

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN

El trabajo para la definición de una estrategia de implementación de soluciones basadas en la naturaleza para la mejora del comportamiento de los espacios libres urbanos frente a episodios de lluvia e inundación ha partido de un análisis de los tipos de soluciones posibles y del marco normativo.

Se han utilizado para ello como referencia una serie de guías y publicaciones sobre este tipo de soluciones de ámbitos geográficos equiparables con el de este trabajo. En este sentido, el trabajo ha sido en determinar las consideraciones necesarias para la aplicación de estas soluciones en los núcleos urbanos del arco interior del Mar Menor.

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN

2.1. Marco normativo

El marco normativo está compuesto por diferentes normas de rango europeo, estatal, supraautonómico, autonómico, comarcal y local. Conviene señalar que el rango supraautonómico corresponde a la gestión de la Demarcación Hidrográfica del Segura y el comarcal a las normas específicas sobre el Mar Menor. Además, abarcan temáticas diversas: agua, gestión de los riesgos de inundaciones, ordenación del territorio y planeamiento urbanístico.

Ámbito europeo

- **Directiva 2000/60/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- **Directiva 2007/60/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, ordenación territorial y planeamiento urbanístico.

Ámbito estatal

- **Ley de Aguas:** Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.
- **Ley de Costas:** RD 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Costa y Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y modificación de la Ley 22/1988, de Costas.
- **Reglamento de Dominio Público Hidráulico:** RD 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que se desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas y sus modificaciones: RD 606/2003, de 23 de mayo; RD 9/2008, de 11 de enero; RD 1290/2012, de 7 de septiembre y RD 638/2016, de 9 de diciembre. Especialmente a tener en cuenta el artículo 126 ter. 7 establece la obligatoriedad de utilizar SUDS en los nuevos desarrollos urbanísticos.
- **Evaluación y gestión de riesgos de inundación:** RD 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.
- **Plan Hidrológico Nacional:** Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional y sus modificaciones: RD-Ley 2/2004, de 18 de junio y Ley 11/2005, de 22 de junio
- **Vertidos:** Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas y Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud de autorización y de declaración de vertido.
- **Protección civil:** Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil, además de las correspondientes resoluciones: Resolución de 2 de agosto de 2011, por la que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones y Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior por la que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.

Ámbito supraautonómico (Demarcación Hidrográfica del Segura)

- RD 701/2015, de 17 de julio y RD 1/2016 y RD 11/2016, de 8 de enero, por los que se aprueban los distintos planes hidrológicos de las demarcaciones y RD 18/2016, RD 19/2016, RD 20/2016, RD 21/2016, de 15 de enero, y RD 159/2016 de 15 de abril, por el que se aprueban los planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones
- Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura
- Plan de Gestión de Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica del Segura

Ámbito autonómico

- **Plan INUNMUR:** Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
- **Directrices y Plan de Ordenación Territorial del Litoral de la Región de Murcia.** Aprobación definitiva y sucesivas modificaciones
- **Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.** Especial referencia a los siguientes artículos:

Artículo 117. Determinaciones en suelo urbano. El PGMOU deberá contener las siguientes determinaciones en suelo urbano:

- Introducir parámetros de ecoeficiencia con soluciones para paliar los efectos climatológicos, como:
 - Utilización de pavimentos permeables como medida para evitar la impermeabilización de suelos.
 - Resolución de la evacuación de aguas mediante redes separativas de pluviales y residuales.
 - Establecimiento de sistemas de reutilización de aguas pluviales (economía circular).
 - Implantación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) en los modelos de urbanización.
 - Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible para aquellos suelos de especiales escorrentías (SUDs).
 - Adopción de medidas de economía circular, reciclaje de residuos de la construcción y eficiencia energética en todas las instalaciones urbanas.

Artículo 128. Contenidos de Planes Especiales:

- Los planes especiales establecerán medidas de renaturalización de las ciudades, como:
 - Rehabilitación de edificios y espacios públicos con criterios de sostenibilidad, sobre todo en entornos degradados.
 - Implantación de medidas contra la impermeabilización de suelos urbanos existentes mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDs).

Ámbito Mar Menor

- Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras en el Mar Menor y su entorno
- Plan de gestión integral de los espacios protegidos del Mar Menor y la franja litoral mediterránea de la Región de Murcia
- Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor
- Ley 3/2020, de 27 de julio, de recuperación y protección del Mar Menor

Ámbito local

- Plan General Municipal de Ordenación Urbanística de San Pedro del Pinatar, y planeamiento de desarrollo derivado del mismo.
- Normas Subsidiarias de Planeamiento de San Javier, y planeamiento de desarrollo derivado de las mismas
- Normas Subsidiarias de Planeamiento de Los Alcázares, y planeamiento de desarrollo derivado de las mismas
- Normas Subsidiarias de Planeamiento de Torre Pacheco, y planeamiento de desarrollo derivado de las mismas
- Plan General Municipal de Ordenación Urbanística de Cartagena, y planeamiento de desarrollo derivado del mismo.

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN

2.2. Tipos de SUDS / SBN y condiciones necesarias para su implantación

2.2.1. Introducción. Objetivo de los SUDS. Guías consultadas

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, conocidos por sus siglas como SUDS, agrupan todos los métodos y elementos constructivos que permiten realizar una gestión adecuada de la escorrentía de aguas pluviales en zonas urbanas, que implique criterios de mejora de la calidad de las aguas, eficiencia de recursos, y reducción de riesgos asociados a inundaciones. La principal herramienta en la que se apoyan los SUDS es la introducción de sistemas naturales como sistemas constructivos: materiales filtrantes basados en materiales orgánicos, vegetación, etc. Por este motivo se caracterizan también como "Sistemas Basados en la Naturaleza", SBN por sus siglas. El objetivo de los SUDS/SBN se centra en tres acciones consecutivas y jerarquizadas: controlar la escorrentía en primer lugar, tratarla a continuación, e infiltrarla al subsuelo preferentemente (o si fuera necesario por saturación del sistema o por imposibilidad física, derivarla a la red de pluviales). A continuación se enumeran los tipos de SUDS que se han tenido en cuenta en el presente trabajo, adaptados a las condiciones climáticas del entorno, y ordenados por acción:

1. Controlar 2. Filtrar 3. Infiltrar

Posteriormente se presenta una serie de fichas para cada uno de los SUDS, que incluyen la siguiente información: la descripción de cada uno de los SUDS seleccionados para la zona, componentes, dimensiones, esquema de funcionamiento, fotografías, y coste de implantación por unidad, metro lineal o metro cuadrado.

Para el desarrollo de este compendio de SUDS se ha extraído la información ya disponible de aplicación de estos sistemas en nuestro país:

- GUÍAS DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE. Ministerio de Transición Ecológica, 2019

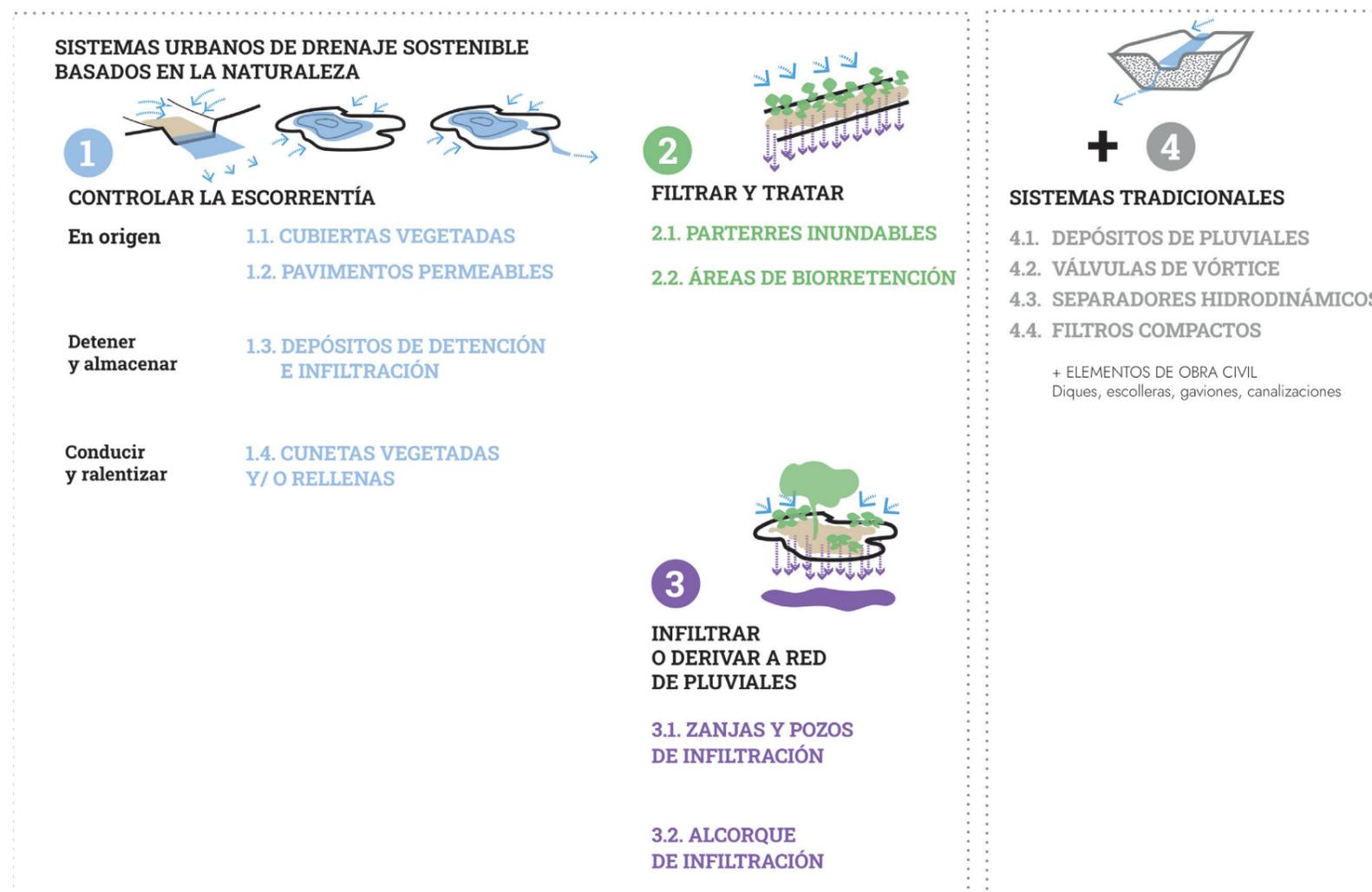
- EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA DE LOS NÚCLEOS URBANOS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIÓN REDES, SISTEMAS URBANOS Y OTRAS INFRAESTRUCTURAS. Ministerio de Transición Ecológica, 2019

- La Gestión Integral del Agua de Lluvia en Entornos Edificados. Grupo TRAGSA

- Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Públicos. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad - Ayuntamiento de Madrid - Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes, 2018

- Guía Básica de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón de la Plana. Ayuntamiento de Castellón de la Plana, 2019.

Figura 31. Funciones de los SUDS - SBN en orden de prioridad



2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



1 CONTROLAR

Control en origen

1.1 CUBIERTAS VEGETADAS

1.1

DESCRIPCIÓN

Las cubiertas vegetadas presentan la ventaja de controlar la escorrentía al retenerla en las diferentes capas del sistema, drenándola progresivamente a la red de pluviales del edificio. Si además la escorrentía retenida se acumula en un depósito y reutiliza para riego, el sistema alcanza una gran eficiencia en la gestión del agua. Las cubiertas vegetadas disponen de los siguientes elementos constructivos (sistema multicapa) y deben tener capacidad estructural para soportarlos:

- Lámina impermeabilizante colocada sobre la formación de pendiente
- Capa de aislamiento térmico
- Lámina anti-raíces
- Sistema de almacenamiento de agua (bandeja drenante)
- Lámina filtrante
- Sustrato
- Vegetación autóctona y con necesidades hídricas bajas
- Sistema de riego para la implantación de la vegetación durante los dos primeros años y para mantenimiento durante las épocas de sequía.

En la zona de estudio, se recomiendan cubiertas vegetadas extensivas con un depósito enterrado de grandes dimensiones para almacenar los excedentes y usarlos principalmente para el riego en periodos más secos. Estas cubiertas extensivas, de espesor aprox. 15cm, pesan entre 150 y 200 kg/m² dependiendo de los materiales utilizados.

Si la cubierta es inclinada, necesitará un dimensionado superior al habitual de canalones y sumideros, y deberá contar con un buen mantenimiento (control de obstrucciones, etc.) Cuando las pendientes son mayores del 40% es necesario utilizar algún sistema antideslizamiento para evitar la pérdida del sustrato (este caso es poco probable en la zona de estudio).

Con este sistema se consigue disponer de una cubierta que almacena una leve cantidad de agua, ralentiza la escorrentía, y permite una fácil evacuación de las lluvias torrenciales.

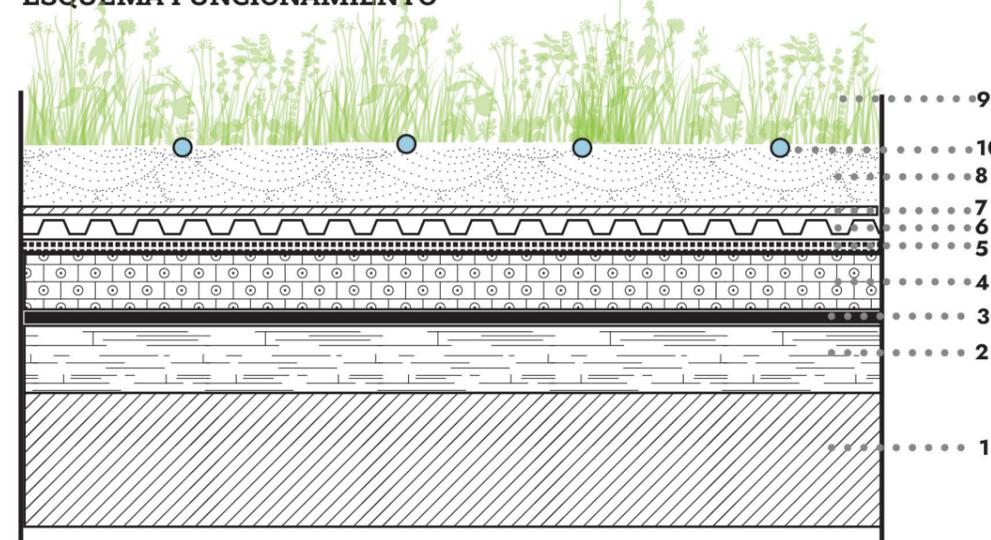
SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [EQ] EQUIPAMIENTOS

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Cubierta plana no transitable, vegetada extensiva (15 cm espesor) de nueva construcción, sistema multicapa: **100 €/m²**

Cubierta plana no transitable, vegetada extensiva (15 cm espesor) sobre cubierta existente, sistema multicapa: **70 €/m²**

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



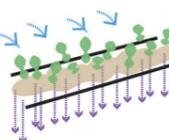
- | | |
|---|--|
| 1 Soporte resistente (forjado de cubierta) | 6 Lámina drenante (bandeja HDPE) |
| 2 Formación de pendientes (morteros, arcillas expandidas) | 7 Lámina filtrante (geotextil sintético) |
| 3 Impermeabilización | 8 Sustrato |
| 4 Aislamiento térmico | 9 Plantación |
| 5 Capa separadora (geotextil sintético) | 10 Riego conectado a depósito de pluviales y a suministro de red |

FOTOGRAFÍAS



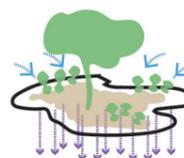
Cubiertas planas vegetadas extensivas.

Fuente: PROJAR



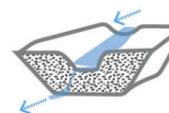
2.1

2.2



3.1

3.2



4.1

4.2

4.3

4.4

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



1 CONTROLAR

Control en origen

1.1

1.2

1.3

1.4

DESCRIPCIÓN

Es recomendable plantear el uso de pavimentos permeables siempre que sea posible, pero es necesario tener en cuenta que la escorrentía que se infiltra tiene un nivel determinado de contaminantes y que debe ser tratada previamente a su infiltración al subsuelo. Dentro de los pavimentos permeables podemos distinguir tres tipos en función de su capacidad de infiltración:

1. Permeabilidad directa: La totalidad del agua de escorrentía que atraviesa el pavimento se infiltra en el terreno. Uso en terrenos muy permeables y siempre que se permita la infiltración al terreno.

2. Conducción parcial: Parte de la escorrentía se infiltra al terreno y parte se evacúa mediante un tubo drenante. Uso en terrenos poco permeables y siempre que se permita la infiltración al terreno.

3. Conducción total: Toda el agua se canaliza mediante un tubo drenante y se transporta a otro lugar para su tratamiento, almacenamiento o infiltración. Uso en terrenos impermeables y cuando no se permite la infiltración por posible contaminación el acuífero o por afectar a la estabilidad del terreno o de edificaciones cercanas.

En la zona de estudio, se trata de aguas con un nivel de contaminación bastante elevado, y con una tendencia a escorrentía torrencial, por lo que se recomienda usar las soluciones 2 y 3 para evacuar rápidamente.

Otro criterio a considerar es la actividad que va a soportar. Se aconseja combinar distintos pavimentos para hacer frente a las necesidades y responder a la jerarquía de densidad de tráfico (rodado o peatonal) y uso.

- **Uso intenso** (tráfico rodado, vehículos emergencia (3.000 kg): alta durabilidad y capacidad de carga sin romper ni experimentar grandes deformaciones. Capa inferior granular del pavimento de mínimo 30 cm, y en caso de prever cargas mayores deberá calcularse el espesor necesario. Ejemplos: hormigón permeable. Adoquín de hormigón con junta abierta.

- **Uso no transitable a vehículos:** es recomendable el uso de pavimentos disgregados por su alta capacidad de filtración. Para las zonas urbanas con mayor tránsito de personas, como aceras y paseos, se recomienda utilizar pavimentos discontinuos con junta abierta, ya que ralentizan la escorrentía a la vez que permiten la infiltración a través de las juntas.

Los pavimentos continuos permeables son adecuados para terrenos muy permeables. Ejemplo: pavimentos de tierras compactadas, alberos, etc. En zonas de tránsito en zonas verdes.

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS

[EQ] EQUIPAMIENTOS [C] CALLES

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

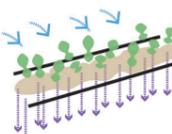
Pavimentos de tierras	5 €/m ²
Pavimentos de adoquín de hormigón con junta abierta	25 €/m ²
Pavimentos de hormigón permeable	35 €/m ²

4.1

4.2

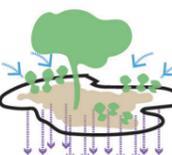
4.3

4.4



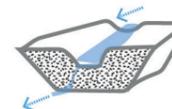
2.1

2.2



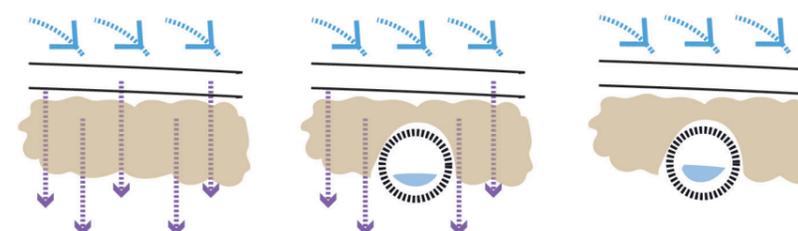
3.1

3.2



1.2 PAVIMENTOS PERMEABLES

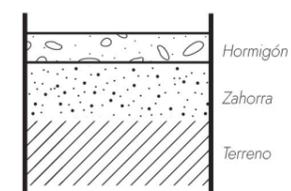
ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



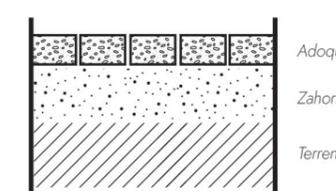
1. Permeabilidad directa

2. Conducción parcial

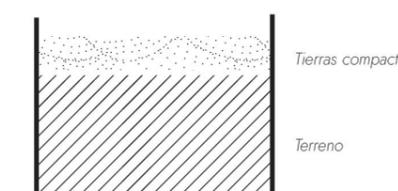
3. Conducción total



Hormigón permeable



Adoquín de hormigón



Tierras compactadas

FOTOGRAFÍAS



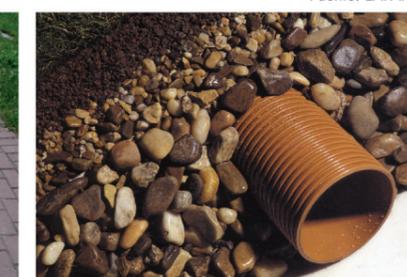
Hormigón permeable
 Fuente: LAFARGE



Tierras compactadas
 Fuente: HUMICORP



Adoquín de hormigón
 Fuente: Prefabricados Alberdi



Tubo de drenaje
 Fuente: ADEQUA

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



1 CONTROLAR Conducir, ralentizar

1.3 DEPÓSITOS DE DETENCIÓN E INFILTRACIÓN

1.1

DESCRIPCIÓN

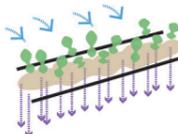
1.2

EN SUPERFICIE:

Son depresiones del terreno que se mantienen habitualmente secas, llenándose en episodios de lluvia y almacenando temporalmente la escorrentía. Su principal función es liberar la escorrentía lentamente, laminando el caudal punta. Pueden tener un desagüe de fondo o sencillamente infiltrar al subsuelo (en la zona de estudio se recomienda siempre desagüe a red de pluviales e infiltración parcial). Los taludes deben ser tendidos y escalonados para permitir usos compatibles en las épocas del año en las que está vacío. Es recomendable construir un dique de detención para que el desagüe sea controlado.

1.3

1.4

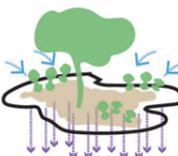


2.1

2.2

En la zona de estudio es especialmente recomendable la instalación de sistemas de rebose (derivaciones, bypasses, aliviaderos, etc.) para derivar a la red de pluviales en caso de superación de la capacidad máxima. Los espacios del depósito se pueden utilizar como zonas de juego, áreas recreativas, etc. durante las épocas de sequía, teniendo en cuenta que quedarán inundados durante un periodo después de las lluvias hasta su vaciado.

Es necesario plantear una zona previa que recoja la escorrentía y la vierta al depósito de forma gradual. Esta zona, que además debería funcionar como franja filtrante previa para evitar la infiltración al terreno de aguas contaminadas (ver SUDS de filtración). Si la permeabilidad del terreno lo permite, una vez tratadas en franjas filtrantes pueden infiltrarse directamente.



3.1

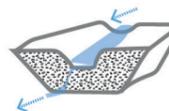
3.2

Dimensiones y pendientes:

- Proporción largo-ancho entre 2:1 y 5:1.
- Pendiente mínima de la base: 1% en dirección al desagüe.
- Se recomienda una profundidad máxima de 2m (en función del uso asignado cuando no almacena agua) y pendientes máx en los laterales del 25%.

ENTERRADOS:

Recogen la escorrentía a través de canalizaciones o bien por filtración en superficie, y la infiltra al subsuelo o la libera lentamente a la red. Debe asegurarse la estabilidad estructural propia y del terreno. Es necesario tener en cuenta el peso del terreno por encima del mismo, las sobrecargas de uso (vehículos, etc.) y la cercanía de construcciones para que sus cimentaciones no se vean afectadas.



4.1

4.2

4.3

4.4

Elementos: cama de apoyo (material granular o arena), componente estructural (estructuras modulares de polipropileno o materiales similares, con alto índice de huecos), relleno lateral (generalmente gravas), y protección (capas de geotextil que impiden la entrada de terreno al depósito).

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

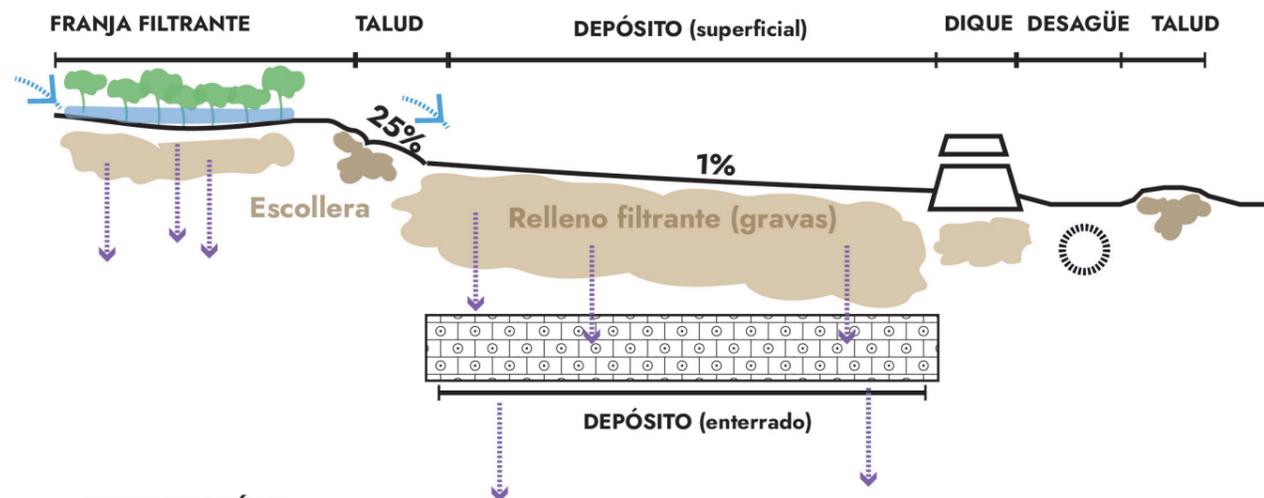
COSTE DE IMPLANTACIÓN:

Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

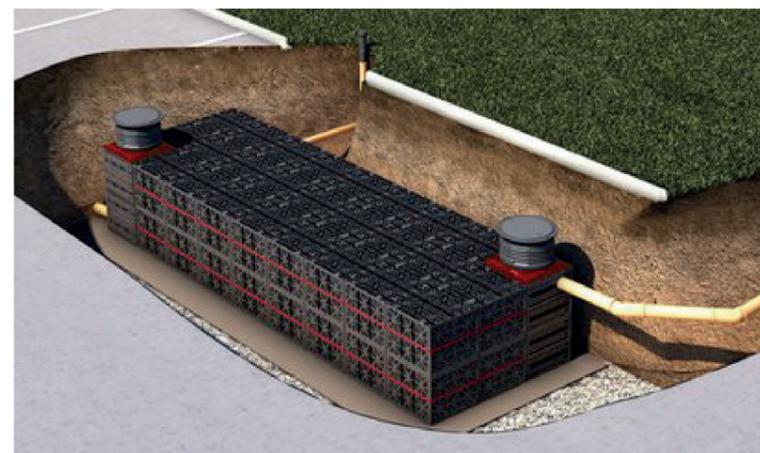
En superficie	100€/m ²
Enterrado	150 €/m ²

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO

Esquema de la combinación superficial + enterrado



FOTOGRAFÍAS



Depósito reticular enterrado
 Fuente: GRAFIBERICA



Depósito de detención en superficie
 Fuente: INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO DE BARCELONA

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



1 CONTROLAR Conducir, ralentizar

1.1

DESCRIPCIÓN

Son zanjas, lineales y de muy poca profundidad, dentro de las que se pueden utilizar diferentes rellenos para ralentizar la escorrentía, y si es posible, infiltrarla parcialmente.

1.2

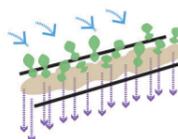
Cuneta permeable: relleno de gravas o material filtrante similar. Puede estar vegetada o no.

1.3

Cuneta húmeda: no se encuentra rellena, el terreno queda deprimido y acumula agua en episodios de lluvia, por lo que suele contar con vegetación. No es la más recomendable en la zona.

1.4

Cuneta de celdas modulares: relleno de celdas de polipropileno o similar, con alto índice de huecos, que permita almacenar escorrentía y posterior evacuación lenta. Por encima de las celdas se encuentra una capa de material filtrante, que puede contar o no con vegetación.



2.1

Cuneta seca: rellena con material filtrante, y cuenta con una tubería de evacuación en su interior. Se aplican conceptos similares a la zanja o drenaje filtrante. Es la opción más aconsejable en la zona de estudio debido a los episodios de torrencialidad.

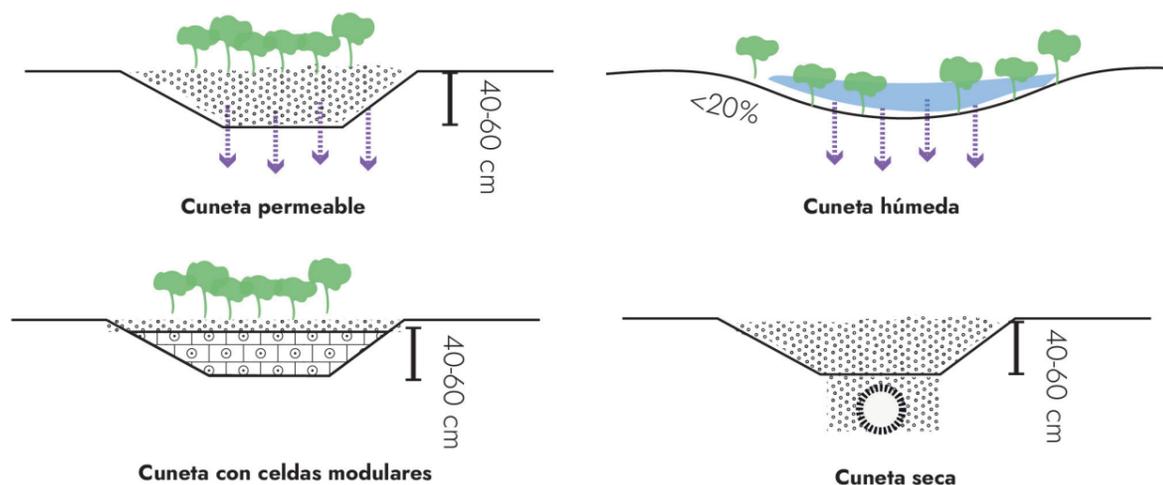
2.2

En todos los tipos anteriores es importante tener las siguientes consideraciones:

- La velocidad máx. de la escorrentía será de 1-2m/s, con pendiente longitudinal 0,5-3%.
- Geometría trapezoidal con pendiente máxima del 35% y base horizontal de mínimo 50 cm. Se recomienda que la línea superior quede enrasada con el pavimento. De no ser así: <20% y pendientes laterales vegetadas.
- Se recomiendan permeables y que permitan infiltración directa (si no hay agua contaminada).
- Si bien la más económica es la cuneta permeable convencional, en la zona de estudio se recomienda optar por cunetas secas (con tubería de evacuación) que eviten problemas de acumulaciones de agua sin tratar e insectos.
- En cuanto al desarrollo de vegetación, lo más aconsejable en la zona es permitir el desarrollo de especies de carácter estacional, que no requieren ningún tipo de mantenimiento ni riego.

1.4 CUNETAS VEGETADAS Y/O RELLENAS

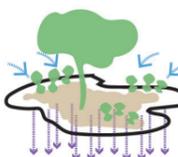
ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Cuneta vegetada
 FUENTE: IAGUA



3.1

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

3.2

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

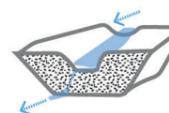
Cuneta permeable con vegetación sin riego **30€/m²**
 Cuneta permeable seca **20€/m²**

4.1

4.2

4.3

4.4



2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



2 FILTRAR Y TRATAR

1.1

DESCRIPCIÓN

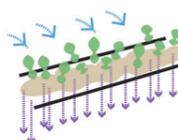
1.2

Se trata de superficies totalmente permeables, en los que se desarrollan diferentes plantaciones que eliminan la contaminación de la escorrentía para su posterior infiltración al subsuelo.

1.3

Por las condiciones climáticas de la zona de estudio, es conveniente la colocación de un tubo drenante en el subsuelo para evacuar excedente de agua, y un sistema de derivación alternativa (bypass) para no verter agua excesiva en periodo torrencial. Las tuberías deben quedar fuera de zona de afección radicular y protegidas por geotextiles. Requieren inspecciones periódicas para asegurar un buen funcionamiento, y un sistema de riego. También es prioritario seleccionar especies vegetales autóctonas que estén muy adaptadas a las condiciones de temperatura y precipitaciones de la zona.

1.4

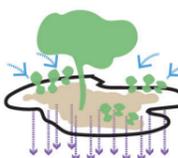


2.1

Componentes:

2.2

- Capa superficial y vegetación
- Medio filtrante (sustrato). Con una profundidad de 0,3 a 0,5m y con una composición aproximada de 50% tierra vegetal, 40% arena de sílice y 10% compost. Para controlar el tiempo de estancia del agua de lluvia y favorecer la sedimentación, mejorando la eficiencia ante la eliminación de contaminantes, el medio filtrante debe tener una permeabilidad comprendida entre 100 y 300 mm/h.

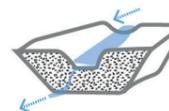


3.1

Dimensiones:

3.2

- Se pueden disponer en franjas, con un ancho mínimo 3m; o en áreas: más grandes y no lineales.
- Son adaptables a geometrías variadas.
- Las dimensiones mínimas para permitir el desarrollo de la vegetación suficiente para el tratamiento del agua son: 3m ancho y 6 de largo.
- Requieren una profundidad terreno mínimo 1m (arbustos), 1,5 m (árboles).



4.1

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

4.2

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

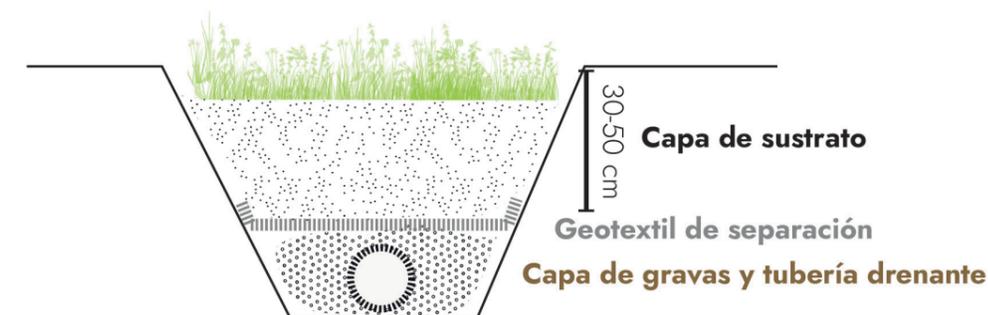
4.3

Parterre inundable con vegetación autóctona de mínimos requisitos hídricos, y red de riego por goteo **40€/m2**

4.4

2.1. PARTERRES INUNDABLES

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Construcción de parterre inundable
 FUENTE: EMASESA



Parterre inundable en Bon Pastor (Barcelona)
 FUENTE: INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO DE BARCELONA

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



2 FILTRAR Y TRATAR

1.1

DESCRIPCIÓN

Las áreas de biorretención funcionan de la misma manera que un parterre inundable, pero con mayor superficie, y mayor profundidad de capa filtrante (hasta 1 metro). Por este motivo pueden cumplir también una función importante de acumulación para laminación e infiltración lenta, así que puede clasificarse como una combinación de un parterre inundable y un depósito de detención e infiltración. Deben cumplir por lo tanto los requisitos de ambos SUDS.

1.2

1.3

1.4

Requisitos para implantación:

- Requieren un terreno con permeabilidad superior a 12 mm/h
- El grado de contaminación de las aguas debe ser bajo para que la infiltración no contamine el terreno o los acuíferos subterráneos
- Elementos alejados de construcciones cercanas
- En la zona de estudio, conviene utilizar el sistema combinado con depósitos de infiltración enterrados y pozos a lo largo de zanjas de infiltración, y además instalar desagües tanto en zanjas como en pozos para poder enviar agua a la red en caso de superar la capacidad.
- Es conveniente la instalación de elementos adicionales como filtros compactos o separadores hidrodinámicos previos a las zonas de infiltración para eliminar residuos sólidos y contaminantes.

Componentes:

- Capa superficial y vegetación
- Medio filtrante (sustrato). Con una profundidad de 0,3 a 0,5m y con una composición aproximada de 50% tierra vegetal, 40% arena de sílice y 10% compost. Para controlar el tiempo de estancia del agua de lluvia y favorecer la sedimentación, mejorando la eficiencia ante la eliminación de contaminantes, el medio filtrante debe tener una permeabilidad comprendida entre 100 y 300 mm/h.
- Capa de transición (gravas)
- Geotextil, elemento de rebose y tubería drenante.

3.1

3.2

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Área de biorretención, construida hasta 2 metros bajo la rasante del espacio urbano circundante, incluyendo excavaciones **150 €/m²**

4.1

4.2

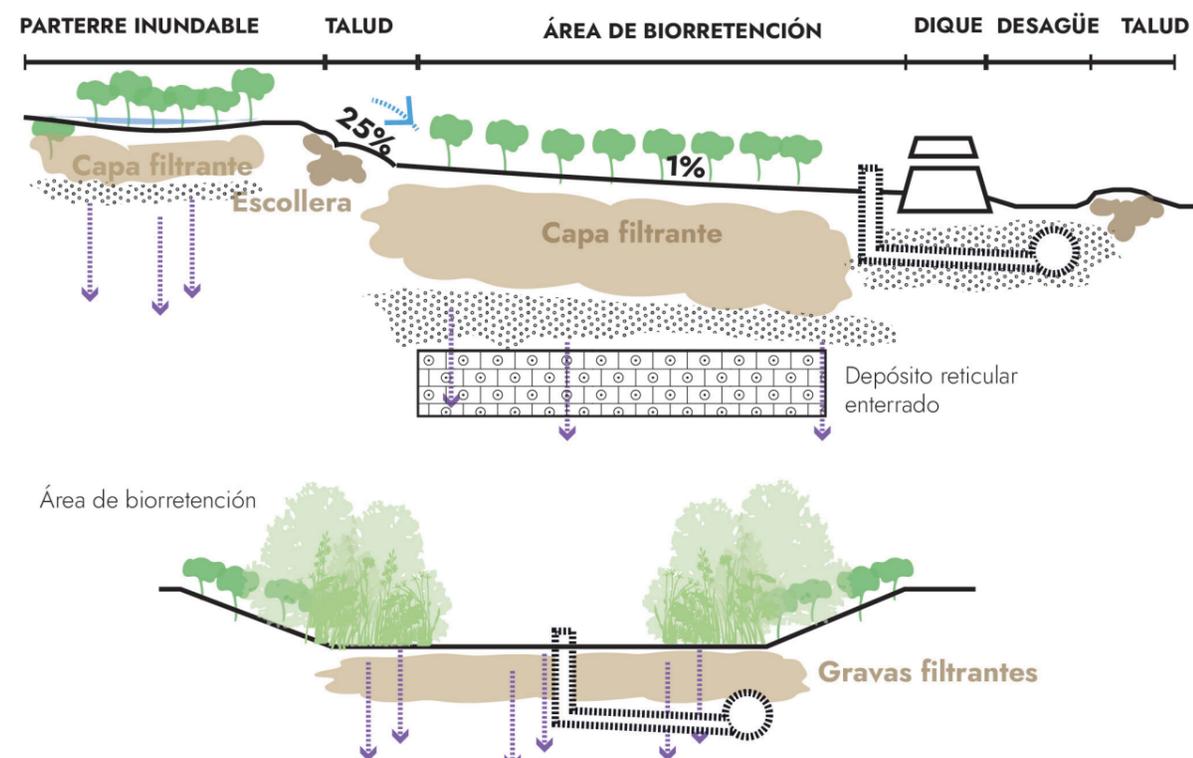
4.3

4.4

2.2. ÁREAS DE BIORRETENCIÓN

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO

Esquema de la combinación parterre inundable + área de biorretención + depósito reticular enterrado



FOTOGRAFÍAS



Área de biorretención
 FUENTE: SUDSOSTENIBLE

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



3 INFILTRAR

1.1

DESCRIPCIÓN

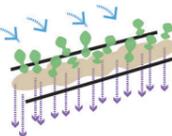
Estas estructuras drenantes consisten en zanjas excavadas en el terreno que se rellenan con un material altamente filtrante (gravas o similar) y cuentan con un conducto drenante en su base. La escorrentía se almacena temporalmente en la zanja, por lo que los caudales se laminan. Después, se transporta a través del conducto aguas abajo o bien a la red de pluviales, permitiendo de forma secundaria la infiltración. El diseño se debe adaptar a las velocidades de la escorrentía y a la climatología y características de terreno, evitando encharcamiento por velocidades bajas y erosión por velocidades altas. Es importante instalar un geotextil entre relleno y terreno.

1.2

1.3

1.4

Si la zanja tiene un acabado vegetal, cumplirá también funciones de tratamiento. No deben coincidir con zonas de tráfico rodado para asegurar durabilidad. Las zanjas drenantes cercanas a circulación de vehículos o personas deberán quedar enrasadas con el pavimento por seguridad vial, o bien separadas por bordillos intermitentes.



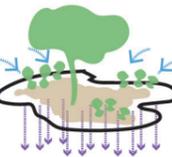
2.1

En la zona de estudio es importante instalar tuberías porosas en el interior de las zanjas para facilitar evacuación rápida en momentos de grandes afluencias, y es también aconsejable que se instale cuando la zanja se construya en inmediaciones de muros enterrados, cimentaciones, cabezas y pies de taludes.

2.2

Para todos los SUDS que implican infiltración directa, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El terreno debe tener una permeabilidad superior a 12 mm/h.
- El grado de contaminación de las aguas debe ser bajo para que la infiltración no contamine el terreno o los acuíferos subterráneos.
- Los elementos deben estar alejados de construcciones cercanas.



3.1

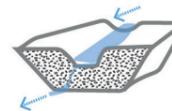
Componentes:

- La capa de almacenamiento se realiza mediante excavación del terreno y relleno con material altamente drenante, granular o sintético, envuelto en un geotextil para prevenir la colmatación por finos.
- Los rellenos se realizan con grava granulometría 40-60mm. Pueden realizarse con infiltración directa al terreno o bien con un conducto drenante en la base que transporte la escorrentía aguas abajo o a la red de pluviales.

3.2

Dimensiones:

- Zanjas: estructuras lineales con profundidades entre 100 y 200 cm
- Pozos: estructuras puntuales de profundidad hasta 400 cm. Circulares o cuadrados, entre 120 y 200 cm ancho o diámetro.



4.1

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

4.2

4.3

4.4

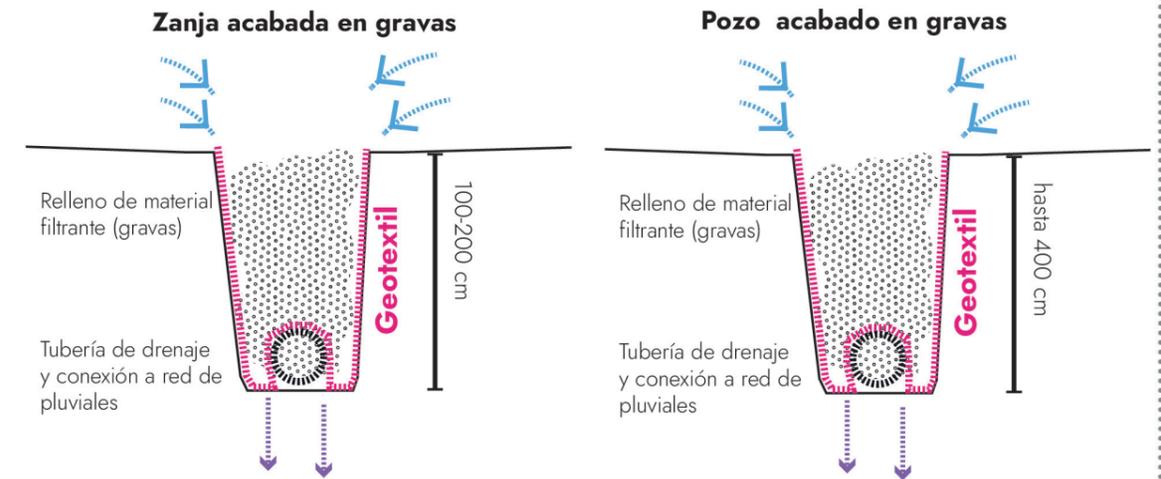
COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Zanjas y pozos drenantes, de hasta 2m de profundidad

35 €/m²

3.1. ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Zanjas de infiltración en la C Alfonso XIII con C Paraguay de Madrid
 FUENTE: Ayto. de Madrid
 Extraído de Guía de SUDS Castellón de la Plana



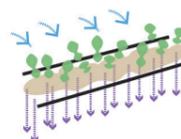
Pozo de infiltración en el parque de los Juegos del Mediterráneo 2018, Tarragona
 FUENTE: SET Ingeniería
 Extraído de Guía de SUDS Castellón de la Plana

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN

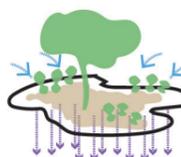


3 INFILTRAR

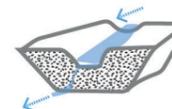
- 1.1
- 1.2
- 1.3
- 1.4



- 2.1
- 2.2



- 3.1
- 3.2



- 4.1
- 4.2
- 4.3
- 4.4

DESCRIPCIÓN

Los alcorques estructurales, están formados por el hoyo en el terreno donde se planta el árbol y el relleno de suelo. Este suelo está diseñado para almacenar temporalmente la escorrentía y permitir el crecimiento de las raíces del árbol. Los hoyos excavados en el terreno que se rellenan con un material altamente filtrante (gravas o similar) y con módulos estructurales de polipropileno (reellenos a su vez de material granular) que aumentan la resistencia estructural de la capa superficial (acabada en pavimento).

En la zona de estudio es importante instalar tuberías porosas en el interior de los alcorques para facilitar evacuación rápida en momentos de grandes afluencias, y es también aconsejable que se instale cuando el alcorque se construya en inmediaciones de muros enterrados, cimentaciones, cabezas y pies de taludes.

Para todos los SUDS que implican infiltración directa, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El terreno debe tener una permeabilidad superior a 12 mm/h.
- El grado de contaminación de las aguas debe ser bajo para que la infiltración no contamine el terreno o los acuíferos subterráneos.
- Los elementos deben estar alejados de construcciones cercanas.

Componentes:

- Capa superficial y vegetación
- Medio filtrante (sustrato). Con una profundidad de 1,5 a 2,5 m y con una composición aproximada de 50% tierra vegetal, 40% arena de sílice y 10% compost. Para controlar el tiempo de estancia del agua de lluvia y favorecer la sedimentación, mejorando la eficiencia ante la eliminación de contaminantes, el medio filtrante debe tener una permeabilidad comprendida entre 100 y 300 mm/h.
- Módulos estructurales de polipropileno
- Capa de transición (gravas)
- Geotextil, elemento de rebose y tubería drenante.

Dimensiones:

- Profundidad mínima de 1,5 m para el adecuado desarrollo de las raíces.

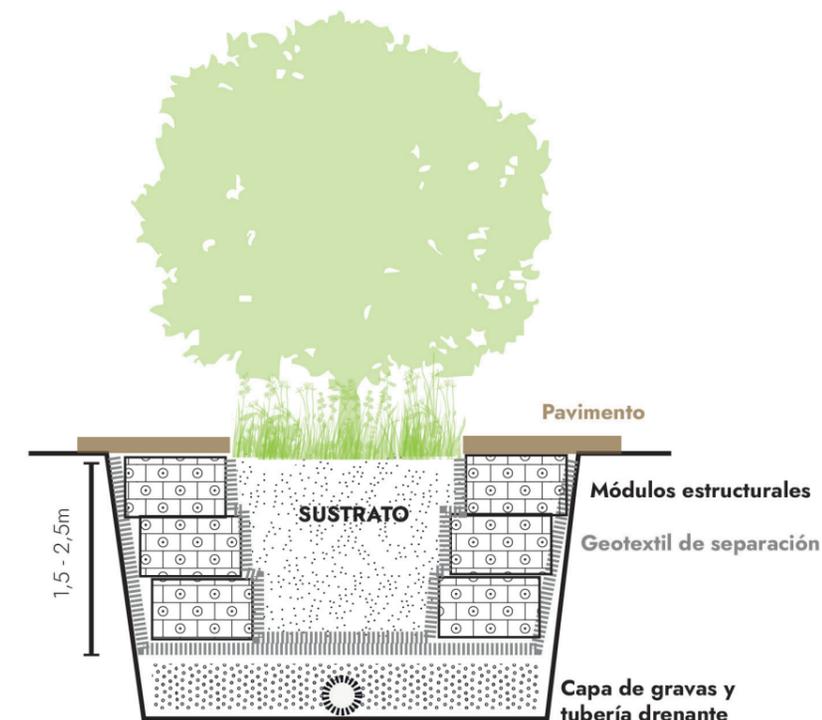
SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN: Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Ejecución de alcorque drenante, incluyendo plantación árbol autóctono **180€/Ud**

3.2. ALCORQUE DE INFILTRACIÓN

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Alcorques estructurales
 FUENTE: SWANWATERSOLUTIONS

Alcorques estructurales
 FUENTE: IAGUA

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



4 SOLUCIONES TRADICIONALES

4.1. DEPÓSITOS DE PLUVIALES

1.1

DESCRIPCIÓN

Los depósitos de pluviales son elementos que captan la escorrentía (principalmente de cubiertas, pero puede ser de otras áreas impermeables) para su posterior aprovechamiento. El agua es almacenada, tratada (si se requiere) y utilizada en usos de agua no potable (como puede ser el riego).

1.2

1.3

1.4

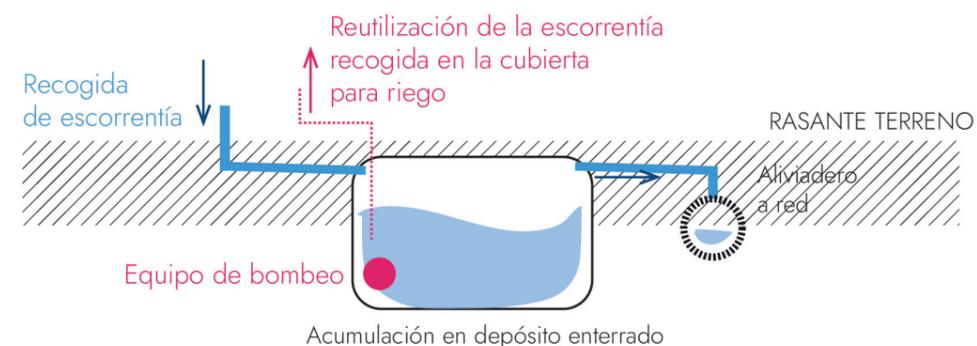
Componentes

- Canalizaciones y/o tuberías que recogen el agua del tejado y/o el terreno y la dirigen al depósito
- Depósito de pluviales
- Aliviadero con tubería de desagüe que permite que la salida de la escorrentía excedente
- Tubería de salida hacia su posterior uso
- Adicionalmente, pueden incluir electrobomba sumergible si es necesario impulsar el agua de salida (como en el caso de depósitos enterrados).

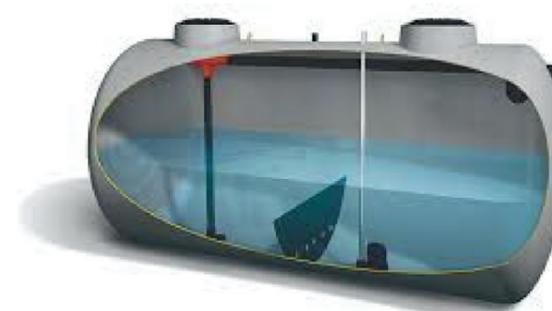
Materiales y ubicaciones

- Prefabricados de polietileno (ligeros y fácilmente transportables, sencillos de instalar, en servicio y mantenimiento)
- Construido in situ de hormigón (adecuados para grandes volúmenes y se pueden emplazar en áreas con tráfico, pues pueden ser diseñados como estructuras portantes).
- En superficie: se instala a ras de suelo y funciona por gravedad. El soporte estructural puede ser el propio edificio. Requiere de inhibidores de rayos UV.
- Aljibe enterrado: se emplaza bajo tierra. Aconsejado donde hay restricciones de espacio. Para extraer el agua, suele ser necesario un sistema de bombeo. Tienden a mejorar su rendimiento, pues controlan la temperatura del agua, reducen el crecimiento bacteriano en verano y las heladas en invierno.

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



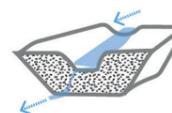
Depósitos
 FUENTE: BIOTANKS

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS: [ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN:

Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Depósito de polietileno reforzado, enterrado, con electrobomba y sondas
 Capacidad 18.000L **7.000€/ud**



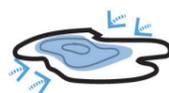
4.1

4.2

4.3

4.4

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



4 SOLUCIONES TRADICIONALES

4.2. VÁLVULAS DE VÓRTICE

1.1

DESCRIPCIÓN

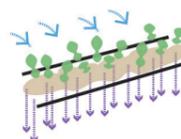
Las válvulas de vórtice son dispositivos que regulan el caudal en función de la lámina de agua, exclusivamente por efectos hidrodinámicos.

1.2

Están diseñadas para permitir el flujo de agua sin restricciones durante el mayor tiempo posible (caudales bajos). Sin embargo, cuando aguas arriba la lámina de agua crece hasta una altura determinada (periodo de inundación), el aire es atrapado creando un vórtice. Este vórtice convierte la energía potencial del agua en rotación, desacelera el agua y limita la descarga. Cuando la lámina de agua disminuye, se vuelve a la descarga sin restricciones (caudales bajos).

1.3

1.4

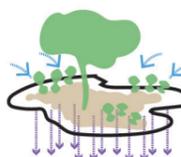


Beneficios

- Controla el almacenamiento de las aguas de lluvia y su descarga.
- Requieren menor volumen de almacenamiento aguas arriba, disminuyendo los costes de excavación y ocupación de suelo.
- Tiene una gran superficie de paso y no tiene piezas móviles ni necesita energía auxiliar, por lo que ofrecen una elevada seguridad de servicio.
- Si se produce un bloqueo, será fácil y rápido de detectar al producirse en el exterior.

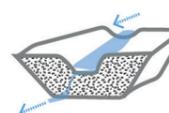
2.1

2.2



3.1

3.2



4.1

4.2

4.3

4.4

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS:

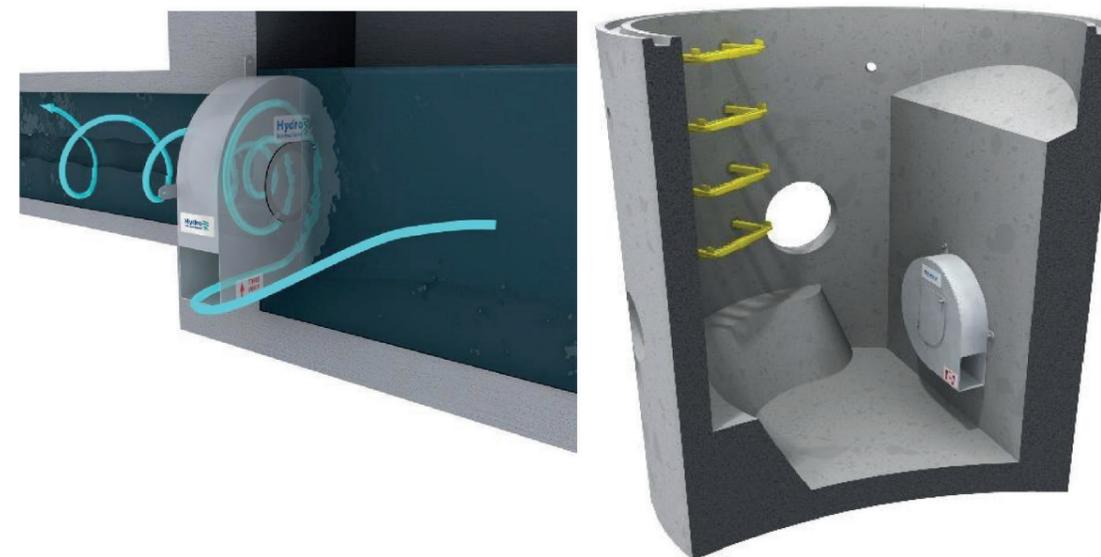
[ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN:

Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Válvula de vórtice 1.500 €/ud

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Hydro-Brake® Optimum.
 Fuente: Hydro International

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN



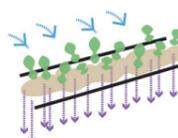
4 SOLUCIONES TRADICIONALES

1.1

1.2

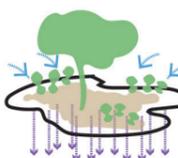
1.3

1.4



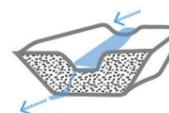
2.1

2.2



3.1

3.2



4.1

4.2

4.3

4.4

DESCRIPCIÓN

Los separadores hidrodinámicos son dispositivos que pueden eliminar sólidos sedimentables, residuos flotantes, grasas e hidrocarburos presentes en la escorrentía. Mediante una separación hidrodinámica por vórtex, los sedimentos se depositan en el fondo (debido al aumento del tiempo de residencia, pues el recorrido elíptico que realiza el agua desde que entra hasta que sale es mucho mayor al de una arqueta convencional); y los residuos flotantes, grasas e hidrocarburos ascienden a la superficie por suspensión. Este dispositivo se instala en un pozo, normalmente de hormigón prefabricado.

Beneficios

- Mejora la calidad del agua de escorrentía.
- Útiles en lugares con restricción de espacio, pues son estructuras subterráneas y consumen poco espacio.
- Su empleo reduce las labores de mantenimiento y la vida útil (previenen la colmatación) de las técnicas SUDS de aguas abajo, aunque requiere un mantenimiento propio específico y frecuente
- No requieren de energía externa.
- Apropriados como pretratamiento de celdas y cajas reticulares.

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS:

[ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN:

Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Separador hidrodinámico 2.000 €/ud

4.3. SEPARADORES HIDRODINÁMICOS

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



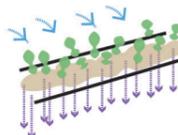
Downstream Defender®.
 Fuente: Hydro International

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIA E INUNDACIÓN

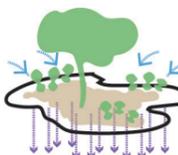


4 SOLUCIONES TRADICIONALES

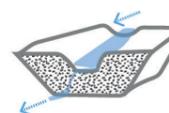
- 1.1
- 1.2
- 1.3
- 1.4



- 2.1
- 2.2



- 3.1
- 3.2



- 4.1
- 4.2
- 4.3
- 4.4

DESCRIPCIÓN

Los filtros compactos son dispositivos que eliminan los contaminantes presentes en la escorrentía mediante tecnologías de filtración, como la del lecho fluido. La escorrentía se dirige a la cámara por una tubería; conforme ésta se llena, el flujo asciende y atraviesa las mallas inclinadas y los módulos de filtrado. En este proceso, los sólidos gruesos y los sedimentos precipitan en la base de la cámara, mientras que los aceites y flotantes ascienden a la superficie. Cuenta con un sifón-bypass con deflector de flotantes para el caudal excedente. El agua tratada es evacuada por el módulo exterior y la tubería de salida.

Beneficios

- Elevado rendimiento en la mejora la calidad de la escorrentía.
- Se adaptan fácilmente al ámbito de aplicación, pues son compactos y subterráneos.
- Aptos en zonas industriales y comerciales, con presencia de hidrocarburos y sedimentos.
- Fácil instalación y mantenimiento (aunque costoso).

SOLUCIÓN APTA PARA ESPACIOS:

[ZV] ZONA VERDE [AP] APARCAMIENTOS
 [EQ] EQUIPAMIENTOS [ROT] ROTONDAS

COSTE DE IMPLANTACIÓN:

Precios aproximados de ejecución de unidad en obra

Filtro compacto 3.000 €/ud

4.4. FILTROS COMPACTOS

ESQUEMA FUNCIONAMIENTO



FOTOGRAFÍAS



Esquema Up-Flo™ Filter.
 Fuente: Hydro International