refleja gran parte de la radiación solar, además de generar sombra para proteger superficies que sí absorben esta radiación como el sustrato o el asfalto. La poca radiación solar que absorben la liberan mediante la evaporación y transpiración del agua que tienen en su interior. Esto ayuda a mantener una temperatura constante a lo largo de todo el año dentro del edificio, disminuyendo la necesidad de utilizar sistemas de climatización, generando así un ahorro energético y económico⁵⁷.

Por otro lado, ofrecen unas buenas prestaciones a nivel acústico, ya que tienen una excelente atenuación del ruido aéreo y sirven de protección contra el fuego, debido al contenido en agua del propio sistema y a las propias plantas. Por último, como se ha comentado anteriormente, el aumento de la vida útil de las diferentes capas, provocan un incremento en el valor del edificio⁵⁸.

En general, se puede decir que las cubiertas ajardinadas tienen beneficios a nivel económico, estético, medioambiental, educativo y para la salud de las personas. Por lo que es necesario promover el uso y diseño de este tipo de cubiertas, para poder disfrutar y aprovechar de todos sus beneficios y ventajas.

3.4 Tipos de cubiertas ajardinadas

Dentro de las cubiertas ajardinadas planas se pueden encontrar **tres tipos**. Estas se clasifican en función del espesor del sustrato. Esto condiciona su uso, las especies vegetales que se pueden utilizar y los requisitos de mantenimiento que serán necesarios para el correcto desarrollo de la vegetación. Por lo tanto, se dividen las cubiertas ajardinadas en:

⁵³ DANOSA, 2014, p: 5-6.

⁵⁴ Ibidem, p: 5-6.

⁵⁵ Ibidem, p: 7.

⁵⁶ Ibidem, p: 7.

⁵⁷ Ibidem, p: 6-7.

⁵⁸ Ibidem, p: 6-7

Cubiertas ajardinadas extensivas: también denominadas cubiertas ecológicas. Son sistemas constructivos ligeros (entre 60 – 180 kg/m²) y con un sustrato de poco espesor (entre 8 y 15 cm), pudiendo resolverse sin tener necesidad de una estructura más resistente⁵⁹ (Fig. 15).

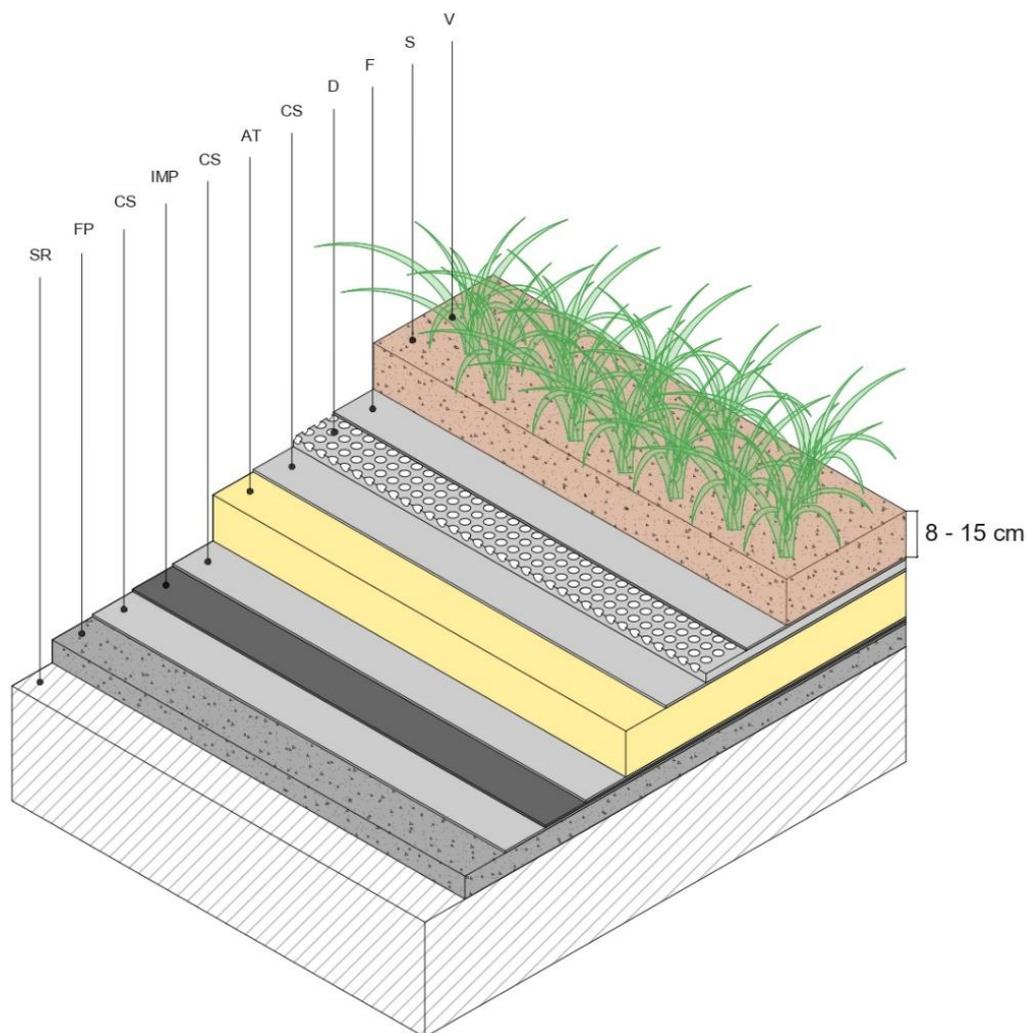


Figura 15. Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada extensiva. Leyenda : V. Vegetación; S. Sustrato (8-15 cm); F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante ; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

El sustrato cuenta con un contenido bajo en nutrientes, por lo que se emplean especies vegetales resistentes, que necesitan pocos cuidados para su mantenimiento y que tienen la capacidad de desarrollarse en condiciones extremas y de poder regenerarse fácilmente. Es recomendable que las plantas empleadas sean naturales de la región o plantas completamente integradas en el clima. Las suculentas son una buena opción para este tipo de cubiertas, ya que pueden almacenar agua en su interior, además de las plantas herbáceas perennifolias y cespitosas, pudiendo ser complementadas con plantas vivaces⁶⁰.

Debido a las características de este tipo de plantaciones, generalmente estas áreas no se consideran superficies transitables⁶¹. Además, el poco espesor del sustrato, las especies empleadas y el poco mantenimiento del que precisa, hace de este tipo una cubierta muy económica, estimando un precio de entre 60 y 80 euros el metro cuadrado⁶².

⁵⁹ NTJ 11C, 2012, p:12

⁶⁰ NTJ 11C, 2012, p: 8.

⁶¹ Ibidem, p: 8.

⁶² Aparejador Manuj, 2024.

Cubiertas ajardinadas semiintensivas: este tipo de cubiertas puede incluir características tanto de las cubiertas extensivas, como de las intensivas. Normalmente el sustrato de esta tipología se encuentra entre 15 - 30 cm (Fig. 16).

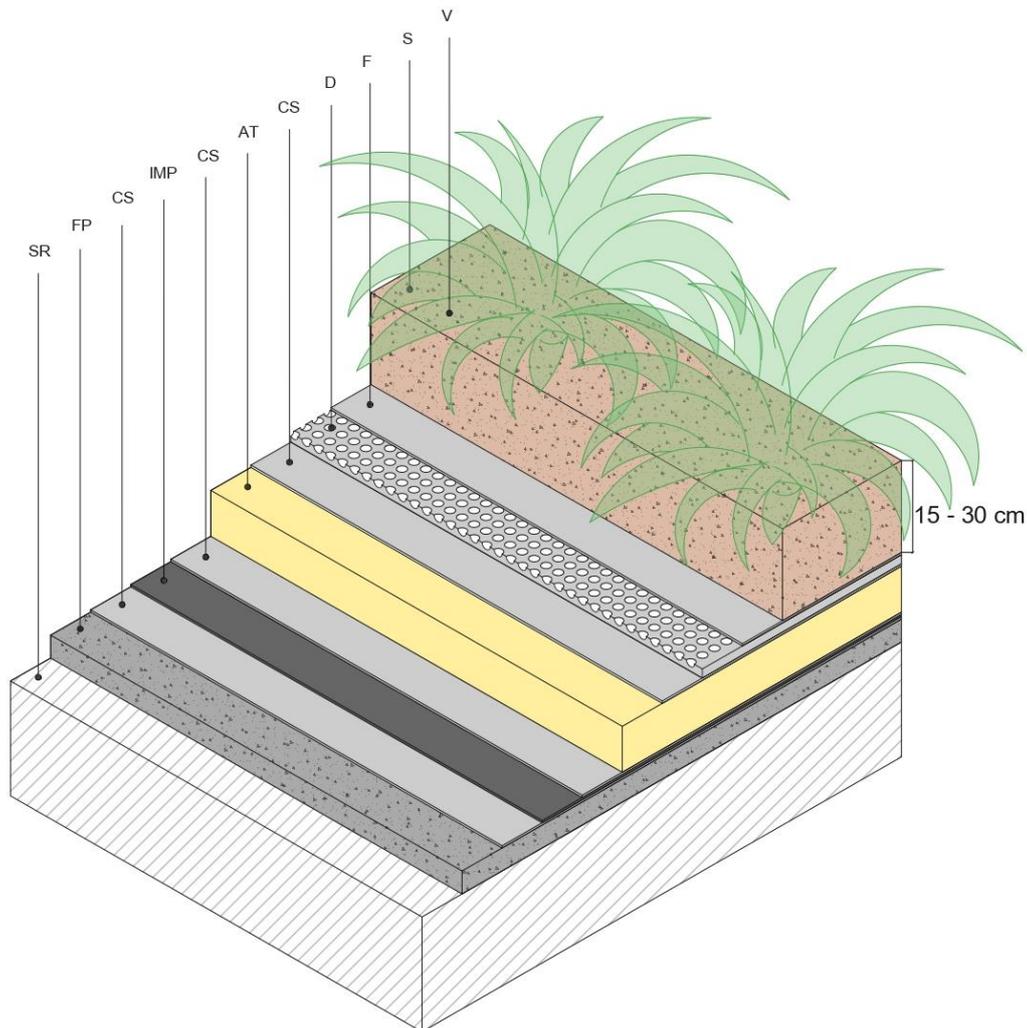


Figura 16. Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada semiintensiva. Leyenda: V. Vegetación; S. Sustrato (15-30 cm); F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

En este caso se pueden usar más variedad de especies que en las cubiertas extensivas, tales como arbustos y plantas lignificadas. Normalmente se usan plantas herbáceas, tapizantes y arbustivas, siendo así las posibilidades de diseño más limitado que en las cubiertas intensivas⁶³. Estas plantas requieren unos cuidados medios en cuanto a riego y fertilización, precisando de cuidados básicos, dependiendo del tipo de vegetación empleada⁶⁴.

Debido al aumento del sustrato y de la posibilidad de emplear especies de mayor tamaño, esto genera que estas cubiertas cuenten con un peso por metro cuadrado de entre 150 y 350 kg/m², necesitando por parte del forjado una resistencia mayor a la media⁶⁵. Además, aumenta así el precio por metro cuadrado, siendo en este caso entre 100 y 120 €/m²⁶⁶.

⁶³ NTJ 11C, 2012, p:14.

⁶⁴ Ibidem

⁶⁵ NTJ 11C, 2012, p:12.

⁶⁶ Aparejador Manuj, 2024.

Cubiertas ajardinadas intensivas: se asemejan a un pequeño parque urbano o un jardín privado, y pueden ser diseñadas para el uso recreativos, permitiendo transitar sobre ellas⁶⁷ (Fig. 17). Son sistemas constructivos más pesados, superando los 600 kg/m², ya que el sustrato necesario es superior a 30 cm, con espesores habituales en torno a los 60 cm⁶⁸. Este aumento del sustrato ocasiona una sobrecarga sobre la cubierta precisando así de una estructura más resistente.

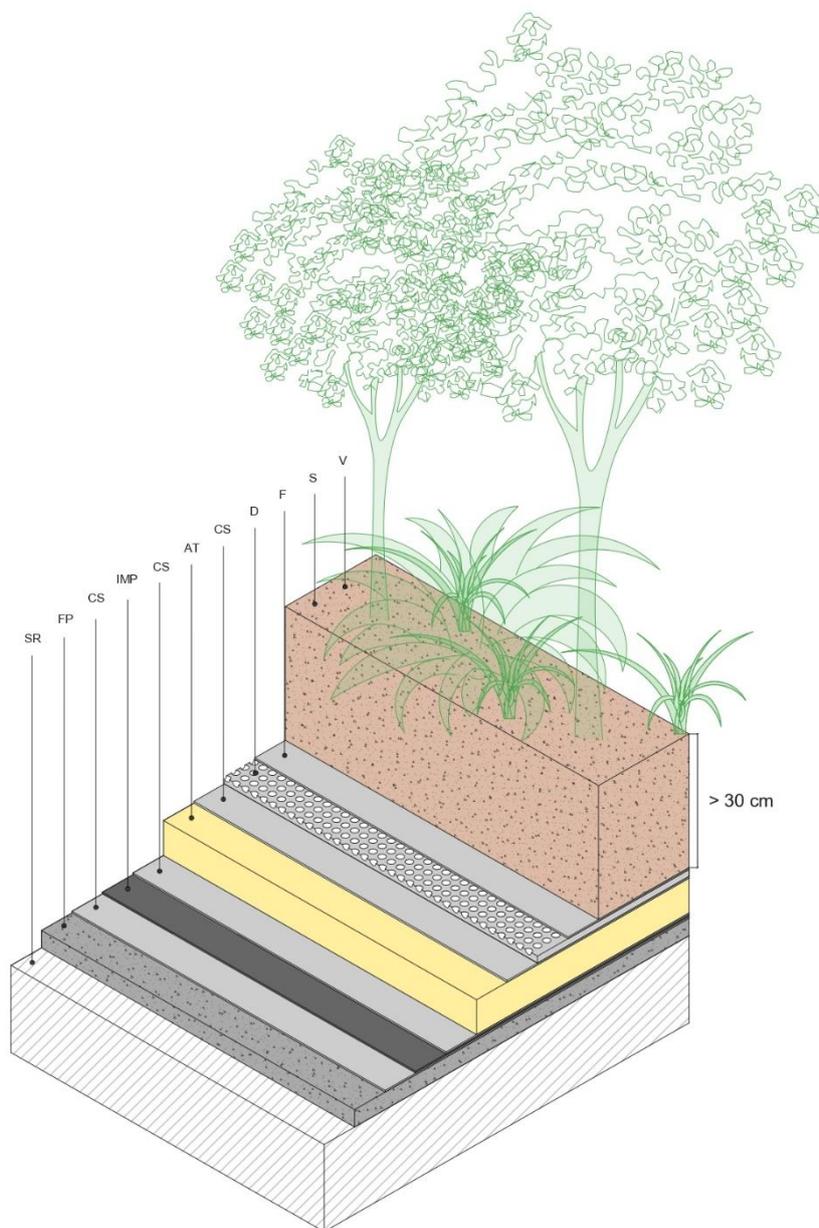


Figura 17. Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada intensiva. Leyenda: V. Vegetación; S. Sustrato (30-60 cm); F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

El mayor espesor permite implantar mayor variedad de especies vegetales como plantas perennes, herbáceas, arbustivas e incluso árboles, que pueden ser colocados a diferentes alturas y perfiles. Esto provoca la necesidad de un mayor mantenimiento, necesitando limpieza, riego, poda, replantaciones, fertilización, etc. Estos cuidados podrían semejar a los de un jardín convencional⁶⁹.

⁶⁷ DANOSA, 2014, p: 8.

⁶⁸ Ibidem, p: 8.

⁶⁹ DANOSA, 2014, p: 8.

En conclusión, este tipo de cubiertas podrían considerarse como pequeños jardines, con todos los beneficios que ello conlleva, pero esto supone un aumento exponencial en el precio por metro cuadrado. Las cubiertas ajardinadas intensivas se encuentran entre 150 y 170 €/m² ⁷⁰.

Estas tres opciones pueden emplearse en cubiertas planas, pero además pueden usarse en cubiertas hasta cierta inclinación. Las cubiertas intensivas pueden emplearse en cubiertas de hasta una pendiente de 45° o las cubiertas semiintensivas, hasta pendientes de 20°. Por lo que existe la opción de las cubiertas inclinadas ajardinadas.

Según la descripción de la NTJ 11C ⁷¹, las **cubiertas inclinadas ajardinadas** son aquellas que cuentan con una pendiente aproximada del 18 % o lo que es lo mismo una inclinación superior a 10°. Para su diseño se tendrán en cuenta varios factores, como la necesidad de desviar las fuerzas de empuje durante la fase de construcción, mediante medidas constructivas de protección frente a deslizamientos y, por otro lado, que habrá que proteger la capa de sustrato frente a la erosión. La tipología más común para este tipo de cubiertas es la extensiva, debido a su poco espesor y a su reducida necesidad de mantenimiento. Además, a la hora de seleccionar las especies vegetales se deberá tener en cuenta la inclinación y su disposición.

La impermeabilización deberá fijarse mecánicamente y ser resistente a la penetración de las raíces, ya que resulta complicado la disposición de esta capa en este tipo de cubiertas. Se deberá contemplar además el uso de capas retenedoras de humedad, ya que este tipo de cubiertas drenan el agua con más facilidad.

Por último, a la hora de diseñar este tipo de cubiertas y previo a su construcción, se deberá reflexionar sobre los puntos de acceso a la cubierta, para poder realizar labores de mantenimiento, igual que los puntos de fijación de las líneas de vida.

A continuación, se presenta una tabla resumen (Tabla 1) con las características más importantes de las tres tipologías que se pueden encontrar dentro de las cubiertas ajardinadas, para poder hacer una comparación entre ellas:

	EXTENSIVA	SEMIINTENSIVA	INTENSIVA
Vegetación	Plantas suculentas, herbáceas perennifolias, cespitosas y vivaces	Plantas suculentas, cespitosas, herbáceas perennifolias, vivaces, lignificadas y arbustos.	Plantas perennes, herbáceas, arbustivas e incluso árboles
Espesor del sustrato	8 – 10 cm	15 – 30 cm	> 30 cm
Intensidad de riego	Bajo	Medio	Alto
Mantenimiento	Reducido	Moderado	Similar a un jardín convencional
Peso	60 – 180 kg/m ²	150 – 350 kg/ m ²	> 600 kg/m ²
Accesibilidad	Mantenimiento	Transitable para peatones	Transitable
Capacidad de carga de la estructura de la cubierta	Normal	Estructura más resistente	Estructura más resistente
Pendiente de la cubierta	Hasta 45°	Hasta 20°	Entre 0 y 2,87°
Precio €/m ²	60 – 80 €	100 – 120 €	150 – 170 €

Tabla 1. Resumen tipologías cubiertas ajardinadas.

⁷⁰ Aparejador Manuj, 2024.

⁷¹ NTJ 11C, 2012, p:15.

3.5 Diseño de las cubiertas ajardinadas

A la hora de diseñar las cubiertas ajardinadas, es muy importante tener en cuenta una serie de **factores** para garantizar el correcto funcionamiento de la cubierta desde varios puntos de vista, estabilidad estructural, estanqueidad al agua de la cubierta y el correcto desarrollo de la vegetación seleccionada⁷². Se deberán considerar factores de tipo climático, agronómico y arquitectónico.

- **Factores climáticos:** estos factores son determinantes a la hora de poder realizar una cubierta ajardinada, ya que condiciona la posibilidad de emplear o no ciertas especies vegetales. Estos factores son el clima regional, el microclima local, la pluviometría, la temperatura durante todo el año, el viento, los periodos de sequía, radiación solar, etc.⁷³
- **Factores agronómicos:** estos factores son dos, el sustrato y la vegetación. El sustrato, es la base para el correcto desarrollo de la vegetación, por lo que deberá permitir una buena penetración de las raíces, además de tener en adecuado volumen de agua. Es, además, el mayor condicionante del drenaje ya que el agua deberá atravesar todo su espesor⁷⁴.
En cuanto a la vegetación, para que esta pueda establecerse correctamente y desarrollarse, es esencial que los factores condicionantes de la zona de actuación sean identificados y considerados a la hora de seleccionar las especies, al igual que los factores climáticos⁷⁵.
- **Factores arquitectónicos:** afectan tanto a nivel constructivo como estructural. Entre estos factores están la altura de los muretes perimetrales de la cubierta, el porcentaje de pendiente adecuado, el uso de materiales aptos y probados para estas cubiertas, el cálculo de las cargas resultantes de la cubierta final o el diseño del espacio de cubierta permitiendo el acceso para el mantenimiento⁷⁶.

Teniendo en cuenta los factores constructivos, los elementos que componen este tipo de cubiertas y su complejidad, es necesario emplear capas separadoras especiales. Estas capas aseguran la protección de aquellos elementos que queden por debajo del sustrato vegetal y garantizan el correcto funcionamiento de la propia cubierta ajardinada. Estas capas desarrollarán diferentes funciones encontrando así **5 tipo de capas separadoras:** filtrante, drenante, difusora de vapor, retenedora de humedad y antiraíces.

Es fundamental conocer y distinguir las funciones de cada capa, ya que serán de gran ayuda a la hora de diseñar estas cubiertas. Tener nociones sobre estos elementos será de gran utilidad para seleccionar y determinar los materiales, las prestaciones, las características o la ubicación de cada una.

Existen una serie de normas UNE, de recomendado cumplimiento, que detallan las exigencias en cuanto a estas capas separadoras, con el objetivo de orientar y ayudar a los profesionales. En la UNE 104401 en el apartado 5.1.1.3 Cubiertas ajardinadas, se detallan algunas recomendaciones en cuanto a este tipo de cubiertas⁷⁷. Algunas de ellas son:

- “En estas cubiertas la impermeabilización se debe realizar con sistemas adheridos y se debe asegurar la compatibilidad y la estabilidad de la capa aislante con la membrana impermeabilizante y su puesta en obra.”
- “En cubierta convencional se debe disponer una capa drenante entre la membrana y la capa de sustrato vegetal y en cubierta invertida entre la capa aislante y la capa de sustrato vegetal. Esta capa proporcionará el drenaje y la protección mecánica de la membrana.”
- “Para facilitar su mantenimiento, los desagües deben ser registrables. Se procurará evitar el contacto de la vegetación con los muros de fachada, petos, elementos salientes y desagües.”
- “Pueden disponerse otras capas por encima de la membrana impermeabilizante, tales como capas retenedoras de agua, capas filtrantes, etc.”

⁷² DANOSA. 2014, p: 8.

⁷³ Ibidem, p: 9.

⁷⁴ DANOSA. 2014, p: 9.

⁷⁵ Ibidem, p: 9.

⁷⁶ Ibidem, p: 8-9.

⁷⁷ AENOR, 2013, p. 32

3.6 Consideraciones en fase de diseño y de construcción

A la hora de diseñar y construir este tipo de cubiertas se deberá tener en cuenta una serie de **aspectos**:

- La tierra del sustrato sufre modificaciones cuando se humedece, aumentando su peso y disminuyendo su capacidad aislante, consideración importante para el cálculo de la estructura. A la hora del cálculo del peso propio del sistema siempre se calcula a máxima saturación, tanto del sustrato como de la capa drenante y/o retenedora de agua.
- Utilización de láminas impermeables para garantizar la durabilidad y estanqueidad, evitando la entrada de agua al edificio por la cubierta.
- El agua deberá circular con libertad por las capas superior a la lámina impermeable, ya que una vez alcance esta capa será conducida a los elementos de desagüe.
- Se deberá disponer de capas drenantes capaces de soportar las cargas del sustrato y la sobrecarga de uso.
- Uso de una membrana filtrante entre el sustrato vegetal y la capa drenante, para evitar la obstrucción de los aliviaderos de la capa drenante.
- Las especies vegetales empleadas deberán adaptarse al clima, teniendo también en cuenta el viento, la radiación solar y las zonas de sombra de la cubierta.
- Se debe tener en cuenta la sobrecarga que va a suponer la cubierta, para proteger la integridad estructural de la cubierta y la estructura inferior.
- Diseñar con especial detalle los puntos singulares de la cubierta y los encuentros de esta con los paramentos verticales, los puntos de desagüe y las juntas estructurales.

4 TIPOS DE CAPAS SEPARADORAS EN CUBIERTAS AJARDINADAS

A lo largo del documento se ha hecho un recorrido por la historia y evolución de las cubiertas, además se han comentados los diferentes tipos que existen y los requisitos básicos para su diseño y construcción. Seguidamente, se ha profundizado en las cubiertas ajardinadas, analizando su evolución a lo largo del tiempo, explicando las diferentes tipologías, y detallando sus beneficios y los factores a tener en cuenta en su diseño.

Todo esto sirve de base para comprender la importancia de un buen diseño de las cubiertas y, más concretamente de las cubiertas ajardinadas debido a su complejidad. Para ellos es necesario conocer los diferentes tipos de cubiertas que existen, las capas que las componen y el uso y posición de cada una de ellas.

Con el objetivo de ampliar la información existente sobre las diferentes **capas separadoras** que componen las cubiertas ajardinadas, se procede a desarrollar individualmente los cinco tipos. Por un lado, se van a describir y exponer la información extraída de las normas UNE, de las Normas Tecnológicas de Jardinería y paisajismo – Cubiertas verdes (NTJ 11C) y de diferentes documentos técnicos. Y, por otro lado, va a detallar la información obtenida de la consulta de diferentes casas comerciales con el objetivo de proporcionar **productos reales** de las diferentes capas separadoras.

Con tal de facilitar la búsqueda de cada una de las capas, cada una se va a relacionar con un color, los cuales se respetan en las fichas, los colores serán los siguientes:

- **Capa filtrante:** amarillo.
- **Capa drenante:** naranja.
- **Capa difusora de vapor:** rojo.
- **Capa retenedora de humedad:** verde claro.
- **Capa antiraíces:** verde oscuro.

4.1 Capa filtrante

Ubicada después del sustrato (Fig. 18), su objetivo principal es impedir el paso de las partículas más finas del sustrato hacia capas inferiores evitando su obstrucción (especialmente de la capa drenante)⁷⁸. Puede disponerse separada de la capa drenante o podrá ser un elemento integrante, formando parte de la propia capa drenante.

La eficacia de filtración de la capa dependerá de la abertura de los poros que la componen. Además, deberá tener las siguientes características⁷⁹:

- Permisibilidad a la penetración de raíces.
- Resistencia a las condiciones del suelo, a ácidos y álcalis naturales.
- Resistencia a la acción de microorganismos.
- Resistencia mecánica a tracción.
- Tamaño de poro eficaz.

⁷⁸ NTJ 11C, 2012, p: 50.

⁷⁹ DANOSA. 2014, p: 10.

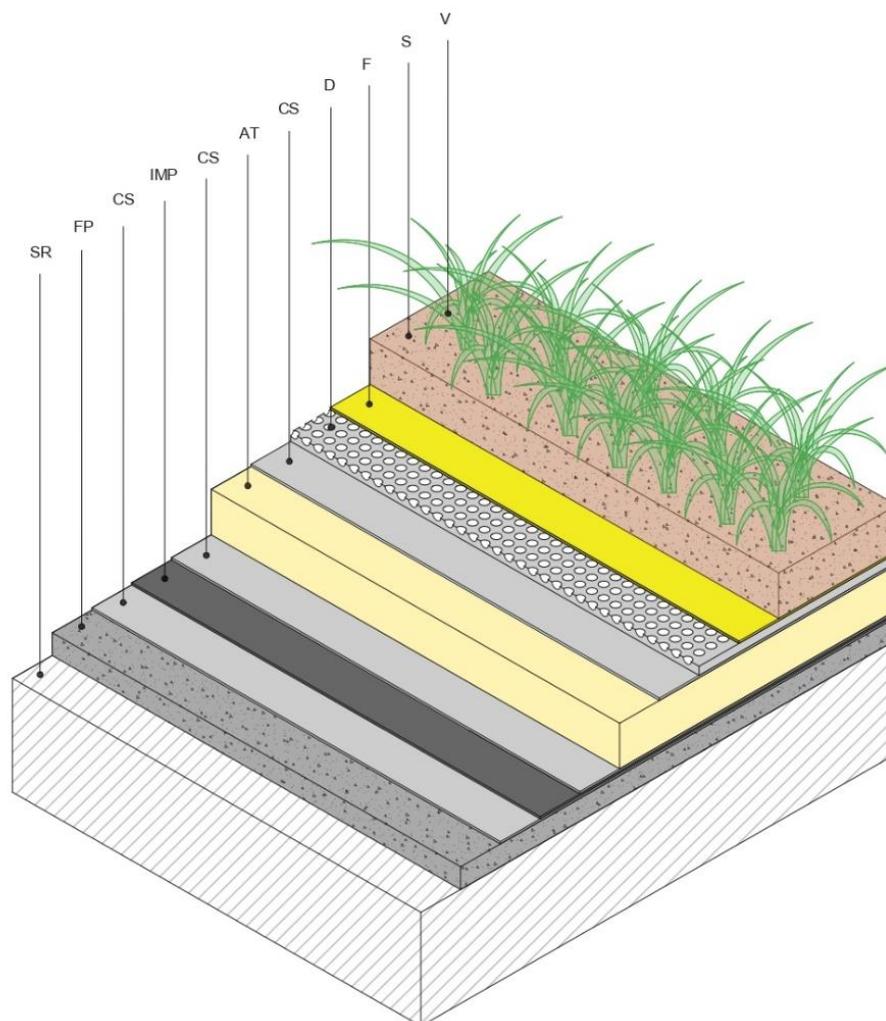


Figura 18. Detalle constructivo colocación capa filtrante en cubierta invertida. Leyenda: V: Vegetación; S. Sustrato; F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

4.1.1 Normas Tecnológicas de Jardinería y paisajismo – Cubiertas verdes

En la NTJ 11C⁸⁰, del 2012, se plantean una serie de recomendaciones y requisitos, que debería cumplir la capa filtrante:

- Resistencia a la tensión mecánica: resistiendo mínimo una fuerza de penetración de 0,5 kN.
- Eficacia de filtración mecánica: esto depende de la abertura del poro, además de las características del sustrato. La apertura de poro efectiva deberá estar dentro de un intervalo entre 0,06 mm y 0,2 mm.
- Permisibilidad a la penetración de raíces: esta característica es especialmente necesaria en las cubiertas ajardinadas extensivas, donde la capa de enraizamiento es de poco espesor y se necesita hacer uso superficial de la capa drenante con capacidad de penetración de las raíces.
- Resistencia a la intemperie, a la acción de microorganismos, a productos químicos y a la oxidación.
- Resistencia a la tracción, elasticidad y fricción, sobre todo en cubiertas ajardinadas con una elevada pendiente y en cubiertas transitables por peatones y vehículos.

⁸⁰ NTJ 11C, 2012, p: 51.

4.1.2 UNE 104416:2009

Por otro lado, en la UNE 104416⁸¹, se presentan las diferentes capas auxiliares que se pueden emplear, de cada de ellas se plantea una denominación y las propiedades que según esta norma deberían tener.

En el caso de la capa filtrante, no plantea un material concreto, únicamente se detalla como fieltro sintético. En cuanto a las propiedades concretas de esta capa habla sobre la permeabilidad expresada en mm/s (Tabla 2).

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
FS 15	Fieltro sintético cuya permeabilidad perpendicular al plano es mayor que 15 mm/s, según la Norma UNE-EN ISO 11058 ⁸² .

Tabla 2. Denominación capa filtrante.

4.1.3 Productos comerciales

En base a las recomendaciones expuestas en la UNE 104416 y en la NTJ 11C, se han buscado productos que puedan encontrarse actualmente en el mercado y que cumplan con estas prestaciones, en concreto que la permeabilidad perpendicular al plano es mayor que 15 mm/s o 0,015 m/, que resista mínimo una fuerza de penetración de 0,5 kN y cuente con una apertura de poro efectiva entre 0,06 mm y 0,2 mm. Se han encontrado productos en dos casas comerciales: DANOSA y SOPREMA IBERIA S.L.U.

4.1.3.1 Fieltro sintético - DANOSA

En esta casa comercial se puede encontrar dos productos que cumplen con las características recomendadas: DANOFELT PY⁸³, de poliéster y DANOFELT PP, de polipropileno.

DANOFELT PY

Es un geotextil no tejido, fabricado a base de fibra corta de poliéster, ligado mecánicamente mediante agujereado sin aplicación de ligantes químicos, presiones o calor, que cuenta con varios formatos en función de su masa nominal (kg/m²). Se dispensa en forma de rollos con diferentes dimensiones en función del formato (Fig. 19).



Figura 19. Formato DANOFELT PY.

⁸¹ AENOR, 2009, p: 53, tabla 25.

⁸² AENOR, 2010.

⁸³ DANOSA, 2023b; 2024h.

Dentro de las fichas técnicas de los productos se detallan los datos de presentación y los datos técnicos de cada uno de los formatos, recogidos en la siguiente tabla 3 y 4:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	ESPESOR (mm)	PRECIO €/m ²
DANOFELT PY 120	2,2 x 100	1,7	1,05
	2,2 x 200		1,01
DANOFELT PY 150	1,45 x 52	1,9	1,44
	2,2 x 82		1,16
	2,2 x 160		1,11
DANOFELT PY 200	1,45 x 52	2,1	1,82
	2,2 x 140		1,37
DANOFELT PY 300	1,45 x 52	2,6	2,84
	2,2 x 100		2,18
	4,4 x 100		
DANOFELT PY 500	2,2 x 70	3,8	3,53

Tabla 3. Presentación formatos DANOFELT PY.

DATOS TÉCNICOS	DANOFELT PY 120	DANOFELT PY 150	DANOFELT PY 200	DANOFELT PY 300	DANOFELT PY 500
Gramaje (g/m ²)	120 (+10%; -15%)	150 (+10%; -15%)	200 (+10%; -15%)	300 (+10%; -15%)	500 (+10%; -15%)
Capacidad del flujo de agua en el plano (m ² /s)	4,5 Exp-7, (-0,2 Exp-7)	2,7 Exp-7, (-0,2 Exp-7)	1,57 Exp-6, (-0,2 Exp-7)	1,9 Exp-6, (-0,2 Exp-7)	4,00 Exp-6, (-0,1 Exp-7)
Medida de abertura (µm)	90 (±20)	90 (±20)	90 (±20)	90 (±20)	60 (±20)
Permeabilidad al agua (m/s)	0,0561 (-0,005)	0,04468 (-0,005)	0,03731 (-0,005)	0,03154 (-0,005)	0,023710 (-0,005)
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	1,0 (-0,5%)	1,3 (-0,4%)	2,3 (-0,3%)	4,4 (-0,4%)	11,0 (-1,0%)
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	1,0 (-0,5%)	1,3 (-0,4%)	2,3 (-0,3%)	4,4 (-0,4%)	11,0 (-1,0%)
Perforación dinámica (caída cono) (mm)	40	35	25	8	0
Punzonamiento estático (CBR) (kN)	0.3	0.4	0.6	1.1	1.8

Tabla 4. Propiedades modelos DANOFELT PY.

Cualquiera de los 5 formatos cumple con lo recomendado por la norma, todos presentan una permeabilidad perpendicular al plano mayor de 0,015 m/s y se encuentran entre en rango de la medida

de abertura recomendada. Conforme se va aumentando el formato, va aumentando también el espesor de la capa y por tanto su densidad, ambos factores provocan una disminución de la permeabilidad. Sin embargo, este aumento de espesor y gramaje está ligado a un aumento de la resistencia a tracción tanto longitudinal como transversalmente.

Estas son las ventajas que presenta este producto:

- Alta resistencia al punzonamiento.
- Elevada resistencia a la tracción.
- Aporta gran protección mecánica.
- Mantiene intactas las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales que separa.
- Gran durabilidad.
- Resistente a las sustancias activas del suelo e inclemencias climáticas.
- Facilidad de instalación, permitiendo su adaptación todo tipo de soportes.
- Aumenta la vida útil de los elementos que protege en obra.

En este caso, se empelará como capa filtrante en cubiertas planas ajardinadas intensivas (Fig. 20), evitando el paso de finos y la colmatación del sistema, sin embargo, también puede usarse como capa separadora entre materiales químicamente incompatibles, como capa drenante o como capa antipunzonante.

Entre los aspectos para tener en cuenta a la hora de su aplicación en obra, su almacenaje y conservación cabe destacar:

- Los solapes deben ser mínimo 20 cm. Se recomienda fijar la unión mediante cosido o grapado.
- No exponer al contacto directo con hormigón fresco.
- No utilizar en ningún caso en sistemas con fijación mecánica.
- Es sensible a los rayos UV, por lo que es preciso recubrirlo lo antes posible (tiempo máximo de exposición al sol 1 semana).
- El producto debe almacenarse en un lugar seco y protegido de la lluvia, el sol, el calor y las bajas temperaturas.

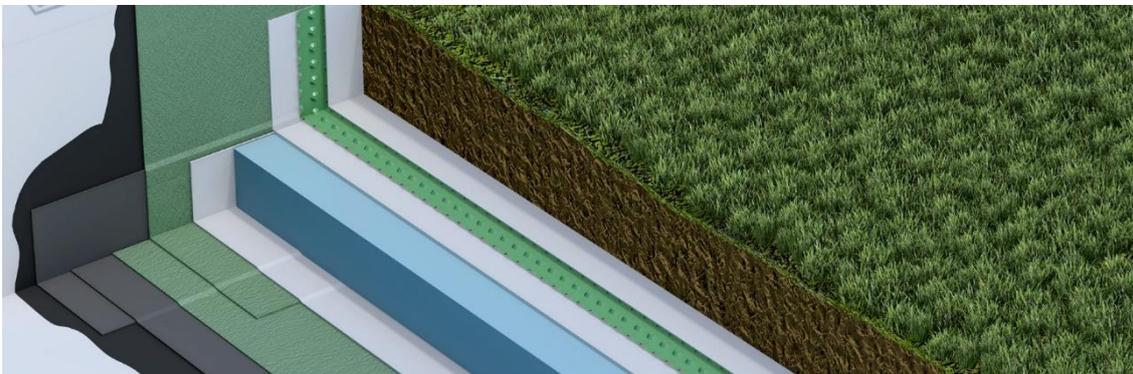


Figura 20. Solución compatible: cubierta ajardinada intensiva.

DANOFELT PP

La casa comercial DANOSA también cuenta con otro geotextil, que, entre otras funciones, puede emplearse como capa filtrante, este modelo se conoce como DANOFELT PP ⁸⁴.

Se trata de un geotextil no tejido formado por fibras vírgenes, 100 % polipropileno, unidos mecánicamente por un proceso de agujereado con posterior termofijado. Se presenta en 4 formatos en función de su gramaje (g/m²). Se dispensa en forma de rollos con diferentes dimensiones (Fig. 21).

⁸⁴ DANOSA, 2024h; 2024d; 2024a; 2024b; 2024c.



Figura 21. Formato DANOFELT PP.

A continuación, se expone en las tablas 5 y 6 los datos técnicos y de presentación más representativos e importantes de los 4 formatos de este modelo de capa filtrante:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	PRECIO €/m ²
DANOFELT PP 90	2,25 x 100	1,26
DANOFELT PP 125	2,25 x 100	1,78
DANOFELT PP 200	2,25 x 100	2,73
DANOFELT PP 300	4 x 80	3,99

Tabla 5. Presentación formatos DANOFELT PP.

DATOS TÉCNICOS	DANOFELT PP 90	DANOFELT PP 125	DANOFELT PP 200	DANOFELT PP 300
Gramaje (g/m ²)	90 (±10%)	125 (±10%)	200 (±5%)	300 (±10%)
Capacidad del flujo de agua en el plano (m ² /s)	3,50 Exp-6 (-30%)	5,19 Exp-6 (-30%)	6,12 Exp-6 (-30%)	7,9 Exp-6 (-30%)
Medida de abertura (µm)	71 (±21%)	61 (±18%)	60 (±18%)	58,0 (±17%)
Permeabilidad al agua (m/s)	0,117 (-0,035)	0,100 (-0,028)	0,079 (-0,024)	0,063 (-0,019)
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	6,5 (-13%)	9,4 (-13%)	16,0 (-13%)	25,0 (-13%)
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	7,0 (-13%)	10,0 (-13%)	16,0 (-13%)	25,0 (-16%)
Perforación dinámica (caída cono) (mm)	34	28	18,12	10,0
Punzonamiento estático (CBR) (kN)	1,17	1,56	2,34	3,93

Tabla 6. Propiedades modelos DANOFELT PP.

Cualquiera de los 4 formatos cumple con lo recomendado por la norma, todos presentan una permeabilidad perpendicular al plano mayor de 0,015 m/s y se encuentran entre en rango de la medida de abertura recomendada. Conforme va aumentando gramaje, disminuye la permeabilidad, pero siempre

cumpliendo con la exigencia. Sin embargo, este aumento de gramaje y la disminución de la medida de abertura genera que las capas sean más tupidas y densas, ligado a un aumento de la resistencia a tracción tanto longitudinal como transversalmente.

Estas son las ventajas que presenta este producto:

- Alta resistencia al punzonamiento estático y dinámico.
- Evita agresiones o adherencias entre dos materiales distintos.
- Gran durabilidad.
- Gran resistencia a los elementos químicos y biológicos existentes en el suelo.
- Mantiene intactas las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales que separa.
- Permite adaptarse a cualquier tipo de geometría.
- Protege las láminas impermeabilizantes de las presiones y tensiones causadas por aristas y objetos punzantes del soporte.

En este caso, se empleará como capa filtrante en cubiertas ajardinadas, evitando el paso de finos y la colmatación del sistema de drenaje, sin embargo, también puede usarse como capa separadora entre materiales químicamente incompatibles, y como capa de separación antipunzonante sobre la impermeabilización, evitando que sea perforada y desgastada por agresión.

Entre los aspectos para tener en cuenta a la hora de su aplicación en obra, su almacenaje y conservación cabe destacar:

- Es resistente a los rayos UV, por lo que puede dejarse al descubierto durante cierto tiempo.
- Proteger de la lluvia tanto durante la instalación como en el almacenaje.
- Puede estar contacto directo con hormigón fresco.
- Puede utilizarse en sistemas con fijación mecánica.
- Tiene una durabilidad mínima de 25 años, cubierto e instalado en suelos con un DANOLOSA entre 4 y 9 a una temperatura de suelo < 25°C.
- Los solapes deben ser mínimo 20 cm. Se recomienda fijar la unión mediante cosido o grapado.
- El producto debe almacenarse en lugares lisos, secos, limpios y libres de objetos cortantes y punzantes.

4.1.3.2 Filtro sintético - SOPREMA IBERIA S.L.U

En esta casa comercial, se han encontrado varios productos que cumplen con lo recomendado en la norma, sin embargo, se van a exponer los productos que pueden usarse para cubiertas ajardinadas, dejando a un lado productos que, aunque cumplan con las exigencias se recomiendan para obras civiles. Los dos productos son: ROOFTEX V y TEXXAM.

ROOFTEX V

El modelo ROOFTEX V ⁸⁵, es un geotextil no-tejido de fibras 100% poliéster, punzonado mecánicamente mediante agujas con posterior tratamiento térmico y calandrado, utilizados como capa separadora, filtrante, drenante y protectora en edificación, y que cuenta con varios formatos en función de su gramaje (g/m²). Se dispensa en forma de rollos con diferentes (Fig. 22).

⁸⁵ SOPREMA, 2022; 2024.



Figura 22. Formato ROOFTEX V.

Este producto se presenta en 6 formato, sin embargo, solo los tres con mayor gramaje se pueden emplear como capa filtrante, recomendándose aquellos con menor gramaje como capa drenante. A continuación, se presentan las tablas 7 y 8 con datos técnicos y comerciales de estos tres formatos:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	m ² /ROLLO	PRECIO €/m ²
ROOFTEX V 300	2,2 x 75	165	1,75
ROOFTEX V 400	2,2 x 60	132	2,25
ROOFTEX V 500	2,2 x 60	132	2,85

Tabla 7. Presentación formatos ROOFTEX V.

DATOS TÉCNICOS	ROOFTEX V 300	ROOFTEX V 400	ROOFTEX V 500
Gramaje (g/m ²)	300	400	500
Capacidad del flujo de agua en el plano (m ² /s)	32·10 ⁻⁷	32·10 ⁻⁷	32·10 ⁻⁷
Medida de abertura (μm)	75	70	60
Permeabilidad al agua (m/s)	0,037	0,037	0,037
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	4,25	6,8	9,50
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	5,25	8,45	11,2
Perforación dinámica (caída cono) (mm)	28	18	10
Punzonamiento estático (CBR) (kN)	1,0	1,6	2,3

Tabla 8. Propiedades modelos ROOFTEX V

Analizando la tabla, este producto presenta una permeabilidad perpendicular al plano mayor de 0,015 m/s para estos tres formatos, por lo que cumpliría con lo recomendado por la norma. A pesar de que la permeabilidad es la misma, conforme aumenta el gramaje disminuye la medida de abertura, y aumenta su resistencia a tracción en ambos planos.

En cuanto a las ventajas que presenta estos productos caben destacar las siguientes:

- Fabricado con fibras 100% PET de reciclado preconsumo.
- No se ve afectado por bacterias ni hongos. No contiene nutrientes, por lo que no es atacado por roedores ni termitas.

- Sirve también como protección antipunzonamiento de la lámina impermeabilizante.
- Tiene buena permeabilidad al agua, permite el paso del agua para su conducción, reteniendo las partículas finas de suelo.

Además de las cuestiones generales durante la puesta es obra, como la preparación de la superficie o el almacenamiento en su embalaje original hasta su momento de uso, el geotextil se deberá colocar sobre la capa inferior cuidando la continuidad entre láminas cosiéndolas, soldándolas, colocando grapas o solapes (no serán inferiores a 10 cm).

Además de poder usarse como capa separadora filtrante, también cumplen las funciones de separación, drenaje y protección.

TEXXAM

TEXXAM ⁸⁶ es un geotextil no tejido termosoldado de altas prestaciones mecánicas, compuesto de polipropileno 100 % para su uso en edificación y obra civil. Se presenta en cuatro formatos, y se suministra en forma de rollo (Fig. 23).

Puede emplearse con varias finalidades, como capa filtrante, permite el paso del agua, reteniendo las partículas finas del terreno. También puede usarse como separación para evitar el contacto y mezcla de partículas de suelos distintos. Otro uso es el de drenaje suministrando resistencia a tracción para terraplenes y taludes en carreteras y muros ecológicos. Y el último de sus aplicaciones es como refuerzo, ya que suministra resistencia a punzonamiento y a la tracción en tableros (incluidos puentes), terraplenes y taludes en carreteras y muros ecológicos.



Figura 23. Formato TEXXAM.

A continuación, se presentan las tablas 9 y 10 con datos técnicos y comerciales de estos tres formatos:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	m ² /ROLLO	PRECIO €/m ²
TEXXAM 700	1,1 x 75	82,5	1,35
	2,2 x 175	385	1,25
TEXXAM 1000	2,2 x 150	330	1,55
TEXXAM 1500	2,2 x 125	275	2,2
TEXXAM 3000	2,2 x 100	220	3,20

Tabla 9. Presentación formatos TEXXAM.

⁸⁶ SOPREMA, 2021; 2024.

DATOS TÉCNICOS	TEXXAM 700	TEXXAM 1000	TEXXAM 1500	TEXXAM 3000
Gramaje (g/m ²)	90	120	170	250
Medida de abertura (μm)	90	65	60	60
Permeabilidad al agua (m/s)	0,116	0,114	0,094	0,065
Resistencia a la tracción (kN/m)	6,5	9,5	12,5	19

Tabla 10. Propiedades modelos TEXXAM.

Cualquiera de los formatos que presenta TEXXAM cuenta con una permeabilidad al agua superior a la recomendada por la norma, por lo tanto, cualquiera de los formatos sería apto.

Entre las ventajas que presenta esta capa, caben destacar 4 de ellas:

- Es resistente a los ácidos y álcalis que se hallan habitualmente en el suelo.
- No se ve afectado por bacterias y hongos. No contienen nutrientes, por lo que no es atacado por roedores o termitas.
- Resistencia a la intemperie durante un periodo aproximado de 1 mes antes de cubrir.
- Durabilidad prevista de un mínimo de 25 años en suelos naturales con pH entre 4 y 9 y T^a menor de 25° C.

Igual que para ROOFTEX V, el geotextil se deberá colocar sobre la capa inferior cuidando la continuidad entre láminas cosiéndolas, soldándolas, colocando grapas o solapes (no serán inferiores a 10 cm). Además, se deben considerar cuestiones generales durante la puesta es obra, como la preparación de la superficie o el almacenamiento en su embalaje original hasta su momento de uso.

4.2 Capa drenante

Esta capa cumplirá las funciones de evacuación del agua excedente hacia los elementos de desagüe, para evitar el estancamiento del agua, buscando el equilibrio entre aire y agua permitiendo la correcta ventilación de las raíces⁸⁷. Además, de esta forma permitirá la correcta difusión del oxígeno y vapor de agua.

Por otro lado, podrá cumplir la función de capa retenedora de agua, almacenando así el agua procedente de las precipitaciones, minimizando o eliminando la necesidad de suplementar la vegetación con sistemas de riego, reduciendo así el consumo de agua de la cubierta⁸⁸.

Entre otras características, deberá ser resistente física y químicamente para mantener sus prestaciones a lo largo del tiempo, siendo inocua para las plantas⁸⁹.

En las cubiertas convencionales se dispone entre la capa de protección de la capa impermeable y la capa de sustrato a modo de drenaje y protección mecánica de dicha capa (Fig. 24). Sin embargo, en las cubiertas invertidas se coloca sobre el aislante⁹⁰ (Fig. 25).

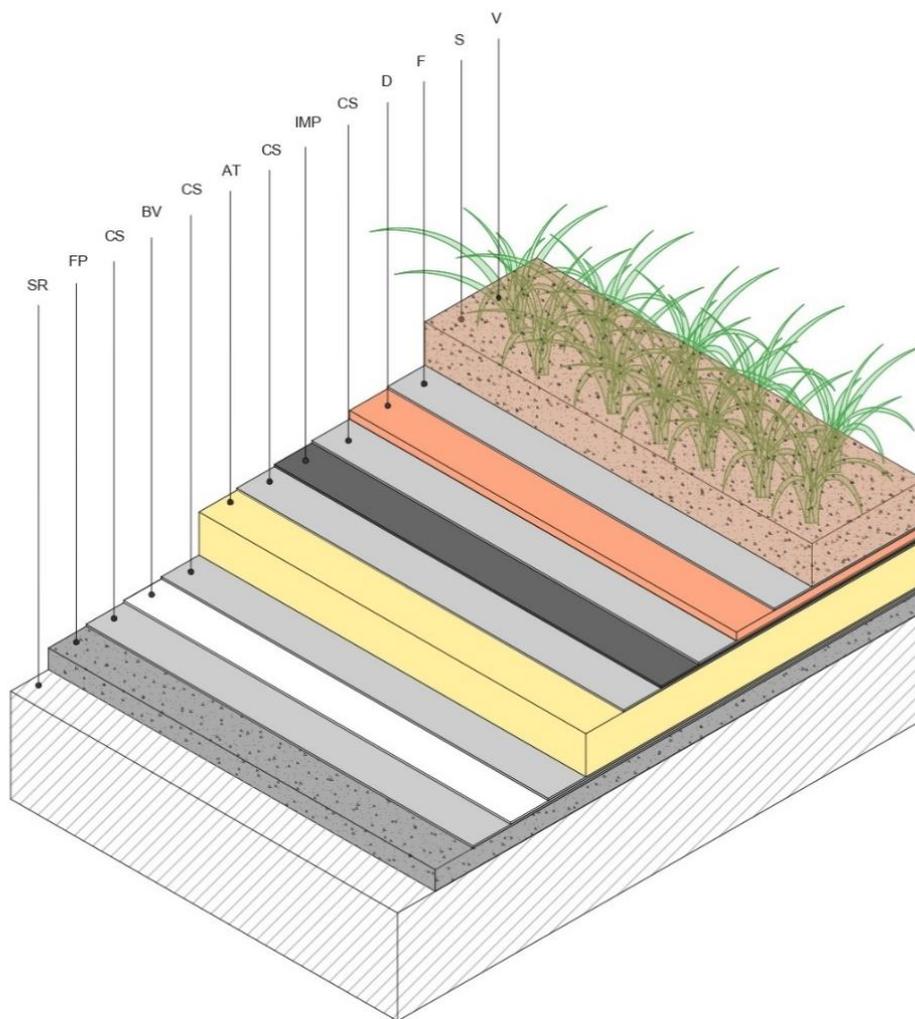


Figura 24. Detalle constructivo colocación capa drenante en cubierta convencional. Leyenda: V: Vegetación; S: Sustrato; F: Capa separadora filtrante; D: Capa separadora drenante; CS: Capa separadora; AT: Aislante; IMP: Lámina impermeabilizante; FR: Formación de pendiente; SR: Soporte.

⁸⁷ Borràs, J.G, 2023, p. 134.

⁸⁸ DANOSA. 2014, p: 10.

⁸⁹ Ibidem, p: 10

⁹⁰ AENOR, 2013, p:59.

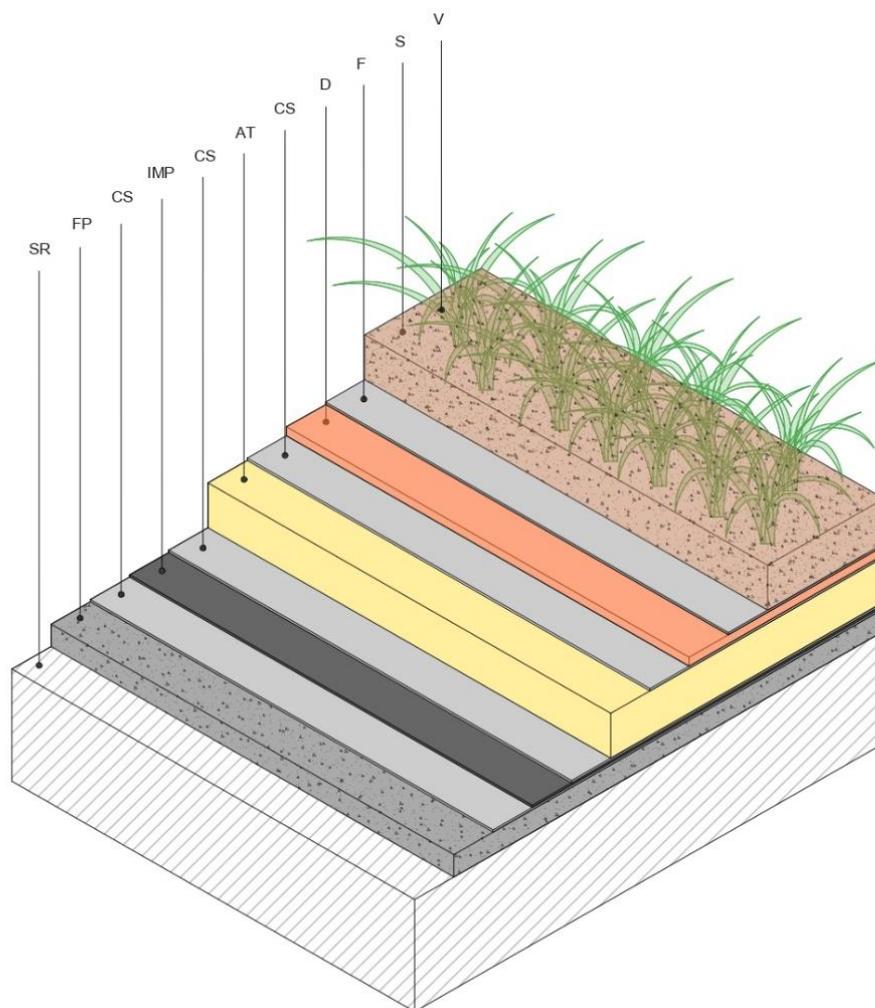


Figura 25. Detalle constructivo colocación capa drenante en cubierta invertida. Leyenda: V : Vegetación; S. Sustrato; F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante ; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

Los principales materiales empleados como capas drenantes son:

- **Materiales granulares:** formado por fragmentos minerales, tales como arcillas expandidas, gravas, etc., o fragmentos reciclados, como, por ejemplo, ladrillos triturados, gomas de ruedas de coches, etc. Este tipo de materiales se usará en cubiertas planas o inclinadas, pero cuya pendiente se encuentre entre 1,15 y 5,7°. Estos materiales necesitan disponer de una capa separadora antipunzonante por debajo, para evitar dañar las capas inferiores⁹¹.
- **Paneles nodulares de materiales plásticos:** cuentan con una geometría formada por protuberancias que permiten la acumulación de agua a la vez que asegura el desagüe del exceso, permitiendo que el agua acumulada, una vez se ha evaporado y condensado al pasar por la capa filtrante, ascienda por capilaridad a través del tejido de raíces del sustrato⁹².
- **Lana de roca:** entre sus propiedades permite la penetración de raíces, retiene el agua y la cede a las plantas, a la vez que drena el exceso. Se suele emplear en sistemas que requieren de poco peso, y que este material puede sustituir completa o parcialmente al sustrato, en este caso se necesitaría de una última capa de gravas para evitar que la vegetación sea arrancada por el viento⁹³.

⁹¹ Borràs, J.G, 2023, p: 135

⁹² Ibidem, p: 135.

⁹³ Ibidem, p: 136

4.2.1 Normas Tecnológicas de Jardinería y paisajismo – Cubiertas verdes

Como en el caso de la capa filtrante, la NTJ 11C⁹⁴ expone las características que deben tener los materiales empleados en esa capa. Los requisitos de construcción de esta capa son:

- Función drenante y protección.
- Estructura duradera y estable.
- Química y físicamente estables, de forma y de capacidad drenante.

Además de los requisitos de construcción, se debe prestar atención en ciertas propiedades que esta capa debería cumplir, dependiendo del material utilizado:

- Compatibilidad de los materiales y con el medio ambiente.
- Curva granulométrica adecuada (si está compuesta por materiales granulares).
- Buen comportamiento bajo cargas a compresión y buena resistencia al fuego.
- Permeabilidad y conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento de agua.
- Valor de pH.
- Contenido en carbonatos.
- Que no propicie el desarrollo de organismos vivos.

4.2.2 UNE 104416:2009

La amplia variedad de materiales que se puede emplear como capa drenante se ven resumidos y clasificados dentro de la UNE 104416⁹⁵. Esta denominación se hace en función de si la membrana colocada bajo la capa drenante es resistente a las raíces o no, en función de su naturaleza y en función del almacenamiento de agua expresada en l/m². Así se plantean dos tablas, 11 y 12, donde se concreta una denominación para cada tipo de material, además de sus características.

Sobre membrana resistente a raíces

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
Áridos 5	Capa de áridos de canto rodado o de machaqueo, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ² <60 l/m ²
HFF 5	Compuesto formado con hilos sintéticos ensortijados, acabado por ambas caras, con un fieltro filtrante, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ²
HP 5	Capa de hormigón poroso, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ² <60 l/m ²
HPL 5	Losa prefabricada con, al menos, una capa de hormigón poroso y con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ² <60 l/m ²
HPLA 5	Losa preformada con una capa de hormigón poroso y una base aislante apta para cubiertas invertidas, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ² <60 l/m ²
LS 5	Lámina sintética rígida preformada, con protuberancias en, al menos, una de sus caras, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ² .
LSF 5	Compuesto formado por una lámina sintética rígida preformada, con protuberancias en, al menos, una de sus caras, y con un fieltro filtrante pegado a las protuberancias, con una capacidad de almacenamiento de agua >5 l/m ²

Tabla 11. Denominación capa drenante sobre membrana resistente a raíces.

⁹⁴ NTJ 11C, 2012, p: 47.

⁹⁵ AENOR, 2009, p: 54, tabla 27.

Sobre membrana no resistente a raíces

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
Áridos R 60	Capa de áridos de canto rodado o de machaqueo, con una capacidad de almacenamiento de agua >60 l/m ²
HP 60	Capa de hormigón poroso, con una capacidad de almacenamiento de agua >60 l/m ²
HPL 60	Losa preformada con una capa de hormigón poroso, con una capacidad de almacenamiento de agua > 60 l/m ²
HPLA 60	Losa preformada con una capa de hormigón poroso y una base aislante apta para cubiertas invertidas, con una capacidad de almacenamiento de agua >60 l/m ²

Tabla 12. Denominación capa drenante sobre membrana no resistente a raíces.

4.2.3 Productos comerciales

Siguiendo la UNE 104416, se ha buscado en diferentes casas comerciales productos cuyas características cumplan con las recomendaciones y denominación expuestas anteriormente. Por lo que a continuación se presenta para cada una de las posibles capas drenantes un producto con estas características.

4.2.3.1 Áridos - ARLITA

Según lo establecido por la norma, esta capa estará formada por áridos de canto rodado o de machaqueo, donde se recomienda que cuente con una capacidad de almacenamiento de agua entre 5 y 60 l/m², o superior. Esta capacidad aumentará a medida que aumente el espesor de esta capa.

Una buena opción dentro del mercado actual es la casa comercial Arlita⁹⁶, la cual se dedica a producir arcilla expandida para su utilización en edificación. Cuenta con varios modelos, en función del tamaño de árido. Pueden emplearse como material de relleno en la construcción, para la elaboración de hormigones ligeros, como morteros y rellenos de cubiertas y para la gestión de aguas pluviales, pudiéndose emplear en cualquier tipo de cubiertas ajardinadas,

Además de sus propiedades filtrantes también aumenta las propiedades aislantes de la cubierta, gracias a la red de poros, proporcionando aislamiento acústico y térmico. Por otro lado, caben destacar ciertas propiedades de este producto:

- Producto natural, ligero, neutro e inerte.
- Sustenta el crecimiento de las raíces, ayudando al desarrollo de la vegetación.
- Alta capacidad al paso del aire, evitando procesos de pudrición.
- Resistente al fuego, creando una barrera de protección para el resto de la cubierta y, por tanto, del edificio.

Entre los posibles productos que ofrece la empresa se han analizado los datos y propiedades 3 de ellos, los cuales se resumen en la tabla 13:

⁹⁶ ARLITA, 2024.

DATOS TÉCNICOS	ARLITA S (Fig. 26)	ARLITA M (Fig. 27)	ARLITA L (Fig. 28)
Tamaño del árido (d/D mm)	1/5	4/11	10/20
Huecos (% volumen)	55	50	45
Densidad de la carga en seco sin compactar (kg/m ³)	430	350	275
Partículas machacadas (% masa)	25	25	25
Absorción de agua (% masa seca)	34	38	38
Absorción de agua (% volumen/% masa) 1h	-	6/17	5/18

Tabla 13. Propiedades modelos ARLITA.

Analizando la tabla anterior, tras colocar el producto en contacto con el agua durante una hora, este aumenta su volumen y su masa cierto porcentaje respecto al estado inicial. Ese aumento es debido al agua que se queda almacenada y, por tanto, ese aumento de masa (expresado en kg) es igual a los litros de agua retenida.



Figura 26. Arlita S.



Figura 27. Arlita M.



Figura 28. Arlita L.

Además, dentro de la norma se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 14, y figuras 29 a 32:

	CUBIERTA CONVENCIONAL		CUBIERTA INVERTIDA	
V-S	Vegetación y Sustrato			
F	Capa filtrante			
D	Áridos R ^a 6 ^c	Áridos M ^b 6	Áridos R 100 ^c	Áridos M 100
CS	Capa antiraíces	Capa auxiliar antipunzonante	Capa separadora	Capa auxiliar antipunzonante
CS	-	Capa antiraíces	-	Capa separadora
IMP	Lámina impermeable		AT	Aislante térmico
	^a R: áridos de cantos rodados. ^b M: áridos de machaqueo. ^c Cantidad de almacenamiento de agua (l/m ²).			

Tabla 14. Criterios de colocación áridos.

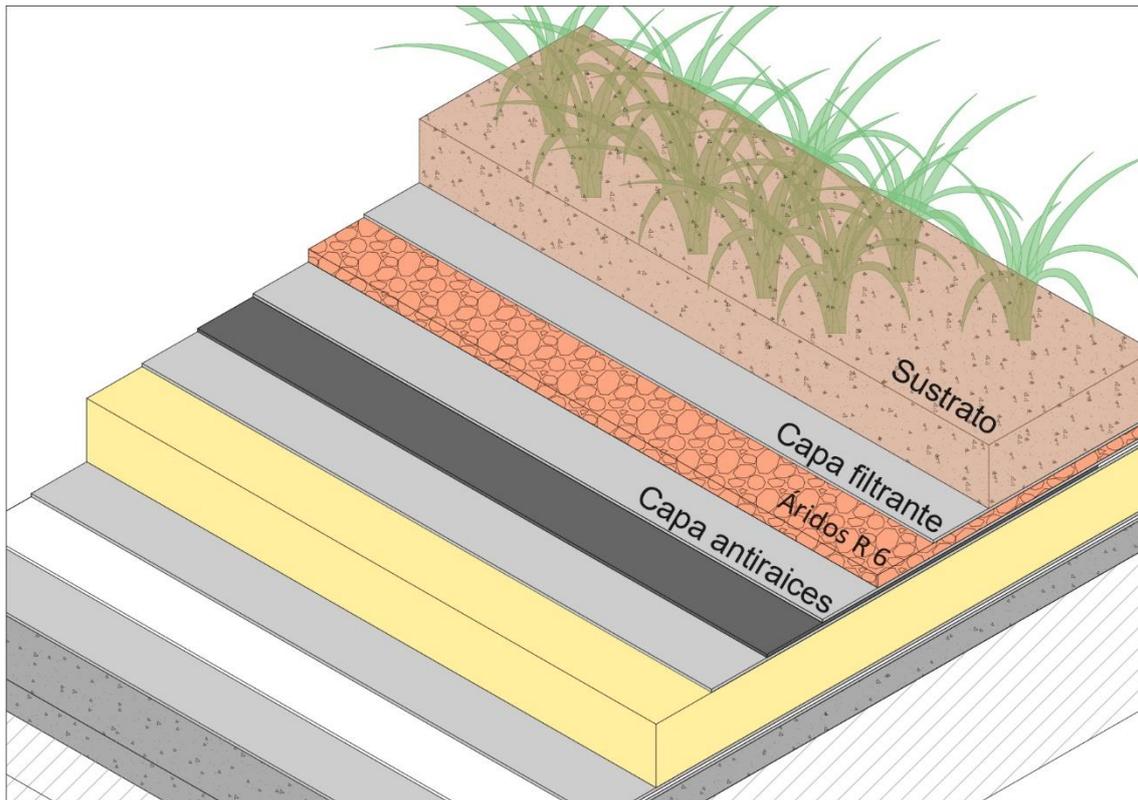


Figura 29. Criterios de colocación áridos de cantos rodados en cubierta convencional (1).

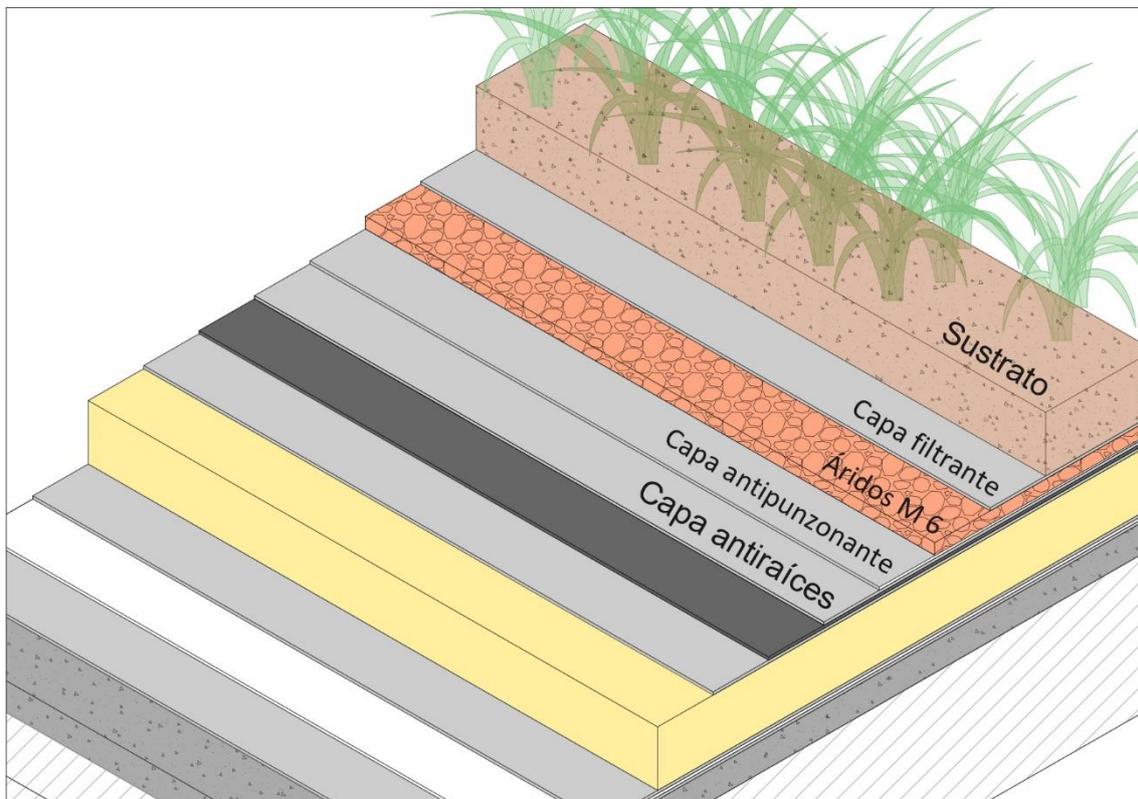


Figura 30. Criterios de colocación áridos de machaqueo en cubierta convencional (2).



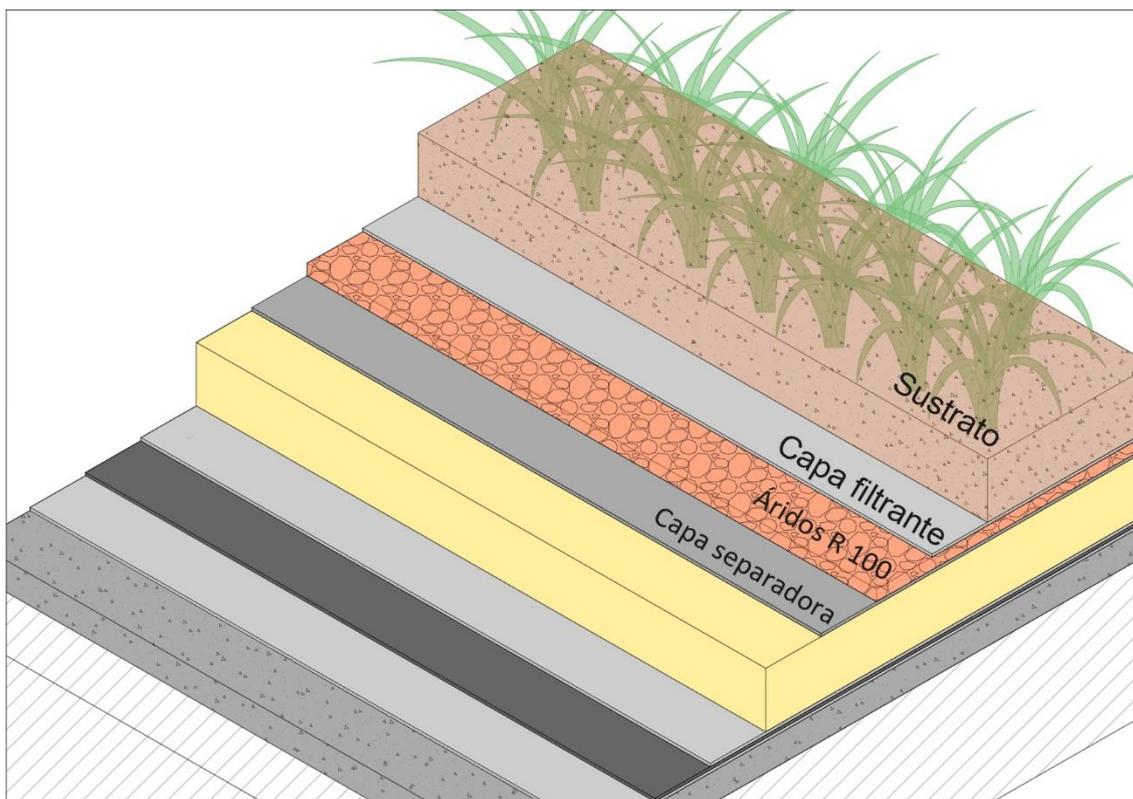


Figura 31. Criterios de colocación de áridos de cantos rodados en cubierta invertida (1).

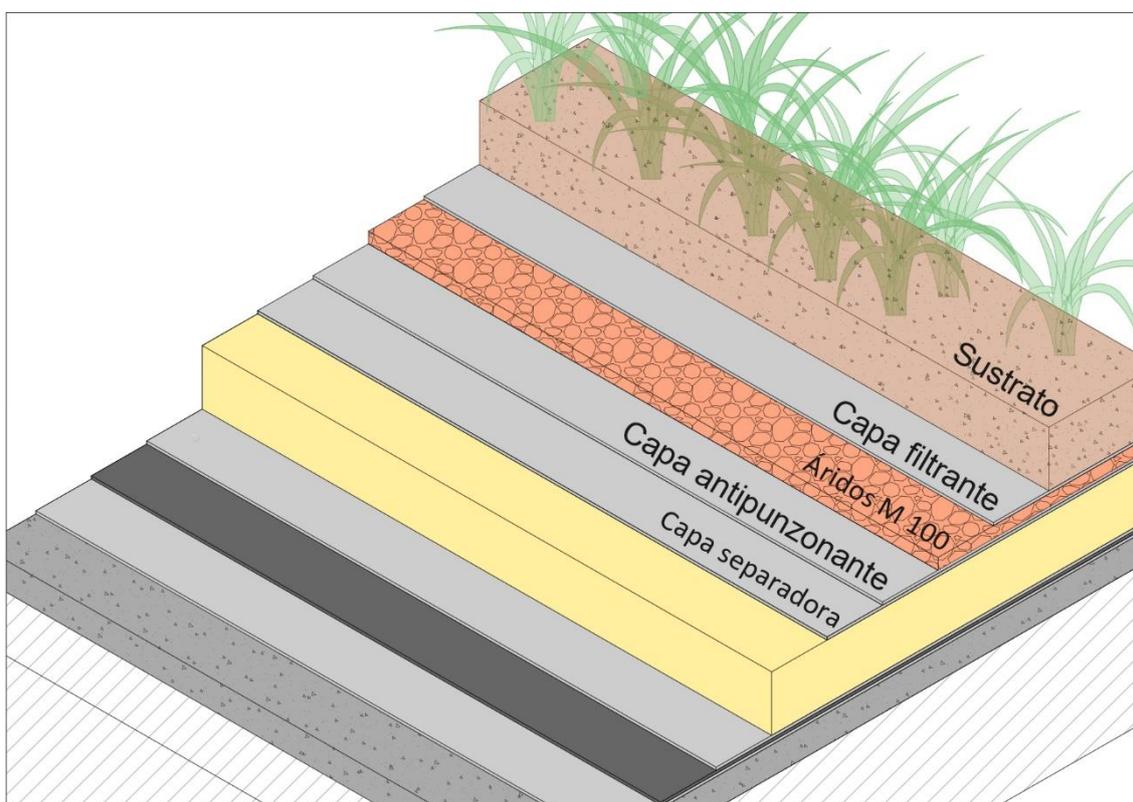


Figura 32. Criterios de colocación de áridos de machaqueo en cubierta invertida (2).



4.2.3.2 Hormigón poroso - Heidelberg Materials

Otro material empleado como capa drenante es el hormigón poroso, en este caso, como en el resto, se recomienda una capacidad de almacenamiento de agua de entre 5 y 60 l/m², o superior. Este tipo de hormigones, debido a su porosidad son menos pesados, a la vez que sirven como material drenante y aislante. El aumento de la capacidad drenante está relacionado con el espesor de la capa de hormigón.

La empresa /, se dedica a la producción de hormigones y cementos y, entre sus hormigones especiales, cuenta con H-DRENA⁹⁷ (Fig.33), una mezcla de cemento y árido grueso, con una cantidad mínima de finos, junto con agua y aditivos. Presenta una consistencia baja en su relación agua/cemento y suele emplearse con consistencia seca.



Figura 33. Hormigón H-DRENA.

Son muchas las posibles aplicaciones de este hormigón especial, básicamente se recomienda emplearlo en zonas donde sea necesaria la rápida evacuación de grandes cantidades de agua, como, por ejemplo, paseos y aceras, zona de lavado de vehículo, carriles bici, alcorques, aparcamientos al aire libre, pistas deportivas, etc. Además, se puede usar en cubiertas transitables o verdes, tanto como material aislante como drenante.

Dentro de la propia empresa se recomiendan varios espesores de capa en función de su uso, siendo el espesor mínimo recomendado para zonas sin tránsito de 5 cm, para zonas de tránsito peatonal y de bicicletas de 8 cm y en zonas con tránsito ligero de 20 cm.

En la tabla 15 se especifican las propiedades técnicas de este hormigón:

DATOS TÉCNICOS	H-DRENA
Granulometría	4 – 12
% Huecos	15 – 25
Densidad (kg/m ³)	1600 – 2000
Consumo (kg/m ² por cm de espesor)	16 – 20
Capacidad de drenaje (l/m ² por min)	125
Resistencia a compresión (MPa)	5 – 20

Tabla 15. Propiedades H-DRENA.

⁹⁷ HEIDELBERG MATERIALS, 2023; 2024.

Entre sus ventajas, se pueden distinguir entre las medioambientales, de durabilidad y seguridad. En cuanto a las medioambientales, ayuda al drenaje, recogida y gestión de las aguas pluviales, reduce las escorrentías superficiales y torrentes, es reciclable tras su vida útil y para su fabricación pueden emplear residuos de demolición de la construcción. Además, en verano en las mismas circunstancias que un pavimento de asfalto, el uso de este hormigón reduce hasta 30°C la temperatura del suelo.

Otras ventajas son, por ejemplo, evitar la formación de charcos y placas de hielo, su menor peso respecto al hormigón convencional, presenta gran durabilidad frente a agentes meteorológicos y gran resistencia al tráfico peatonal, de bicicletas y de tráfico ligero. Sumado a lo anterior, se le puede conferir varios colores a la masa y, debido a poder usar diferentes granulometrías, se le puede conferir al pavimento diferentes texturas y cromatismos.

A la hora de aplicar H-DREAN se deberá tener en cuenta las siguientes cuestiones (Fig. 34):

- Justo antes de su aplicación se deberá regar la superficie con agua, pero evitando charcos, para que cuando se aplique el hormigón, el soporte no absorba el agua de la mezcla.
- El tiempo máximo de aplicación tras añadir el agua es de una hora.
- Una vez aplicado se deberá nivelar.
- Tras la nivelación se procederá a la compactación mecánica, sin vibración. En caso de querer un acabado pulido o fino, se aplicará un fratasado ligero.
- Cuando se finalice con la compactación se cubrirá con una lámina de plástico para mantener la humedad, especialmente la superficial. Tras las primeras 12/24 horas se realizarán riegos pulverizados de la superficie varias veces al día para mantener esta humedad.
- Realizar las juntas de hormigonado en el momento adecuado (aproximadamente entre 12 y 24 horas después de verter el hormigón) con una profundidad mínima de ¼ del espesor de H-DRENA mediante las herramientas adecuadas.



Figura 34. Aplicación H-DRENA.

Además, dentro de la norma se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 16 y figuras 35 y 36:

	CUBIERTA CONVENCIONAL	CUBIERTA INVERTIDA	
V-S	Vegetación y Sustrato		
F	Capa filtrante		
D	HP 6 ^a	HP 100 ^a	
CS	Capa auxiliar antipunzonante	Capa auxiliar antipunzonante	
CS	Capa antiraíces	Capa separadora	
IMP	Lámina impermeable	AT	Aislante térmico

^aCantidad de almacenamiento de agua (l/m²).

Tabla 16. Criterios de colocación hormigón poroso.

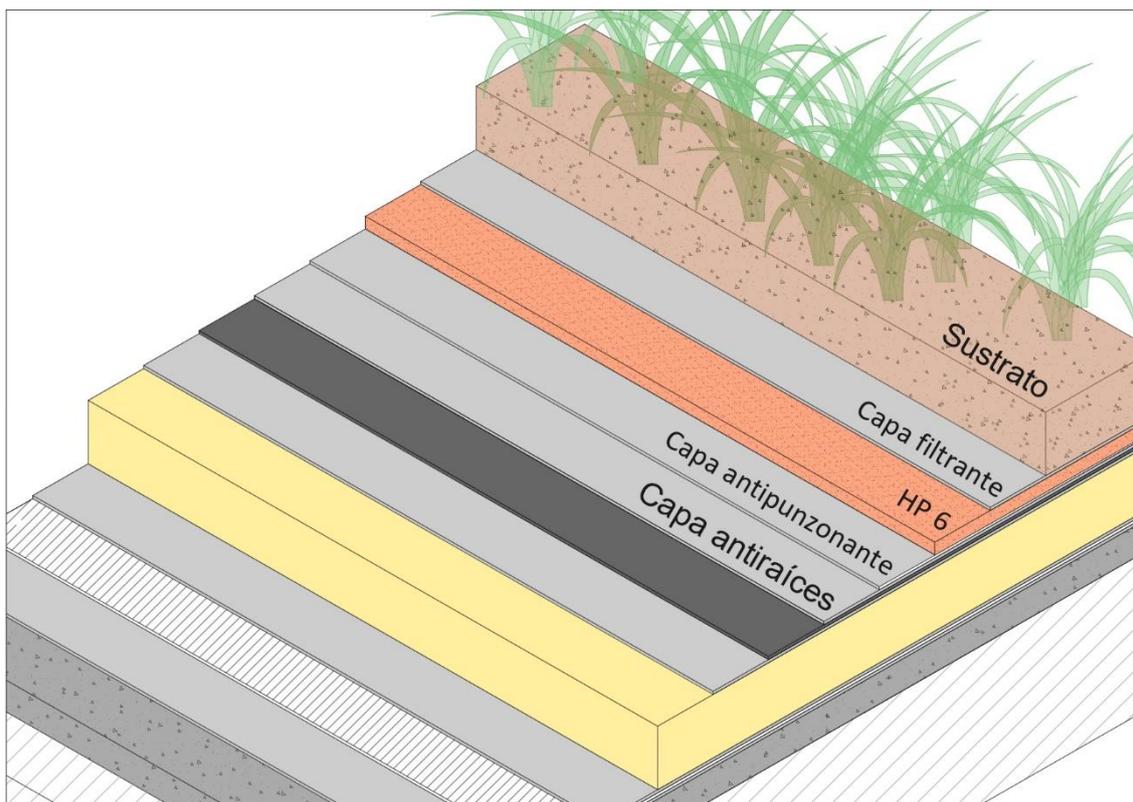


Figura 35. Criterios de colocación hormigón poroso en cubierta convencional.

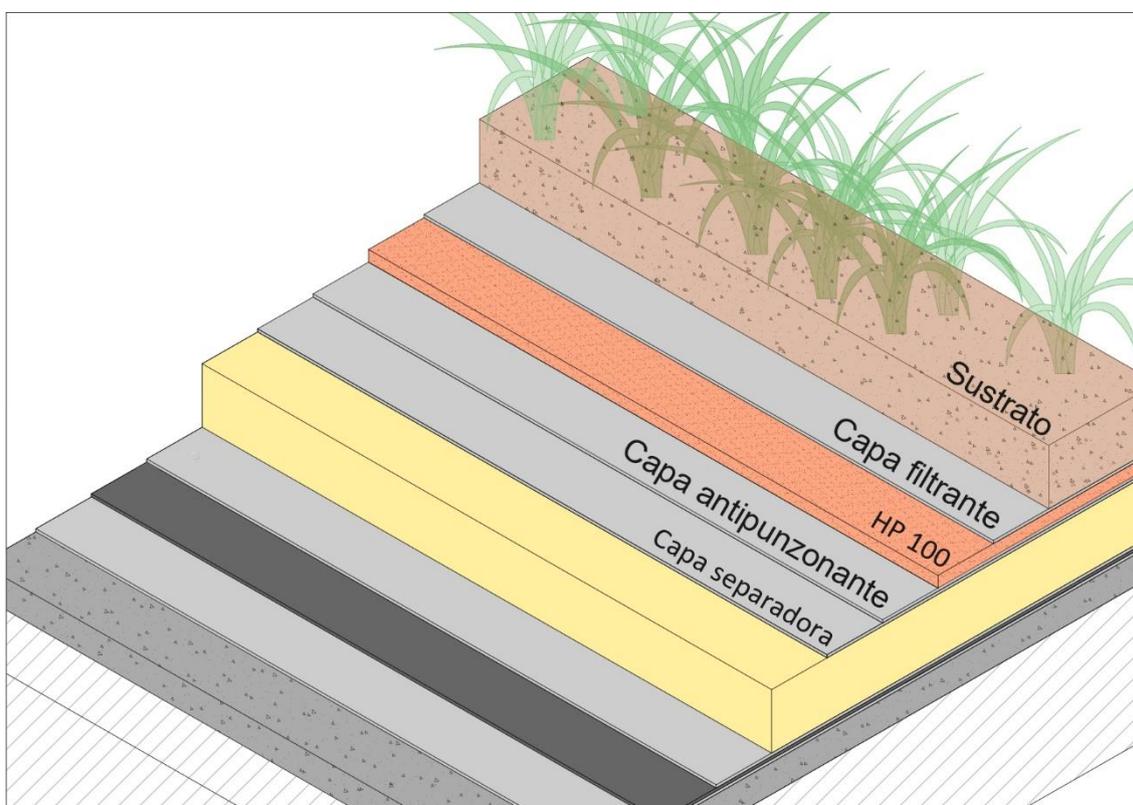


Figura 36. Criterios de colocación hormigón poroso en cubierta invertida.



4.2.3.3 Losas prefabricadas - SAS

Además del hormigón poroso, existen losas prefabricadas con una capa de hormigón poroso y con una capacidad de almacenamiento de agua entre 5 y 60 l/m², o superior. Esta capacidad de almacenamiento se podría aumentar duplicando las losas colocadas.

Dentro de los fabricantes de producto de hormigón poroso, se encuentra la empresa SAS⁹⁸, dedicada a la producción, entre otros elementos, de cubremuros, pilares, boques, balaustres, cerramientos, pavimentos, elementos para jardín o aplacados.

Dentro de sus pavimentos de hormigón poroso se encuentra la Losa Filtrante (Fig. 37), la cual favorece la evacuación del agua en zonas de piscina, terrazas, patios, jardines y cubiertas planas transitables, evitando la inundación de estas zonas.



Figura 37. Losa filtrante.

Se presenta en forma de losas cuadradas con las siguientes características y propiedades técnicas (Tablas 17 y 18):

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	MASA (kg)	COLORES	PRECIO €
LOSA FILTRANTE	0,5 x 0,5	16,85	Blanco	9,11
			Gris	7,61

Tabla 17. Presentación LOSA FILTRANTE.

LOSA FILTRANTE	
DATOS TÉCNICOS	
Espesor (mm)	3,5
Resistencia a tracción (MPa)	4,4
Resistencia a flexotracción (MPa)	3,8
Resistencia a carga de rotura (MPa)	3,8
Resistencia a compresión (MPa)	6,2
Absorción de agua (%)	6,3

Tabla 18. Propiedades Presentación LOSA FILTRANTE.

⁹⁸ SAS, 2017; 2024.

Estas losas están previstas como pavimento transitable, sin embargo, sus características permiten usarlas como capa drenante. La propia empresa plantea una serie de recomendaciones que habría que considerar a la hora de colocar estas losas, en función si el soporte es un lecho de mortero o de arena.

En este caso, se podría colocar sobre cualquiera de las bases, además estas servirían de protección para el resto de las capas que quedan por debajo de ellas. En general se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se deberá colocar sobre cubiertas plantas y las losas deberán estar completamente en contacto con la base, no se pueden colocar sobre soportes.
- Evitar días muy caluroso o muy fríos a la hora de efectuar la colocación.
- Si se cortan las piezas en obra, hacerlo con amoladora, alejados de las losas ya colocadas y con protección, tales como guantes, mascarillas y gafas.
- Se deberán dejar juntas entre las losas de entre 2 y 5 mm para controlar las dilataciones producidas por lo cambios de temperatura.

En cuanto a la colocación sobre mortero, el espesor de esta capa será de entre 3 y 5 cm, recomendando una consistencia blanca, nunca seca. Además, se recomiendo pintar la cara inferior de las losas con algún producto que mejore la adherencia y usar un mazo de goma para su colocación. Una vez colocadas las losas esperar 24 horas antes de cargarlas.

Si la base es de arena, la capa tendrá un espesor de entre 2,5 y 5 cm y deberá estar bien compactada y nivelada. A la hora de colocar las losas, evitar pisar el lecho de arena, en su lugar pisar sobre las losas ya colocadas. En este caso no hace falta esperar una vez estén colocadas.

Además, dentro de la norma analizada se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 19 y figuras 38 y 39:

	CUBIERTA CONVENCIONAL	CUBIERTA INVERTIDA
V-S	Vegetación y Sustrato	
F	Capa filtrante	
D	HPL 6 ^a	HPL 100 ^a
CS	Capa auxiliar antipunzonante	Capa auxiliar antipunzonante
CS	Capa antiraíces	Capa separadora
IMP	Lámina impermeable	AT Aislante térmico
^a Cantidad de almacenamiento de agua (l/m ²).		

Tabla 19. Criterios de colocación losa prefabricada.

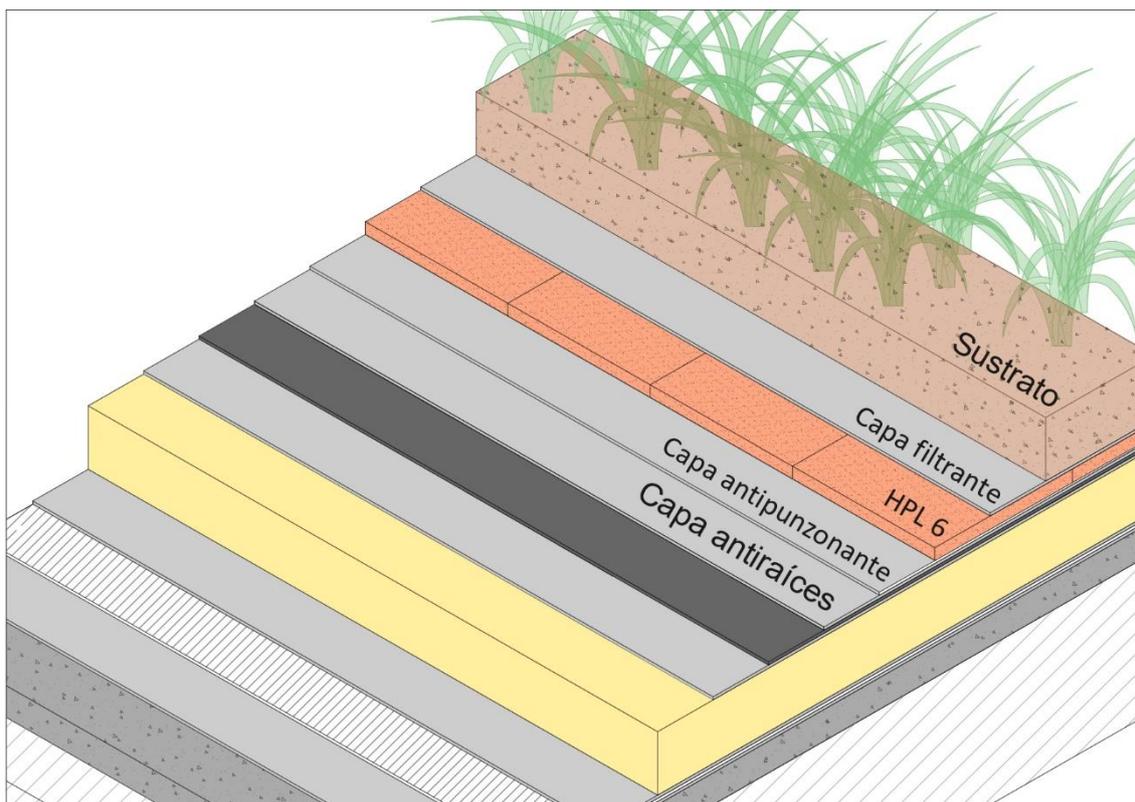


Figura 38. Criterios de colocación losa prefabricada en cubierta convencional.

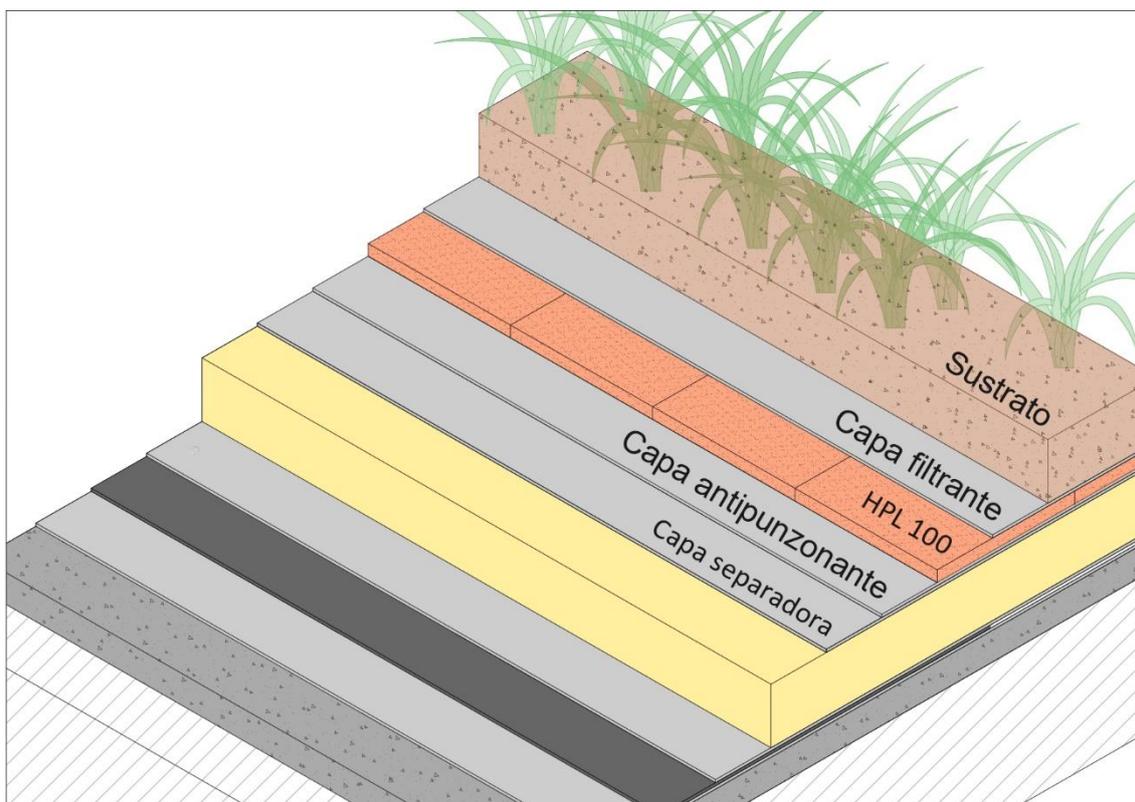


Figura 38. Criterios de colocación losa prefabricada en cubierta invertida.



4.2.3.4 Losas prefabricadas con aislante térmico – DANOSA

Esta denominación hace referencia a una losa preformada con una capa de hormigón poroso y una base aislante apta para cubiertas invertidas, la cual se recomienda que tenga una capacidad de almacenamiento de agua de entre 5 y 60 l/m², o superior. El aumento de la capacidad de almacenamiento puede conseguirse colocando una losa de hormigón poroso antes de esta, aumentando así la capacidad de almacenamiento.

En DANOSA, bajo el nombre comercial de DANOLOSA⁹⁹ (Fig. 40), se dispone de una baldosa aislante constituida por un pavimento de hormigón poroso, que actúa como protección mecánica de una base aislante de poliestireno extruido, resultando una superficie practicable resistente y aislada térmicamente.



Figura 40. Formato DANOLOSA.

Este producto cuenta con dos modelos, uno gris y otro blanco al cual se designa como “NO x”. Además, dentro de los dos modelos se pueden encontrar variaciones. A continuación, se presentan la tabla 20 donde se recogen los descriptivos de los dos modelos y sus formatos:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (cm)	ESPESOR (mm)	m ² /PALET	PRECIO €/m ²
DANOLOSA NO x	50 x 50	75	17	51,01
		85	15	55,17
		95	13	59,85
DANOLOSA	50 x 50	75	17	44,27
		85	15	47,90
		95	13	51,94

Tabla 20. Presentación formatos DANOLOSA.

Este producto, debido a su acabado de pavimento de hormigón poroso y su alta resistencia a la compresión, se puede emplear tanto en cubiertas transitables como no transitables, como superficie de apoyo de equipos en cubiertas no transitables e instalaciones en general. Debido a su base de aislante de poliestireno extruido se puede emplear para rehabilitación y transformación de cubiertas no transitables.

También, gracias a su gran capacidad filtrante puede emplearse como losa filtrante y aislante para cubiertas transitables y, en consecuencia, podría usarse también en cubiertas ajardinadas.

Para poder emplearse en cubiertas transitables debe ser resistente a la compresión y a cargas puntuales, datos que se recogen en su ficha técnica. Sin embargo, estos conceptos son menos importantes si hablamos de la capacidad drenante, por lo que a continuación se exponen estos datos, recogidos en la siguiente tabla 21:

⁹⁹ DANOSA, 2024e; 2024f; 2017b; 2024h.

DATOS TÉCNICOS	DANOLOSA NO x	DANOLOSA
Absorción de agua por difusión 50 % (%)	<3	<3
Absorción de agua por difusión 60 % (%)	<2,7	<2,7
Absorción de agua por difusión 80 % (%)	<1,5	<1,5
Absorción de agua por inmersión (%)	≤ 1,5	≤ 1,5

Tabla 21. Propiedades modelos DANOLOSA.

Estos valores hacen referencia al aumento de masa que experimentan estas losas al estar sumergidas y por difusión. Este aumento de masa (expresado en kg) sería igual a los litros que son capaces de almacenar (expresado en litros).

Por lo tanto, sabiendo la masa de las losas, incrementando el 1,5 % a esa masa, y haciendo una resta entre ambos valores, se conocería la diferencia de kg y por tanto los litros.

Además, dentro de la norma analizada se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 22 y figura 41:

CUBIERTA INVERTIDA	
V-S	Vegetación y Sustrato
F	Capa filtrante
D	HPLA 100 ^a
CS	Capa separadora
AT	Aislante térmico
CS	Capa antiraíces
IMP	Lámina impermeable

^a Cantidad de almacenamiento de agua (l/m²).

Tabla 22. Criterios de colocación losas prefabricadas con aislante térmico.

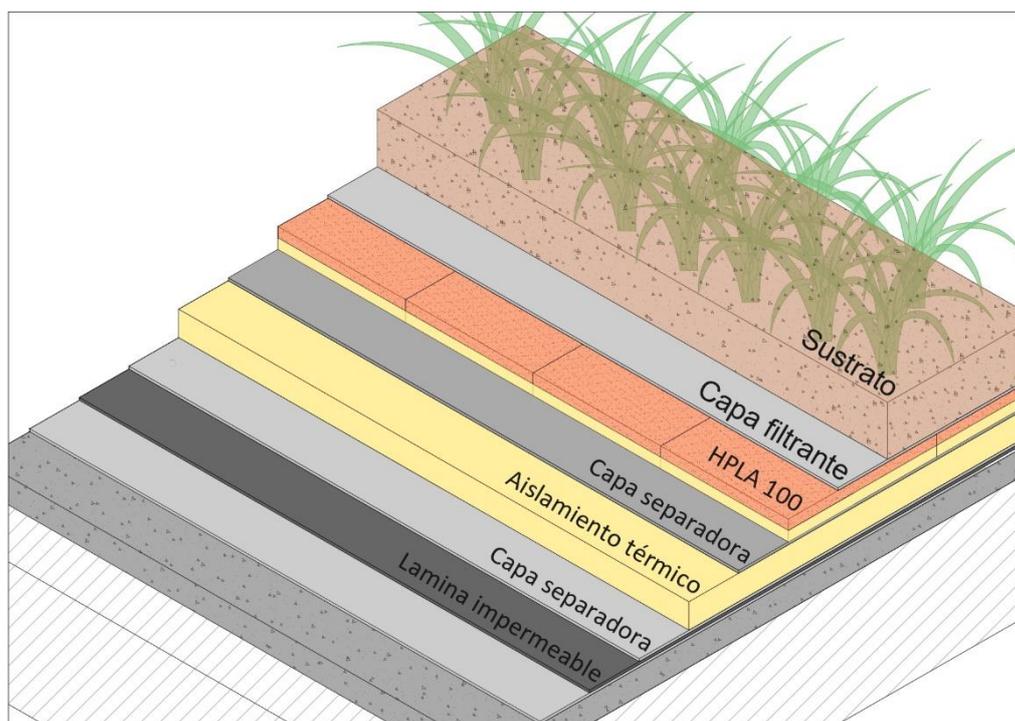


Figura 41. Criterios de colocación losas prefabricadas con aislante térmico en cubierta invertida.

4.2.3.5 Lámina sintética - DANOSA

En cuanto a las exigencias de la norma, LS 5 es una lámina sintética rígida preformada, con protuberancias en, al menos, una de sus caras, con una capacidad de almacenamiento de agua mayor a 5 l/m². Tras buscar en diferentes casas comerciales, se han obtenido 4 productos que cumplen con estas propiedades.

La casa comercial DANOSA cuentan con el producto DANODREN R-20 ¹⁰⁰, una lámina nodular anticapilaridad de polietileno de alta densidad (PEAD) de color verde para protección y eventual drenaje con nódulos de 20 mm de altura y capacidad retenedora de agua en cubiertas ajardinadas (Fig. 42). El formato y prestaciones se especifica en las tablas 22 y 23.



Figura 42. Formato DANODREN R-20.

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	ESPESOR (mm)	SUPERFICIE (m ²)	PRECIO €/m ²
DANODREN R-20	2 x 20	20	38	11,65

Tabla 22. Presentación formatos DANODREN R-20.

DATOS TÉCNICOS	DANODREN R-20
Flujo de agua en el plano para (l/s·m)	10
Retención de agua (l/m ²)	5
Resistencia de temperatura máx. (°C)	80
Resistencia a compresión (kPa)	>150

Tabla 23. Propiedades DANODREN R-20.

Esta capa se utiliza como drenaje, protección y retención de agua en cubiertas ajardinadas extensivas, en cualquier tipo de edificio (Fig. 43 y Fig. 44).

¹⁰⁰ DANOSA, 2017a; 2024h.

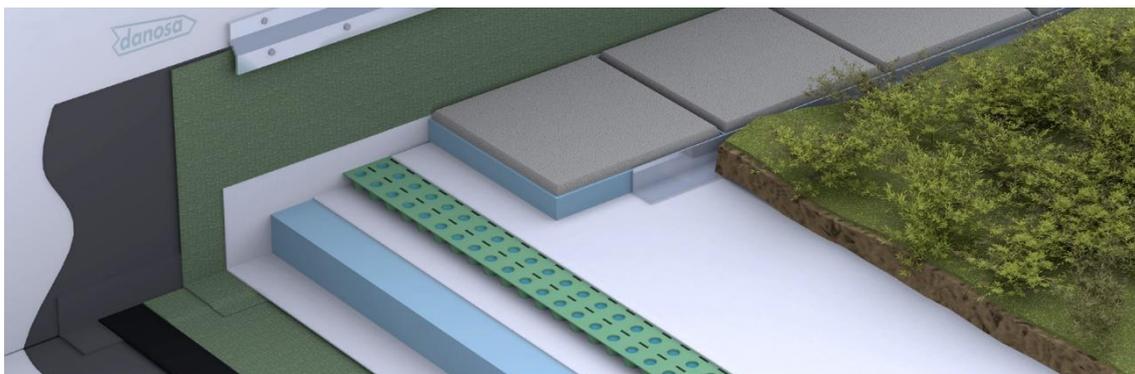


Figura 43. Cubierta plana ajardinada extensiva con LBM.

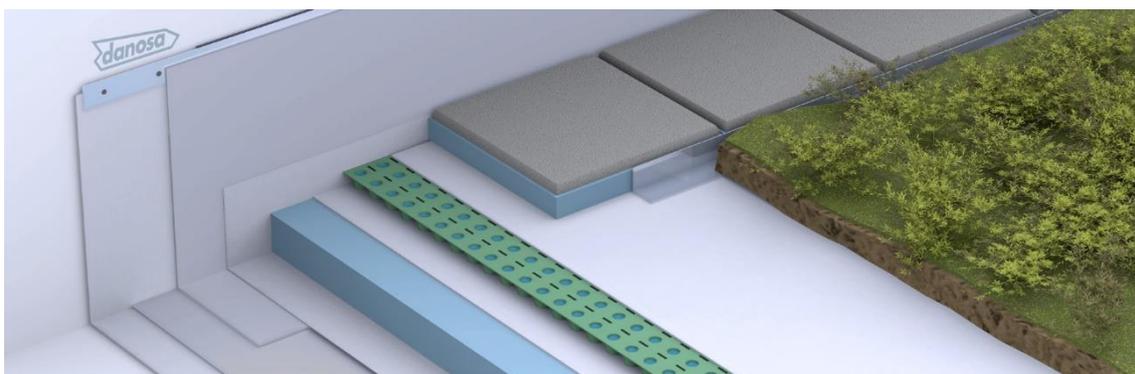


Figura 44. Cubierta plana ajardinada extensiva con PVC.

Entre las múltiples ventajas de este producto caben destacar:

- Instalación fácil y rápida.
- Gran capacidad de reserva de agua.
- Proporciona un drenaje permanente.
- Resistente a la rotura, al impacto y no deformable.
- Inalterable frente a los agentes químicos del suelo.
- Imputrescible.

Además, dentro de la norma estudiada se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 24 y figura 45 y 46:

	CUBIERTA CONVENCIONAL	CUBIERTA INVERTIDA	
V-S	Vegetación y Sustrato		
F	Capa filtrante		
D	LS 6 ^a		
CS	Capa antiraíces	Capa separadora	
IMP	Lámina impermeable	AT	Aislante térmico

^a Cantidad de almacenamiento de agua (l/m²).

Tabla 24. Criterios de colocación lámina sintética.

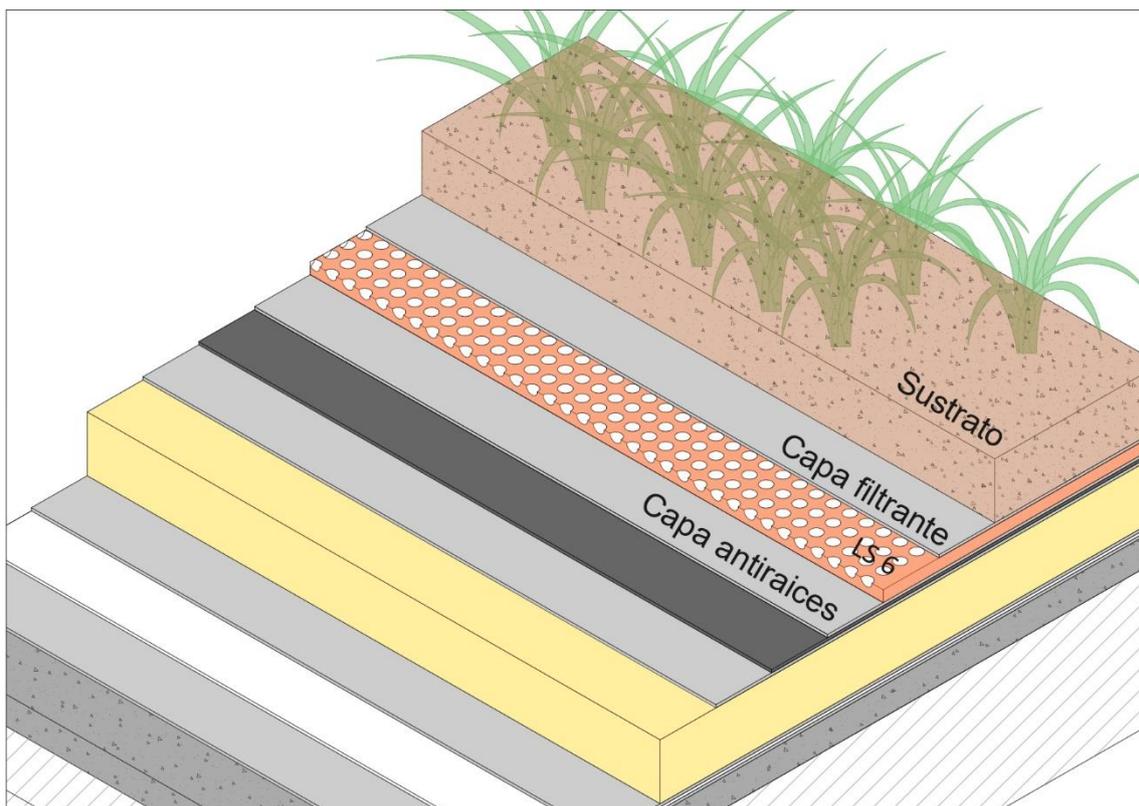


Figura 45. Criterios de colocación lámina sintética en cubierta convencional.

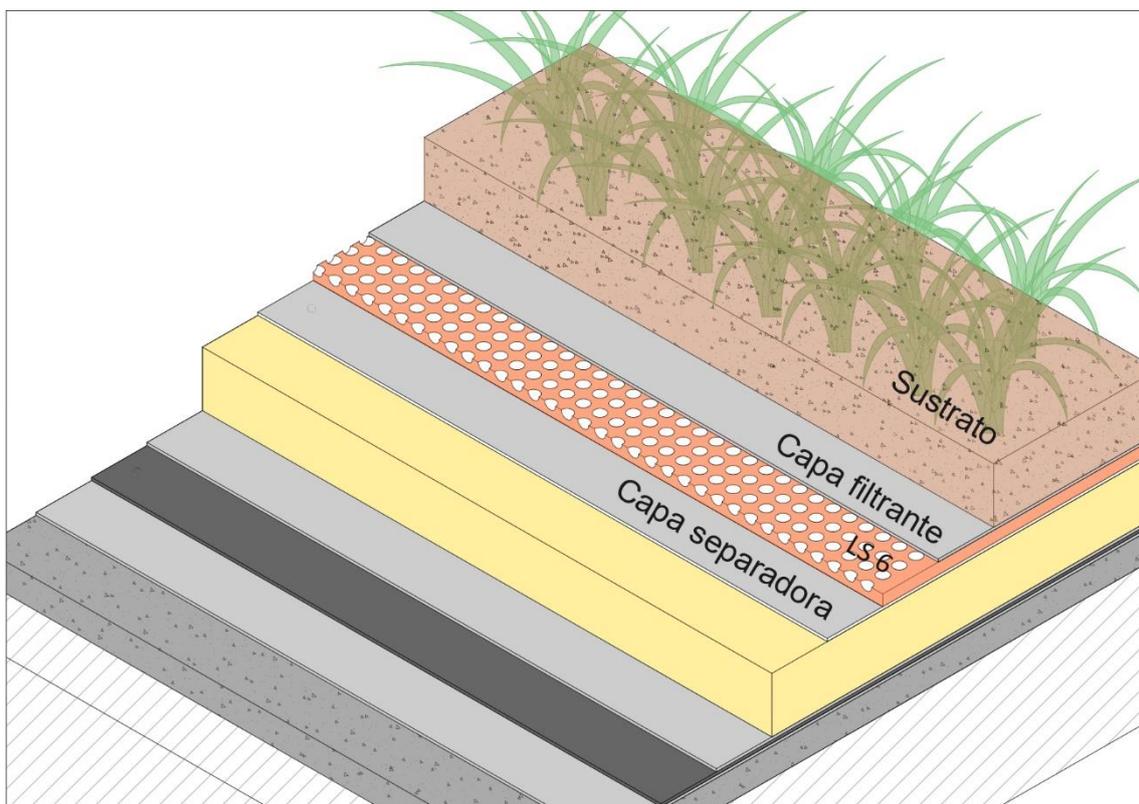


Figura 46. Criterios de colocación lámina sintética en cubierta invertida.



4.2.3.6 Lámina sintética con fieltro filtrante - DANOSA

Compuesto formado por una lámina sintética rígida preformada, con protuberancias en, al menos, una de sus caras, y con un fieltro filtrante pegado a las protuberancias, con una capacidad de almacenamiento de agua mayor a 5 l/m².

Un producto que cumpla con estas características se puede encontrar en la casa comercial DANOSA. Se trata del producto DANODREN JARDÍN ¹⁰¹ formado por lámina nodular de polietileno de alta densidad y geotextil de polipropileno (PP), uniendo así la capa filtrante y drenante en un solo producto.

Se trata de un geocompuesto formado por una lámina nodular de polietileno de alta densidad (PEAD) de color verde unida por termofusión a un geotextil no tejido de polipropileno cuyo uso principal es la filtración, protección y drenaje horizontal. Cuenta con un único formato y se dispensa en forma de rollo (Fig. 47).



Figura 47. Formato DANODREN JARDÍN.

Las siguientes tablas 25 y 26 recogen, por un lado, el formato, y por otro, las propiedades y datos técnicos del producto.

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	ROLLOS/PALETS	PRECIO €/m ²
DANODREN JARDÍN	2,1 x 18	6	7,55

Tabla 25. Presentación formato DANODREN JARDÍN.

DATOS TÉCNICOS	DANODREN JARDÍN
Permeabilidad al agua (m/s)	0,11 (- 0,033)
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	19 (-4%)
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	15 (-4%)
Tamaño de abertura característica (µm)	87,5 (± 42,5)
Capacidad de flujo en el plano (m ² /s)	0,002 (-0,0002)
Resistencia a compresión (kPa)	250 (±20%)
Número de nódulos (nódulos/m ²)	1907
Volumen de aire entre nódulos (l/m ²)	5,9

Tabla 26. Propiedades DANODREN JARDÍN

¹⁰¹ DANOSA, 2023a; 2024h.

Analizando la tabla, este producto presenta una permeabilidad perpendicular al plano mayor de 0,015 m/s, además cuenta con un volumen de aire entre nódulos de 5,9 l/m².

Esta capa se emplea como drenaje y filtración, además de protección de la impermeabilización en cubiertas ajardinadas intensivas. Entre las ventajas y beneficios de este producto destacan:

- El geotextil, fusionado a los nódulos, absorbe y filtra el agua del terreno, evitando la colmatación del sistema. Proporciona un drenaje permanente.
- Imputrescible.
- Inalterable frente a los agentes químicos presentes en el suelo (sulfatos, cloruros, etc.).
- Resistente a la rotura, al impacto y no es deformable.

A la hora de colocarlo en obras hay que tener en cuenta varias cuestiones importantes. En sistemas de cubiertas ajardinadas donde el soporte para DANODREN JARDÍN sea poliestireno extruido (XPS), habrá que colocar una capa separadora de poliéster para evitar la incompatibilidad química entre materiales (Fig. 48).

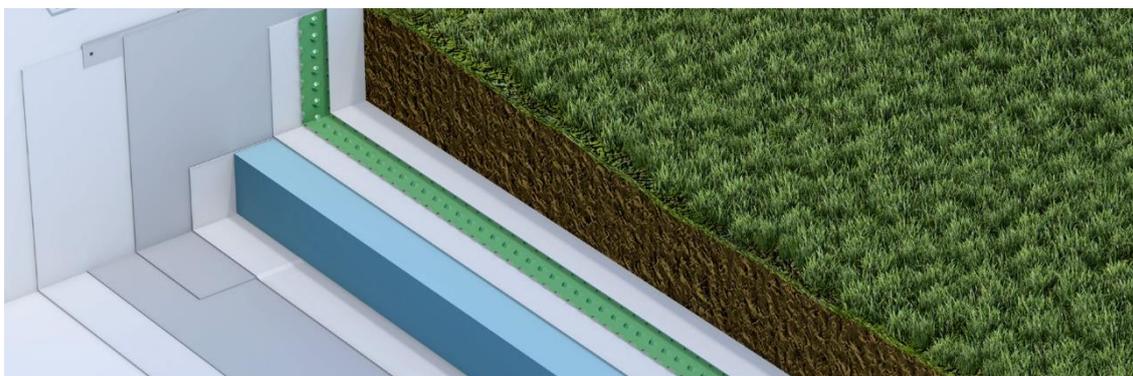


Figura 48. Solución compatible: cubierta ajardinada intensiva con PVC.

DANODREN JARDÍN se coloca con el geotextil filtrante hacia arriba. Esta capa presenta un ancho de 5 cm menos que la lámina drenante para facilitar el solape de rollo con rollo. Para realizar el solape, se despegue el geotextil 7 cm, dejando al descubierto 12 cm de lámina drenante, donde se realizará el solape con la siguiente lámina. Por último, se dispone la tierra vegetal, la cual se colocará directamente encima de la capa filtrante.

Como última recomendación, cabe destacar que debe almacenarse en un lugar seco y protegido de la lluvia, el sol, el calor y las bajas temperaturas, y en posición vertical, para evitar que se deformen los nódulos.

Además, dentro de la norma estudiada se recomienda el uso de este material en función de las capas que se vayan a colocar por encima y por debajo. Esto se recoge en la siguiente tabla 27 y figuras 49 y 50:

	CUBIERTA CONVENCIONAL	CUBIERTA INVERTIDA	
V-S	Vegetación y Sustrato		
F-D	LSF 6 ^a		
CS	Capa antiraíces	-	
IMP	Lámina impermeable	AT	Aislante térmico

^a Cantidad de almacenamiento de agua (l/m²).

Tabla 27. Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante.

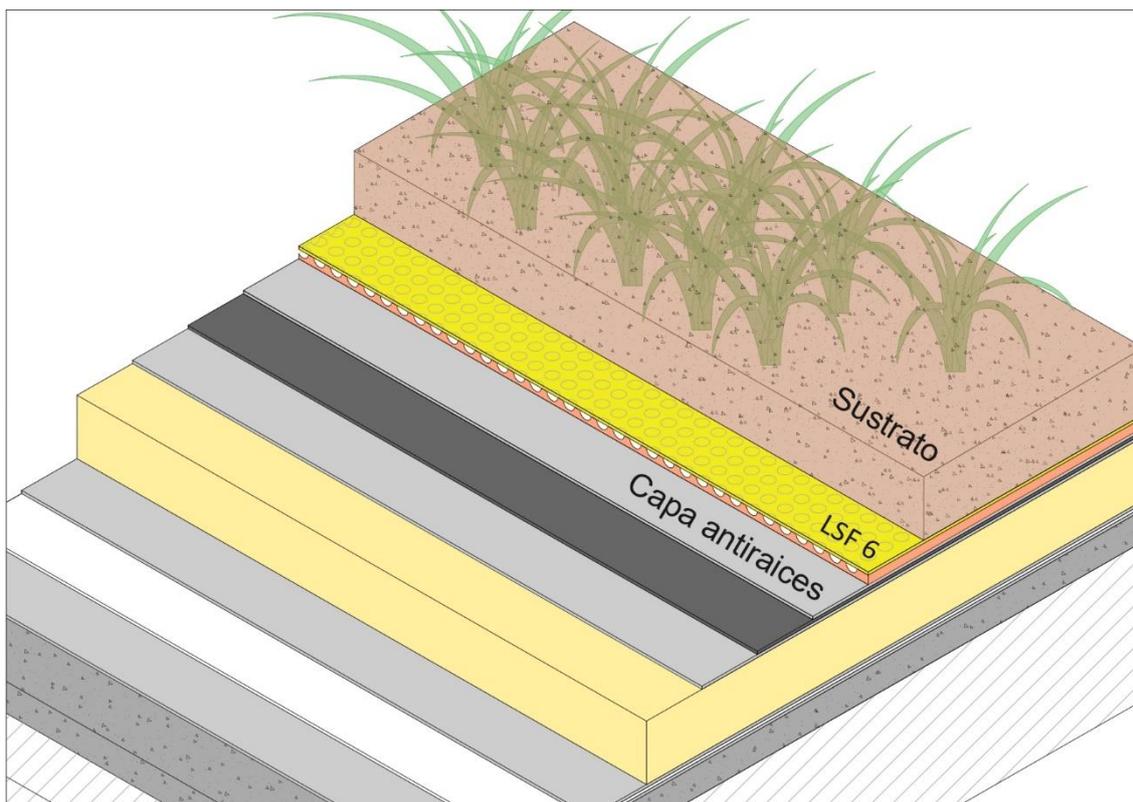


Figura 49. Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante en cubierta convencional.

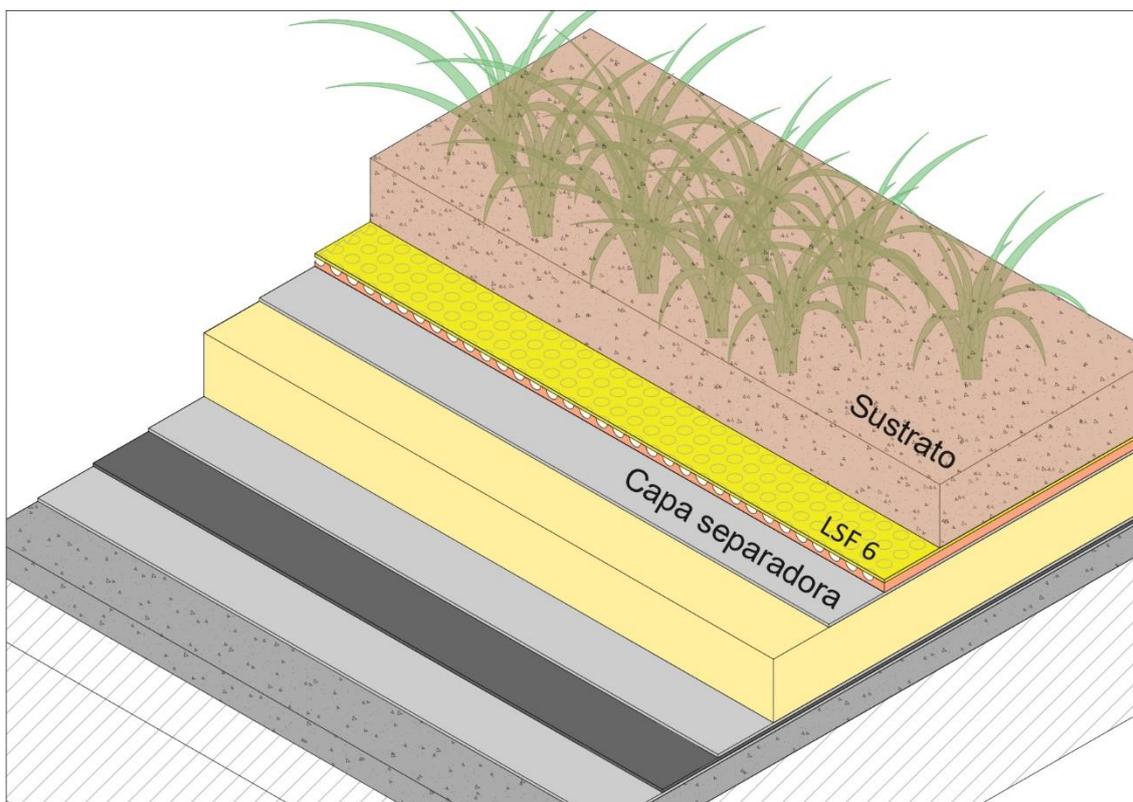


Figura 50. Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante en cubierta invertida.



4.3 Capa difusora de vapor

Esta capa debe facilitar la evacuación del vapor de agua ocluido en algunas de las capas de la cubierta. Su función es proteger a los materiales más sensibles del riesgo de condensación y formación de agua líquida en su masa, como por ejemplo los materiales orgánicos, y los materiales aislantes (de porosidad abierta y los de naturaleza orgánica) para evitar que las propiedades aislantes derivadas del aire inmóvil se vean degradadas por la presencia de agua líquida, que es menos aislante que el aire.

4.3.1 UNE 104416:2009¹⁰²

En cuanto a la capa difusora de vapor, en esta norma por un lado se estipula que deberá colocarse cuando la cubierta sea convencional y no ventilada y, además, no se disponga una barrera contra vapor de agua. Cuando dada esta situación se necesite facilitar la evacuación del vapor de agua, se dispondrá de esta capa, ya que podría quedar ocluido vapor de agua en algunas de las capas de la cubierta situadas debajo de la impermeabilización, como en la de formación de pendientes y en el de aislamiento térmico, que podrían ocasionar humedades por condensación (Fig. 51).

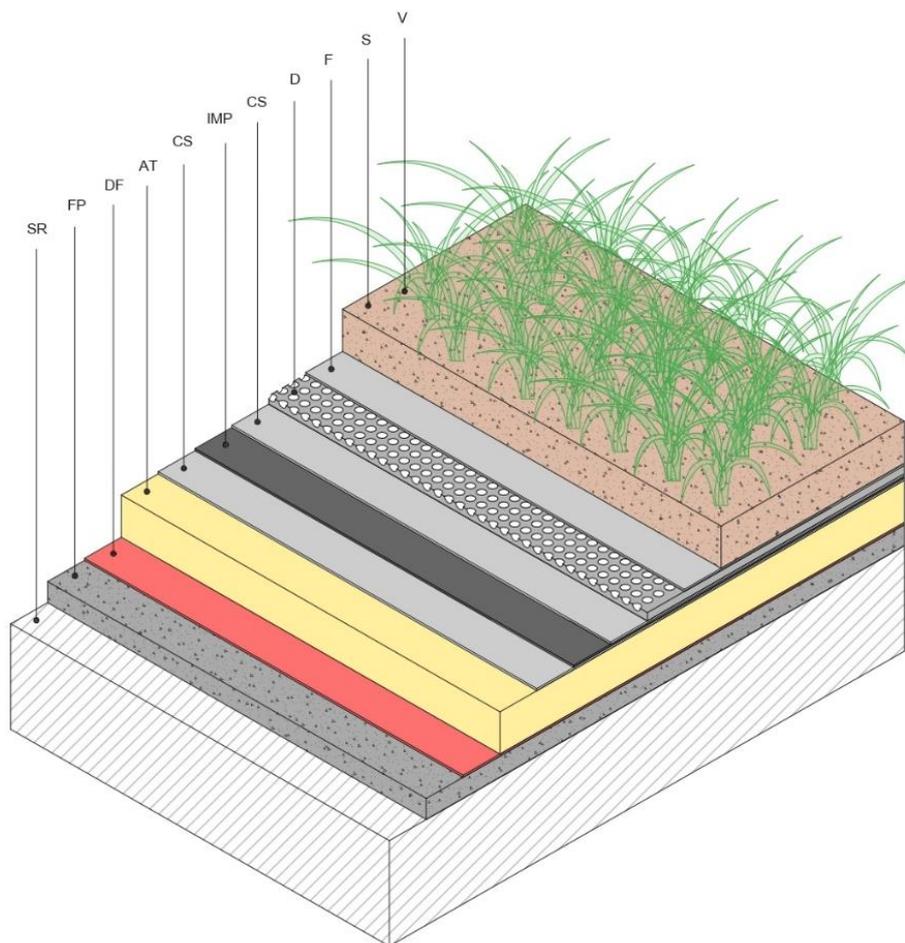


Figura 51. Detalle constructivo cubierta convencional sin barrera contra vapor. Leyenda: V: Vegetación; S. Sustrato; F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante; CS. Capa separadora; IMP. Lámina impermeabilizante; AS. Aislante; DF. Capa separadora difusora de vapor; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

Como capa para la difusión del vapor de agua, la norma propone las siguientes láminas (Tabla 28). Estas deberán resistir el paso del vapor de agua en el sentido normal al plano de apoyo y que faciliten la

¹⁰² AENOR, 2009, p: 61.

evacuación del vapor de agua entre el plano de apoyo y la propia capa. Para cumplir con estas exigencias se plantea una combinación de LP 120 con FFV 1/120 o FS 1/250. Por lo tanto, en la posición en la que se sitúa esta capa se colocarán una combinación de dos productos. A continuación, se detallan las propiedades es estas tres capas:

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
LP 120	Lámina de plástico con masa igual o mayor que 120 g/m ² , (véase la Norma UNE-EN 965 ¹⁰³)
FFV 1/120	Fieltro de fibra de vidrio compacto de masa igual o mayor que 120 g/m ²
FS 1/250	Fieltro sintético compacto con una masa igual o mayor que 250 g/m ² , (véase la Norma UNE-EN 965)

Tabla 28. Denominación capa difusora de vapor.

4.3.2 Productos comerciales

Teniendo en cuentas lo expuesto en la taba anterior, en la que recogen las recomendaciones expuestas por la norma, se han buscado productos que cumplan con estos criterios. En este caso, se plantea la combinación de dos productos, una lámina de plástico junto con un fieltro-

4.3.2.1 Lámina de plástico - TEXSA

En cuanto a este producto en concreto se describe como una lámina de plástico con masa igual o mayor que 120 g/m². En la casa comercial Texsa, se pueden encontrar varias láminas de plástico, entre ellas se ha optado por el modelo VINITEX SA ¹⁰⁴ (Fig. 52).

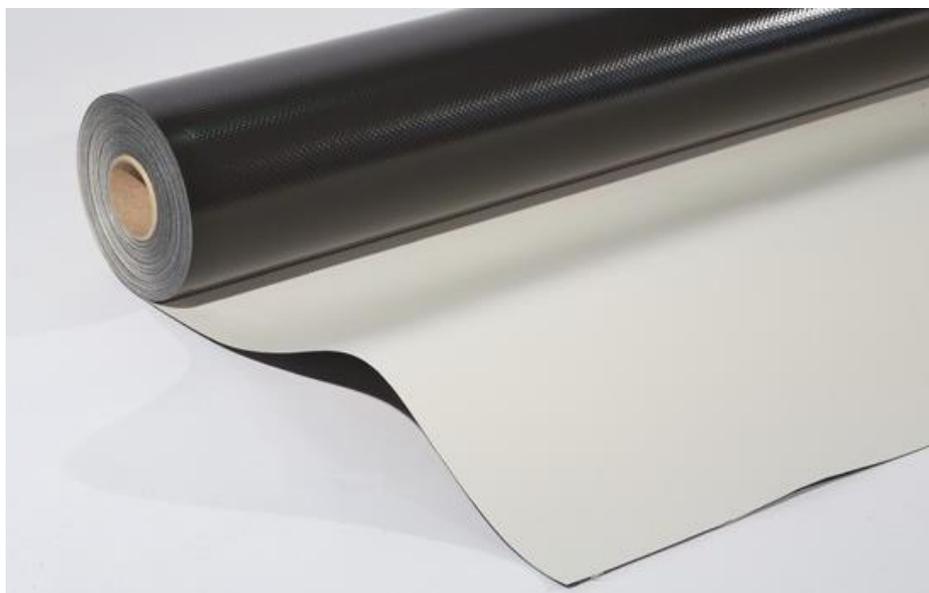


Figura 52. Formato VINITEX SA.

Esta lámina es de PVC y se conforma por un proceso de extrusión. Entre sus ventajas se cuentan que es impermeable y resistente a los rayos UV. Es capaz de adaptarse a los movimientos que genera la estructura y se vuelve algo flexible en bajas temperaturas. Además, es muy resistente a la perforación.

¹⁰³ AENOR, 1995.

¹⁰⁴ TEXSA, 2024.

En las siguientes tablas 29 y 30 se recoge la información obtenida de esta lámina:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	m ² /ROLLO
VINITEX SA	1,5 x 20	21

Tabla 29. Presentación formato VINITEX SA

DATOS TÉCNICOS	VINITEX SA
Gramaje (g/m ²)	195
Espesor (mm)	1,5
Resistencia a tracción (N/mm)	17,5
Resistencia a impacto (mm)	800
Resistencia a la perforación estática (kN)	1,8
Resistencia al desgarro (kN)	0,08

Tabla 30. Propiedades VINITEX SA

Analizando las propiedades de esta lámina de plástico, está por encima del gramaje que aconseja la norma para esta capa, por lo que sería completamente válida como LP 120.

4.3.2.2 Filtro de Fibra de Vidrio - REGARSA

En este caso se busca un fieltro de fibra de vidrio compacto de masa igual o mayor que 120 g/m², que junto con la lámina de plástico cumple la función de capa difusora de vapor. En la casa comercial Regarsa disponen de fieltros de este tipo en varios formatos en función de la masa.

Comercialmente se conoce el producto como REGAR – MAT ¹⁰⁵, es un fieltro de hilos cortados de fibra de vidrio que se mantienen cohesionados gracias a un emulsionante. Se recomienda su uso para impermeabilizaciones, construcción de laminados estructurales (automoción, industria, piscinas, etc.) y moldes con resinas de poliéster (Fig. 32).



Figura 53. Formato REGAR – MAT.

¹⁰⁵ REGART, 2024a; 2024b; 2024c; 2024d; 2024e.

Este producto se presenta varios formatos, sin embargo, no todos cumplen con lo exigido. A continuación, se presentan dos tablas 31 y 32 con datos técnicos y comerciales:

NOMBRE COMERCIAL	ANCHO (cm)	PESO (kg)	€/kg
REGAR – MAT 150	125	38	10,20
REGAR – MAT 225	125	46	8,60
REGAR – MAT 300	125	46	7,40
REGAR – MAT 450	125	46	8,40

Tabla 31. Presentación formatos REGAR – MAT.

DATOS TÉCNICOS	REGAR – MAT 150	REGAR – MAT 225	REGAR – MAT 300	REGAR – MAT 450
Gramaje (g/m ²)	150 (±10%)	225 (±10%)	300 (±5%)	450 (±10%)
Contenido de resina	9,0 % (± 5,0 %)	9,0 % (± 5,0 %)	9,0 % (± 5,0 %)	2,0 % (± 8,0 %)
Contenido en agua (%)	< 0,2 %	< 0,2 %	< 0,2 %	< 0,4 %
Permeabilidad al agua (s)	< 20	< 25	< 50	< 50
Resistencia a la tracción (N/ 150 mm)	100	100	60	60

Tabla 32. Propiedades REGAR – MAT.

Analizando la tabla anterior, se observa que el gramaje es de 160 g/m², mientras que la norma recomienda 120 g/m², por lo que REGAR – MAT supera este valor y por tanto es aceptable.

Entre las ventajas de este fieltro de fibra de vidrio, se puede destacar la buena resistencia a la tracción debido a su flexibilidad, que cuenta con una muy buena distribución de las fibras y que, en caso de ser utilizada junto con resinas, cuenta con una buena impregnación y es compatible con múltiples tipos de resinas.

4.3.2.3 Fieltro sintético - ZinCo

Este último producto, que junto con la lámina de plástico cumplirían la función de capa difusora de vapor, se describe como fieltro sintético compacto con una masa igual o mayor que 250 g/m². Dentro de la casa comercial ZinCo, hay varios productos de fieltro de polipropileno, sin embargo, en este caso se busca que se superen los 250 g/m². El único de ellos es el denominado Fieltro sistema PV ¹⁰⁶.

Este se describe como filtro de polipropileno termosoldado con muy alta resistencia a carga mecánica. Además, cuenta con otras características como:

- Muy alta resistencia a la tracción.
- Resistente a todo tipo de ácidos y álcalis naturales.
- Química y biológicamente neutral.
- Alta permeabilidad.
- Rápida y fácil instalación.
- Resistente a la descomposición.

¹⁰⁶ ZinCo, 2024a.

Como la mayoría de los productos de este tipo se presenta en forma de rollo, y es de color gris (Fig. 54).



Figura 54. Formato Fieltro sistema PV.

A continuación, se presentan dos tablas 33 y 34 con datos técnicos y comerciales:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	FORMATO
Fieltro sistema PV	2 x 50	Rollo 100 m ²

Tabla 33. Presentación formato Fieltro sistema PV.

DATOS TÉCNICOS	FIELTRO SISTEMA PV
Gramaje (g/m ²)	300
Resistencia a la tracción (N/mm)	23
Espesor (mm)	1,6
Dilatación de rotura longitudinal/transversal (%)	50 / 55

Tabla 34. Propiedades Fieltro sistema PV.

En referencia con esta capa, la norma, como en el caso anterior, únicamente detalla que densidad debería tener, que en este caso en particular es mayor a 250 g/m². Lo expuesto en la tabla anterior confirma que este producto de la casa comercia ZinCo, sería válido según la norma.

4.4 Capa retenedora de humedad

Según las características de la vegetación implantada, esta tiene unas necesidades u otras, como por ejemplo la cantidad de agua y humedad necesaria para desarrollarse y crecer. El almacenamiento de esta agua se puede dar en unas capas u otra y de varias formas. Se pueden distinguir las siguientes¹⁰⁷:

- En el sustrato vegetal, usando geles o materiales capaces de almenar agua.
- En el sustrato vegetal junto con la capa drenante, en la cual se usarán materiales granulares o paneles prefabricados capaces de drenar y retener agua.
- En capas separadoras y capas separadoras con capacidad de almacenamiento de agua.

Por lo tanto, el uso de esta capa es opcional y depende de las necesidades de agua de la vegetación. Su función principal es, como su propio nombre indica, aportar agua adicional a la vegetación.

Se usará sobre todo en cubiertas ajardinadas intensivas, debido a la gran cantidad de agua que requieren. Aumentando el espesor del sustrato es posible aumentar la cantidad de agua almacenada, sin embargo, más cantidad de sustrato conlleva mayor carga para la cubierta¹⁰⁸. Por lo tanto, en ciertas circunstancias se opta por colocar capas separadoras para aportar un almacenamiento extra de agua sin aumentar considerablemente el peso de la cubierta. En caso de que sea necesaria esta capa se colocará justo debajo del sustrato (Fig. 55) o bajo la capa drenante (Fig. 56), buscando que esté en contacto con este, o lo más cerca posible, y así se pueda transmitir el agua retenida mediante capilaridad a todo el sustrato¹⁰⁹.

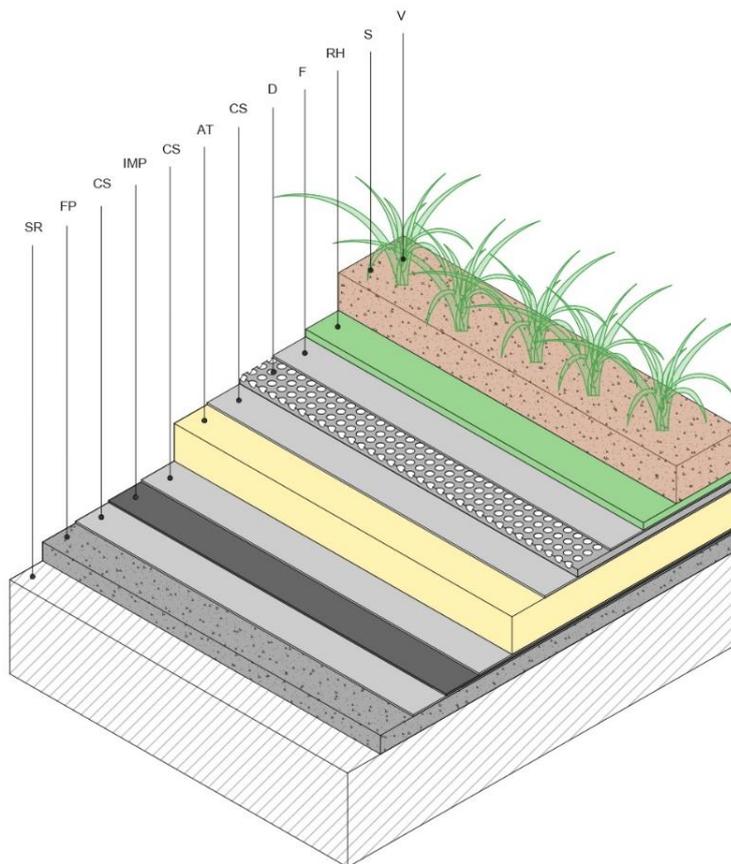


Figura 55. Detalle constructivo colocación capa retenedora en cubierta invertida (1).

Leyenda: V : Vegetación ; S. Sustrato; RH. Capa separadora retenedora de humedad ; F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante ; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

¹⁰⁷ FLL, 2018.

¹⁰⁸ Greentex texsa, 2015.

¹⁰⁹ Ibidem.

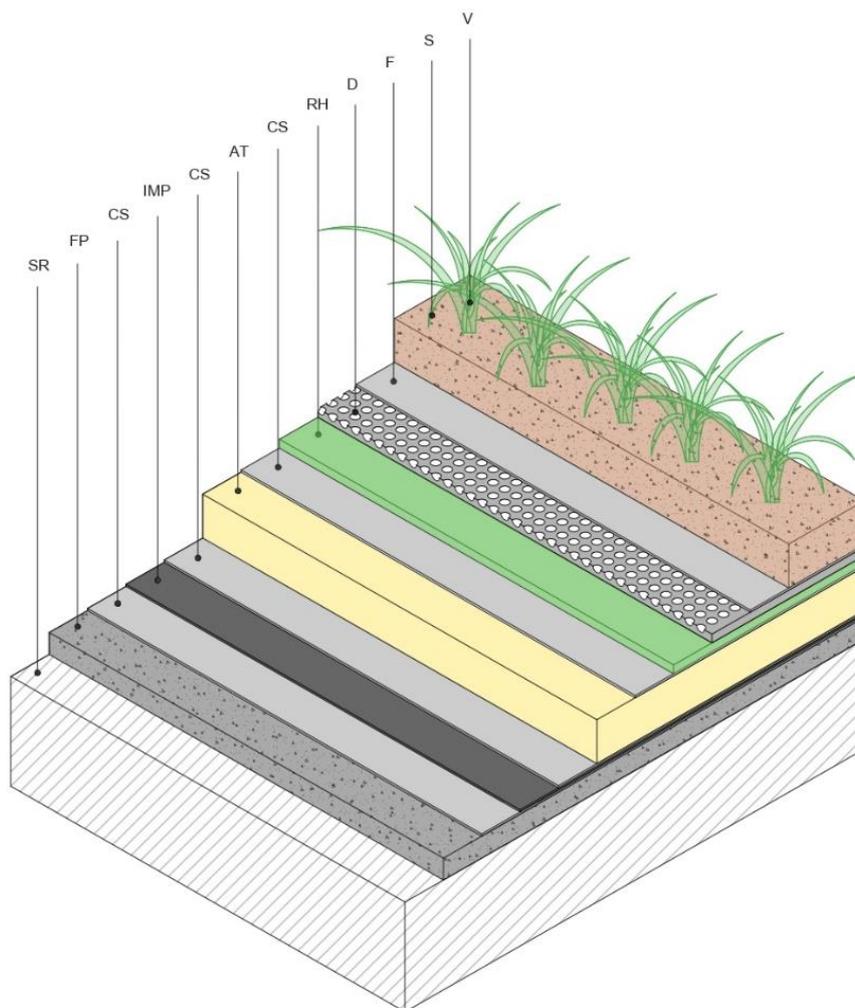


Figura 56. Detalle constructivo colocación capa retenedora en cubierta invertida (2).

Leyenda: V : Vegetación ; S. Sustrato; F. Capa separadora filtrante; D. Capa separadora drenante ; RH. Capa separadora retenedora de humedad ; CS. Capa separadora; AT. Aislante; IMP. Lámina impermeabilizante; FR. Formación de pendiente; SR. Soporte.

Al contrario que con las capas anteriores, la UNE 104416 no dedica un apartado en el cual explique en que consiste esta capa ni plantea recomendaciones y consejos sobre el uso de esta capa. Sin embargo, con el objetivo de poder proponer productos que se puedan emplear como capa retenedora de humedad, se ha realizado una búsqueda en función de los materiales más usados.

Varias son las opciones de materiales para estas capas¹¹⁰:

- **Mantas absorbentes:** se suelen emplear junto con la capa drenante, y pueden ser de fibras sintéticas o lana de roca, pero en este caso contienen componentes químicos que le proporcionan una elevada capacidad de absorción y retención de agua (hasta 20 L/m²).
- **Placas nodulares de poliestireno expandido (EPS):** se colocan con los nódulos pequeños hacia arriba, que retienen aproximadamente 6 L/m², en función del tipo y espesor de los paneles. Pueden servir a la vez como capa drenante, de retención de agua y como capa de aislamiento.
- **Materiales granulares de poro abierto:** que presentan una elevada capacidad de almacenamiento de agua. Un producto expuesto anteriormente, planteado por la norma, que cumpliría con esta denominación son Áridos 5 y Áridos R 60 (véase tablas 11, 12, y apartado 4.2.3.1).
- **Geles incorporados al sustrato.**

¹¹⁰ Borràs, J.G, 2023, p. 141.

A pesar de no contar con especificaciones ni recomendaciones para esta capa, buscando una coherencia y uniformidad en el documento, a continuación, se expone la tabla 35 la denominación y las características de esta capa.

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
MA 20	Compuesto formado por fibras sintéticas o lana de roca, con una capacidad de almacenamiento de agua de hasta 20 L/m ²
PN - EPS	Placas nodulares de poliestireno expandido (EPS) con una capacidad de almacenamiento de agua de aproximadamente 6 L/m ² .
Áridos 5	Capa de áridos de canto rodado o de machaqueo, con una capacidad de almacenamiento de agua > 5l/m ² < 60l/m ²
Áridos R 60	Capa de áridos de canto rodado o de machaqueo, con una capacidad de almacenamiento de agua > 60l/ m ²
GL	Compuesto formado por geles que se incorporan al sustrato aumentado su capacidad de almacenamiento de agua.

Tabla 35. Denominación capa retenedora de humedad.

4.4.1 Productos comerciales

A continuación, se detallan productos con diferente materialidad que podrían emplearse como capa retenedora de humedad, adoptando su denominación.

4.4.1.1 Mantas absorbentes – ZinCo y Renolit

Uno de los materiales más usados como capa retenedora de humedad son las mantas absorbentes, las cuales se componen, principalmente, de fibras sintéticas o de lana de roca. Por un lado, si se prefiere usar fibras sintéticas, dentro de la marca ZinCo se pueden encontrar varias opciones, sin embargo, buscando la mayor capacidad de almacenamiento de agua se escoge el modelo hidroabsorbente WSM 150 ¹¹¹ (Fig. 57).



¹¹¹ ZinCo, 2024b.

Figura 57. Formato Manta hidroabsorbente WSM 150.

La manta hidroabsorbente WSM 150 está formada por fibras sintéticas recicladas, termofijadas y punzonadas. No es degradable y su principal utilidad es como manta retenedora bajo ajardinamientos extensivos. Entre sus características destaca la compatibilidad con el betún, además es química y biológicamente neutral y es capaz de resistir al desgarro.

Se presenta en un único formato con las siguientes características (Tabla 36):

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	FORMATO
Manta hidroabsorbente WSM 150	1 x 15	Rollo 15 m ²

Tabla 36. Presentación formato Manta hidroabsorbente WSM 150.

En cuanto a sus prestaciones se recogen en la siguiente tabla 37:

DATOS TÉCNICOS	MANTA HIDROABSORBENTE WSM 150
Gramaje (g/m ²)	1500
Espesor (mm)	17
Capacidad de retención de agua (l/m ²)	12

Tabla 37. Propiedades Manta hidroabsorbente WSM 150.

Como se puede observar, tiene una alta capacidad de almacenamiento de agua, en comparación con otros de los productos similares. Sin embargo, su retención es menor comprada con los productos de lana de roca.

Si por el contrario se pretende emplear lana de roca como capa retenedora de humedad, en la empresa Renolit se presenta RENOLIT ALKORPLUS 81016 ¹¹² (Fig. 58), cuya principal función es asegurar la reserva se agua para regar las plantas.



Figura 58. Formato RENOLIT ALKORPLUS 81016.

¹¹² RENOLIT, 2024.

En las siguientes tablas 38 y 39 se recoge la información obtenida sobre este producto:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	MASA/ ROLLO
RENOLIT ALKORPLUS 81016	1 x 9	15,75 kg

Tabla38. Presentación formato RENOLIT ALKORPLUS 81016.

DATOS TÉCNICOS		RENOLIT ALKORPLUS 81016
Espesor (mm)		25
Capacidad de retención de agua (l/m ²)		19

Tabla 39. Propiedades RENOLIT ALKORPLUS 81016.

A diferencia de la manta de fibras sintéticas, la lana mineral presenta un mayor espesor y es capaz de retener más agua por metro cuadrado.

4.4.1.2 Paneles nodulares de EPS – ZinCo

Otra opción de capa retenedora de humedad son los paneles nodulares de EPS, buscando a la vez retener el agua y drenarla en caso de que sea excesiva con el objetivo de evitar que se pudran las raíces de la vegetación.

Dentro de este formato, también por parte de ZinCo, se presentan los elementos Floraset ¹¹³. Estos son placas fabricadas con espumas rígidas de EPS, dotadas de cavidades con aberturas para la aireación y canales en dos direcciones. Su principal uso, y el recomendado por la empresa, es en cubiertas ajardinadas de grandes superficies sin pendiente.

Hay dos formatos. En primer lugar, Floraset FS 50 (Fig. 59) se recomienda emplearlo en cubiertas ajardinadas extensivas planas, con o sin pendiente. Cuenta con cavidades multidireccionales en su cara inferior. El otro formato es el modelo Floraset FS 75 (Fig. 60), el cual, debido a su geometría, puede usarse por ambos lados en cubiertas ajardinadas extensivas y semiintensivas. Puede usarse en cubiertas planas e incluso en cubiertas inclinadas hasta 20°.

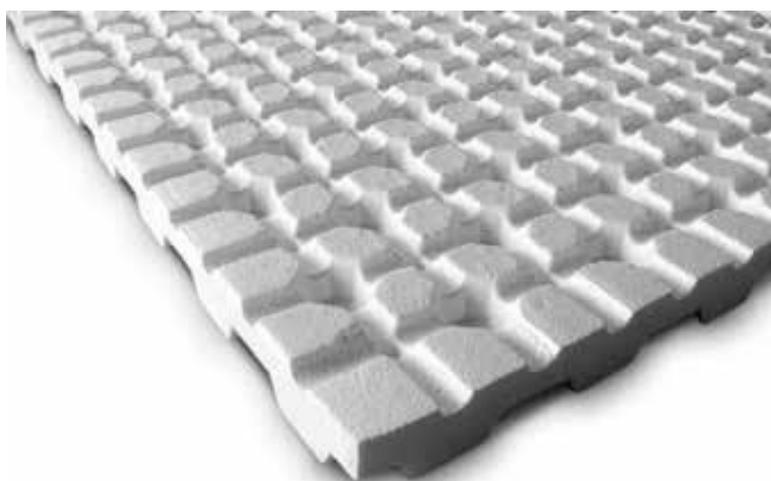


Figura 59. Formato Floraset FS 50

¹¹³ ZinCo, 2024b.

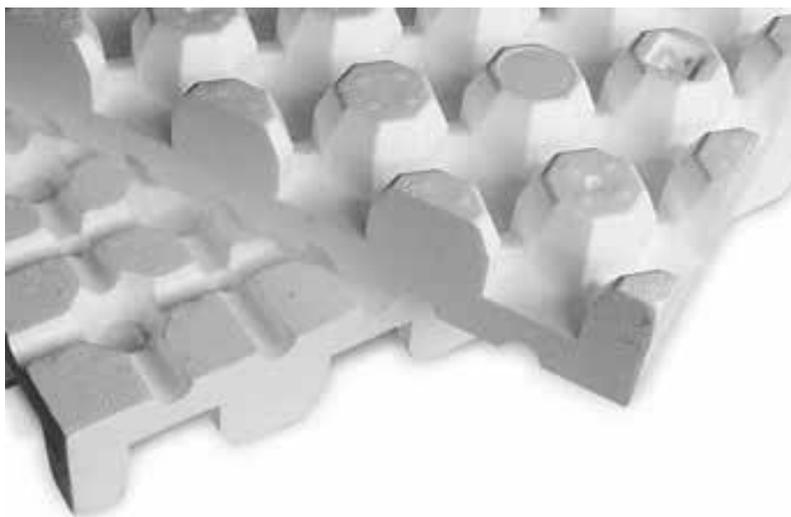


Figura 60. Formato Floraset FS 75.

A continuación, se recogen los formatos de ambos modelos (Tabla 40):

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	FORMATO
FS 50	1 x 1	Placa 1 m ²
FS 75	1 x 1	Placa 1 m ²

Tabla 40. Presentación formatos Floraset.

Las siguientes tablas 41 y 42 presentan, de forma resumida, las propiedades de ambos modelos:

DATOS TÉCNICOS	FLORASET FS 50
Gramaje (kg/m ²)	0,6
Altura (mm)	50
Densidad aparente (kg/m ³)	20

Tabla 41. Propiedades Floraset FS 50.

DATOS TÉCNICOS	FLORASET FS 75
Gramaje (kg/m ²)	1
Altura (mm)	75
Volumen de relleno (l/m ²)	20

Tabla 42. Propiedades Floraset FS 75.

4.4.1.3 Geles - Projar

La última opción, es el uso de geles incluidos dentro del sustrato aumentando así la propia capacidad de retención de este. Dentro de las empresas dedicadas a los productos empleados en cubiertas ajardinadas, en la empresa Projar disponen de un gel retenedor de agua conocido comercialmente como STOCKOSORB¹¹⁴ (Fig. 61).

¹¹⁴ Projar, 2024.



Figura 61. Formato STOCKOSORB.

Este producto es capaz de almacenar agua y nutrientes e ir liberándolos conforme vaya siendo necesario, de esta forma ayuda al crecimiento de las plantas y reduce la frecuencia de riego hasta en un 50 %. Un kilogramo de este producto es capaz de liberar hasta 250 litros. Además, permite ahorrar en fertilizantes y es ambientalmente seguro y biodegradable.

Junto con lo comentado anteriormente, el uso de este producto permite ahorrar en costes, ya que se reduce el riego y, debido su uniformidad a la hora de liberar el agua, ayuda a que las plantas crezcan mejor.

Hay dos formas de aplicar este producto: en seco, incorporándose al terreno y regando posteriormente para activarlo; o prehidratado, siguiendo el siguiente proceso:

- Poner el producto en agua, en una relación 1/80 (1 parte de producto por cada 80 de agua).
- Agitar para evitar que se formen grumos.
- Dejar 30 minutos para que se complete el proceso de hidratación.
- Mezclar con fertilizante o material orgánico.
- Una vez hidratado se puede aplicar, entre 2 y 4 litros de producto por cada 10 metro lineales o lo que es lo mismo entre 100 y 150 kg por hectárea.

A continuación, se presenta la tabla 43, que recoge las características del formato:

NOMBRE COMERCIAL	PRESENTACIÓN	MASA kg/SACO	PRECIO €/SACO
STOCKOSORB	Saco	1	9

Tabla 43. Presentación formato STOCKOSORB.

4.5 Capa antiraíces

Esta capa se coloca siempre sobre la lámina impermeable (Fig. 62 y 63), y su principal función es impedir que las raíces dañen la lámina impermeabilizante o, en ciertas circunstancias, la barrera contra vapor o el hormigón de pendiente, pudiendo alcanzar la estructura resistente de la cubierta¹¹⁵.

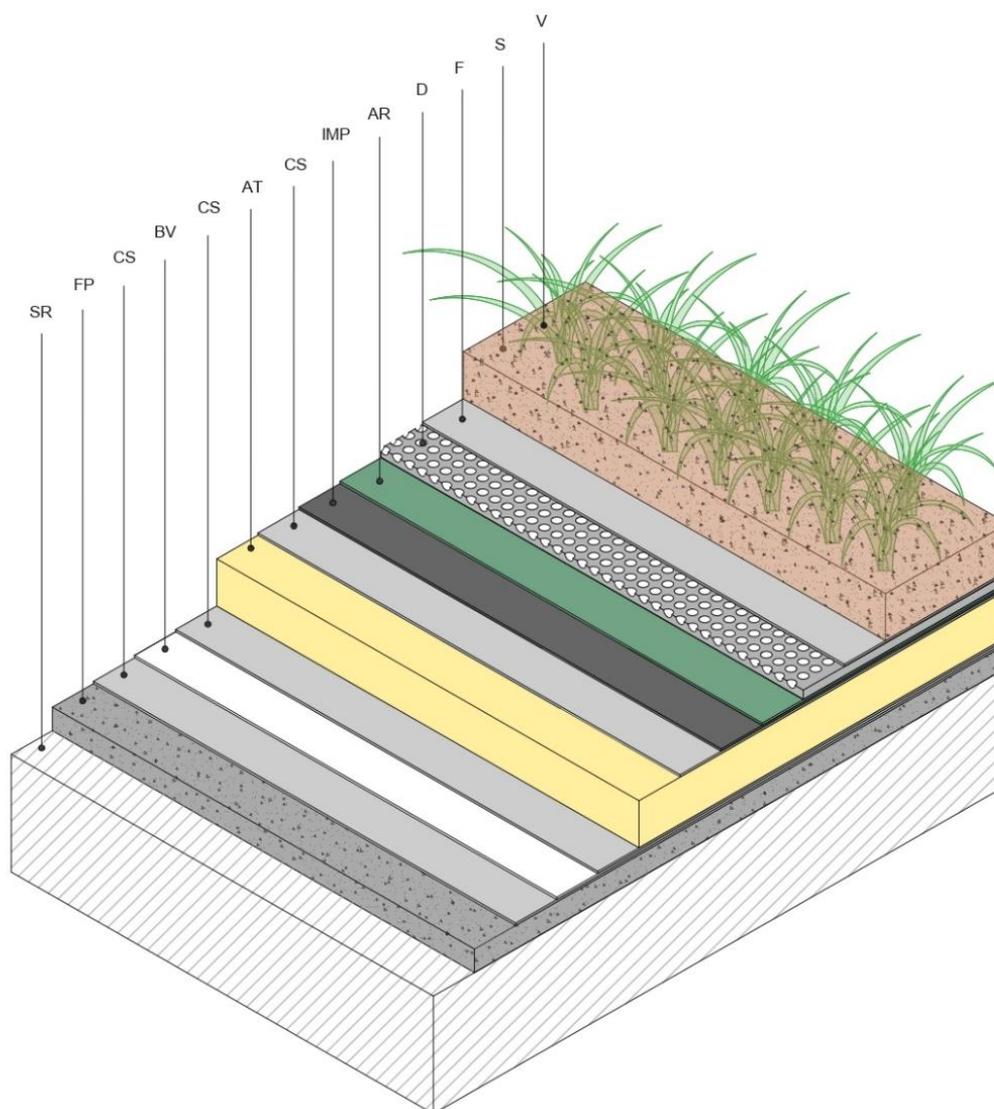


Figura 62. Detalle constructivo colocación capa antiraíces cubierta convencional. Leyenda: V: Vegetación; S: Sustrato; F: Capa separadora filtrante; D: Capa separadora drenante; AR: Capa separadora antiraíces; IMP: Lámina impermeabilizante; AS: Aislante; CS: Capa separadora; BV: Barrera contra vapor; FR: Formación de pendiente; SR: Soporte.

¹¹⁵ NTJ 11C, 2012, p: 23.

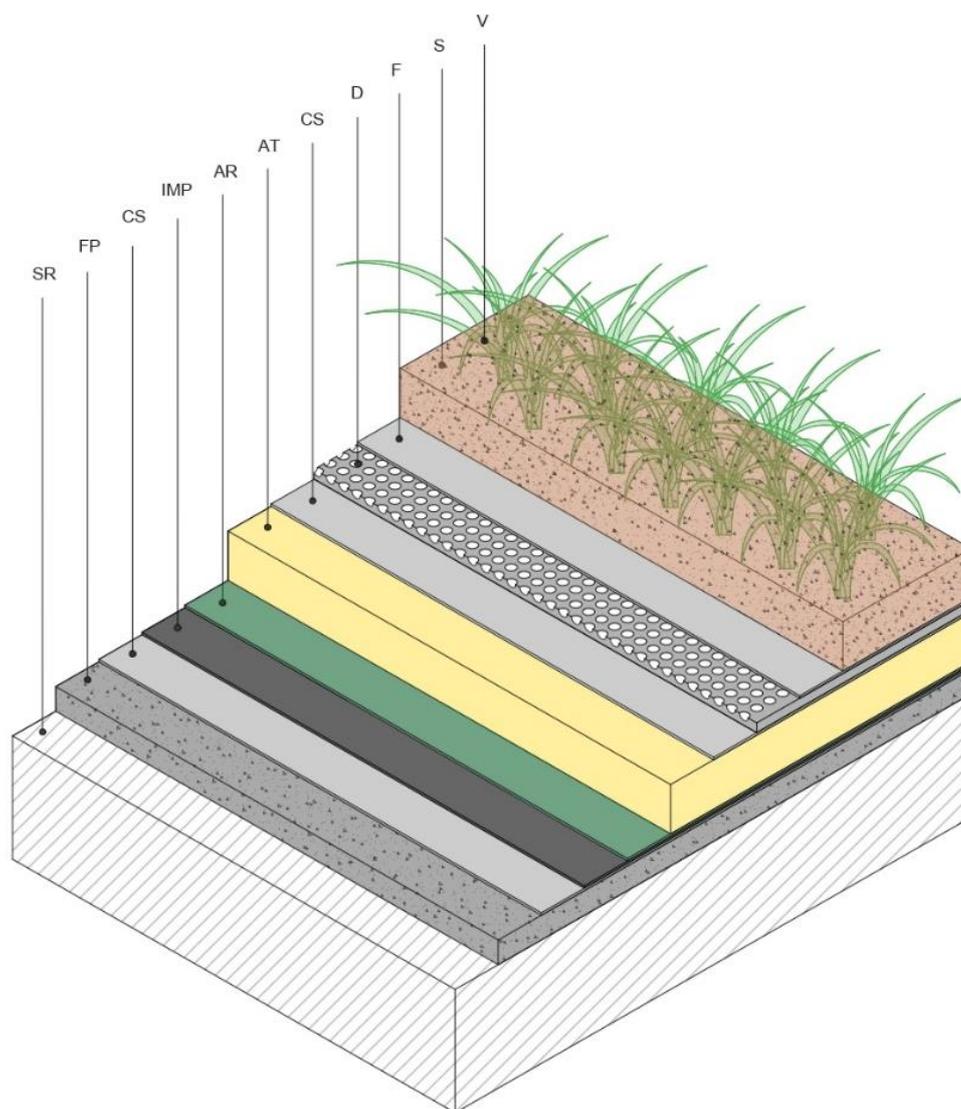


Figura 6. Detalle constructivo colocación capa antiraíces cubierta invertida. Leyenda: V: Vegetación; S: Sustrato; F: Capa separadora filtrante; D: Capa separadora drenante; CS: Capa separadora; AT: Aislante; AR: Capa separadora antiraíces; IMP: Lámina impermeabilizante; FR: Formación de pendiente; SR: Soporte.

Dentro de la UNE 104416, igual que ocurre con la capa retenedora de humedad, no se detalla información acerca de esta capa antiraíces. Sin embargo, se ha podido conocer e investigar más sobre esta capa en la *Green Roof Guidelines* de 2018 (FLL 2018). En este documento se exponen las pautas sobre el planteamiento, la construcción y el mantenimiento de las cubiertas ajardinadas, la cual se detalla en los siguientes párrafos¹¹⁶.

La capa antiraíces puede estar compuesta por membranas o por un revestimiento de la superficie en formato líquido, o incluso pudiendo emplearse láminas impermeables que tengan un tratamiento antiraíces incorporado.

Esta capa es necesaria tanto en las cubiertas ajardinadas intensivas como extensivas, teniendo en cuenta las especies vegetales que se van a emplear para conocer como crecen sus raíces y cómo de fuertes son.

La funcionalidad de esta capa disminuye si no se realiza una buena colocación, buscando la continuidad y prestando atención a los puntos de unión. Además, se deberá tener en cuenta el tipo de impermeabilización por si hay que colocar una capa adicional separadora entre ambas. Uno de los

¹¹⁶ FLL, 2018.

inconvenientes de estas láminas es que no son resistentes a los rayos UV, por lo que no podrán exponerse al sol durante mucho tiempo.

Las capas protectoras utilizadas para cubiertas verdes pueden consistir en:

- geotextiles;
- membranas sintéticas;
- membranas de granulado sintético;
- paneles de drenaje;
- paneles aislantes (por ejemplo, para cubiertas invertidas).

A continuación, se presenta, como en el caso de la capa retenedora de humedad, la tabla 44 con una propuesta de denominación de los materiales más usados como lámina antiraíces y sus propiedades, en función de la FLL 2018:

DENOMINACIÓN	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
GEO	Compuesto geotextil con una densidad mínima de 300 g/m ² y 2 mm de espesor.
MS	Membranas sintéticas, resistente a agentes mecánicos, térmicos y tensiones químicas.
I+AT	Lámina impermeable con tratamiento antiraíces.

Tabla 44. Denominación capa antiraíces.

En general, esta capa deber cumplir con las siguientes exigencias:

- Los materiales deben ser compatibles entre sí, y con la impermeabilización, además de \forall ser resistente a los agentes mecánicos, térmicos y tensiones químicas que se les imponen.
- Los materiales deben ser resistentes a la putrefacción causada por las sustancias y microorganismos que se encuentran en sustrato y vegetación durante su vida útil.
- No deben verse afectadas por sustancias extrañas nocivas.

Entre la información y recomendaciones que plantea este documento, se detalla en un apartado a parte ciertas sugerencias en cuanto a la ejecución y puesta en obra de estas láminas, como, por ejemplo:

- Se debe limpiar previamente la zona, y evitar que se dañe.
- Si se colocan las láminas superpuestas, se debe garantizar un solape mínimo de 10 cm.
- En caso de usar capas protectoras de asfalto vertido, se deberá tener en cuenta la compatibilidad entre materiales.

4.5.1 Productos comerciales

En función de la tabla expuesta anteriormente se han buscado productos que respondan concuerden con estas recomendaciones y que puedan ser usadas como capas antiraíces.

4.5.1.1 Compuesto geotextil

En este caso se está buscando un geotextil con densidad mínima de 300 g/m² y espesor mínimo de 2 mm. El objetivo de esta capa es evitar el paso de las raíces, de ahí la necesidad de un alto gramaje y espesor.

Anteriormente, al hablar sobre capas filtrantes (véase el apartado 4.1) se han presentado geotextiles, los cuales en ese caso se podrían utilizar como capa filtrante. Sin embargo, ciertos modelos de algunos de los productos mencionados podrían usarse como capa antiraíces, ya que cumplen con las recomendaciones para esta capa.

A continuación, se expone la tabla 45 con los modelos de los productos expuesto en el apartado 4.1, que podrían cumplir la función de capa antiraíces.

CASA COMERCIAL	MODELO	ESPESOR (mm)	GRAMAJE (g/m ²)
DANOSA	DANOFELT PY 300	2,6	300
	DANOFELT PY 500	3,8	500
DANOSA	DANOFELT PP 300	-	300
SOPREMA	ROOFTEX V 300	-	300
	ROOFTEX V 400		400
	ROOFTEX V 500		500

Tabla 45. Productos válidos como geotextil.

A pesar de que en varios modelos no se detalla el espesor, el gramaje es igual o superior al recomendado. Además, entre sus características, se detalla que son resistentes al punzonamiento y la penetración.

Entre los datos técnicos de los tres modelos se recomienda prestar atención en los valores de perforación dinámica (expresada en mm) y el punzonamiento estático (expresado en kN), ya que son los más determinantes si se pretende usar estos geotextiles como capas antipunzonantes.

4.5.1.2 Membranas sintéticas - Knauf

Además de poder usar productos que debido a sus características se puedan usar para desarrollar varias funciones, en el mercado se pueden encontrar láminas que cumplen principalmente la función de capa antiraíces.

En Knauf, el modelo Urbanscape Membrana antiraíces¹¹⁷ (Fig. 64) es una lámina artificial de polipropileno de baja densidad, de color negro, que se emplea en caso de que la capa impermeable no sea resistente al enraizamiento. Se genera un sistema bicapa compuesto por la capa impermeable y esta capa antiraíces que se colocará por encima.



Figura 64. Formato Urbanscape Membrana antiraíces.

Este producto cuenta con único formato, del cual se recogen los datos técnicos y de presentación en las siguientes tablas 46 y 47:

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	m ² ROLLO
Urbanscape Membrana antiraíces	4 x 20	1000

¹¹⁷ KNAUF, 2018.

Tabla 46. Presentación formato URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES.

DATOS TÉCNICOS	URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES
Gramaje (g/m ²)	500
Espesor (mm)	0,5
Densidad (g/cm ³)	0,93
Resistencia a la tracción longitudinal (MPa)	18 - 21
Resistencia a la tracción transversal (MPa)	17 - 20

Tabla 47. Propiedades URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES.

A la hora de instalar esta lámina, se deberá tener en cuenta que conforme se vaya colocando se tiene que ir fijando en puntos como sumideros. Para ello se realizarán cortes, los cuales no se harán sobre la capa impermeable, ya que podría dañarse.

4.5.1.3 Lámina impermeable con tratamiento antiraíces - DANOSA

Como se ha comentado anteriormente esta capa se coloca justo encima de la capa impermeable, por lo que se han desarrollado dentro del mercado productos que combinan ambas capas, es decir, una lámina impermeable con un tratamiento antiraíces.

La casa comercial DANOSA ¹¹⁸ dispone de un producto que combina las funciones de lámina impermeable con capa antiraíces, y se conoce comercialmente como ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE (Fig. 65).



Figura 65. Formato ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE.

Se trata de una lámina bituminosa de superficie autoprottegida tipo LBM(SBS)-50/G-FP con tratamiento antiraíz. Está compuesta por una armadura de fieltro de poliéster reforzado, recubierta por ambas caras con un mástico de betún modificado con elastómeros, y acabada en su cara externa en gránulos de pizarra de color verde, como material de protección. En su cara interna, como material antiadherente, incorpora un film plástico de terminación.

Antes de exponer las características y la información más importante de este producto, en las siguientes tablas se presentan los datos del formato (tabla 48) y datos técnicos (tabla 49):

NOMBRE COMERCIAL	DIMENSIONES (m)	m ² ROLLO	PRECIO €/m ²
ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE	8 x 1	8	21,87

Tabla 48. Presentación formato ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE.

¹¹⁸ DANOSA 2024g, 2024h.

DATOS TÉCNICOS	ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE
Gramaje (g/m ²)	5
Espesor (mm)	3,5
Factor de resistencia a la humedad (μ)	20.000
Resistencia a la penetración de raíces	Pasa
Resistencia a la tracción longitudinal (N/5cm)	700 (±200)
Resistencia a la tracción transversal (N/5cm)	450 (±150)
Resistencia al impacto; método A - duro (mm)	>900
Resistencia al impacto; método B - Flexible (mm)	>1000

Tabla 49. Propiedades ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE.

Este producto tiene varios campos de aplicación, siempre como lámina impermeable, en trasdós de muros, como capa superior de impermeabilización multicapa de cubiertas autoprotegidas, como capa superior de impermeabilización bicapa de cubiertas con protección pesada adheridas, no adheridas o flotantes y como protección monocapa para impermeabilización de cubiertas ajardinadas intensivas y extensivas y de cubiertas con protección pesada adherida, no adheridas o flotantes.

Entre las ventajas de este producto, cabe destacar las siguientes:

- Alta resistencia tanto al punzonamiento dinámico como estático.
- Resistencia a los rayos UV debido a su acabado mineral.
- Gran resistencia a la penetración de raíces, a la tracción y al desgarro.
- Impermeabilidad total al vapor de agua y al agua.
- Imputrescible.

Dentro de la ficha técnica se presentan ciertas recomendaciones a la hora de su colocación en base a cuál sea la función que vaya a desempeñar, en este caso, se usará como protección monocapa para impermeabilización de cubiertas ajardinadas intensivas y extensivas, por lo que se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- La adherencia al soporte se realizar con soplete.
- Si el soporte es de mortero u hormigón, antes de colocar esta lámina se aplicará una imprimación bituminosa. No será necesario si el soporte es un panel de aislamiento término soldable, es decir, con acabado de asfalto.
- Los solapes soldados tendrán 8±1 cm en el sentido longitudinal y de 10±1 cm en el sentido transversal.
- Para la unión del solape transversal en los extremos de los rollos, es necesario calentar previamente el borde transversal de la lámina inferior en una franja de 10 cm, eliminando o embebiendo el árido de protección en la masa bituminosa y seguidamente, soldar el extremo de la pieza siguiente.

Debido a los componentes que forman esta capa hay que prestar atención a ciertas indicaciones importantes:

- En caso de obra nueva y rehabilitación se tendrán en cuenta las posibles incompatibilidades químicas con las láminas de betún modificado con plastómero APP.
- En caso de ser necesario adherirse sobre elementos metálicos o poco porosos, previamente se aplicará una imprimación bituminosa a toda la superficie a soldar.
- En el caso de árboles de gran porte y/o gran tejido radicular, se protegerá la impermeabilización con una capa de hormigón armado.
- No se recomienda la plantación de palmas, palmeras, cipreses y bambúes.
- Se controlará la posible incompatibilidad entre los aislamientos térmicos y la impermeabilización.

- Si se prevén dilataciones que pudieran afectar a la lámina, se utilizará una capa separadora entre ésta y los paneles aislantes de poliestireno extruido, a fin de que cada producto dilate de manera independiente.

Tras exponer y analizar toda la información, este modelo es una gran opción si se pretende resolver con un mismo producto la impermeabilización y la protección de esta frente a las raíces.



5 FICHAS RESUMEN CAPAS SEPARADORAS

En los apartados previos se ha analizado el mercado actual en busca de productos que respondan a las recomendaciones y prestaciones mínimas que deben tener cada una de las capas separadoras, estudiando los diferentes los productos y detallando la información obtenida de cada uno de ellos. Se procede, a continuación, al resumen de toda esta información en fichas tipo separadas en base a la función que cumple cada una de ellas, conformando un catálogo de fácil consulta.

En las fichas se pueden distinguir varias partes:

1. Presentación: aquí se expone la función de la capa, la empresa y su nombre comercial, así como la denominación empleada a lo largo de este trabajo.
2. Explicación: donde se describe el producto, se adjunta una fotografía y se exponen sus recomendaciones constructivas y aspectos destacables.
3. Detalle constructivo: aquí se planteará 1 o varios detalles constructivos, sen función de las necesidades, para explicar donde se ubica cada producto.
4. Propiedades: se resumirá en forma de tabla las propiedades más importantes y relevantes.

Como ya se ha comentado anteriormente, las capas y fichas se dividen por colores para que sea mucho más fácil su identificación:

- Capa filtrante: amarillo.
- Capa drenante: naranja.
- Capa difusora de vapor: rojo.
- Capa retenedora de humedad: verde claro.
- Capa antiraíces: verde oscuro.

A continuación, se presentan las tablas 50 y 51 donde se resumen las denominaciones, los nombres comerciales y las casas de los productos de cada capa y tras esta tabla, las fichas de cada una de las diferentes capas separadoras.

TIPOLOGÍA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	EMPRESA	NOMBRE COMERCIAL
Filtrante	FS 15(1)	Fieltro sintético	DANOSA	DANOFELT PP
	FS 15(2)	Fieltro sintético		DANOFELT PY
	FS 15(3)	Fieltro sintético	SOPREMA	ROOFTEX V
	FS 15(4)	Fieltro sintético	IBERIA S.L.U	TEXXAM
Drenante	Áridos 5/60	Áridos	ARLITA	ARLITA
	HP 5/60	Hormigón poroso en masa	HEIDELBERG MATERIALS	H-DRENA
	HPL 5/60	Losa prefabricada de hormigón poroso	SAS	LOSA FILTRANTE
	HPLA 5/60	Losa prefabricada de hormigón poroso y una base aislante	DANOSA	DANOLOSA DANOLOSA NOx
	LS 6	Lámina sintética		DANODREN R-20
	LSF 6	Lámina sintética con fieltro filtrante		DANODREN JARDÍN
Difusora de vapor	LP 120	Lámina de plástico	TEXSA	VINITEX SA
	FFV 1/120	Fieltro de fibra de vidrio	DANOSA	DANOTHERM MALLA 160 FV
	FS 1/250	Fieltro sintético compacto	ZINCO	FILETRO SISTEMA PV

Tabla 50. Resumen capas separadoras 1.

TIPOLOGÍA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	EMPRESA	NOMBRE COMERCIAL
Retenedora	MA 20(1)	Manta absorbente	ZINCO	MANTA HIDROABSORBENTE WSM 150.
	MA 20(2)	Manta absorbente	RENOLIT	RENOLIT ALKORPLUS 81016
	PN – EPS	Paneles nodulares de poliestireno extruido	ZINCO	FLORASET FS
	GL	Geles	PROJAR	<i>STOCKOSORB</i>
Antiraíces	MS	Membrana sintética	KNAUF	URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES
	I+AT	Lámina impermeable con tratamiento antiraíces	DANOSA	<i>ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE.</i>

Tabla 51. Resumen capas separadoras 2.

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Geotextil no tejido, fabricado a base de fibra corta de poliéster, ligado mecánicamente mediante agujereado sin aplicación de ligantes químicos, presiones o calor, que cuenta con varios formatos en función de su masa nominal (kg/m^2).

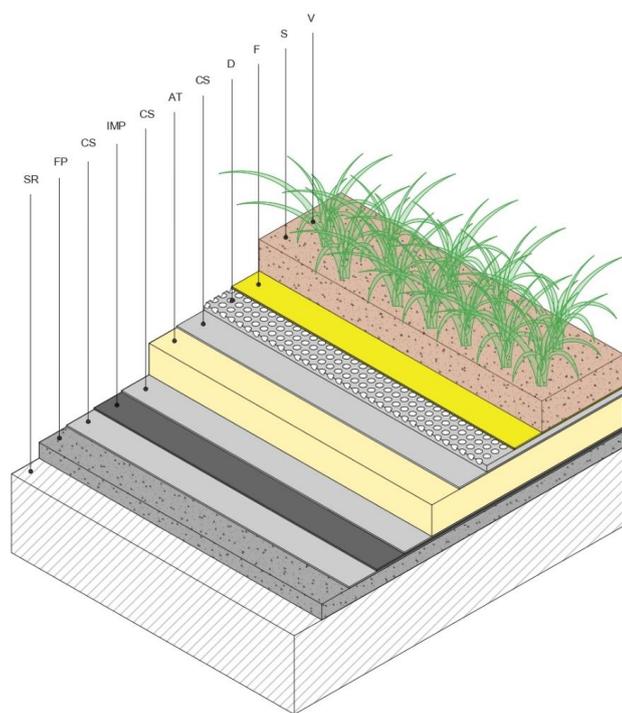
Recomendaciones constructivas

- Se coloca bajo la capa de sustrato.
- Los solapes deben ser mínimo 20 cm. Y se recomienda fijar la unión mediante cosido o grapado.
- No exponer al contacto directo con hormigón fresco.
- No utilizar en ningún caso en sistemas con fijación mecánica.
- Es sensible a los rayos UV.

Otras cuestiones

También puede usarse como capa separadora entre materiales químicamente incompatibles, como capa drenante o como capa antipuzonante.

DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta invertida)



V : Vegetación

S. Sustrato

F. Capa separadora filtrante

D. Capa separadora drenante

CS. Capa separadora

AT. Aislante

IMP. Lámina impermeabilizante

FR. Formación de pendiente

SR. Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	DANOFELT PY 120	DANOFELT PY 150	DANOFELT PY 200	DANOFELT PY 300	DANOFELT PY 500
Gramaje (g/m^2)	120 (+10%; -15%)	150 (+10%; -15%)	200 (+10%; -15%)	300 (+10%; -15%)	500 (+10%; -15%)
Espesor (mm)	1,7	1,9	2,1	2,6	3,8
Dimensiones (m)	2,2 x 100 2,2 x 200	1,45 x 52 2,2 x 82 2,2 x 160	1,45 x 52 2,2 x 140	1,45 x 52 2,2 x 100 4,4 x 100	2,2 x 70
Capacidad del flujo de agua en el plano (m^2/s)	4.5 Exp-7, (-0.2 Exp-7)	2.7 Exp-7, (-0.2 Exp-7)	1.57 Exp-6, (-0.2 Exp-7)	1.9 Exp-6, (-0.2 Exp-7)	4.00 Exp-6, (-0.1 Exp-7)
Medida de abertura (μm)	90 (± 20)	90 (± 20)	90 (± 20)	90 (± 20)	60 (± 20)
Permeabilidad al agua (m/s)	0.0561 (-0.005)	0.04468 (-0.005)	0.03731 (-0.005)	0.03154 (-0.005)	0.023710 (-0.005)



CARACTERÍSTICAS

Descripción

Geotextil no tejido formado por fibras vírgenes, 100% polipropileno, unidos mecánicamente por un proceso de agujereado con posterior termofijado. Se presenta en 4 formatos en función de su gramaje (g/m²).

Recomendaciones constructivas

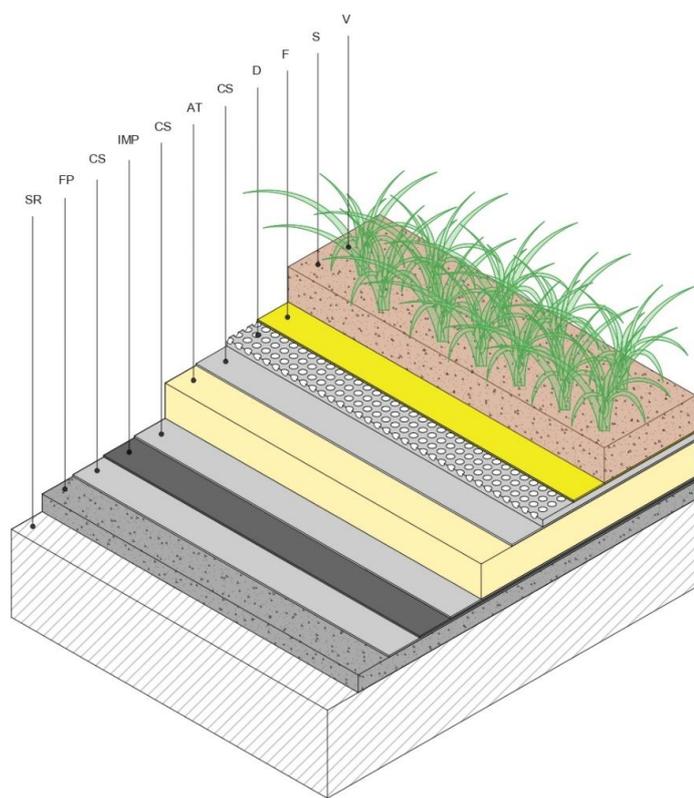
- Se coloca bajo la capa de sustrato.
- Puede utilizarse en sistemas con fijación mecánica.
- Puede estar contacto directo con hormigón fresco.
- Es resistente a los rayos UV, por lo que puede dejarse al descubierto durante cierto tiempo.
- Los solapes deben ser mínimo 20 cm. Y se recomienda fijar la unión mediante cosido o grapado.

Otras cuestiones

También puede usarse como capa separadora entre materiales químicamente incompatibles, y como protección de la impermeabilización, evitando que sea perforada y desgastada por agresión.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta invertida)



- V*: Vegetación
- S*: Sustrato
- F*: Capa separadora filtrante
- D*: Capa separadora drenante
- CS*: Capa separadora
- AT*: Aislante
- IMP*: Lámina impermeabilizante
- FR*: Formación de pendiente
- SR*: Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	DANOFELT PP 90	DANOFELT PP 125	DANOFELT PP 200	DANOFELT PP 300
Gramaje (g/m ²)	90 (± 10%)	125 (±10%)	200 (±5%)	300 (±10%)
Dimensiones (m)	2,25 x 100	2,25 x 100	2,25 x 100	4 x 80
Capacidad del flujo de agua en el plano (m ² /s)	3,50 Exp-6 (-30%)	5,19 Exp-6 (-30%)	6,12 Exp-6 (-30%)	7,9 Exp-6 (-30%)
Medida de abertura (µm)	71 (±21)	61 (±18)	60 (±18)	58,0 (± 17%)
Permeabilidad al agua (m/s)	0,117 (-0,035)	0,100(-0,028)	0,079 (-0,024)	0,063 (-0,019)

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Geotextil no-tejido de fibras 100% poliéster, punzonado mecánicamente mediante agujas con posterior tratamiento térmico y calandrado, que cuenta con varios formatos en función de su gramaje (g/m²)

Recomendaciones constructivas

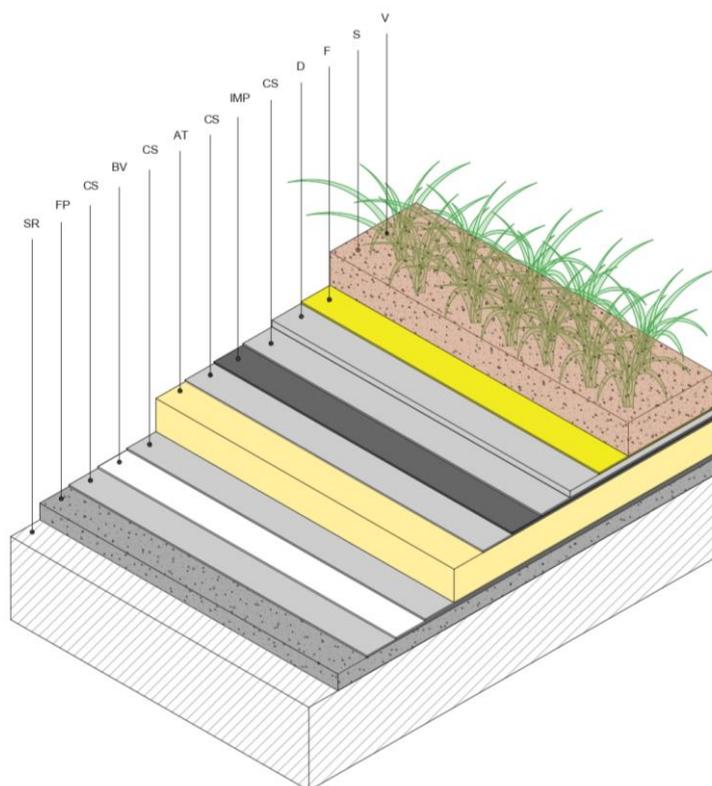
- Se coloca bajo la capa de sustrato.
- Se deberá preparar la superficie previamente a su colocación
- Se deberá mantener en su embalaje original antes del momento de su uso.
- Se deberá colocar sobre la capa inferior cuidando la continuidad entre láminas cosiéndolas, soldándolas, colocando grapas o solapes (no serán inferiores a 10 cm).

Otras cuestiones

- Puede ser utilizado como capa separadora, filtrante, drenante y protectora en edificación.
- Tiene buena permeabilidad a agua, permite el paso del agua para su conducción, reteniendo las partículas finas del suelo.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



- V:** Vegetación
- S:** Sustrato
- F:** Capa separadora filtrante
- D:** Capa separadora drenante
- CS:** Capa separadora
- IMP:** Lámina impermeabilizante
- AT:** Aislante
- BV:** Barrera contra vapor
- FR:** Formación de pendiente
- SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	ROOFTEX V 300	ROOFTEX V 400	ROOFTEX V 500
Gramaje (g/m ²)	300	400	500
Dimensiones (m)	2,2 x 75	2,2 x 60	2,2 x 60
Capacidad del flujo de agua en el plano (m ² /s)	32·10 ⁻⁷	32·10 ⁻⁷	32·10 ⁻⁷
Medida de abertura (µm)	75	70	60
Permeabilidad al agua (m/s)	0,037	0,037	0,037

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Geotextil no tejido termosoldado de altas prestaciones mecánicas, compuesto de polipropileno 100% para su uso en edificación y obra civil.

Recomendaciones constructivas

- Se coloca bajo la capa de sustrato.
- Se deberá preparar la superficie previamente a su colocación
- Se deberá mantener en su embalaje original antes del momento de su uso.
- Se deberá colocar sobre la capa inferior cuidando la continuidad entre láminas cosiéndolas, soldándolas, colocando grapas o solapes (no serán inferiores a 10 cm).

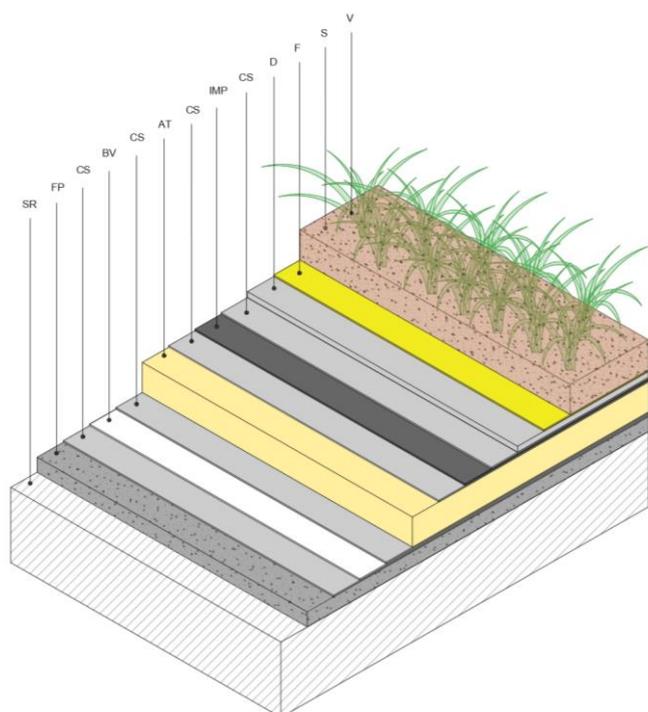
Otras cuestiones

Puede emplearse con varias finalidades:

- Capa filtrante, permite el paso del agua, reteniendo las partículas finas del terreno.
- Separación para evitar el contacto y mezcla de partículas de suelos distintos.
- Capa drenante que suministra resistencia a tracción para terraplenes y taludes en carreteras y muros ecológicos.
- Refuerzo, ya que suministra resistencia a punzonamiento y a la tracción en tableros (incluidos puentes), terraplenes y taludes en carreteras y muros ecológicos.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



- V:** Vegetación
- S:** Sustrato
- F:** Capa separadora filtrante
- D:** Capa separadora drenante
- CS:** Capa separadora
- IMP:** Lámina impermeabilizante
- AT:** Aislante
- BV:** Barrera contra vapor
- FR:** Formación de pendiente
- SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	TEXXAM 700	TEXXAM 1000	TEXXAM 1500	TEXXAM 3000
Gramaje (g/m ²)	90	120	170	250
Dimensiones (m)	1,1 x 75 2,2 x 175	2,2 x 150	2,2 x 125	2,2 x 100
Medida de abertura (µm)	90	65	60	60
Permeabilidad al agua (m/s)	0,116	0,114	0,094	0,065
Resistencia a la tracción (kN/m)	6,5	9,5	12,5	19

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Arcilla expandida.

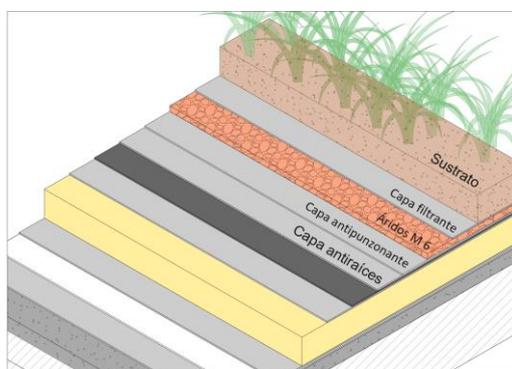
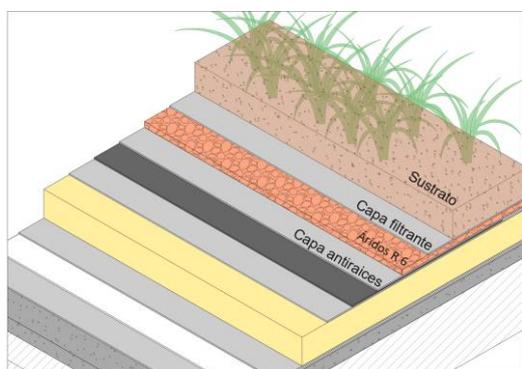
Recomendaciones constructivas

- Si se pretende aumentar la capacidad filtrante se deberá aumentar el espesor de la capa.
- Se coloca bajo la capa filtrante.
- Debajo de ella pueden disponerse varias capas.

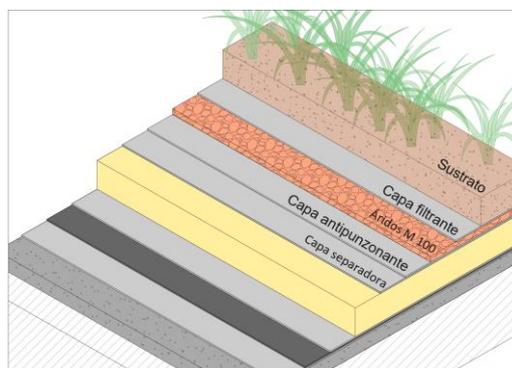
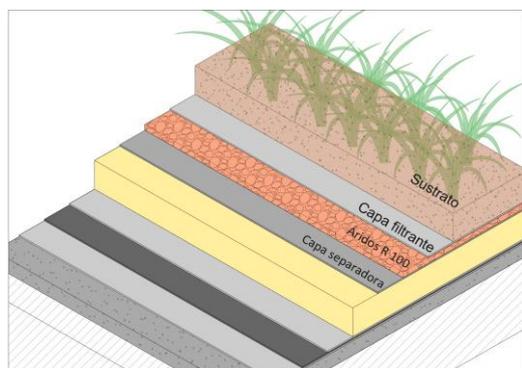
Otras cuestiones

Se deberá colocar capa antipunzonante bajo esta capa, cuando se utilicen cantos rodados, en caso de usar de machaqueo, esta capa no sería necesaria.

DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta invertida)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	ARLITA S	ARLITA M	ARLITA L
Tamaño del árido (d/D mm)	1/5	4/11	10/20
Huecos (% volumen)	55	50	45
Densidad de la carga en seco sin compactar (kg/m ³)	430	350	275
Partículas machacadas (% masa)	25	25	25
Absorción de agua (% masa seca)	34	38	38
Absorción de agua (% volumen/% peso) 1h	-	6/17	5/18



CARACTERÍSTICAS

Descripción

Hormigón poroso, con una mezcla de cemento, árido grueso, con una cantidad mínima de finos, junto con agua y aditivos. Presenta una consistencia baja en su relación agua/cemento y suele emplearse con consistencia seca.

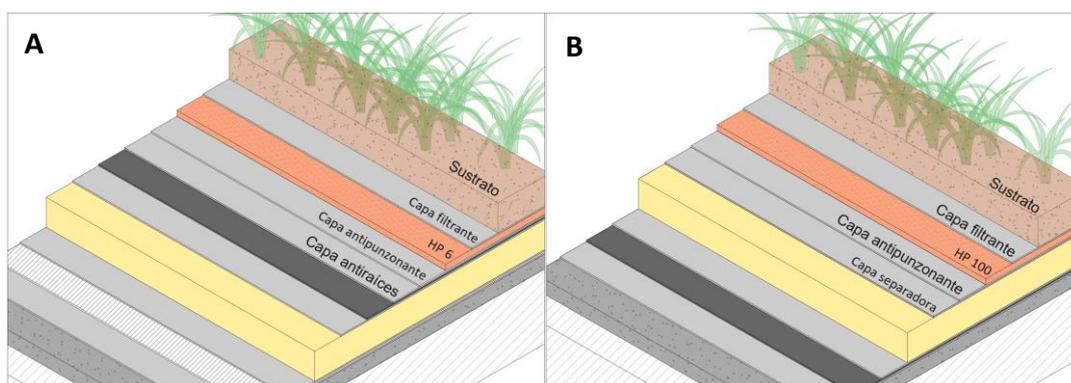
Recomendaciones constructivas

- Justo antes de su aplicación se deberá regar la superficie con agua, pero evitando charcos, para que cuando se aplique el hormigón, el soporte no absorba el agua de la mezcla.
- El tiempo máximo de aplicación tras añadir el agua es de una hora.
- Una vez aplicado se deberá nivelar.
- Tras la nivelación se procederá a la compactación mecánica, sin vibración. En caso de querer un acabado pulido o fino, se aplicará un fratasado ligero.
- Cuando se finalice con la computación se cubrirá con una lámina de plástico para mantener la humedad, especialmente la superficial. Tras las primeras 12/24 horas se realizarán riegos pulverizados de la superficie varias veces al día para mantener esta humedad.
- Realizar las juntas de hormigonado en el momento adecuado (aproximadamente entre 12 y 24 horas después de verter el hormigón) con una profundidad mínima de ¼ del espesor de H-DRENA mediante las herramientas adecuadas.
- Espesores recomendados:
 - Zonas sin tránsito de 5 cm
 - Zonas de tránsito peatonal y de bicicletas de 8 cm
 - Zonas con tránsito ligero de 20 cm.

Otras cuestiones

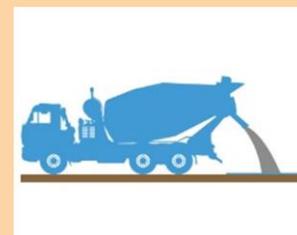
Este tipo de hormigones, debido a su porosidad son menos pesados, a la vez que sirven como material drenante y aislante. El aumento de la capacidad drenante está relacionado con el espesor de la capa de hormigón.

DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	H-DRENA
Granulometría	4 – 12
% Huecos	15 – 25
Densidad (kg/m ³)	1600 – 2000
Consumo (kg/m ² por cm de espesor)	16 – 20
Capacidad de drenaje (l/m ² por min)	125
Resistencia a compresión (MPa)	5 – 20
Resistencia a flexotracción (MPa)	1 – 4 ^o



CARACTERÍSTICAS

Descripción

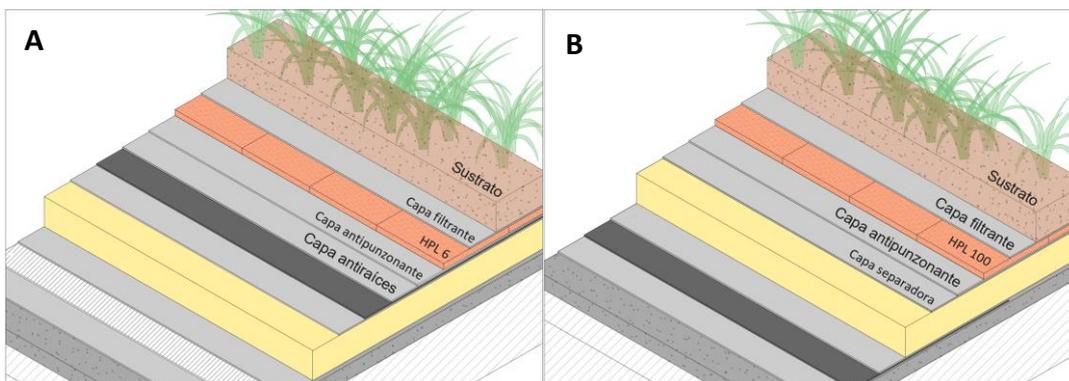
Losa filtrante de hormigón poroso, la cual favorece la evacuación del agua en zonas de piscina, terrazas, patios, jardines y cubiertas planas transitables.

Recomendaciones constructivas

- Se deberán dejar juntas entre las losas de entre 2 y 5 mm para controlar las dilataciones producidas por lo cambios de temperatura.
- Sobre mortero, el espesor entre 3 y 5 cm, recomendando una consistencia blanca, nunca seca.
- En base es de arena, la capa tendrá un espesor de entre 2,5 y 5 cm y deberá estar bien compactada y nivelada.
- Se puede colocar sobre un lecho de mortero o de arena.
- Se deberá colocar sobre cubiertas plantas y las losas deberán estar completamente en contacto con la base, no se pueden colocar sobre soportes.
- Evitar días muy caluroso o muy fríos a la hora de efectuar la colocación.
- Si se cortan las piezas en obra, hacerlo con amoladora, alejados de las losas ya colocadas y con protección, tales como guantes, mascarillas y gafas.

Otras cuestiones

DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	LOSA FILTRANTE
Espesor (mm)	3,5
Dimensiones (m)	0,5 x 0,5
Resistencia a tracción (MPa)	4,4
Resistencia a flexotracción (MPa)	3,8
Resistencia a carga de rotura (MPa)	3,8
Resistencia a compresión (MPa)	6,2
Absorción de agua (%)	6,3



CARACTERÍSTICAS

Descripción

Baldosa aislante constituida por un pavimento de hormigón poroso, que actúa como protección mecánica de una base aislante de poliestireno extruido, resultando una superficie practicable resistente y aislada térmicamente.

Recomendaciones constructivas

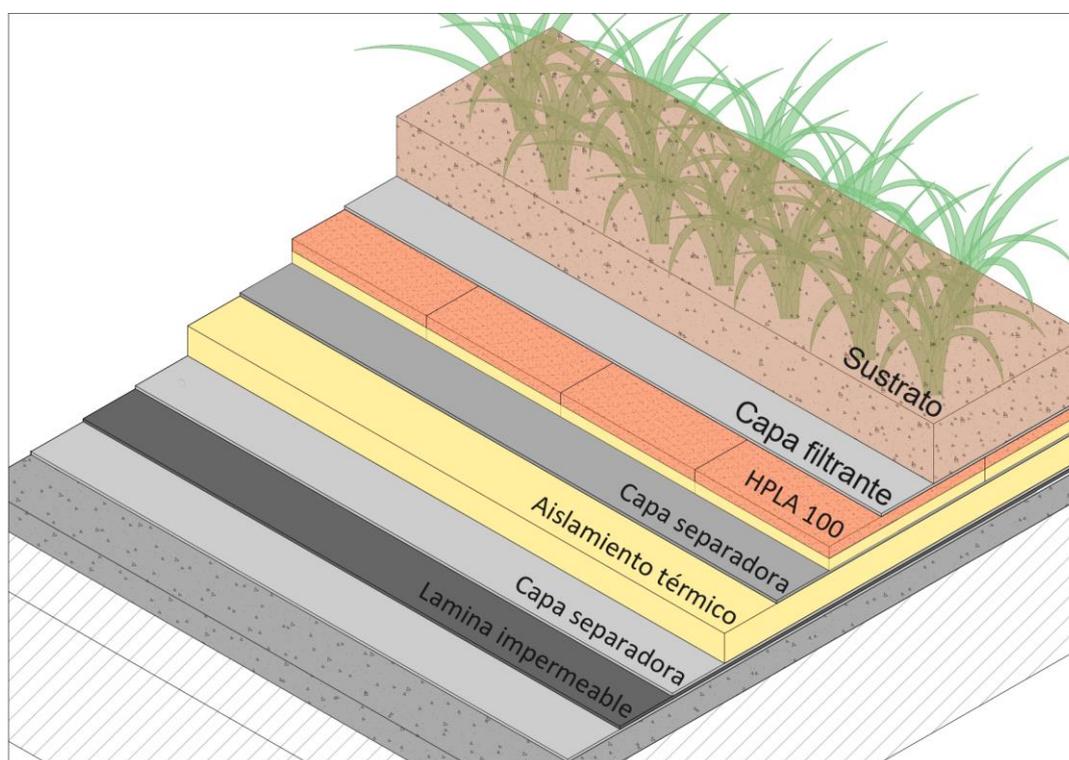
- Si se pretende aumentar la capacidad filtrante, se podría colocar encima de estas losas, losas filtrantes de hormigón poroso.

Otras cuestiones

- Se puede emplear tanto en cubiertas transitables como no transitables.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta *invertida*)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	DANOLOSA NO x	DANOLOSA
Dimensiones (cm)	50 x 50	50 X 50
Espesor (mm)	75	75
	85	85
	95	95
Absorción de agua por inmersión (%)	≤ 1,5	≤ 1,5

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Lámina nodular anticapilaridad de polietileno de alta densidad (PEAD) de color verde para protección y eventual drenaje con nódulos de 20 mm de altura y capacidad retenedora de agua en cubiertas ajardinadas.

Recomendaciones constructivas

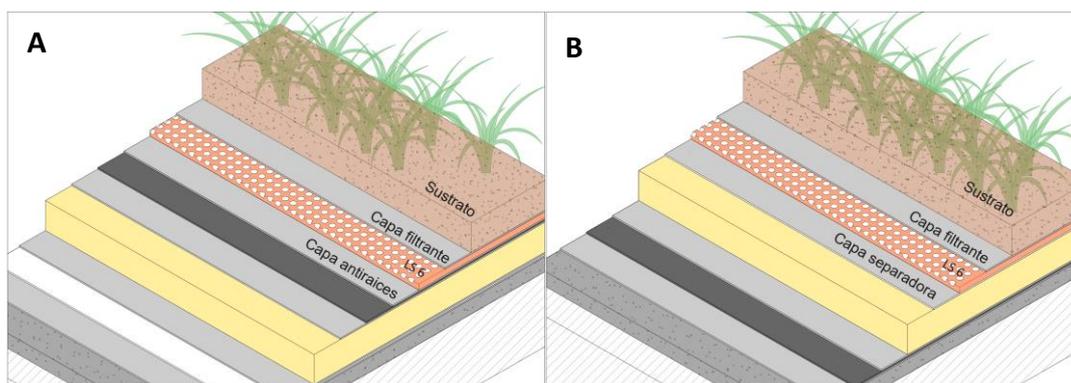
- Se colocará por debajo de la lámina filtrante, para evitar obstrucciones provocadas por los finos provenientes del sustrato.

Otras cuestiones

- Instalación fácil y rápida.
- Gran capacidad de reserva de agua.
- Proporciona un drenaje permanente.
- Resistente a la rotura, al impacto y no deformable.
- Inalterable frente a los agentes químicos del suelo.
- Imputrescible.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	DANODREN R-20
Dimensiones (m)	2 x 20
Espesor (mm)	20
Flujo de agua en el plano para (l/s.m)	10
Retención de agua (l/m ²)	5
Resistencia de temperatura máx. (°C)	80
Resistencia a compresión (kPa)	>150

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Lámina nodular de polietileno de alta densidad y geotextil de polipropileno (PP), uniendo así la capa filtrante y drenante en un solo producto. Uso principal es la filtración, protección y drenaje horizontal.

Recomendaciones constructivas

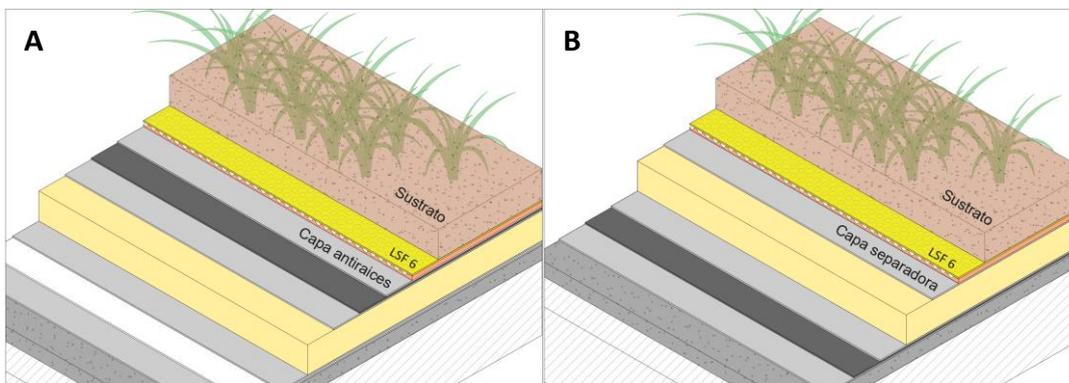
En este caso se elimina la lámina filtrante.

Otras cuestiones

- El geotextil, fusionado a los nódulos, absorbe y filtra el agua del terreno, evitando la colmatación del sistema. Proporciona un drenaje permanente.
- Imputrescible.
- Inalterable frente a los agentes químicos presentes en el suelo (sulfatos, cloruros, etc.).
- Resistente a la rotura, al impacto y no es deformable.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	DANODREN JARDÍN
Dimensiones (m)	2,1 x 18
Permeabilidad al agua perpendicularmente al plano (m/s)	0,11 - 0,033
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	19, -4
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	15, -4
Tamaño de abertura característica (µm)	87,5 +/- 42,5
Capacidad de flujo en el plano; q=20 kPa; i=1 (m ² /s)	0,002 -0,0002
Resistencia a compresión (kPa)	250 ±20%
Número de nódulos (nódulos/m ²)	1907
Volumen de aire entre nódulos (L/m ²)	5,9

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Lámina de PVC producida por un proceso de extrusión.

Recomendaciones constructivas

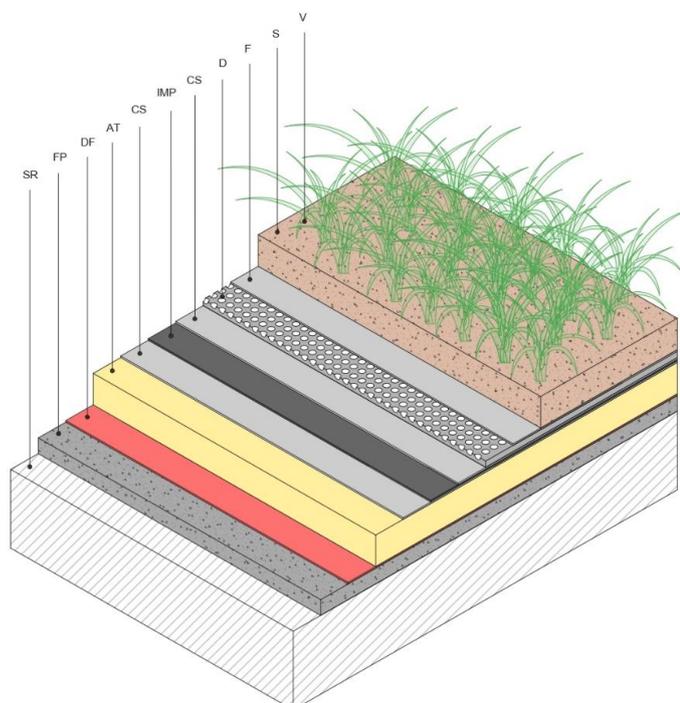
Para que pueda cumplir la función de capa difusora de vapor, se deberá plantear una combinación de LP 120 con FFV 1/120 o FS 1/250.

Otras cuestiones

Es impermeable y resistente a los rayos UV. Es capaz de adaptarse a los movimientos que genera la estructura y se vuelve algo flexible en bajas temperaturas. Además, es muy resistente a la perforación.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



- S. Sustrato
- F. Capa separadora filtrante
- D. Capa separadora drenante
- CS. Capa separadora
- I. Lámina impermeabilizante
- AT. Aislante
- DF. Capa separadora difusora de vapor
- FR. Formación de pendiente
- SR. Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	VINITEX SA
Gramaje (g/m ²)	195
Dimensiones (m)	1,5 x 20
Espesor (mm)	1,5
Resistencia a tracción (N/mm)	17,5
Resistencia al desgarro (kN)	0,08

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Filtro de hilos cortados de fibra de vidrio.

Recomendaciones constructivas

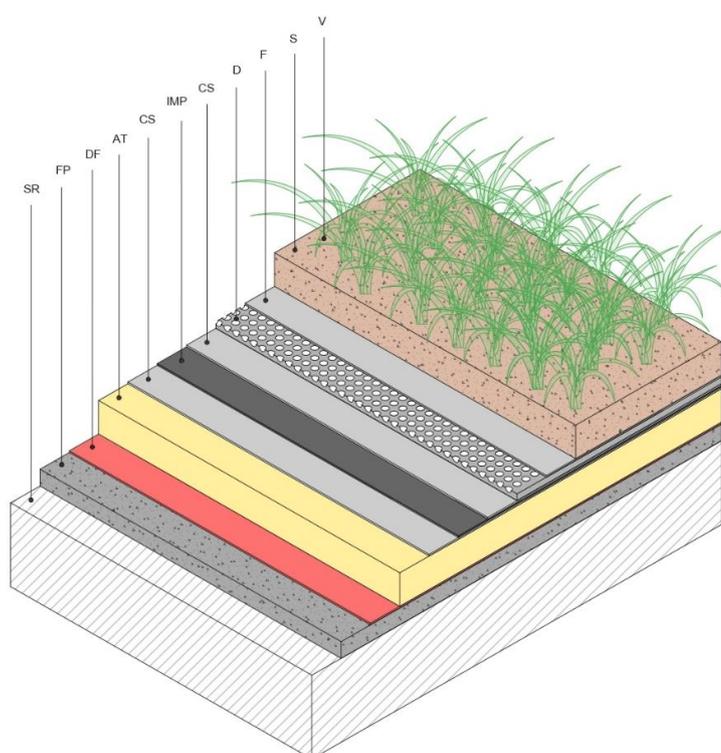
Para que pueda cumplir la función de capa difusora de vapor, se deberá plantear una combinación de LP 120 con FFV 1/120 o FS 1/250.

Otras cuestiones

- Buena resistencia tracción.
- Buena distribución de las fibras.
- En caso de ser utilizada junto con resinas, cuenta con una buena impregnación y es compatible con múltiples tipos de resinas.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



- S. Sustrato
- F. Capa separadora filtrante
- D. Capa separadora drenante
- CS. Capa separadora
- I. Lámina impermeabilizante
- AT. Aislante
- DF. Capa separadora difusora de vapor
- FR. Formación de pendiente
- SR. Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	REGAR – MAT 150	REGAR – MAT 225	REGAR – MAT 300	REGAR – MAT 450
Gramaje (g/m ²)	150 (±10%)	225 (±10%)	300 (±5%)	450 (±10%)
Resistencia a la tracción (N/ 150 mm)	9,0 % (± 5,0 %)	9,0 % (± 5,0 %)	9,0 % (± 5,0 %)	2,0 % (± 8,0 %)
Permeabilidad al agua (s)	< 20	< 25	< 50	< 50
Contenido de resina	100	100	60	60

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Filtro de polipropileno termosoldado con muy alta resistencia a carga mecánica.

Recomendaciones constructivas

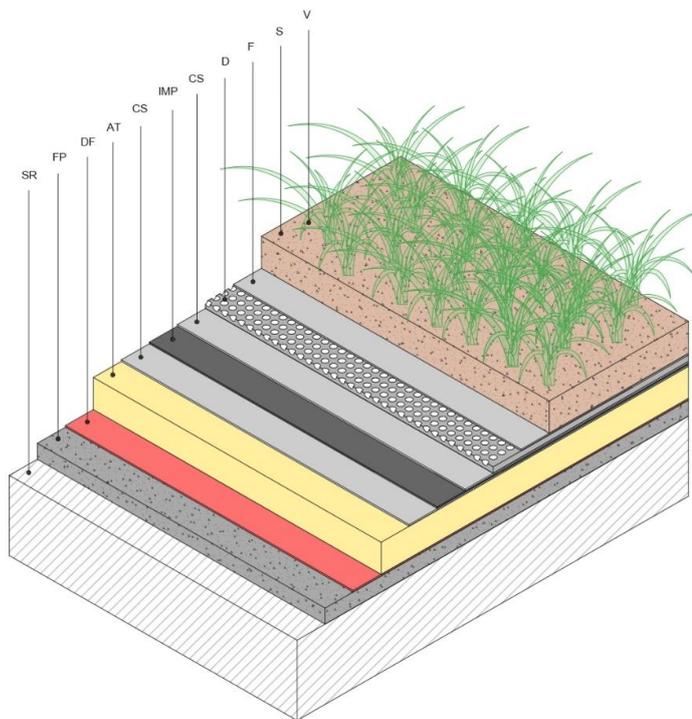
Para que pueda cumplir la función de capa difusora de vapor, se deberá plantear una combinación de LP 120 con FFV 1/120 o FS 1/250.

Otras cuestiones

- Muy alta resistencia a la tracción.
- Resistente a todo tipo de ácidos y álcalis naturales.
- Química y biológicamente neutral.
- Alta permeabilidad.
- Rápida y fácil instalación.
- Resistente a la descomposición.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional)



S. Sustrato

F. Capa separadora filtrante

D. Capa separadora drenante

CS. Capa separadora

I. Lámina impermeabilizante

AT. Aislante

DF. Capa separadora difusora de vapor

FR. Formación de pendiente

SR. Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	FIELTRO SISTEMA PV
Gramaje (g/m ²)	300
Dimensiones (m)	2 x 50
Espesor (mm)	1,6
Resistencia a tracción (N/mm)	23
Dilatación de rotura longitudinal/transversal (%)	50 / 55

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Manta absorbente formada por fibras sintéticas recicladas, termofijadas y punzonadas.

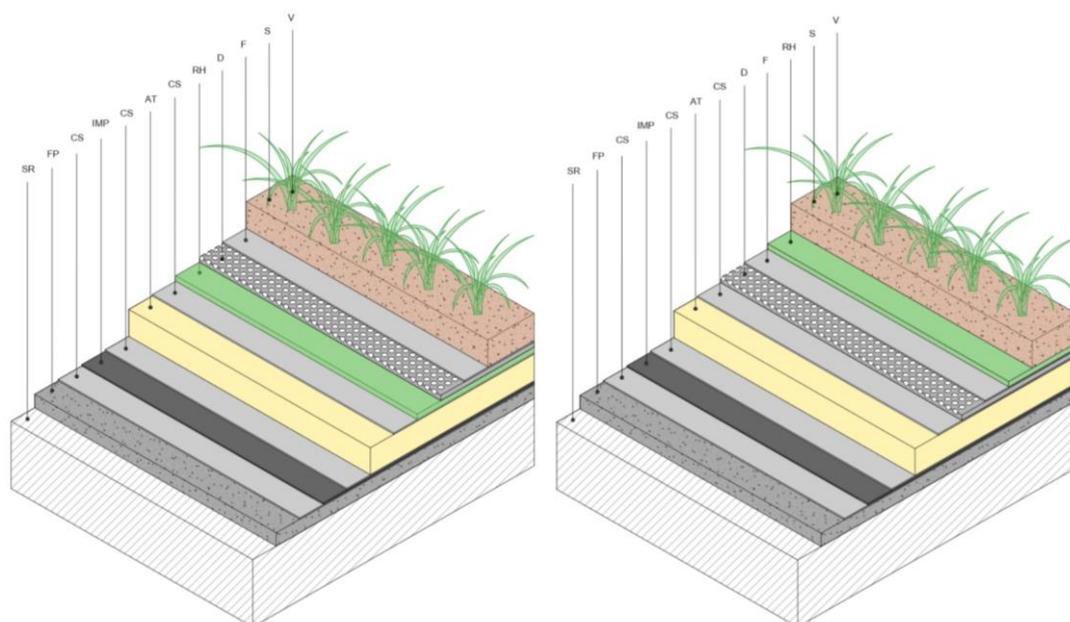
Recomendaciones constructivas

Esta capa se puede colocar bajo la lámina drenante o bajo el sustrato.

Otras cuestiones

- Presenta compatibilidad con el betón.
- Química y biológicamente neutral.
- Capaz de resistir al desgarro.

DETALLE CONSTRUCTIVO (*cubierta invertida*)



V: Vegetación ; **S:** Sustrato ; **F:** Capa separadora filtrante; **RH:** Capa separadora retenedora de humedad;
D: Capa separadora drenante ; **CS:** Capa separadora ; **AT:** Aislante; **IMP:** Lámina impermeabilizante;
FR: Formaciónn de pendiente; **SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	MANTA HIDROABSORBENTE WSM 150
Gramaje (g/m ²)	1500
Espesor (mm)	17
Dimensiones (m)	1 x 15
Capacidad de retención de agua (l/m ²)	12



CARACTERÍSTICAS

Descripción

Manta absorbente conformada con lana de roca.

Recomendaciones constructivas

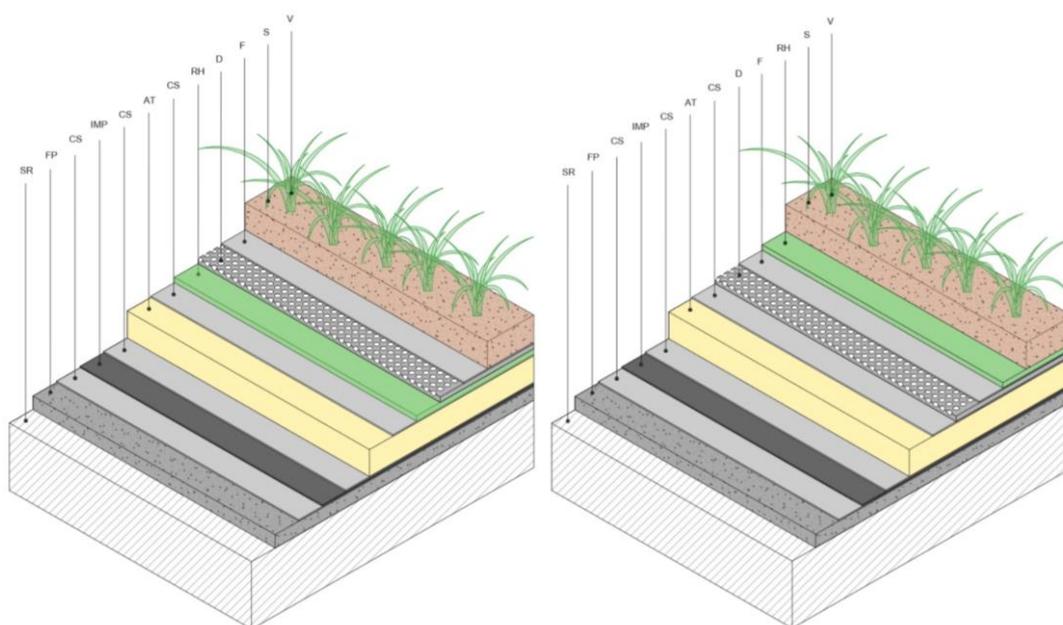
Esta capa se puede colocar bajo la lámina drenante o bajo el sustrato.

Otras cuestiones

La manta de lana mineral presenta un mayor espesor que la de fibras sintéticas y es capaz de retener más agua por metro cuadrado.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta invertida)



V: Vegetación ; **S:** Sustrato ; **F:** Capa separadora filtrante

RH: Capa separadora retenedora de humedad; **D:** Capa separadora drenante

CS: Capa separadora ; **AT:** Aislante

IMP: Lámina impermeabilizante ; **FR:** Formación de pendiente ; **SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	RENOLIT ALKORPLUS 81016
Espesor (mm)	25
Dimensiones (m)	1 x 9
Capacidad de retención de agua (l/m ²)	19

CARACTERÍSTICAS

Descripción

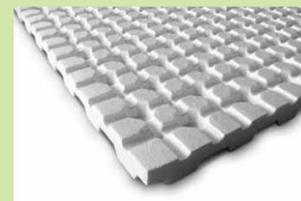
Placas fabricadas con espumas rígidas de EPS, dotadas de cavidades con aberturas para la aireación y canales en dos direcciones.

Recomendaciones constructivas

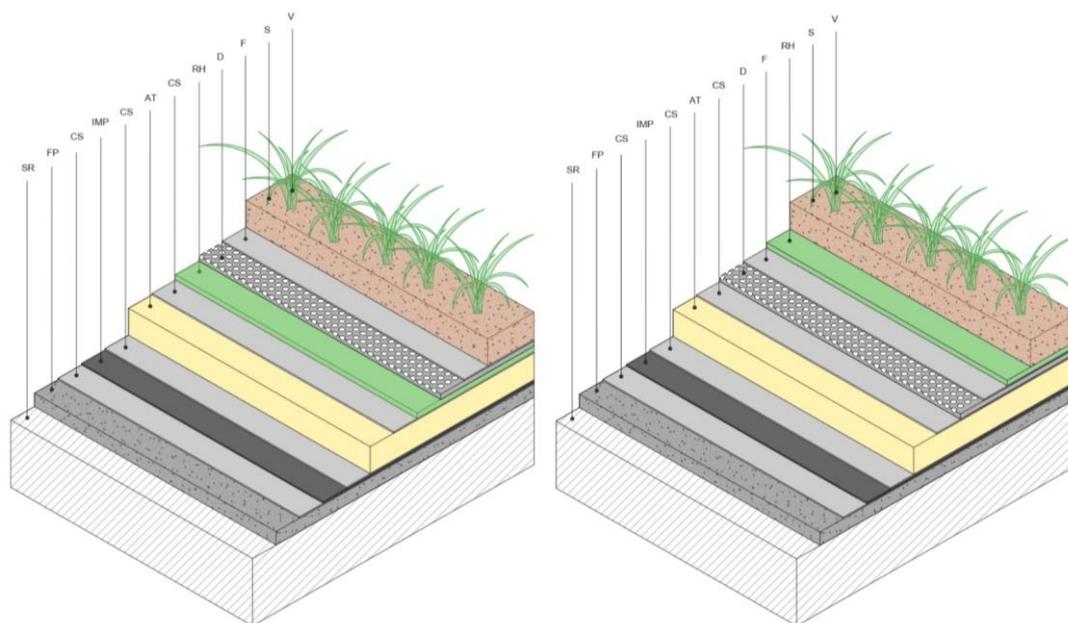
Esta capa se puede colocar bajo la lámina drenante o bajo el sustrato.

Otras cuestiones

- Floraset FS 50 se recomienda emplearlo en cubiertas ajardinadas extensivas planas, con o sin pendiente. Cuenta con cavidades multidireccionales en su cara inferior.
- Floraset FS 75 puede usarse por ambos lados en cubiertas ajardinadas extensivas y semiintensivas. Puede usarse en cubiertas planas e incluso en cubiertas inclinadas hasta 20°.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta invertida)



V: Vegetación ; **S:** Sustrato ; **F:** Capa separadora filtrante

RH: Capa separadora retenedora de humedad; **D:** Capa separadora drenante

CS: Capa separadora ; **AT:** Aislante

IMP: Lámina impermeabilizante ; **FR:** Formaciónn de pendiente ; **SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	FLORASET FS 50
Gramaje (kg/m ²)	0,6
Dimensiones (m)	1 x 1
Altura (mm)	50
Densidad aparente (kg/m ³)	20
DATOS TÉCNICOS	FLORASET FS 75
Gramaje (kg/m ²)	1
Dimensiones (m)	1 x 1
Altura (mm)	75
Volumen de relleno (l/m ²)	20

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Gel retenedor de agua incluido en la capa de sustrato.

Recomendaciones constructivas

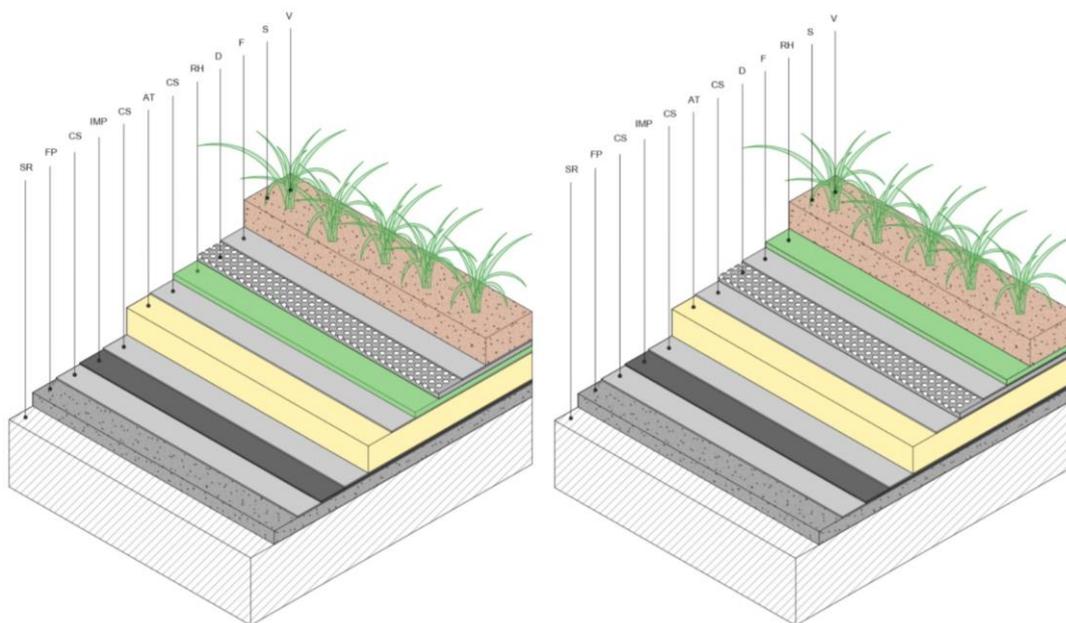
- Puede aplicarse en seco, incorporándolo al terreno y regando posteriormente para activarlo.
- Puede aplicarse prehidratado, siguiendo el siguiente proceso:
 - Poner el producto en agua, en una relación 1/80 (1 parte de producto por cada 80 de agua).
 - Agitar para evitar que se formen grumos.
 - Dejar 30 minutos para que se complete el proceso de hidratación.
 - Mezclar con fertilizante o material orgánico.
 - Una vez hidratado se puede aplicar, entre 2 y 4 litros de producto por cada 10 metro lineales o lo que es lo mismo entre 100 y 150 kg por hectárea.



Otras cuestiones

Ayuda a ahorrar en costes, ya que se reduce el riego y, debido su uniformidad a la hora de liberar el agua, ayuda a que las plantas crezcan mejor

DETALLE CONSTRUCTIVO (*cubierta invertida*)



V : Vegetación ; *S*. Sustrato ; *F*. Capa separadora filtrante

RH. Capa separadora retenedora de humedad; *D*. Capa separadora drenante

CS. Capa separadora ; *AT*. Aislante

IMP. Lámina impermeabilizante ; *FR*. Formación de pendiente ; *SR*. Soporte

PROPIEDADES

Almacena el agua y nutrientes y va liberándolos conforme vaya siendo necesario, ayuda al crecimiento de las plantas y reduce la frecuencia de riego hasta en un 50 %.

Un kilogramo de este producto es capaz de liberar hasta 250 litros.

CARACTERÍSTICAS

Descripción

Lámina de polipropileno de baja densidad, de color negro, que se emplea en caso de que la capa impermeable no sea resistente al enraizamiento.

Recomendaciones constructivas

A la hora de instalar esta lámina, se deberá tener en cuenta que conforme se vaya colocando se tiene que ir fijando en puntos como sumideros.

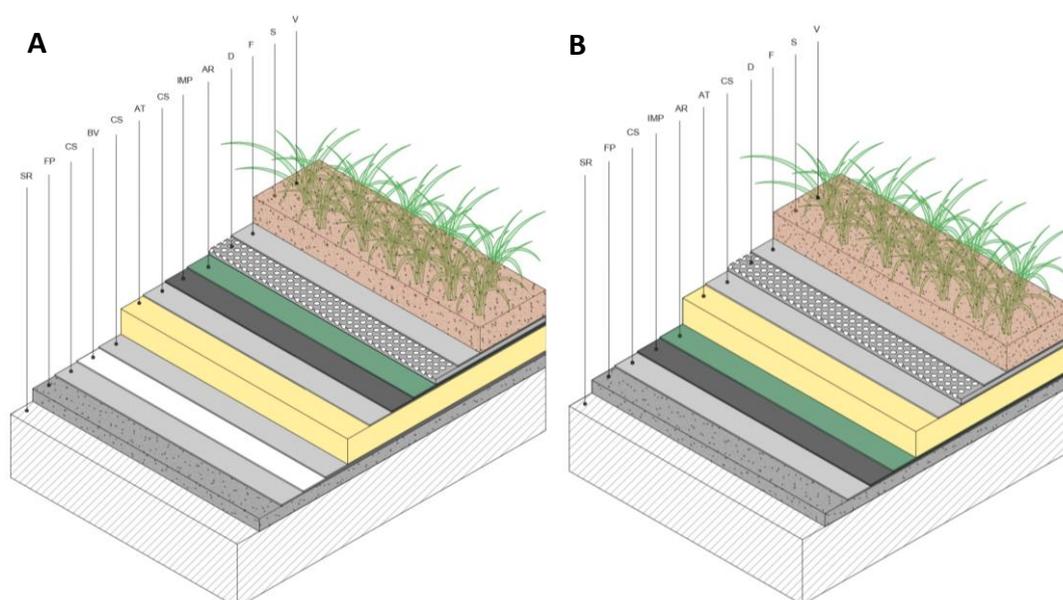
Se realizarán cortes, los cuales no se harán sobre la capa impermeable, ya que podría dañarse.

Otras cuestiones

Se genera un sistema bicapa compuesto por la capa impermeable y esta capa antirraíces que se colocará por encima.



DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



V : Vegetación ; S. Sustrato ; F. Capa separadora filtrante

D. Capa separadora drenante ; CS. Capa separadora ; AT. Aislante ;

AR. Capa separadora antirraíces ; BV. Barrera contra vapor ;

IMP. Lámina impermeabilizante ; FR. Formación de pendiente ; SR. Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES
Gramaje (g/m ²)	500
Dimensiones (m)	4 x 20
Espesor (mm)	0,5
Densidad (g/cm ³)	0,93
Resistencia a la tracción longitudinal (MPa)	18.0-21.0
Resistencia a la tracción transversal (MPa)	17.0-20.0



CARACTERÍSTICAS

Descripción

Lámina bituminosa de superficie autoprotegida tipo LBM(SBS)-50/G-FP con tratamiento antiraíz. Está compuesta por una armadura de fieltro de poliéster reforzado, recubierta por ambas caras con un mástico de betún modificado con elastómeros, y acabada en su cara externa en gránulos de pizarra de color verde, como material de protección. En su cara interna, como material antiadherente, incorpora un film plástico de terminación.

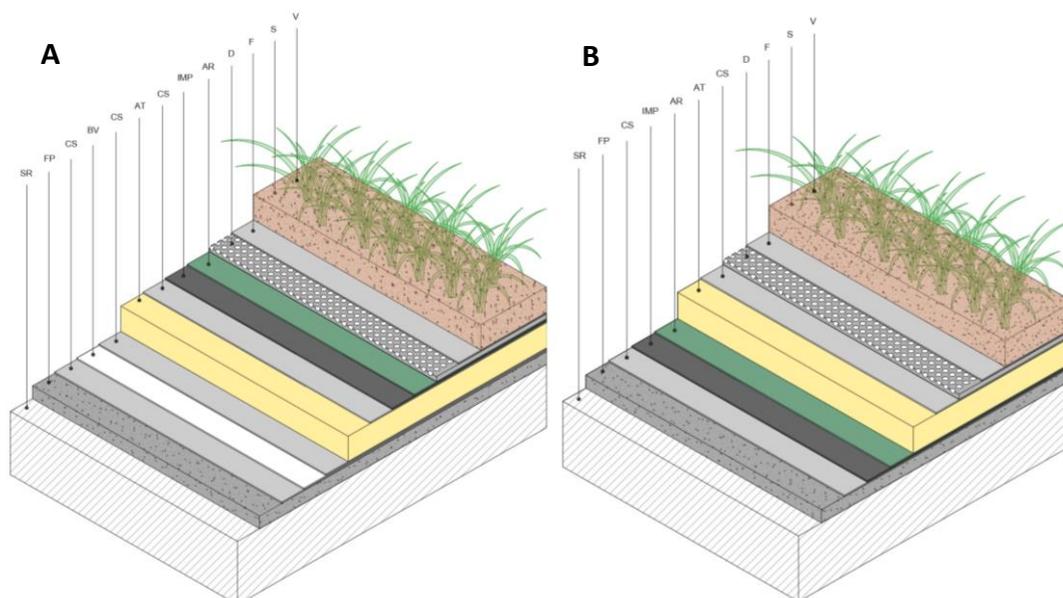
Recomendaciones constructivas

- La adherencia al soporte se realizar con soplete.
- Si el soporte es de mortero u hormigón, se aplicará una imprimación bituminosa.
- Los solapes tendrán 8 ± 1 cm en el sentido longitudinal y de 10 ± 1 cm en el sentido transversal.

Otras cuestiones

- En caso de ser necesario adherirse sobre elementos metálicos o poco porosos, previamente se aplicará una imprimación bituminosa a toda la superficie a soldar.
- En el caso de árboles de gran porte y/o gran tejido radicular, se protegerá la impermeabilización con una capa de hormigón armado.
- Se controlará la posible incompatibilidad entre los aislamientos térmicos y la impermeabilización.
- Colocar capa separadora entre y los paneles aislantes de poliestireno extruido, si se prevén dilataciones

DETALLE CONSTRUCTIVO (cubierta convencional, A; cubierta invertida, B)



V: Vegetación; **S:** Sustrato; **F:** Capa separadora filtrante; **D:** Capa separadora drenante ;
CS: Capa separadora; **AT:** Aislante; **AR:** Capa separadora antiraíce ; **BV:** Barrera contra vapor;
IMP: Lámina impermeabilizante; **FR:** Formación de pendiente; **SR:** Soporte

PROPIEDADES

DATOS TÉCNICOS	ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE
Gramaje (g/m ²)	5
Dimensiones (m)	8 x 1
Espesor (mm)	3,5
Resistencia a la penetración de raíces	Pasa
Resistencia a la tracción longitudinal (N/5cm)	700 ± 200
Resistencia a la tracción transversal (N/5cm)	450 ± 150

6 CONCLUSIONES

Después de estudiar de manera general las cubiertas y en profundidad las cubiertas ajardinadas, analizando su evolución a lo largo de la historia, haber investigado sobre las diferentes tipologías y haber indagado y analizado el mercado comercial actual, sumado al estudio y consulta de normativa vigente y otros documentos técnicos, se ha llegado a una serie de conclusiones:

- Existen gran cantidad de beneficios a nivel público, privado y medioambiental asociados al empleo de estas cubiertas ajardinadas. Destacan el ahorro energético, el aumento de la calidad de vida de las personas y la contribución a la disminución del cambio climático.
- Cada vez es más habitual el uso de las cubiertas ajardinadas, sin embargo, es importante promover su empleo para poder beneficiarse de sus ventajas.
- Existe poca información sobre este tipo de cubiertas y sus capas dentro de las normas actualmente vigentes. Es de vital importancia la actualización tanto de la información como de las recomendaciones constructivas, adaptándolas a la actualidad.
- El papel tan importante y necesario que cumplen las capas separadoras dentro de las cubiertas en general y, más concretamente, en las cubiertas ajardinadas. Estas sirven de protección de las capas principales de la cubierta. El buen funcionamiento de las capas separadoras es imprescindible para el correcto comportamiento de la cubierta en general.
- Es necesario conocer en profundidad cada una de las capas separadoras, sus funciones y propiedades.
- La poca información de la que se dispone por parte de las normativas es se puede complementar y actualizar a través de las empresas que actualmente se dedican a fabricar productos, elementos y materiales para las cubiertas planas y ajardinadas.
- Cada vez son más las empresas que desarrollan soluciones constructivas para cubiertas ajardinadas, ya que, además de contar con productos específicos para cubiertas ajardinadas, cuentan con el resto de las capas principales necesarias para su construcción, como láminas impermeables o aislamiento térmico.
- En cuanto a la capa filtrante, es el producto más fácil de encontrar ya que se trata de un fieltro sintético con varias las funciones que puede desempeñar. Su versatilidad lo convierte en un producto es muy común dentro del mercado.
- Entre los materiales propuestos para la capa drenante, los más comunes son los áridos, la lámina de nódulos y cada vez más, la lámina de nódulos con una lámina filtrante unida a ella, ya que de esta forma se cumplen ambas funciones (drenante y filtrante) en una sola capa. El resto de los productos, como el hormigón poroso, las losas filtrantes o las losas filtrantes con aislante térmico son menos comunes en edificación. Su uso está más relaciona con cubiertas transitables o zonas que necesitan un rápido drenaje, como parques, piscinas o zonas de juego.
- Dentro de la capa antiraíces, se suelen emplear membranas sintéticas, pero capa vez es más común el uso de láminas impermeables con tratamiento antiraíces. El uso de un mismo producto que cumpla ambas funciones supone una serie de ventajas, como la disminución de la mano de obra y coste de construcción inicial.
- La cantidad de empresas dedicadas a este sector facilita la opción de encontrar productos que cumplan las exigencias necesarias en cada momento. Además, muchas empresas han desarrollado soluciones constructivas formadas en exclusiva por sus productos, lo que facilita esta labor.
- En este documento se ha presentado un producto para cada uno de los tipos de materiales, sin embargo, dentro de las empresas mencionadas se disponen de más opciones que cumplen también con estas reacomodaciones y propiedades.

Por lo tanto, de manera resumida, son innumerables los beneficios que conlleva el uso de las cubiertas ajardinadas, y dada la situación climática y económica actual es de vital importancia promover el uso de este tipo de cubiertas. Para ello, y para su correcto diseño, de deberán tener en cuenta una serie de factores condicionantes, se deberá analizar y seleccionar con criterio y consciencia las capas que se van a

utilizar y buscar dentro del mercado la mejor opción para cada una de ellas. Con el objetivo de facilitar todo este proceso se han descrito y explicado las diferentes capas y se han creado las fichas resumen, a modo de catálogo, además de haber recopilado información de interés sobre las cubiertas en general y en particular de las cubiertas ajardinadas.



7 REFERENCIAS

7.1 Bibliografía

Libros

Construcción II. 2022. "Tema 7. introducción a las cubiertas industrializadas". Documento de apoyo de la asignatura Construcción II, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València.

Páginas webs

Aparejador Manuj. 2024. "Cubiertas Vegetales Ajardinadas en Tejados de Edificios. Instalación y Presupuestos".

<https://manuarquitectotecnico.com/cubiertas-ajardinadas-vegetales/#:~:text=de%20las%20plantas-,Precios%20habituales%20de%20cubiertas%20ajardinadas%20por%20metro%20cuadrado%3A,vegetal%20semi%2Dintensiva%20con%20impermeabilizaci%C3%B3n>

Último acceso: 4 de mayo de 2024.

Blanco. F. 2012. "Historia y evolución de las cubiertas. Introducción". La casa por el tejado.

<https://www.indafer.com/lacasaporeltejado/2012/09/historia-y-evolucion-de-las-cubiertas-introduccion/>

Último acceso: 17 de abril de 2024.

Casa abierta. 2024. "Une Petite Maison".

<https://casa-abierta.com/post.php?t=5799ca36411f8>

Último acceso: 3 de mayo de 2024.

Construible. 2024. "Construcción Sostenible".

<https://www.construible.es/construccion-sostenible>

Último acceso: 21 de abril de 2024.

Construible. 2024. "Arquitectura Sostenible".

<https://www.construible.es/arquitectura-sostenible>

Último acceso: 21 de abril de 2024.

Construmática. 2018. "Tecnología de la Construcción. Cubiertas: Clasificación de las Cubiertas".

https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnolog%C3%ADa_de_la_Construcci%C3%B3n._Cubiertas:_Clasificaci%C3%B3n_de_las_Cubiertas

Último acceso: 21 de abril de 2024

Construmática. 2024. "Tecnología de la Construcción. Cubiertas: Introducción".

https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnolog%C3%ADa_de_la_Construcci%C3%B3n._Cubiertas:_Introducci%C3%B3n

Último acceso: 21 de abril de 2024.

Construmática. 2024. "Reformular la Arquitectura, Reformular la Cubierta. Razones de Le Corbusier".

https://www.construmatica.com/construpedia/Reformular_la_Arquitectura,_Reformular_la_Cubierta._Razones_de_Le_Corbusier

Último acceso: 25 de abril de 2024.

González Ciller, L. 2015. "Evolución de las cubiertas vegetales". Urbanarbolismo.
<https://www.urbanarbolismo.es/blog/evolucion-historica-de-las-cubiertas-vegetales/>
Último acceso: 17 de abril de 2024.

Mora, N. 2022. "¿Por Qué Es Importante Utilizar La Barrera De Vapor En La Cubierta?". BMI
<https://www.bmigroup.com/es/blog/por-que-es-importante-utilizar-la-barrera-de-vapor-en-la-cubierta/>
Último acceso: 4 de mayo de 2024.

Naciones Unidas. 2023. "La Agenda para el Desarrollo Sostenible".
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
Último acceso: 3 de julio de 2024.

Projar. 2024. "Hidrogel retenedor de agua Stockosorb".
<https://projar.es/productos/productos-jardineria-urbanismo/productos-plantaciones-forestales/retenedores-de-agua-productos-plantaciones-forestales/hidrogel-retenedor-de-agua-stockosorb/>
Último acceso: 20 de junio de 2024.

Real Academia Española. 2024. "Diccionario de la lengua española".
<https://www.rae.es/drae2001/cubierta>
Último acceso: 12 de abril de 2024.

Rodríguez Cubero, J. 2024. "Qué es una cubierta invertida". Rai Pintores
<https://www.raipintores.com/blog/cubierta-invertida/>
Último acceso: 28 de abril de 2024.

Seguí, P. 2016. "Historia de la vivienda y evolución de casas a través del tiempo". Ovacen
<https://ovacen.com/historia-de-la-vivienda-a-traves-del-tiempo/>
Último acceso: 17 de abril de 2024.

Selecta Home. 2015. "La cubierta: la quinta fachada".
<https://www.selecta-home.eu/autopromocion/la-cubierta-la-quinta-fachada/>
Último acceso: 25 de abril de 2024.

Ursa. 2024. "Cubierta Invertida".
<https://www.ursa.es/aplicacion/cubierta-invertida-xps/>
Último acceso: 3 de mayo de 2024.

Normativas

AERNOR. 1995. UNE-EN 965. "Geotextiles y productos relacionados. Determinación de la masa por unidad de superficie".

AENOR. 2009. UNE 104416:2009. "Materiales sintéticos. Sistemas de impermeabilización de cubiertas realizados con membranas impermeabilizantes formadas con láminas sintéticas flexibles. Instrucciones, control, utilización y mantenimiento."

AENOR. 2010. UNE-EN ISO 11058. "Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de las características de Permeabilidad al agua perpendicularmente al plano sin carga".

AENOR. 2013. UNE 104401:2013. "Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas. Sistemas y puesta en obra".

Fundació de la Jardineria i el Paisatge. 2012. NTJ 11C. "Ajardinamiento especiales. Cubiertas verdes".
LANDSCAPE DEVELOPMENT AND LANDSCAPING RESEARCH SOCIETY E. V. (FLL). 2018. "Green Roof Guidelines. Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs".

Fichas técnicas

ARLITA. 2024. "GREEN ROOFS ARLITA".
https://www.arlita.es/sites/arlita.es/files/pdf/green_roofs_es_low.pdf
Último acceso: 19 de julio de 2024.

DANOSA. 2014a. "Dossier técnico cubiertas ajardinadas".
https://www.danosa.com/es-es/wp-content/uploads/sites/2/2021/09/descDetalle_DESC_ARCHIVOdt_ajardinadasL11.pdf
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2017b. "Ficha comercial DANODREN R-20".
http://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1814/files/FC_danodren_R20_ES.pdf
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2017b. "Ficha comercial DANOLOSA".
http://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1814/files/DANOLOSA_es.pdf
Último acceso: 19 de julio de 2024.

DANOSA. 2020. "Ficha comercial DANOTHERM MALLA 160 FV".
http://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1814/files/DANOTHERM_Malla_160_ES.pdf
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2023a. "Ficha comercial DANODREN JARDIN".
http://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1814/files/3/FC_DANODREN_JARDIN_es.pdf
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2023b. "Ficha comercial DANOFELT PY".
http://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1814/files/1/FC_DANOFELT_PY_es.pdf
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2024a. "Ficha técnica DANOFELT PP 125".
<https://www.danosa.com/es-es/producto/danofelt-pp-125/?pdf&download>
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2024b. "Ficha técnica DANOFELT PP 300".
<https://www.danosa.com/es-es/producto/danofelt-pp-300/?pdf&download>
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2024c. "Ficha técnica DANOFELT PP 500".
<https://www.danosa.com/es-es/producto/danofelt-pp-200/?pdf&download>
Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 202 d. "Ficha técnica DANOFELT PP 90".

<https://www.danosa.com/es-es/producto/danofelt-pp-90/?pdf&download>

Último acceso: 16 de julio de 2024.

DANOSA. 2024e. "Ficha técnica DANOLOSA".

<https://www.danosa.com/es-es/producto/danolosa/?pdf&download>

Último acceso: 19 de julio de 2024.

DANOSA. 2024f. "Ficha técnica DANOLOSA Nox".

<https://www.danosa.com/es-es/producto/danolosa-nox/?pdf&download>

Último acceso: 19 de julio de 2024.

DANOSA. 2024g. "Ficha técnica ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE".

<https://www.danosa.com/es-co/producto/esterdan-plus-50-gp-elastic-jardin-verde/?pdf&download>

Último acceso: 19 de julio de 2024.

DANOSA. 2024h. "Tarifa 2024".

https://www.danosa.com/es-es/wp-content/uploads/sites/2/2024/01/Tarifa_General_DANOSA_2024_1.1.pdf

Último acceso: 16 de julio de 2024.

GREENTEX TEXSA. 2024. "Sistemas para superficies verdes".

https://navimper.com/wp-content/uploads/ES_Greentex.pdf

Último acceso: 20 de julio de 2024.

HEIDELBERG MATERIALS. 2023. "Ficha técnica H-DRENA".

<https://www.hanson.es/sites/default/files/2023-07/FICHA%20TECNICA%20H-DRENA.pdf>

Último acceso: 20 de julio de 2024.

HEIDELBERG MATERIALS. 2024. "Guía de aplicación H-DRENA".

<https://www.hanson.es/sites/default/files/2023-07/HM%20H-DRENA%20GUIA%20APLICACION.pdf>

Último acceso: 20 de julio de 2024.

KNAUF. 2018. "Ficha técnica Urbanscape. Membrana antirraíces"

https://pim.knaufinsulation.com/files/download/ft-urbanscape-membrana-anti-raices_5c542d099c5a3.pdf

Último acceso: 19 de julio de 2024.

REGART. 2024a. "Ficha técnica REGAR - MAT 150".

<https://www.regarsa.com/docs/ficha-tecnica-regar-mat-150.pdf>

Último acceso: 21 de julio de 2024.

REGART. 2024b. "Ficha técnica REGAR - MAT 225".

<https://www.regarsa.com/docs/ficha-tecnica-regar-mat-225.pdf>

Último acceso: 21 de julio de 2024.

REGART. 2024c. "Ficha técnica REGAR - MAT 300".

<https://www.regarsa.com/docs/ficha-tecnica-regar-mat-300.pdf>

Último acceso: 21 de julio de 2024.

REGART. 2024d. "Ficha técnica REGAR - MAT 450".

<https://www.regarsa.com/docs/ficha-tecnica-regar-mat-450.pdf>

Último acceso: 21 de julio de 2024.

REGART. 2024d. "Tarifa de precios".

https://www.regarsa.com/docs/REGARSA_Tarifa_PVP_%202024.pdf

Último acceso: 21 de julio de 2024.

RENOLIT. 2024. "Ficha técnica RENOLIT ALKORPLUS".

https://www.renolit.com/fileadmin/renolit/waterproofing_roofing/Documents/ALKORGREEN/ES_TF_RENOLIT_ALKORPLUS_81016_0620.pdf

Último acceso: 16 de julio de 2024.

SAS. 2017. "Ficha técnica LOSA FILTRANTE".

<https://catalog.sas1900.com/module/sas/display?display=file&file=pavimento-filtrante.pdf>

Último acceso: 21 de julio de 2024.

SAS. 2024. "Recomendaciones de colocación LOSA FILTRANTE".

https://catalog.sas1900.com/module/sas/display?display=file&file=rc_pav%20filtrante.pdf

Último acceso: 21 de julio de 2024.

SOPREMA. 2022. "Ficha técnica ROOFTEX V".

[https://lotus.soprema.fr/www/reftechsop.nsf/\(\\$AllByUNID\)/2B61D151E9E13F78C12588760048A174/\\$File/TDS_GEOES0020.f.ES_ROOFTEX%20V.pdf](https://lotus.soprema.fr/www/reftechsop.nsf/($AllByUNID)/2B61D151E9E13F78C12588760048A174/$File/TDS_GEOES0020.f.ES_ROOFTEX%20V.pdf)

Último acceso: 16 de julio de 2024.

SOPREMA. 2021. "Ficha técnica TEXXAM".

[https://lotus.soprema.fr/www/reftechsop.nsf/\(\\$AllByUNID\)/73FF34063F263C24C12586F1003B10AF/\\$File/TDS_%20GEOES0050.d.ES_TEXXAM.pdf](https://lotus.soprema.fr/www/reftechsop.nsf/($AllByUNID)/73FF34063F263C24C12586F1003B10AF/$File/TDS_%20GEOES0050.d.ES_TEXXAM.pdf)

Último acceso: 16 de julio de 2024.

SOPREMA. 2024. "Tarifa 2024".

https://www.soprema.es/files/tarifa-enero-2024-digital_ab25a7b4bf4d9bde49528398ef8e43df.pdf

Último acceso: 16 de julio de 2024.

TEXSA. 2024. "Ficha técnica VINITEX SA".

<https://www.texsa.com/pdfproducto/en/pl39/productos/id580/vinitex-sa.pdf>

Último acceso: 18 de julio de 2024.

ZinCo. 2024a. "Ficha técnica Filtro sistema PV".

https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/fichas_tecnicas/ZinCo_FT_Filtro_sistema_PV.pdf

Último acceso: 16 de julio de 2024

ZinCo. 2024b. "Gama de productos".

https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sites/default/files/2021-02/ZinCo_Gama%20de%20Productos.pdf

Último acceso: 16 de julio de 2024.

7.2 Figuras

Figura 1. "Detalle constructivo cubierta convencional". Elaboración propia.

Figura 2. "Detalle constructivo cubierta invertida". Elaboración propia.

Figura 3. "Newgrange, en Irlanda". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 4. "Tumba de Corredor en Anglesey, Gales". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 5. "Grabado egipcio". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 6. "Jardines Colgantes de Babilonia". Fuente: https://www.volemos.com.ar/blog/siete-maravillas-del-mundo-antiguo-y-moderno/#5_Los_jardines_colgantes_de_Babilonia.
Último acceso: 17 de abril de 2024.

Figura 7. "Sección de Domus Tiberiana". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 8. "Cubierta tradicional vegetal de Noruega". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 9. "Granja Stöng". Fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 10. "Detalle del sistema constructivo Holzzementdach". Elaboración propia. En base a la fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 11. "Detalle del sistema constructivo de Eduard Rüber". Elaboración propia. En base a la fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 12. "Detalle del sistema constructivo de Karl Rabitz". Elaboración propia. En base a la fuente: González Ciller, L. 2015.

Figura 13. "Le Petite Maison". Fuente: Casa abierta. 2024.

Figura 14. "Rockefeller Ceter, construido en 1939 ". Fuente: Casa abierta. 2024.

Figura 15. "Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada extensiva". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2014.

Figura 16. "Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada semiintensiva". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2014.

Figura 17. "Detalle constructivo cubierta invertida ajardinada Intensiva". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2014.

Figura 18. "Detalle constructivo colocación capa filtrante." Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2014.

Figura 19. "Formato DANOFELT PY ". Fuente: DANOSA, 2024h.

Figura 20. "Solución compatible: cubierta ajardinada intensiva ". Fuente: DANOSA, 2024b.

Figura 21. "Formato DANOFELT PP". Fuente: DANOSA, 2024h.

Figura 22. "Formato ROOFTEX V". Fuente: SOPREMA, 2022.

Figura 23. "Formato TEXXAM". Fuente: SOPREMA, 2021.

Figura 24. "Detalle constructivo colocación capa drenante en cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 25. "Detalle constructivo colocación capa drenante en cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 26. "Arlita S". Fuente: ARLITA, 2024.

Figura 27. "Arlita M". Fuente: ARLITA, 2024.

Figura 28. "Arlita L ". Fuente: ARLITA, 2024.

Figura 29. "Criterios de colocación áridos de machaqueo en cubierta convencional (1)". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 30. "Criterios de colocación áridos de machaqueo en cubierta convencional (2)". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 31. " Criterios de colocación áridos de machaqueo en cubierta invertida (1)". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 32. " Criterios de colocación áridos de machaqueo en cubierta invertida (2)". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 33. "Hormigón H-DRENA". Fuente: HEIDELBERG MATERIALS, 2023.

Figura 34. "Aplicación H-DRENA". Fuente: HEIDELBERG MATERIALS, 2024.

Figura 35. " Criterios de colocación hormigón poroso en cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 36. " Criterios de colocación hormigón poroso en cubierta invertida ". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 37. "Losa Filtrante". Fuente: SAS, 2017.

Figura 38. " Criterios de colocación losa prefabricada en cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2013.

Figura 39. " Criterios de colocación losa prefabricada en cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2013.

Figura 40. "Formato *DANOLOSA*". Fuente: DANOSA, 2017b.

Figura 41. "Criterios de colocación losas prefabricadas con aislante térmico en cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 42. "Formato *DANODREN R-20*". Fuente: DANOSA, 2024h.

Figura 43. "Cubierta plana ajardinada extensiva con *LBM*". Fuente: DANOSA, 2017a.

Figura 44. "Cubierta plana ajardinada extensiva con *PVC*". Fuente: DANOSA, 2017a.

Figura 45. "Criterios de colocación lámina sintética en cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 45. "Criterios de colocación lámina sintética en cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 47. "Formato *DANODREN JARDÍN*". Fuente: DANOSA, 2024h.

Figura 48. "Solución compatible: cubierta ajardinada intensiva con *PVC*". Fuente: DANOSA, 2023a.

Figura 49. "Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante en cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 50. "Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante en cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 51. "Detalle constructivo cubierta convencional sin barrera contra vapor". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Figura 52. "Formato *VINITEX SA*". Fuente: TEXSA, 2024.

Figura 53. "Formato *REGAR – MAT.*" Fuente: REGART, 2024a.

Figura 54. "Formato *Fieltro sistema PV*". Fuente: ZinCo, 2024a.

Figura 55. "Detalle constructivo colocación capa retenedora en cubierta invertida 1". Elaboración propia. En base a la fuente: Greentex texsa, 2015.

Figura 56. "Detalle constructivo colocación capa retenedora en cubierta invertida 2". Elaboración propia. En base a la fuente: Greentex texsa, 2015.

Figura 57. "Formato *Manta hidroabsorbente WSM 150*". Fuente: ZinCo, 2024b.

Figura 58. "Formato *RENOLIT ALKORPLUS 81016*". Fuente: RENOLIT, 2024.

Figura 59. "Formato *Floraset FS 75*". Fuente: ZinCo, 2024b.

Figura 60. "Formato *Floraset FS 50*". Fuente: ZinCo, 2024b.

Figura 61. "Formato STOCKOSORB". Fuente: Projar, 2024.

Figura 62. "Detalle constructivo colocación capa antiraíces cubierta convencional". Elaboración propia. En base a la fuente: NTJ 11C, 2012.

Figura 63. "Detalle constructivo colocación capa antiraíces cubierta invertida". Elaboración propia. En base a la fuente: NTJ 11C, 2012.

Figura 64. "Formato Urbanscape Membrana antiraíces". Fuente: KNAUF, 2018.

Figura 65. "Formato ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE". Fuente: DANOSA 2024g.

7.3 Tablas

Tabla 1. "Resumen tipologías cubiertas ajardinadas". Elaboración propia. En base a la fuente: NTJ 11C.

Tabla 2. "Denominación capa filtrante". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 3. "Presentación formatos DANOFELT PY". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2023b; 2024h.

Tabla 4. "Propiedades formatos DANOFELT PY". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2023b; 2024h.

Tabla 5. "Presentación formatos DANOFELT PP". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2024h; 2024d; 2024a; 2024b; 2024c.

Tabla 6. "Propiedades formatos DANOFELT PP". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2024h; 2024d; 2024a; 2024b; 2024c.

Tabla 7. "Presentación formatos ROOFTEX V". Elaboración propia. En base a la fuente: SOPREMA, 2022; 2024.

Tabla 8. "Propiedades formatos ROOFTEX V". Elaboración propia. En base a la fuente: SOPREMA, 2022; 2024.

Tabla 9. "Presentación formatos TEXXAM". Elaboración propia. En base a la fuente: SOPREMA, 2021; 2024.

Tabla 10. "Propiedades formatos TEXXAM". Elaboración propia. En base a la fuente: SOPREMA, 2021; 2024.

Tabla 11. "Denominación capa drenante sobre membrana resistente a raíces". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 12. "Denominación capa drenante sobre membrana no resistente a raíces". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 13. "Propiedades modelos ARLITA". Elaboración propia. En base a la fuente: ARLITA, 2024.

Tabla 14. "Criterios de colocación áridos". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 15. "*Propiedades H-DRENA*". Elaboración propia. En base a la fuente: HEIDELBERG MATERIALS, 2023.

Tabla 16. "*Criterios de colocación hormigón poroso*". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 17. "*Presentación LOSA FILTRANTE*". Elaboración propia. En base a la fuente: SAS, 2017 y SAS, 2024.

Tabla 18. "*Propiedades Presentación LOSA FILTRANTE*". Elaboración propia. En base a la fuente: SAS, 2017 y SAS, 2024.

Tabla 19. "*Criterios de colocación losa prefabricada*". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 20. "*Presentación formatos DANOLOSA*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2024h.

Tabla 21. "*Propiedades modelos DANOLOSA*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2017b.

Tabla 22. "*Presentación formatos DANODREN R-20*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2017^a y DANOSA, 2024h.

Tabla 23. "*Propiedades DANODREN R-20*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2017Ay DANOSA, 2024h.

Tabla 24. "*Criterios de colocación lámina sintética*". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 25. "*Presentación formato DANODREN JARDÍN*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2023a y DANOSA, 2024h.

Tabla 26. "*Propiedades DANODREN JARDÍN*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA, 2023a y DANOSA, 2024h.

Tabla 27. "*Criterios de colocación lámina sintética con fieltro filtrante*". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 28. "*Denominación capa difusora de vapor*". Elaboración propia. En base a la fuente: AENOR, 2009.

Tabla 29. "*Presentación formato VINITEX SA*". Elaboración propia. En base a la fuente: TEXSA, 2024.

Tabla 30. "*Propiedades VINITEX SA*". Elaboración propia. En base a la fuente: TEXSA, 2024.

Tabla 31. "*Presentación formatos REGAR – MAT*". Elaboración propia. En base a la fuente: REGART, 2024a; 2024b; 2024c; 2024d.

Tabla 32. "*Propiedades REGAR – MAT*". Elaboración propia. En base a la fuente: REGART, 2024a; 2024b; 2024c; 2024d.

Tabla 33. "*Presentación formato Filtro sistema PV*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024a.

Tabla 34. "*Propiedades Filtro sistema PV*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024a.

Tabla 35. "*Denominación capa retenedora de humedad*". Elaboración propia. En base a la fuente: Borràs, J.G, 2023.

Tabla 36. "*Presentación formato Manta hidroabsorbente WSM 150*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024b.

Tabla 37. "*Propiedades Manta hidroabsorbente WSM 150*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024b.

Tabla 38. "*Presentación formato RENOLIT ALKORPLUS 81016*". Elaboración propia. En base a la fuente: RENOLIT, 2024.

Tabla 39. "*Propiedades RENOLIT ALKORPLUS 81016*". Elaboración propia. En base a la fuente: RENOLIT, 2024.

Tabla 40. "*Presentación formatos Floraset*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024b.

Tabla 41. "*Propiedades Floraset FS 50*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024b.

Tabla 42. "*Propiedades Floraset FS 75*". Elaboración propia. En base a la fuente: ZinCo, 2024b.

Tabla 43. "*Presentación formato STOCKOSORB*". Elaboración propia. En base a la fuente: Projar, 2024.

Tabla 44. "*Denominación capa antiraíces*". Elaboración propia. En base a la fuente: FLL, 2018.

Tabla 45. "*Productos válidos como geotextil*". Elaboración propia.

Tabla 46. "*Presentación formato URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES*". Elaboración propia. En base a la fuente: KNAUF, 2018.

Tabla 47. "*Propiedades URBANSCAPE MEMBRANA ANTIRRAÍCES*". Elaboración propia. En base a la fuente: KNAUF, 2018.

Tabla 48. "*Presentación formato ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA 2024g; 2024h.

Tabla 49. "*Propiedades ESTERDAN PLUS 50/GP ELAST JARDIN VERDE*". Elaboración propia. En base a la fuente: DANOSA 2024g; 2024h.

Tabla 50. "*Resumen capas separadoras 1*". Elaboración propia

Tabla 51. "*Resumen capas separadoras 2*". Elaboración propia

8 ANEXO I

8.1 Definiciones

Tras consultar las normas UNE 104416:2009, UNE 104401:2013 y NTJ 11C, se definen diferentes términos que se han empleado en este trabajo para facilitar la comprensión y resolver las dudas que se puedan generar durante la lectura.

- Barrera autoadhesiva: Material que se utiliza para unir barreras contra vapor laminares.
- Barrera contra vapor: Capa que sirve para evitar el paso de vapor de agua a las demás capas inferiores del sistema de cubierta.
- Capa antiadherente: capa separadora que tiene como función principal evitar que dos elementos del sistema se adhieran y/o facilitar los movimientos diferenciales entre los componentes de la cubierta.
- Capa antipunzonante: capa separadora que tiene como función principal proteger de daños mecánicos, proporcionando protección física.
- Capa de difusión de vapor: capa separadora que tiene como función principal facilitar la evacuación de vapor de agua ocluido en alguna de las capas de la cubierta.
- Capa drenante: capa separadora compuesta por áridos sueltos o producto prefabricado destinado a dar salida a las aguas, por gravedad, evitando el estancamiento por colmatación de las tierras vegetales en zonas ajardinadas. Otra de sus funciones es el almacenaje del agua para el correcto desarrollo de las especies vegetales.
- Capa filtrante: capa separadora que se interpone entre el terreno y un elemento constructivo y cuya característica principal es permitir el paso del agua a través de ella e impedir el paso de áridos finos, polvo y otras impurezas a la capa drenante, evitando problemas de obstrucción.
- Capa separadora: fieltro, película o cualquier otro material en forma de estrato que se intercala entre dos elementos del sistema cuya función principal es evitar el contacto entre dos elementos incompatibles. Algunas de sus finalidades son:
 - evitar la adherencia entre ellos;
 - proporcionar protección física;
 - proporcionar protección entre dos láminas incompatibles químicamente;
 - permitir los movimientos diferenciales entre los componentes de la cubierta;
 - actuar como capa antipunzonante;
 - actuar como capa filtrante.
- Cubierta invertida: sistema constructivo en el que la impermeabilización se dispone por debajo del material de aislamiento térmico.
- Cubierta convencional: Sistema constructivo en el que el aislamiento térmico se dispone bajo la membrana impermeabilizante.
- Drenaje: operación de salida del exceso de agua de la cubierta, mediante elementos adecuados como los sumideros o canalones (elementos de desagüe).
- Formación de pendientes: capa cuya función es la de proporcionar inclinación a los faldones de la cubierta con el fin de evitar encharcamientos. Puede ser una capa, de espesor variable, ejecutada sobre el soporte resistente o el propio soporte instalado con la inclinación requerida.
- Junta de dilatación: Corte o separación que se establece en dos partes contiguas de la cubierta, destinado a permitir la libre dilatación de los materiales.
- Planta herbácea: planta angiosperma que no produce tejidos leñosos. Puede ser de follaje perenne (planta herbácea perennifolia) o caduco (planta herbácea vivaz).
- Planta suculenta: planta que acumula una gran cantidad de agua en las hojas o los tallos, y que ofrece un aspecto carnoso, grueso y jugoso. Son ejemplo de plantas suculentas casi todas las cactáceas y las crasuláceas.

- Sistema de impermeabilización: Conjunto de capas de una cubierta, caracterizado por la naturaleza de cada una de ellas, su número, su orden, su forma de colocación y sus dimensiones, cuya principal función es evitar la entrada de agua al interior del edificio.
- Soporte resistente: Elemento constructivo que mantiene la estabilidad del sistema de cubierta.

