



Soluções Baseadas na Natureza em Manejo de Águas Pluviais

Apresentação

Maria Elisa Leite Costa

- Engenheira Civil pela UFAL
- Mestra e Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela UnB
- Empregada pública dos Correios
- Cedida a ANA desde 2021
- Coordenação de Regulação de Drenagem Urbana na SSB da ANA



Apresentação



← water.eau.agua_u...

Compartilhar uma música

581 publicações

1.203 seguidores

896 seguindo

M@ri@ €£i\$@
Educação

Drenagem Urbana Sustentável

Vivendo, pensando e tentando conviver num mundo urbano sem causar tanto impacto... #épossível

Expectativas

Por que eu fui convidada para este evento na Semana da Água para falar sobre SBN?



RESOLUÇÃO ANA Nº 245, DE 17 DE MARÇO DE 2025 DOCUMENTO Nº 0018275

Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 que dispõe sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.



A Norma de Referência

- Definição dos serviços
- Inovação tecnológica na Drenagem e Manejo de Águas Pluviais
- Empoderamento das Entidades Reguladoras Infranacionais – Agências de Saneamento Básico



A Norma de Referência

XXXII – soluções baseadas na natureza: ações para proteger, conservar, restaurar, utilizar de forma sustentável e gerenciar ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos, naturais ou construídos, que abordam desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo em que proporcionam bem-estar humano, serviços ecossistêmicos, resiliência e benefícios à biodiversidade;



A Norma de Referência

XX – infraestrutura azul: conjunto de infraestruturas e instalações, naturais ou construídas, utilizadas para o manejo sustentável das águas pluviais e projetadas a partir da abordagem das soluções baseadas na natureza, incluindo cursos d'água, áreas úmidas, lagoas e lagos ou outros corpos d'água em áreas urbanas, constituindo elementos centrais de conexão com os espaços naturais contribuindo para a

proteção da fauna e da flora, a reciclagem de nutrientes, a captura de poluentes, a melhoria da qualidade da água, o controle de inundações, a regulação do microclima, a promoção da biodiversidade, de bem-estar e a valorização da paisagem;

XXI – infraestrutura cinza: conjunto de infraestruturas e instalações operacionais de DMAPU, que têm como objetivo a redução de alagamentos, inundações e enxurradas urbanas, projetadas e construídas a partir da abordagem técnica convencional, que se fundamenta na rápida transferência do escoamento superficial excedente para jusante;

XXII – infraestrutura verde: conjunto de infraestruturas e instalações operacionais de DMAPU, preferencialmente interconectadas aos sistemas naturais, espaços livres e outros elementos da paisagem, construídas a partir da abordagem das soluções baseadas na natureza, que têm como objetivos, além da redução de alagamentos, inundações e enxurradas urbanas, proporcionar múltiplas funções, como a melhoria da qualidade da água, a regulação do microclima, o aumento da biodiversidade, a promoção do bem-estar e a valorização da paisagem;

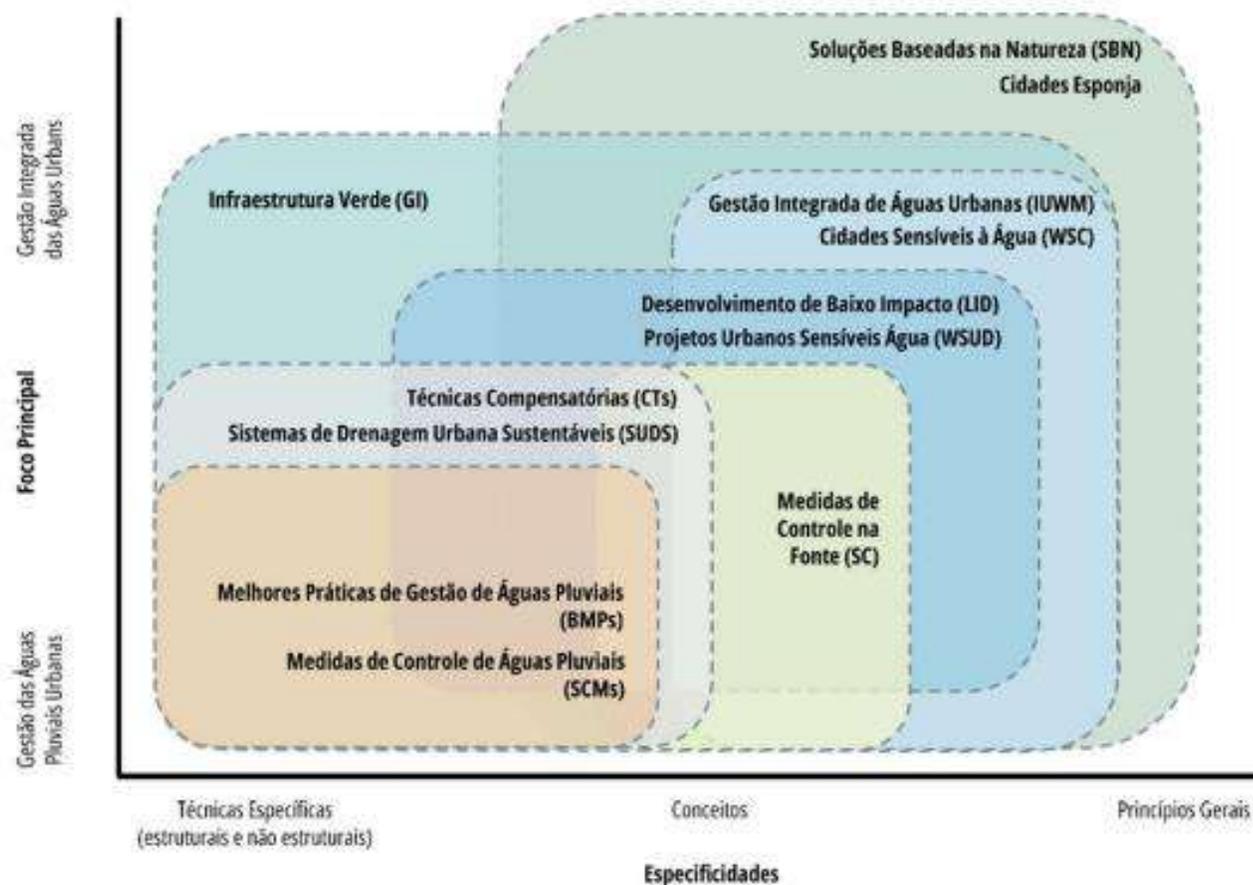


A Norma de Referência

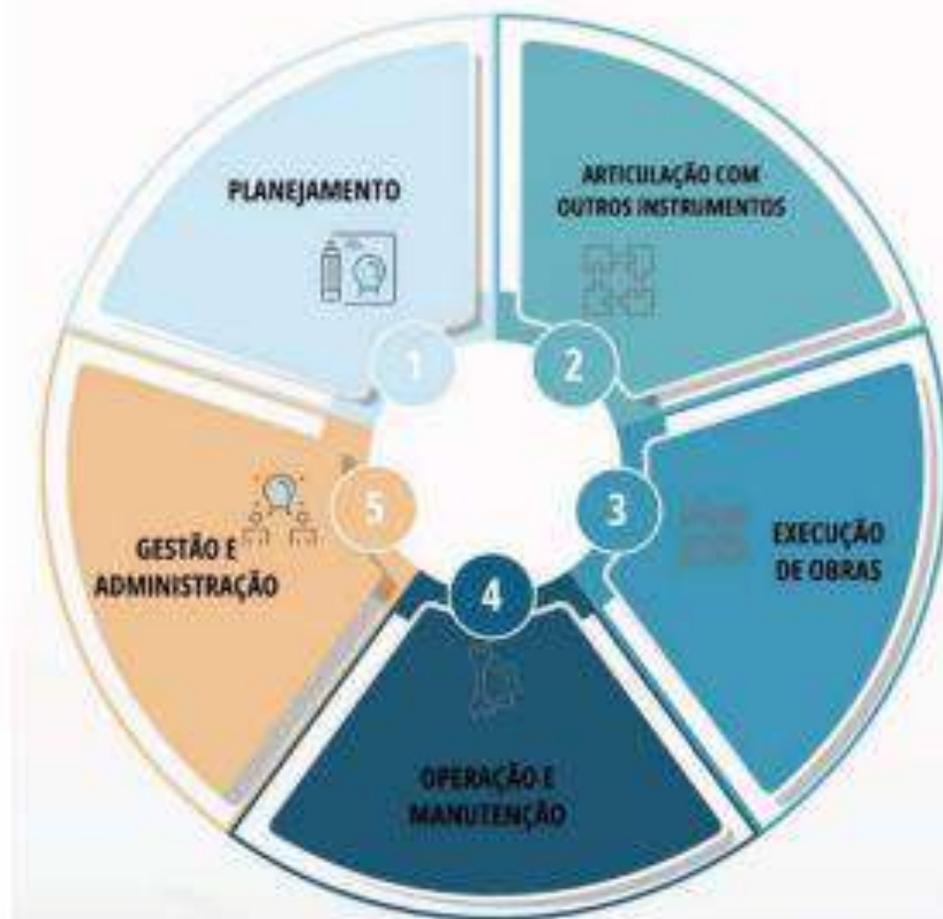


Figura 2 - Classificação das abordagens de Drenagem Urbana Sustentável

Classificação das abordagens da drenagem urbana, de acordo com suas especificidades e foco principal.
Adaptada de Fletcher et al. (2015). Segundo Fletcher et al. (2015) as classificações podem mudar com o tempo.



A Norma de Referência



A Norma de Referência

- A NR menciona SBN 10x

Parágrafo único. Para atingir os objetivos dos serviços públicos de DMAPU deverá ser garantida a observância das melhores práticas na concepção dos sistemas e nos projetos de DMAPU adotando, prioritariamente, princípios de sustentabilidade e a abordagem das soluções baseadas na natureza.

Parágrafo único. Projetos e obras devem priorizar infraestrutura e instalações operacionais de coleta do escoamento superficial concebidos de forma a atender a abordagem das soluções baseadas na natureza.

Do transporte de águas pluviais urbanas

Art. 15. A infraestrutura de transporte das águas pluviais tem como função a condução do escoamento superficial desde a sua coleta até sua disposição final em um corpo hídrico receptor, e deve:

I – conduzir o escoamento superficial utilizando, preferencialmente, soluções baseadas na natureza;

A Norma de Referência

- A NR menciona SBN 10x

Subseção III

Do amortecimento de vazões e volumes

Art. 16. A infraestrutura e as instalações operacionais de amortecimento de DMAPU têm por objetivo atenuar as vazões, os volumes e as cargas de poluição difusa e devem:

I - promover o armazenamento da água, por meio de dispositivos de retenção ou detenção, ou a sua infiltração;

II - ser concebidos a partir da abordagem das soluções baseadas na natureza;



A Norma de Referência

- A NR menciona SBN 10x

Subseção IV

Do tratamento de águas pluviais

Localizar (5/10)

uções baseadas na

Anterior

Resolução ANA 10 (0018275)

SEI 02501.000612/2023-81 / pg. 10

Art. 17. O tratamento de águas pluviais consiste na redução das cargas de poluição difusa, preferencialmente a partir da abordagem das soluções baseadas na natureza, e deve:



A Norma de Referência

- A NR menciona SBN 10x

Anterior

CAPÍTULO IV

DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Resolução ANA 10 (0018275)

SEI 02501.000612/2023-81 / pg. 14

Art. 27. De forma articulada, as entidades reguladoras infranacionais, os titulares e os prestadores de serviços deverão realizar planos, projetos ou ações de educação ambiental, voltados aos usuários dos serviços públicos de DMAPU, a fim de promover:

I – orientação sobre o não lançamento do esgoto sanitário no sistema de DMAPU, ou de águas pluviais nos sistemas de esgotamento sanitário, para sistemas do tipo separador absoluto;

II – incentivo à adoção, manutenção ou monitoramento de dispositivos de infraestrutura verde e azul e de soluções baseadas na natureza;



A Norma de Referência

- A NR menciona SBN 10x

Seção I

Dos requisitos

Art. 30. Para observância dessa norma os municípios prioritários a serem considerados para estruturação do serviço de DMAPU devem se enquadrar em, pelo menos, em um dos critérios:

I – município suscetível a riscos geohidrológicos;

II – município que possua rios com alto risco de inundação em seu território; ou

III – município com população superior a 20.000 habitantes.

§1º O critério relativo à suscetibilidade a riscos geohidrológicos refere-se à lista de municípios mais suscetíveis a ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais, disponibilizada pela entidade competente do Governo Federal.

§2º O critério relativo ao alto risco à inundação refere-se à base de dados do Atlas de Vulnerabilidade disponibilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

§3º O critério relativo ao porte de população refere-se à base de dados disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Art. 31. São considerados requisitos de observância e adoção desta Norma de Referência:

I - a publicação de normativo pela entidade de regulação infranacional sobre regulamentação da prestação de serviços de DMAPU contendo, no mínimo:

a) definição dos objetivos do normativo;

b) descrição das atividades dos serviços de DMAPU, no que se refere às atividades de planejamento, estudos, projeto e execução de obras, operação e manutenção, gestão e administração, priorizando o manejo sustentável das águas pluviais;

c) caracterização da infraestrutura e instalações de águas pluviais incluindo a aplicação de soluções baseadas na natureza; e



A Norma de Referência

- Vocês conseguiriam implementar as SBNs no manejo de águas pluviais só com o que foi mostrado?



Manual de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para Manejo de Águas Pluviais Urbanas

Nome do projeto:

“Riscos de eventos extremos: Drenagem Urbana e Monitoramento Hidrológico”:

- Apresentar alternativas de integração das Soluções Baseadas na Natureza (SbN) à infraestrutura cinza ou projetada
 - Apresentar a aplicação de técnicas de SbN conforme a Norma de Referência da ANA que estabelece as condições para a estruturação dos serviços públicos de DMAPU
 - A fundamentação teórica e a revisão bibliográfica sobre SbN integradas à DMAPU, com suas principais funcionalidades e aplicações; e
 - Os principais parâmetros de projeto, construção, operação e manutenção desse tipo de solução aplicada à DMAPU.
-
- Previsão: 2026



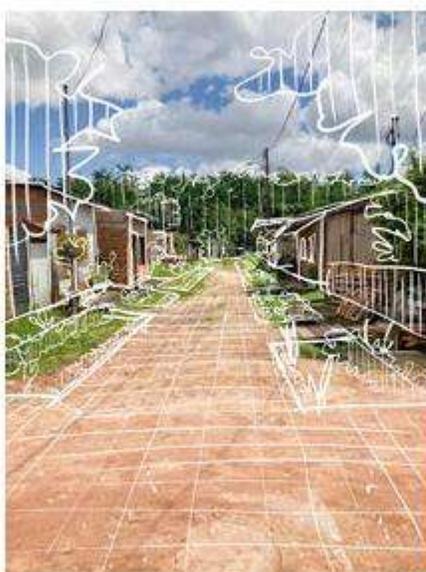
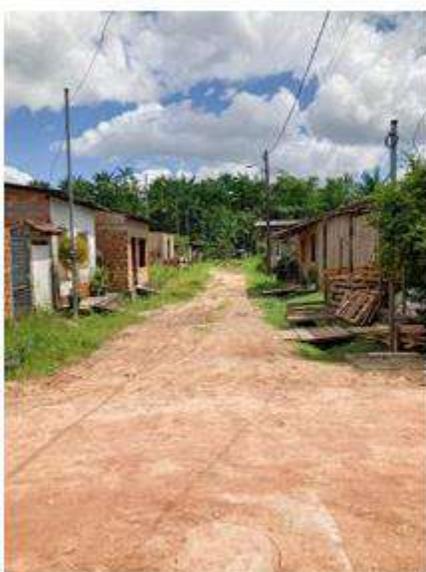
SBN no governo Federal



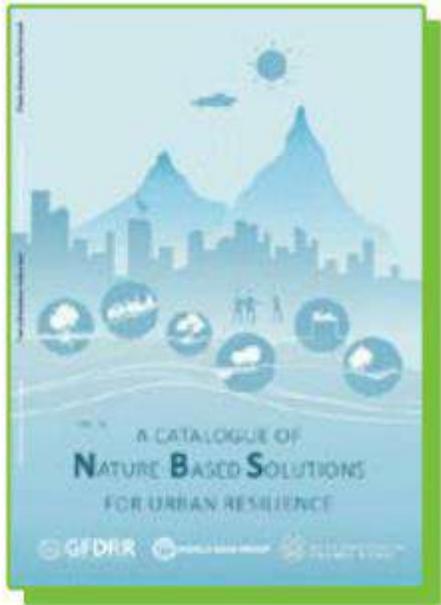
"OOVC - apoio à implementação de soluções baseadas na natureza - SBN para adaptação inclusiva das periferias urbanas às mudanças climáticas"



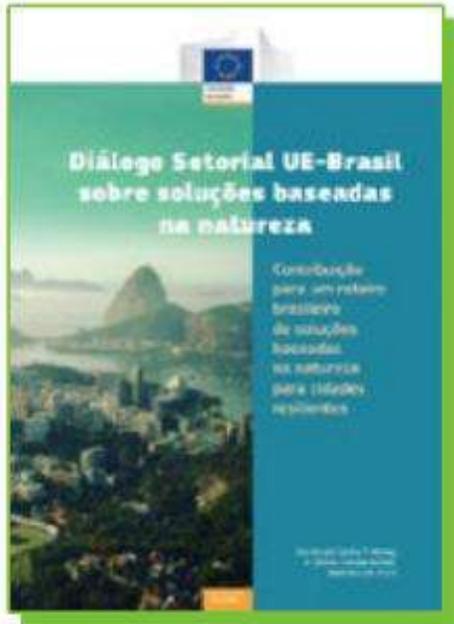
SBN no governo Federal



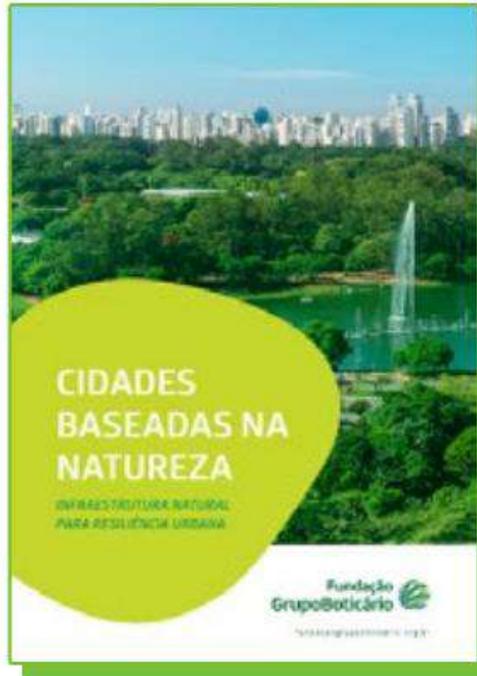
SBN no governo Federal



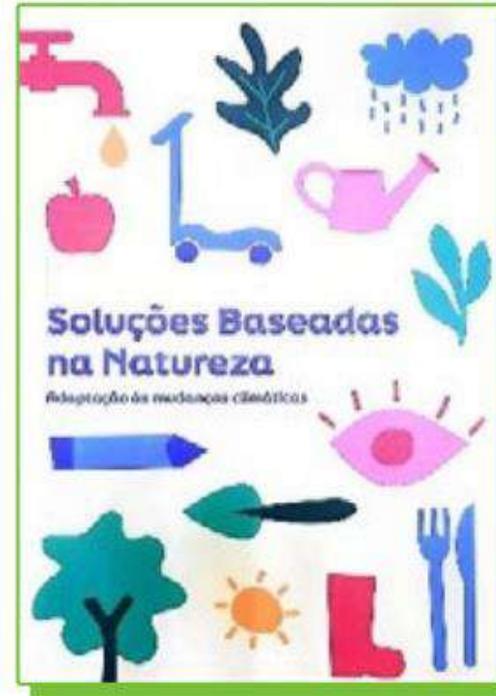
WORLD BANK (2021)



HERZOG & ROZADO (2019)



Fundação Grupo Boticário (2021)



Brasil (2023d)



PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PHB), ONU-HABITAT & UNOPS (2023)



SBN no governo Federal

Apoio à implementação de SBN
para adaptação inclusiva
das periferias urbanas
às mudanças climáticas



SBN no governo Federal



SBN no governo Federal



Eixo 1 Redução de riscos hidrológicos

1

Adotar as bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de estudo.

2

Priorizar o uso de infraestruturas verdes e azuis multifuncionais em detrimento de infraestruturas cinzas monofuncionais, aumentando a infiltração e reduzindo o escoamento superficial das águas pluviais, de forma compensar os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, aproximando o hidrograma de urbanização pós-intervenção de implementação de SBN do hidrograma de pré-urbanização.

3

Pensar as intervenções desde a escala do lote até a da bacia hidrográfica; e da fonte ou origem dos escoamentos superficiais para a macrodrenagem, nesta ordem de prioridade, minimizando a demanda por grandes obras.

4

Tentar conciliar as demandas e práticas locais com a recuperação e a manutenção ecologicamente saudável de toda nascente, mata ciliar e foz.

5

Trabalhar, nas margens não ocupadas e não adensadas, o zoneamento das inundações, não apenas de forma legal e institucional, mas também de forma prática, informando o risco e pactuando com a comunidade os usos públicos a serem dados para a zona de passagem de enchente e as condições de ocupação da zona de ocupação condicionada.

SBN no governo Federal



CIDADES
VERDES
RESILIENTES

Mudança do clima observada

Aumento da
temperatura
máxima

Redução ou
aumento da
precipitação

Aumento de
ondas de calor

Seca prolongada

Chuvas intensas
prolongadas



ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

SBN no governo Federal



Efeitos da mudança do clima



Região Serrana (RJ), 2011
242 mm/24 h (62 mm/1 h)
900 mortos, 600 desaparecidos



Petrópolis (RJ), 2022
260 mm/24 h e 534 mm/24 h
238 mortos



Litoral Norte (SP), 2023
682 mm/24 h
65 mortos



Rio Grande do Sul, 2024
245 mm/24 h
172 mortos

SBN no governo Federal

Com foco na população
de áreas urbanas

Priorizando
regiões metropolitanas
e municípios com
alta vulnerabilidade
social e climática



CIDADES
VERDES
RESILIENTES

RECORTE
TERRITORIAL

Artigo 5º do
Decreto 12.041
de 05 de junho de 2024



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

SBN no governo Federal

CIDADES VERDES RESILIENTES

ABORDAGENS TEMÁTICAS

Artigo 3º do Decreto 12.041 de 05 de junho de 2024

- ÁREAS VERDES E ARBORIZAÇÃO URBANA**
- USO E OCUPAÇÃO SUSTENTÁVEL DO SOLO**
- SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA**
- TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO**
- MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**
- GESTÃO DE RESÍDUOS**

SBN no governo Federal



Transporte público coletivo eficiente e com fonte de energia limpa

Isolamento térmico, ventilação natural, sombras urbanas

Drenagem urbana, bueiros, canais, drenos, barragens, barreiras de concreto projetado

Reservatórios e represas, aproveitamento de águas pluviais, tratamento e reuso

Poleiros artificiais para aves, passagens de fauna



Conservação e recuperação da vegetação urbana; telhados e muros verdes; jardins de chuva; canteiros pluviais; bacias de detenção, retenção ou infiltração; alagados (*wetlands*) construídos; muros de suporte vivo e de contenção com vegetação



SBN no governo Federal

Publicações



**CATÁLOGO BRASILEIRO DE
SOLUÇÕES BASEADAS NA
NATUREZA**



SBN no governo Federal



RESULTADO

CIDADES SUSTENTÁVEIS E RESILIENTES

- Esgotamento Sanitário - Urbano - **NOVO!**
- Mobilidade Urbana - Grandes e Médias Cidades - **NOVO!**
- Periferia Viva - Urbanização de Favelas - **NOVO!**
- Prevenção a Desastres Naturais: Drenagem Urbana - **NOVO!**
- Prevenção a Desastres Naturais: Contenção de Encostas - **NOVO!**
- Regularização Fundiária - **NOVO!**
- Renovação de Frota - **NOVO!**
- Resíduos Sólidos - **NOVO!**



SBN no governo Federal

Prevenção a Desastres Naturais: Drenagem Urbana

Recursos Disponíveis – 1ª. Etapa – R\$ 15,3 bilhões

Modalidade	Qtde	Qtde Municípios	OGU (R\$)	FIN	TOTAL
Drenagem	230	190	10,6* bi	4,7 bi	15,3 bi

Inclui R\$ 6 bilhões de ação de resposta ao desastre no RS.



Imagem ilustrativa drenagem urbana



Imagem ilustrativa drenagem urbana

SBN no governo Federal

UF	MUNICÍPIO	MODALIDADE	EMPREENDIMENTO	CLASSIFICAÇÃO	PROPONENTE
MG	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
UF	MUNICÍPIO	MODALIDADE	EMPREENDIMENTO	CLASSIFICAÇÃO	PROPONENTE
MG	ARAXA	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	BELO HORIZONTE	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	BETIM	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	CAETÉ	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	CARANGOLA	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	CONTAGEM	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	CONTAGEM	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	CORONEL FABRICIANO	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	IPATINGA	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	ITAJUBÁ	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	JUIZ DE FORA	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	MURIAÉ	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	POUSO ALEGRE	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	POUSO ALEGRE	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	POUSO ALEGRE	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	RAPOSOS	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	RESPLENDOR	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	RESPLENDOR	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Obra	Município
MG	RIBEIRÃO DAS NEVES	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	VESPASIANO	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município
MG	VESPASIANO	Seleção 2023 - Prevenção a desastres: Drenagem	Prevenção a desastres: Drenagem	Projeto	Município



DESAFIOS

70% das emissões globais de CO₂ são atribuídas às cidades

1,4° C de aumento da temperatura média global

10° C aumento em ilhas de calor urbanas

Inundações no Rio Grande do Sul 2024

183 vidas perdidas
2,4 milhões pessoas afetadas

3º país com pior índice de saúde mental global

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

1 árvore remove

10 Kg de CO₂ por ano

1 m² de telhado verde remove

0,2 Kg de CO₂ por ano

1 árvore diminui a temperatura em

2 a 12° C

telhados verdes diminuem a temperatura em

0,2 a 1° C

30%

redução de uso de ar condicionado

Regiões com Áreas de Preservação Permanente com vegetação nativa foram as

- afetadas pelas inundações

Contato com a natureza reduz em

21% a ocorrência de depressão

16%

o cortisol (hormônio do estresse)

SBN no Manejo de Águas Pluviais



SBN no Manejo de Águas Pluviais



Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València



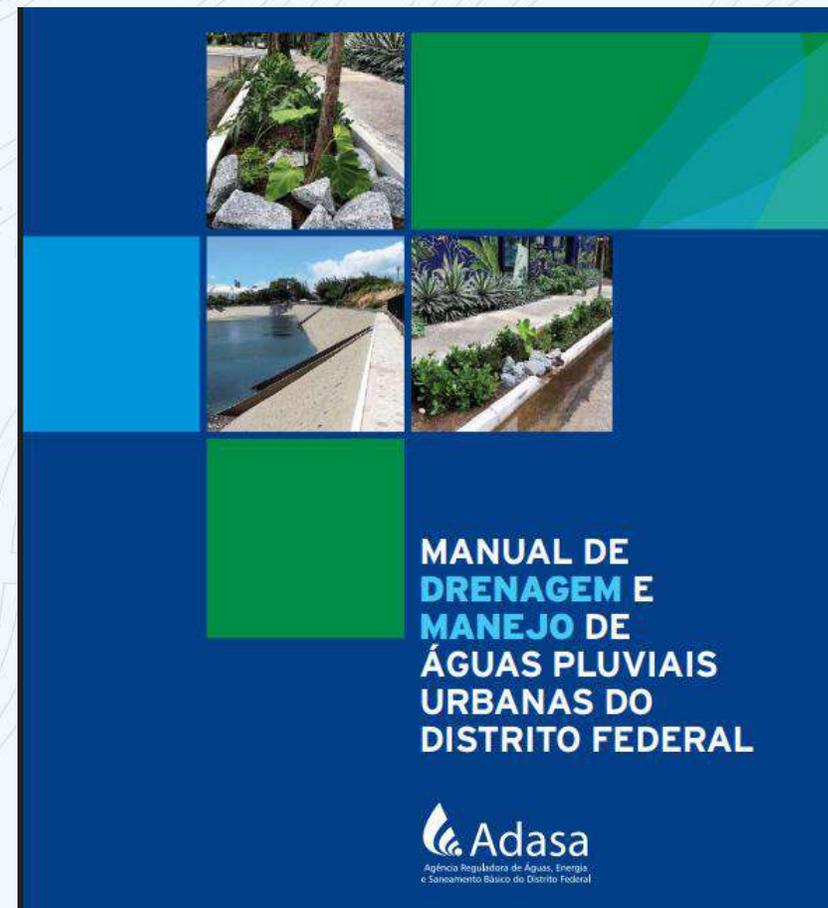
Junio 2021



DESASTRE EM VALÈNCIA



SBN no Manejo de Águas Pluviais



SBN no Manejo de Águas Pluviais

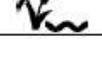
Tipología SUDS		Función principal				
		 Filtración	 Detención	 Tratamiento	 Retención	 Infiltración
	Cubiertas vegetadas		S		P	
	Parterres inundables			P		S
	Balsas de detención e infiltración		P			S
	Cunetas vegetadas			P		S
	Alcorques estructurales		S			P
	Pavimentos permeables	P				S
	Drenes filtrantes	P	S			
	Pozos y zanjas de infiltración	S				P
	Depósitos reticulares		S			P
	Humedales artificiales y estanques		S	P		

Tabla 1. Funciones principal (P) y secundaria (S) de cada tipo de SUDS.

SBN no Manejo de Águas Pluviais

Tabela 4 Uso típico dos dispositivos de controle de escoamento

Dispositivo	Uso típico		
	Controle na fonte	Microdrenagem	Macro drenagem
Pavimento permeável			
Trincheira de infiltração			
Vala de infiltração			
Poço de infiltração			
Microrreservatório			
Telhado reservatório			
Reservatório de detenção aberto			
Reservatório de retenção aberto			
Reservatório subterrâneo pontual			
Reservatório subterrâneo linear			
Faixa gramada			

SBN no Manejo de Águas Pluviais

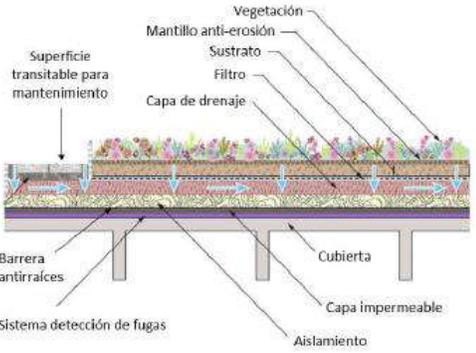


Figura 8. Esquema de una cubierta vegetada. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021).

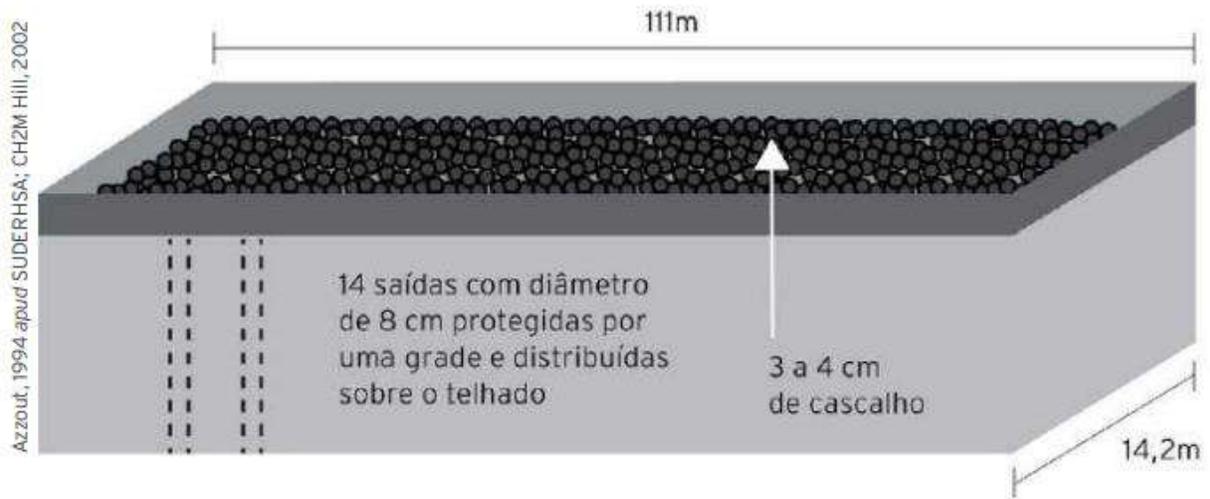


Figura 85 Exemplo de solução para telhado reservatório.



SBN no Manejo de Águas Pluviais

CUBIERTAS VEGETADAS

Las cubiertas vegetadas están formadas por un conjunto de capas que permiten la implantación de vegetación sobre el tejado. El paquete vegetado recibe las escorrentías de la cubierta, filtrándolas y almacenándolas temporalmente en el sistema de drenaje, donde el agua se emplea como riego pasivo. Los excedentes son descargados a través de bajantes.

Existen dos tipos principales de cubiertas vegetadas en función del tipo de vegetación implantada:

- En las **cubiertas extensivas** se implanta vegetación herbácea o de plantas crasas tipo sédum que requieren un espesor de sustrato de entre 3 y 20 cm. Habitualmente no son transitables y ocupan una gran parte de la superficie del tejado.
- En las **cubiertas intensivas**, sin embargo, se puede implantar vegetación arbustiva e incluso arbórea requiriendo espesores de sustrato de más de 20 cm.



1. Vegetación de cubierta intensiva 2. Vegetación de cubierta extensiva 3. Sustrato: profundidad variable en función de si la cubierta es intensiva o extensiva 4. Filtro 5. Sistema de drenaje 6. Barrera antiarborescentes 7. Aislamiento 8. Sistema de impermeabilización 9. Estructura del edificio

BENEFICIOS		
Control de caudal pico	🔵	🔵
Control del volumen de escorrentía	🔵	🔵
Mitigación de la contaminación	🌿	🌿
Valor ecológico	🌿	🌿
Valor estético	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,4
Metales	0,4
Hidrocarburos	0,4

POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche	📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar	📍
Industrial	📍	Terciario	📍
Red de viario	📍	Parques y jardines	📍

Óptimo	📍	Posible	📍
Desaconsejable	🚫	Incompatible	🚫

Características principales

- ▶ Se pueden incorporar en edificios ya construidos o de nueva construcción, y permiten reducir el volumen de escorrentía sin ocupar espacio adicional en la ciudad.
- ▶ Funciona como aislante térmico del edificio al proporcionar sombra y reflejar la radiación, reduciendo así la demanda energética por climatización.
- ▶ Contribuyen a la mejora la calidad del aire absorbiendo CO₂ además de algunos contaminantes en el aire y el polvo.
- ▶ Crean un espacio verde urbano visitable y de recreo; y un hábitat para aves e insectos.
- ▶ Para mantener una vegetación duradera esta puede requerir riegos puntuales.
- ▶ Puede ser necesario reforzar la estructura del edificio debido al aumento de carga causado por la cubierta.
- ▶ Deben implantarse en cubiertas con pendiente no superior al 25 %.



Cubierta vegetada en Benaguasil (Valencia).

Criterios de Diseño

Se recomienda que su **extensión** cubra entre el 50 y el 80 % de la superficie, dejando un remanente para instalaciones y accesos. En cubiertas con inclinaciones inferiores al 5% se recomienda incluir un sistema de drenaje que evite el encharcamiento. Pendientes superiores al 25 % requieren de elementos auxiliares que impidan la pérdida de sustrato.

Para su implantación, también deben evaluarse los patrones de lluvia, la inclinación de la cubierta, las sombras de edificios colindantes, la exposición al viento y otros factores que puedan suponer una limitación al crecimiento de las plantas.

En cuanto a los **materiales**, el sustrato debe ser permeable y ligero, con un contenido en arcillas y limos inferior al 20% además de un contenido en materia orgánica y nutrientes que debe ser estricto y muy controlado que para evitar lixiviados contaminados. Los soportes estructurales se dimensionarán considerando que la cubierta se encuentre completamente saturada.

Para las **plantaciones** se recomiendan especies autóctonas, resistentes a periodos húmedos y secos, y lo más autosuficientes posible. Deben requerir poco mantenimiento; pueden incluir opcionalmente un sistema de riego.

No se requieren elementos para la **entrada de agua**, ni de pretratamiento, ya que la lluvia cae directamente sobre la cubierta. Cuando la cubierta se sature, la salida de agua se efectuará mediante sumideros y bajantes, que capten tanto la escorrentía superficial de la cubierta como las salidas de la capa de drenaje. El diseño debe minimizar el riesgo de bloqueo de estos elementos de salida, incluyendo rejillas o capas de gravas filtrantes.

Mantenimiento			
Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Vegetación	Mantenimiento general de las plantaciones, incluyendo poda y recogida de los desechos generados (ramas, recortes, etc.)	Crecimiento no uniforme de la vegetación.	Trimestral / a demanda
	Eliminación de la vegetación no deseada.	Presencia abundante de vegetación invasora y no deseada.	Semestral
	Resembra y sustitución de marcos, valorando cambios en las especies plantadas siempre que se mantengan las funciones de la cubierta.	Aparición de plantas muertas y zonas despobladas.	Anual
Superficie	Riego. Adaptar a las necesidades de las especies. Atención especial los dos primeros años.	Sequedad excesiva en el sustrato y la vegetación.	A demanda
	Retirada de desechos y limpieza de la cubierta.	Acumulación de hojas y basuras.	Anual
Entrada y salida	Realizar ensayo de permeabilidad para asegurar la evacuación del agua en 24 horas.	Encharcamiento prolongado después de un evento de lluvia.	Bienal
	Inspección periódica y retirada de sedimentos de los elementos de rebos y entrada de agua.	Obstrucción de las entradas, aparición de charcos o desbordamiento.	Anual
Otros	Inspección en busca de daños estructurales, erosión o goteras. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias, vientos o tormentas eléctricas.	Anual / a demanda

SBN no Manejo de Águas Pluviais

- Pavimentos porosos: formados por uma superfície cubierta por un material poroso (hormigón, asfalto, gravas reforçadas...)
- Pavimentos permeáveis por junta: compuestos por unidades de materiales impermeables, cuya geometría y/o colocación facilita el paso del agua a través de las juntas.

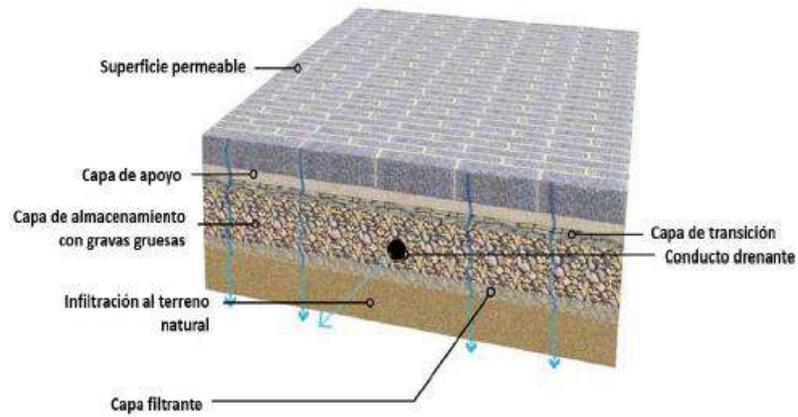


Figura 13. Esquema de un pavimento permeable. Fuente: Adaptado de Washington DC Department of Transportation (2014).

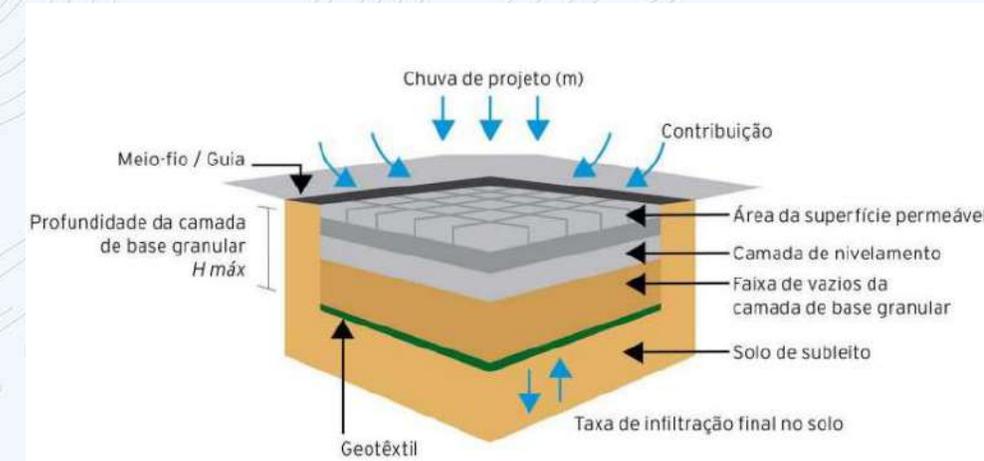


Figura 63 Corte típico de um pavimento permeável com revestimento de blocos intertravados de concreto.



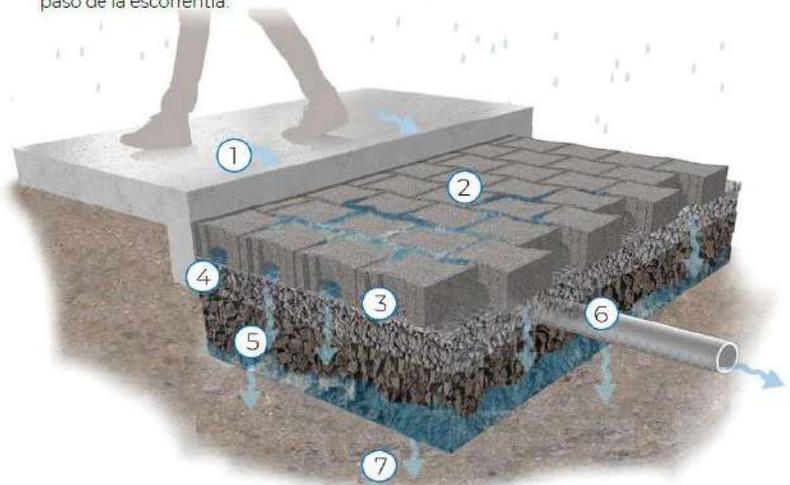
Imagem 43. Pavimento permeable cerámico en el área residencial de Benicàssim (Castellón).

SBN no Manejo de Águas Pluviais

PAVIMENTOS PERMEABLES

Los pavimentos permeables permiten la filtración de la escorrentía a zonas de almacenamiento temporal subterráneo, a la vez que permiten el paso de personas o vehículos sobre ellos. Este almacenamiento puede proporcionarse mediante gravas, celdas o cajas reticulares, desde donde la escorrentía puede infiltrarse al terreno o descargarse de manera controlada. Los pavimentos se clasifican en función del tipo de superficie permeable:

- **Pavimentos permeables por junta:** son aquellos que están formados por un material impermeable, pero cuya geometría y/o instalación permite dejar juntas que se rellenan con vegetación, gravas u otros materiales que permitan el paso del agua. Las unidades estructurales de este tipo de pavimentos son habitualmente adoquines de distintos materiales, normalmente hormigón o cerámica.
- **Pavimentos porosos:** son aquellos cuya superficie está cubierta enteramente por un material poroso que permite la filtración de la escorrentía en toda su superficie. Esta puede estar formada por materiales como asfalto permeable, hormigón permeable o sistemas de mallas y geoceldas rellenas de terreno vegetado o grava que permiten el paso de la escorrentía.



Fuente: Alameda County Flood Control & Water Conservation District (2021).
 1. Escorrentía de áreas impermeables adyacentes 2. Pavimento de adoquín permeable por junta
 3. Capa de apoyo 4. Capa de transición con gravas medianas 5. Capa de almacenamiento con gravas gruesas 6. Conducto drenante 7. Infiltración al terreno

BENEFICIOS			
Control de caudal pico	🔵	🔵	🔵
Control del volumen de escorrentía	🔵	🔵	🔵
Mitigación de la contaminación	🌿	🌿	🌿
Valor ecológico	🌿	🌿	🌿
Valor estético	⚙️	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️	⚙️



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,7
Metales	0,6
Hidrocarburos	0,7

POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche	📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar	📍
Industrial	📍	Terciario	📍
Red de viario	📍	Parques y jardines	📍
Óptimo	📍	Posible	📍
Desaconsejable	🚫	Incompatible	🚫

Características principales
<ul style="list-style-type: none"> Permiten reducir el caudal pico, gracias a su capacidad de laminación, y mejorar la calidad de las escorrentías a través de su capacidad de retención de contaminantes. Cuando es posible la infiltración también reducen el volumen total de escorrentía vertida. Pueden hacer más segura la conducción al reducir el tiempo que la escorrentía está sobre el pavimento, previniendo problemas de visibilidad o patinaje. Sin embargo, no son aconsejables en zonas de tráfico intenso. Pueden crearse bandas de pavimentos permeables junto a otras superficies que no lo sean, de modo que las escorrentías de estas se gestionen en los pavimentos permeables. No son recomendables en zonas con gran producción de sedimentos finos, ya que se puede producir la obturación de los huecos y, en consecuencia, un mal funcionamiento. En estos casos es necesaria una rehabilitación con maquinaria específica. Su puesta en obra puede ser compleja y se requiere de equipos muy especializados.



Pavimentos permeables en el Parc Esplan de Eñena (Valencia).

Criterios de Diseño
<p>Para su diseño deben considerarse varios factores: en primer lugar, debe evitarse que existan cuencas vertientes sin pavimentar o con áreas vegetadas que puedan aportar muchos finos que causen la colmatación del pavimento. Por lo general, la relación superficie impermeable / permeable no debe exceder 2:1.</p> <p>El tipo de pavimento y sus capas se deben seleccionar en función del uso y de las cargas de tráfico esperadas. En general han de tener una permeabilidad inicial de 4.500 mm/h como mínimo y, al realizar el diseño en detalle, a dicha permeabilidad se le aplicará un factor reductor de 10 para tener en cuenta la colmatación a largo plazo. La subbase del pavimento se dimensionará de forma que de forma que tenga la suficiente capacidad portante y pueda almacenar el volumen de escorrentía de diseño. El dispositivo de salida, bien por infiltración o por conducción debe permitir su evacuación en menos de 48 h. En zonas donde las pendientes sean elevadas (>3%) se suelen incluir terrazas (o barreras de flujo) que aumenten el volumen de almacenamiento temporal. En cambio, en las zonas planas en las que no se cuente con infiltración, se debe crear cierta pendiente en la subbase, al menos 0,5%, de forma que se favorezca el transporte de la escorrentía.</p>

La entrada de escorrentía se producirá por el propio pavimento, y es necesario instalar geotextiles que eviten la migración del gravilín de las capas superiores. La salida de la escorrentía puede ser mediante la infiltración o empleando un conducto de salida que posibilite la descarga controlada. Se podrá considerar la infiltración de la escorrentía al subsuelo cuando la permeabilidad del terreno sea $\geq 10^{-6}$ m/s, y en estos casos se instalará un geotextil adicional entre la subbase y el terreno natural. Además, la preparación del terreno tiene que ser metódica, de forma que se evite su compactación durante la instalación de los pavimentos ya que podría disminuir su permeabilidad. En caso de evacuación controlada mediante conducto, deberá rodearse el sistema con una geomembrana impermeable y flexible si existe riesgo de presencia de contaminantes en la escorrentía, si el nivel freático está a menos de 1 m de la base del sistema o si se espera un aprovechamiento del agua.

Mantenimiento			
Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Superficie	Barrido en seco, especialmente en otoño y primavera. Retirada de desechos y limpieza general de la superficie del firme.	Acumulación de hojas, basuras y sedimentos.	Semestral
	Inspección de las juntas en busca de evidencias de colmatación o vegetación no deseada.	Encharcamiento y pérdida de permeabilidad. Aparición de hierbas no deseadas.	Semestral
	Reparación de grietas y defectos que comprometan la seguridad vial.	Aparición de grietas y roderas en el asfalto.	A demanda
	Reemplazo del material de las juntas para que recupere sus propiedades originales.	Encharcamiento y drenaje lento.	A demanda
Otros	Rehabilitación de la superficie del firme y de la subbase, de modo que su succiónen los sedimentos que hayan podido colmatar estas capas.	Encharcamiento y drenaje lento.	Cada 10-15 años
	Restitución de los niveles de las tierras adyacentes que se hayan podido elevar sobre el nivel del pavimento.	Acumulación de sedimentos procedentes de zonas anexas.	A demanda

SBN no Manejo de Águas Pluviais

Son áreas deprimidas y ajardinadas que permiten almacenar la escorrentía procedente de superficies impermeables adyacentes. Los parterres inundables se pueden clasificar según la procedencia de las lluvias que gestionan:

- Jardines de lluvia: gestionan escorrentías poco contaminadas, procedentes de zonas peatonales o cubiertas.
- Áreas de biorretención: reciben escorrentías contaminadas, procedentes de zonas con tráfico rodado, que requieren un alto nivel de tratamiento.



Figura 9. Esquema de un parterre inundable. Fuente: Adaptado de Washington DC Department of Transportation (2014).



Imagen 40. Zonas de biorretención en el distrito de Nou Barris



Imagen 42. Jardines de lluvia en el patio central de un conjunto de edificaciones en la Avenida Ausiàs March, València.

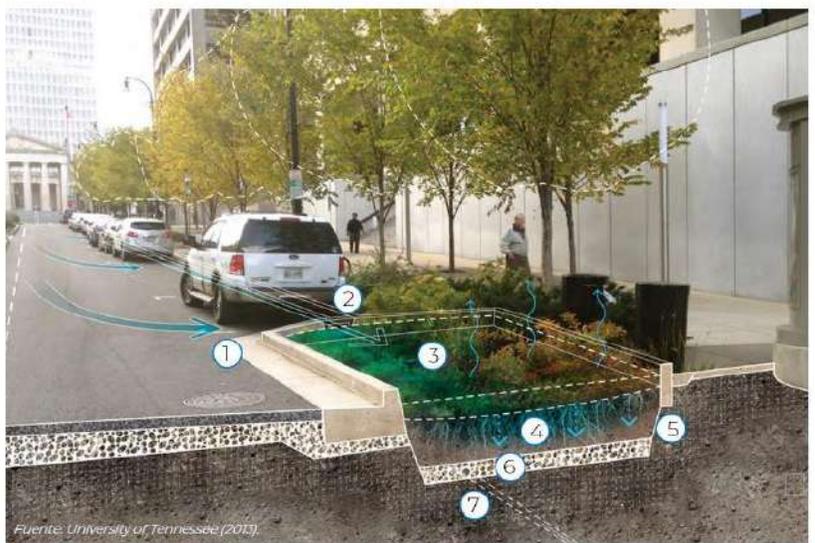
SBN no Manejo de Águas Pluviais

PARTERRES INUNDABLES

Los parterres inundables son zonas con vegetación que se encuentran rebajadas con respecto a las superficies adyacentes. Están pensadas para recibir escorrentías de áreas impermeables próximas, y favorecer su tratamiento y laminación. También pueden permitir la infiltración del agua al terreno natural, tras ser tratada, o incorporar un drenaje subsuperficial que evacue de manera controlada el volumen almacenado.

Según la calidad de las aguas que reciben y el espesor del medio filtrante, se clasifican en:

- **Jardines de lluvia.** Reciben escorrentías con niveles de contaminación bajos (cubiertas, zonas peatonales...). El espesor del medio filtrante suele estar entre 0,3-0,5 m.
- **Áreas de biorretención.** Reciben escorrentías con altos niveles de contaminación (zonas con tráfico rodado). La capa del medio filtrante está entre 0,8 y 1,0 m.



Fuente: University of Tennessee (2013).

1. Escorrentía procedente de zonas impermeables adyacentes 2. Dispositivo de entrada de escorrentía 3. Vegetación y capa de mantillo o suelo acolchado 4. Medio filtrante 5. Geotextil o geomembrana (si fuese necesaria) 6. Capa drenante 7. Tubo dren (si fuese necesario)

BENEFICIOS			
Control de caudal pico	🔵	🔵	🔵
Control del volumen de escorrentía	🔵	🔵	🔵
Mitigación de la contaminación	🌿	🌿	🌿
Valor ecológico	🌿	🌿	🌿
Valor estético	⚙️	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️	⚙️



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,6 – 0,8
Metales	0,5 – 0,8
Hidrocarburos	0,6 – 0,8

POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche	📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar	📍
Industrial	📍	Terciario	📍
Red de viario	📍	Parques y jardines	📍
Óptimo	📍	Posible	📍
Desaconsejable	🚫	Incompatible	🚫

Características principales
▶ Son adecuados para zonas con contaminantes presentes en la escorrentía, al proporcionar un buen nivel de tratamiento.
▶ Si es posible la infiltración, contribuyen a reducir el volumen de escorrentía, además de laminar los caudales vertidos.
▶ Pueden integrarse fácilmente en una ciudad consolidada al requerir poco espacio.
▶ Son sencillos de instalar y presentan un bajo coste.
▶ Contribuyen a la mejora del paisaje urbano y permiten la creación de nuevos hábitats.
▶ Permiten formas variadas dando pie a la creatividad arquitectónica.
▶ Pueden constituir una barrera física entre el viario y las zonas peatonales, incrementando la seguridad vial.
▶ Las plantaciones asociadas contribuyen a la mejora de la calidad del aire.
▶ Deben implantarse en zonas con poca pendiente o dotarlos de represas intermedias.



Jardines de lluvia en Bon Pastor, Barcelona.

Criterios de Diseño

Se recomienda la siguiente geometría: el ancho debe ser > 0,6 m [mejora la constructibilidad], las pendientes laterales deben ser más tendidas de 1V:3H (para evitar la erosión) y la profundidad no suele exceder los 0,3 m. La base debe ser tan plana como sea posible, y en caso de existir una pendiente longitudinal importante pueden utilizarse pequeñas represas de materiales diversos.

En cuanto a los materiales, el medio filtrante debe tener un alto contenido en arena de sílice, de modo que la permeabilidad del mismo esté comprendida entre 100 y 300 mm/h. Para la capa de transición pueden emplearse capas con granulometrías intermedias que ejerzan de filtro o geotextiles de unas características apropiadas, de modo que se impida su colmatación o rotura. En el diseño se considerará solamente la capacidad de almacenamiento superficial.

Para las plantaciones se recomiendan especies autóctonas, que cubran el sistema con gran densidad (6-10 plantas/m²). Las especies deben resistir condiciones extremas de inundación y sequía, y deben ser preferentemente de hoja perenne.

La entrada de agua al parterre puede realizarse con bordillos intermitentes (minimizan la erosión e impiden la entrada de tráfico rodado). También se aconseja un área de vegetación densa en la entrada que sirva de pretratamiento y disipación de energía. Para los eventos extremos deben instalarse estructuras de rebose que permitan la descarga controlada a la red.

Para permitir la infiltración, la permeabilidad debe ser > 10⁻⁹ m/s (asegurando el vaciado en 48 horas), y el nivel freático debe estar 1 m por debajo de la base del parterre. Debe haber una separación suficiente con las cimentaciones cercanas.

Mantenimiento			
Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Vegetación	Mantenimiento general de las plantaciones, incluyendo poda y recogida de los desechos generados (ramas, recortes, etc.).	Crecimiento no uniforme de la vegetación.	Mensual / A demanda
	Riego Adaptar a las necesidades de las especies. Atención especial los dos primeros años.	Sequedad excesiva en el sustrato y en la vegetación.	A demanda
	Resiembra y sustitución de mairas, valorando cambios en las especies plantadas siempre que se mantengan las funciones del parterre.	Aparición de plantas muertas y zonas despobladas.	Anual
Superficie	Retirada de desechos y limpieza general del parterre.	Acumulación de hojas, basuras y sedimentos.	Mensual
	Reparación y mejora de la protección en los puntos de entrada de agua. Realizar ensayo de permeabilidad para diagnosticar la colmatación del medio filtrante.	Erosión localizada excesiva. Encharcamiento prolongado tras un evento de lluvia.	A demanda Bienal
Entrada y salida	Inspección periódica y retirada de sedimentos de los elementos de rebose y entrada de agua.	Obstrucción de las entradas, aparición de charcos o desbordamiento.	Mensual
Otros	Inspección en busca de daños estructurales o de erosión. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias.	Semestral / A demanda



SBN no Manejo de Águas Pluviais

Exemplos de **SbN**: JARDINS DE CHUVA

Principal desafio: mitigação de inundações e ou fitorremediação das águas

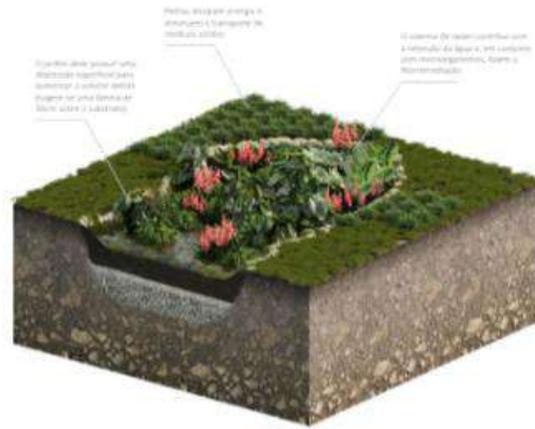


Figura 3. Jardim de chuva (Fonte: Guayana, 2021).

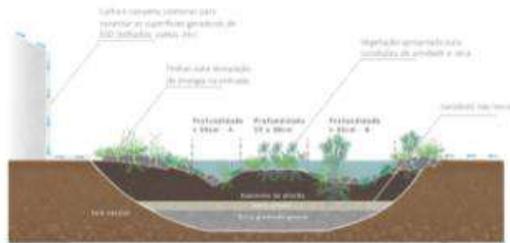


Figura 4. Jardim de chuva, corte esquemático. Fonte: Ouzajka, 2022.



Figura 5. Jardim de chuva em sistema integrado de SdH instalado no Parque Municipal Iago do Brasil, Belo Horizonte/MG (Projeto Escrito: Guayana Arquitetura da Paisagem e Urbanismo, foto: Nereia B., 2021).



Figura 6. Jardim de chuva instalado na Praça Sacredo Neves, Contagem/MG (Escrito: Guayana Arquitetura da Paisagem e Urbanismo, foto: Alessandro Ribeiro, 2021).

Custos de implantação: de R\$ 400,00 a R\$ 700,00 por m²



CATÁLOGO DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN) PARA ESPAÇOS LIVRES

SBN no Manejo de Águas Pluviais



PROPOSTA PCVR

Exemplos de **SbN**: CANTEIROS PLUVIAIS

Principal desafio: mitigação de inundações e ou fitorremediação das águas



Figura 9. Canteiro Pluvial (Fonte: Guzman, 2012)



Figura 10. Canteiro Pluvial implantado na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, Universidade de São Paulo (Projeto Mariana Cristina S. Ribeiro e Lucas Gribelli) junto com dois canteiros: Rosário Scalati e Brinda Chaves, foto: Sarah Dattler, 2012



Figura 11. Sistema integrado de SbN envolvendo lavatórios, canteiros pluviais e jardins de chuva implantado na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, Universidade de São Paulo (Projeto Paulo Pellegrini, Daniel Falson, Silvio Motta e Stefanie Gossaga, foto: Daniel Falson, 2023)

Custos de implantação: de R\$ 400,00 a R\$ 800,00 por m²



SAFARI DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN) PARA ESPAÇOS URBANOS



SBN no Manejo de Águas Pluviais

Balsas de detenção y/o infiltración

Son depresiones que, durante un evento de lluvia, almacenan temporalmente escorrentía evacuándola de forma controlada por un desagüe y/o a través de la infiltración. Además, la detención de las escorrentías facilita la deposición de los sedimentos arrastrados.

Debe asegurarse que la balsa esté vacía en 48 horas para que pueda gestionar un segundo evento.

Son áreas que se mantienen secas durante gran parte del año, ya que no tienen aguas permanentes, lo que posibilita que puedan albergar usos alternativos durante los periodos secos.



Figura 10. Esquema de una balsa de infiltración. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021).

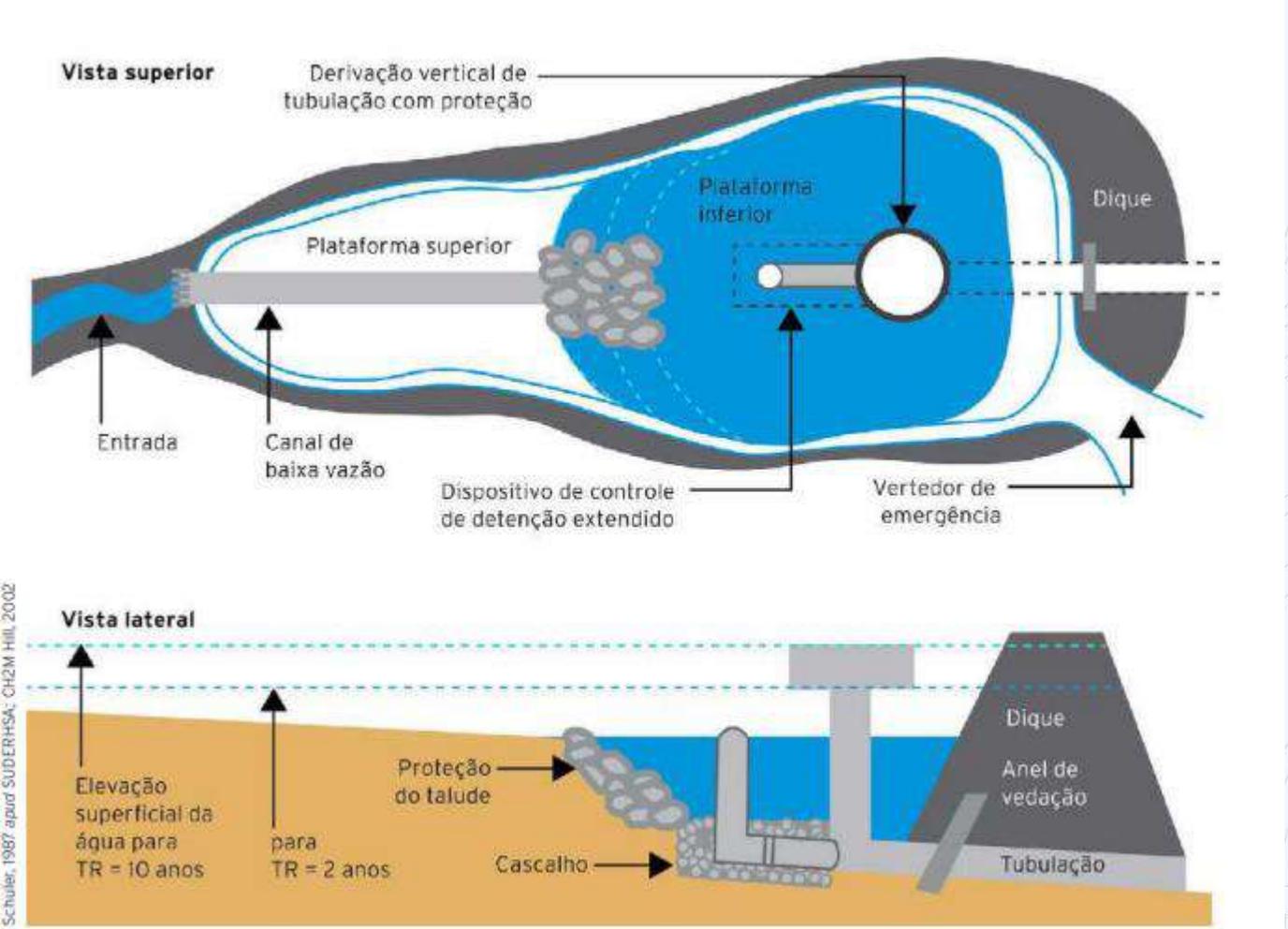


Figura 86 Reservatório de detenção aberto típico.



SBN no Manejo de Águas Pluviais



PROPOSTA PCVR

Exemplos de **SbN**: BACIAS DE RETENÇÃO

Principal desafio: mitigação de inundações e ou fitorremediação das águas



Figura 25. Bacia de retenção (Fonte: Guajava, 2023)



Figura 26. Bacia de retenção no Parque Baraúna, Curitiba/PR. Governo Prefeitura Municipal de Curitiba.



Figura 27. Bacia de retenção do Parque Armação (Parque Politécnico Curitiba).

Custos de implantação:
R\$ 1.000,00
por m²



CATÁLOGO DE SOLUÇÕES
BASEADAS NA NATUREZA
(SbN) PARA ESPAÇOS LIVRES



SBN no Manejo de Águas Pluviais

Cunetas vegetadas

Son canales anchos, de poca profundidad, y cubiertos de vegetación que reciben escorrentías procedentes de zonas impermeables adyacentes. Además de permitir el transporte de estas escorrentías, la vegetación favorece la eliminación de contaminantes a través de la sedimentación y la filtración. También pueden permitir la infiltración al terreno si ello resulta aconsejable.

Suelen emplearse en viales, caminos y otras superficies alargadas, ya que la escorrentía entra lateralmente en las mismas. Generalmente son de sección trapezoidal o parabólica. En ocasiones, cuando la pendiente es pronunciada, pueden incluirse represas que optimicen el almacenamiento temporal y favorezcan la infiltración.



Figura 71 Esquema de una cuneta vegetada. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021).

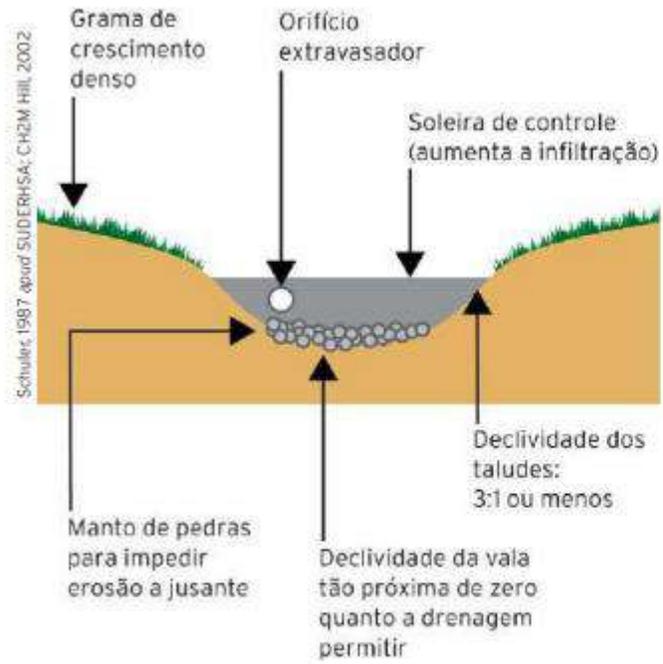


Figura 74 Vala de infiltração.

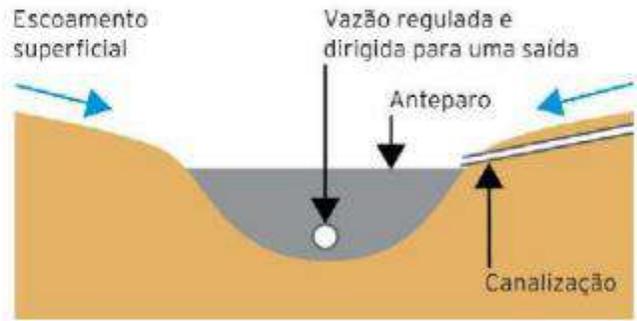


Figura 75 Vala de infiltração: anteparo para controle de nível de água.



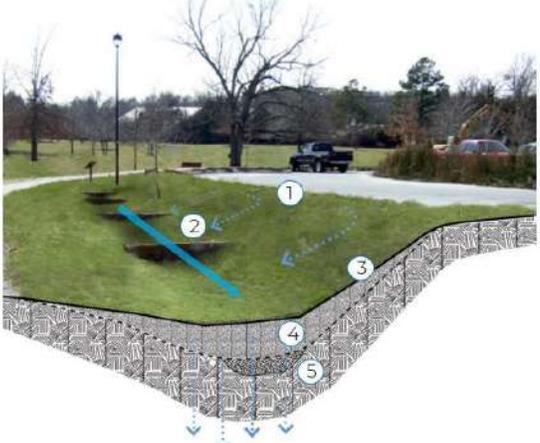
SBN no Manejo de Águas Pluviais

CUNETAS VEGETADAS

Son canales abiertos de poca profundidad, recubiertos de vegetación, que reciben las escorrentías de zonas impermeables adyacentes. Su principal función es el transporte y tratamiento de estas escorrentías, permitiendo también su infiltración si fuese posible.

La profundidad de la lámina de agua en las cunetas es somera, y va acompañada generalmente de pendientes suaves que posibiliten el transporte de las aguas hacia otros SUDS u otros elementos del drenaje urbano. El flujo suele tener velocidades bajas, que favorezcan el filtrado gracias a la vegetación y, en su caso, la infiltración. Si las pendientes son elevadas, pueden incluirse represas que reduzcan la velocidad del flujo y favorezcan la infiltración.

La entrada de las escorrentías a las cunetas se suele hacer de forma homogénea por los laterales. Las pendientes laterales serán suaves, de modo que se minimice la erosión y se distribuyan los contaminantes por la zona vegetada lateral.



Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).
 1. Entrada lateral de las escorrentías 2. Represas para reducción de velocidad (opcional, según pendiente longitudinal) 3. Pendientes laterales suaves (máxima pendiente 1V:3H) 4. Medio filtrante 5. Capa drenante (conducto drenante opcional)

BENEFICIOS	
Control de caudal pico	🟦 🟦 🟦
Control del volumen de escorrentía	🟦 🟦 🟦
Mitigación de la contaminación	🟢 🟢 🟢
Valor ecológico	🟢 🟢 🟢
Valor estético	⚙️ ⚙️ ⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️ ⚙️ ⚙️

FUNCIONES	
Tratamiento	Infiltración

ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,5
Metales	0,6
Hidrocarburos	0,6

POSIBLES LOCALIZACIONES		
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche 📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar 📍
Industrial	📍	Terciario 📍
Red de viario	📍	Parques y jardines 📍

Óptimo	📍	Posible	📍
Desaconsejable	📍	Incompatible	📍

Características principales

- ▶ Tienen una buena capacidad de reducción de la contaminación, siendo una opción adecuada como pretratamiento para la entrada a otros SUDS de detención o infiltración.
- ▶ La vegetación seleccionada debe proporcionar un buen nivel de cobertura que favorezca el tratamiento. Para el mantenimiento de la vegetación se debe evitar el uso de fertilizantes y de pesticidas ya que pueden contaminar la escorrentía.
- ▶ Permiten captar y transportar la escorrentía de forma sencilla y económica en zonas de pendientes bajas (pero no completamente llanas).
- ▶ Precisan de un ancho mínimo para asegurar una pendiente tendida de los taludes, por lo que no se recomienda su implantación en zonas con alta densidad de edificación.
- ▶ Para aumentar la capacidad de infiltración de las cunetas y su rendimiento de eliminación de sedimentos, se pueden incluir represas transversales que ralenticen el flujo favoreciendo la sedimentación y la infiltración.
- ▶ Si se colocan en zonas con tráfico, como aparcamientos, se puede requerir la colocación de bordillos que protejan la vegetación y eviten afecciones en la cuneta.



Cuneta vegetada con represas en Xàtiva (Valencia).

Criterios de Diseño

Se recomienda la siguiente geometría: la sección más común es trapezoidal, por su eficiencia en construcción, funcionamiento y mantenimiento. La base suele ser de entre 0,5 y 3 m, aunque puede variar; Para la pendiente longitudinal se recomiendan valores entre 0,5 y 5 %. Para pendientes de más del 3 % es recomendable incluir elementos de contención transversal. Por otro lado, si las pendientes son inferiores al 1,5 %, y no es posible la infiltración, se deben considerar conductos drenantes en la base. Las pendientes laterales deben ser tendidas (1V:3H o 1V:4H si es posible), reduciendo las posibilidades de erosión y facilitando el mantenimiento.

Los elementos de contención transversal o represas permiten el aumento de la laminación y de la infiltración, y posibilitan la instalación de cunetas vegetadas en zonas con pendientes de hasta un 10 %. Estas represas se pueden construir con pequeños muros de gaviones, hormigón o de madera, y deben alcanzar los laterales para que no produzca el bypass. Además, deben instalarse disipadores de energía que minimicen la erosión en la propia cuneta cuando se produzca el rebase de estas represas.

La entrada de agua se efectuará de manera lateral y del modo más distribuido posible. La salida del agua de la cuneta se debe hacer de forma segura en todos los escenarios, ya sea a otro SUDS o a la red de drenaje convencional. Las cunetas deben tener una capacidad suficiente y asegurar el vaciado en 48 h como máximo, contando con aliviaderos para eventos extremos.

La vegetación incluida será la responsable del tratamiento de la escorrentía, esta será preferiblemente autóctona, adaptada al clima local y con capacidad de soportar encharcamiento y altas densidades de plantación además de contar con capacidad fitorremediadora.

Mantenimiento

Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Vegetación	Mantenimiento general de las plantaciones, incluyendo poda, corte de césped, etc. Mantener la altura de la vegetación dentro del rango de diseño (10-15 cm).	Crecimiento no uniforme de la vegetación.	Mensual / A demanda
	Riego. Adaptar a las necesidades de las especies. Atención especial los dos primeros años.	Sequedad excesiva en el sustrato y la vegetación.	A demanda
	Resiembra y sustitución marras. Reposición de la vegetación en zonas de entrada de agua.	Aparición de plantas muertas y zonas despobladas.	Anual
Superficie	Retirada de desechos y limpieza general de la superficie de la cuneta.	Acumulación de hojas, basuras y sedimentos.	Mensual
	Reparación de la superficie y la protección en puntos de entrada de agua. Restaurar la vegetación.	Erosión localizada excesiva.	A demanda
Entrada y salida	Reperfilado y nivelado de la cuneta, restableciendo los niveles y secciones definidos en el diseño.	Encharcamiento, inestabilidad de taludes o acumulación localizada de sedimentos.	Decenal / A demanda
	Inspección periódica y retirada de sedimentos de los elementos de rebose y entrada de agua.	Obstrucción de las entradas o desbordamiento.	Mensual
Otros	Inspección técnica en busca de daños en las estructuras de entrada y salida, taludes, represas u otros elementos de la cuneta. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias.	Semestral / A demanda

SBN no Manejo de Águas Pluviais

Drenes filtrantes

Consistem em zanjais de poca profundidade rellenas de um material filtrante com un dren perforado en la capa inferior. La escorrentía suele llegar a la zanja por los laterales, y en ella se filtra y almacena temporalmente, laminando de este modo los caudales pico.

Como material de relleno suelen emplearse gravas o cajas reticulares de polipropileno. Además, es recomendable incluir un geotextil superficial independiente a poca profundidad que retenga los sedimentos y facilite su mantenimiento.

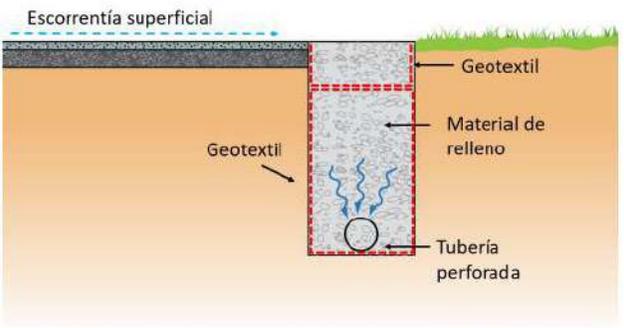


Figura 14. Esquema de un dren filtrante. Fuente: Adaptado de NHBC Foundation (2010).

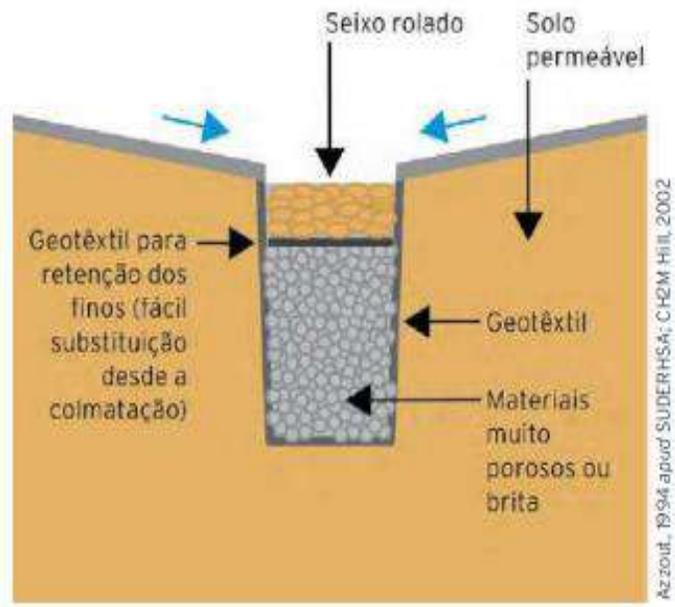


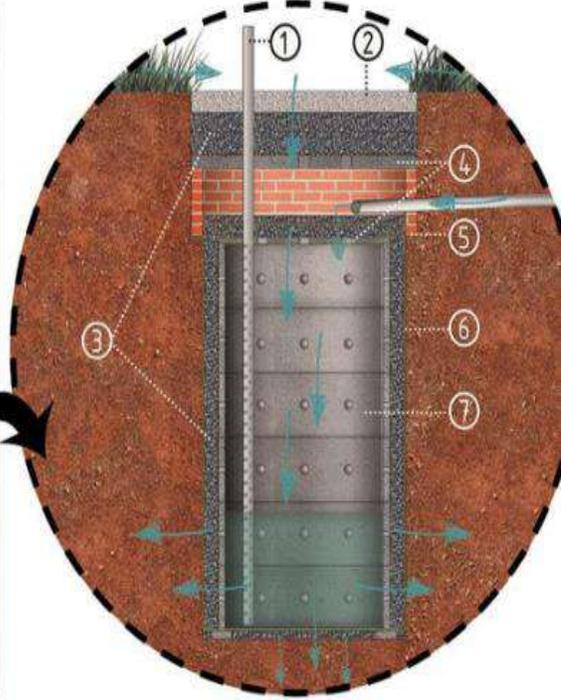
Figura 80 Poço de infiltração preenchido com agregados.



FUNCIONAMENTO
 Água pluvial escoada é drenada até a técnica compensatória. Parte da água retorna à atmosfera (evapotranspiração), e parte infiltra no solo.

LEGENDA

- 1) Tubo metálico
- 2) Pedra ornamental
- 3) Brita
- 4) Tapa e anel de concreto
- 5) Brita cerâmica
- 6) Membr. geotêxtil
- 7) Brita de concreto



Detalle da placa desenvolvida para o "Poço e Plano de Infiltração".

SBN no Manejo de Águas Pluviais

DRENES FILTRANTES

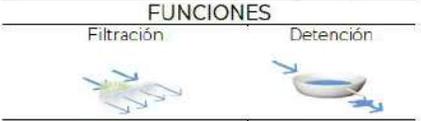
Los drenes filtrantes son zanjas de poca profundidad, rellenas de material granular, y que cuentan con conducto drenante en su base para facilitar el transporte y distribución de las escorrentías. Generalmente reciben escorrentía de las áreas adyacentes, que entra lateralmente, se filtra y se almacena temporalmente en el material de relleno (gravas o cajas reticulares de polipropileno).

Además del conducto que facilita el transporte y distribución de la escorrentía, en algunos casos puede incluirse un segundo tubo que sirva de rebose a la red de drenaje. En caso de que se quiera garantizar la estanqueidad, debe incluirse una geomembrana que envuelva el paquete de material granular. Para prolongar su vida útil, es aconsejable instalar un geotextil independiente a poca profundidad que retenga gran parte de los finos.



Fuente: Adaptado de theconstructionindex.co.uk
 1. Entrada de escorrentía lateral 2. Elemento de contención discontinuo 3. Capa de gravas superficial 4. Geotextil envolviendo la capa superficial de gravas 5. Capa de gravas u otro material de relleno. 6. Conducto drenante (dren perforado) 7. Geomembrana perimetral para aislar el sistema (opcional) 8. Infiltración (si es posible)

BENEFICIOS		
Control de caudal pico	🔵	🔵
Control del volumen de escorrentía	🔵	🔵
Mitigación de la contaminación	🌿	🌿
Valor ecológico	🌿	🌿
Valor estético	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,4
Metales	0,4
Hidrocarburos	0,4

POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche	📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar	📍
Industrial	📍	Terciario	📍
Red de viario	📍	Parques y jardines	📍
Óptimo	📍	Posible	📍
Desaconsejable	🚫	Incompatible	🚫

Características principales

- ▶ Mejoran la calidad de la escorrentía al reducir los contaminantes por filtración.
- ▶ El almacenamiento temporal permite la laminación de los caudales pico. Además, tienen una gran superficie de captación y permiten el transporte de la escorrentía.
- ▶ Tienen forma lineal por lo que son idóneos para caminos o carreteras, ya sea en terrenos permeables o impermeables, pudiendo sustituir elementos de drenaje convencional.
- ▶ Permiten su ubicación en zonas con baja permeabilidad y se recomiendan en zonas con bajas pendientes.
- ▶ No son recomendables en cuencas con gran aportación de finos, por su riesgo de colmatación. En estos casos se recomienda incluir un pretratamiento a través de franjas de vegetación, y la inspección regular para asegurar el correcto funcionamiento.
- ▶ Son económicos y consumen poco espacio.



Drenes filtrantes en Crevillent (Alicante).

Criterios de Diseño

La geometría de los drenes filtrantes es habitualmente lineal, y se instalan de forma paralela a las superficies que drenan. Es recomendable emplazarlos en zonas con pendientes de hasta el 5 %, siempre que la base de la zanja no exceda el 2 %. Pendientes mayores requerirán barreras transversales que aumenten el volumen de tratamiento y disminuyan la velocidad. Los drenes también pueden emplearse para transportar la escorrentía hacia otras técnicas. Como es habitual, se debe asegurar el vaciado del sistema en 48 horas.

Las dimensiones de la zanja deben tener en cuenta el volumen de diseño. Habitualmente cuentan con una profundidad de entre 1 y 2,50 m, con un ancho variable en función del diámetro del conducto drenante y el recubrimiento lateral. Son recomendables secciones cóncavas que permitan la concentración de la escorrentía en el dren. De cara al correcto funcionamiento del sistema a largo plazo, deben considerarse bolardos o bordillos que protejan las zanjas cuando estas se encuentran próximas a zonas de viario.

El material de relleno de la zanja debe permitir la percolación del agua y la eliminación de contaminantes, pero a la vez no favorecer el bloqueo de la infraestructura por colmatación. En general los materiales de la zona de almacenamiento serán gravas (50 % de índice de huecos) o celdas reticulares de polipropileno (90 % de índice de huecos). Independientemente del material de relleno, se empleará una capa de gravas superficial de 0,20 m sobre un geotextil que permitirá la retención de contaminantes, reducirá el riesgo de colmatación y facilitará el mantenimiento.

El conducto perforado que permitirá el transporte de la escorrentía se ubicará en la base de la zanja, y puede ocupar todo el recorrido de la zanja o únicamente el tramo final. También es posible añadir un segundo conducto perforado, en una cota superior, que actúe como rebose. Si el conducto drenante tiene una longitud mayor de 50 m se recomienda la instalación de arquetas de registro intermedias.

Mantenimiento

Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Superficie	Reparación de la superficie de los drenes y mejora de la protección en los puntos de entrada de agua.	Erosión localizada excesiva.	Semestral
	Retirada de desechos y limpieza general de la superficie de los drenes y de la zona de pretratamiento.	Acumulación de hojas, basuras y sedimentos.	Mensual
	Inspección de la superficie de infiltración en busca de zonas colmatadas. Comprobación de que el vaciado de los drenes puede realizarse en 48 horas.	Encharcamiento y drenaje lento.	Decenal / A demanda
Entrada y salida	Retirada y sustitución de los primeros 20 cm de gravas y del geotextil superficial.	Encharcamiento y drenaje lento.	Decenal
	Inspección periódica y retirada de sedimentos de los elementos de rebose y entrada de agua.	Obstrucción de las entradas, aparición de charcos o desbordamiento.	Semestral
Otros	Desbloqueo del conducto drenante.	Obstrucción de las salidas, aparición de charcos o desbordamiento.	A demanda
	Inspección técnica en busca de daños en las estructuras de entrada y salida, u otros elementos del dren filtrante. Comprobación de la integridad del geotextil, especialmente si hay árboles cercanos. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias.	Semestral / A demanda

SBN no Manejo de Águas Pluviais

Zanjas y pozos de infiltración

Consisten en excavaciones en el terreno que se rellenan de materiales con un alto porcentaje de huecos, ya sean granulares o sintéticos. Este volumen subsuperficial sirve de almacenamiento temporal previo a la infiltración de las escorrentías. Atendiendo a la forma pueden clasificarse en:

- Zanjas: son excavaciones lineales y poco profundas, que pueden ser recubiertas de vegetación o gravas.
- Pozos: son perforaciones verticales de mayor profundidad. Las paredes pueden ir revestidas (mediante anillos de hormigón) o sin revestir.

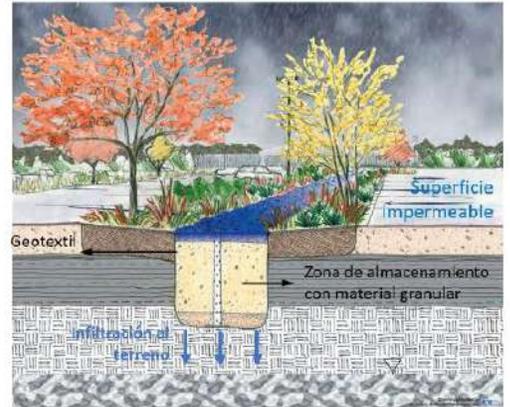


Figura 15. Esquema de una zanja de infiltración. Fuente: Adaptada de Rice Creek Watershed District. [2020]

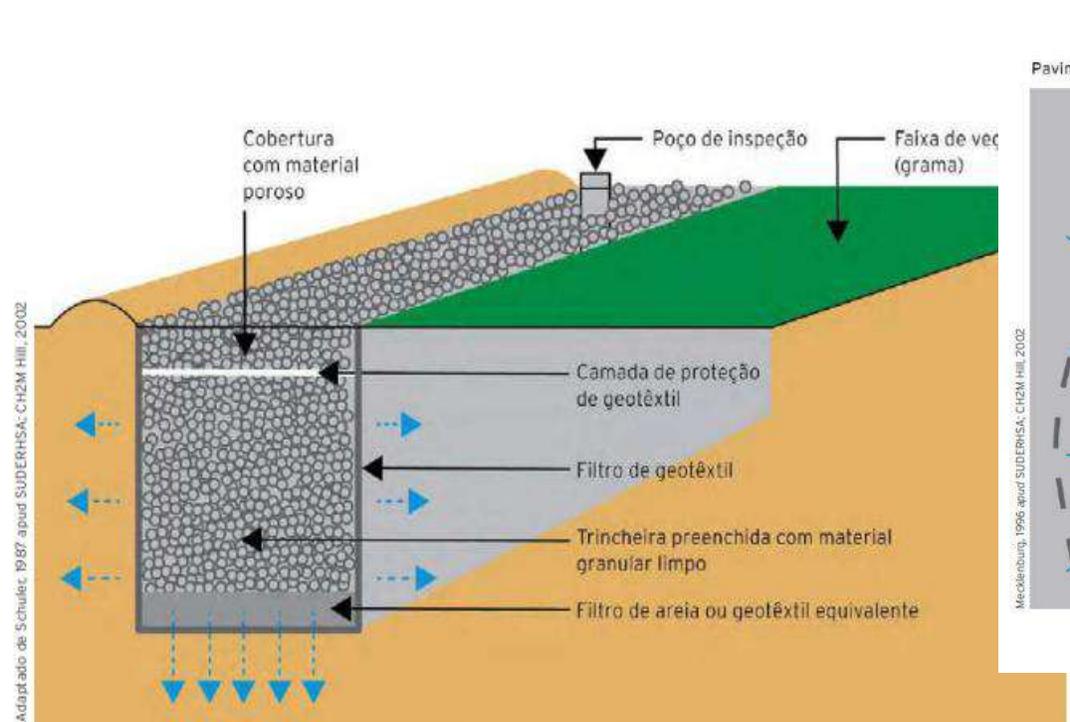


Figura 66 Trinchera de infiltração genérica.

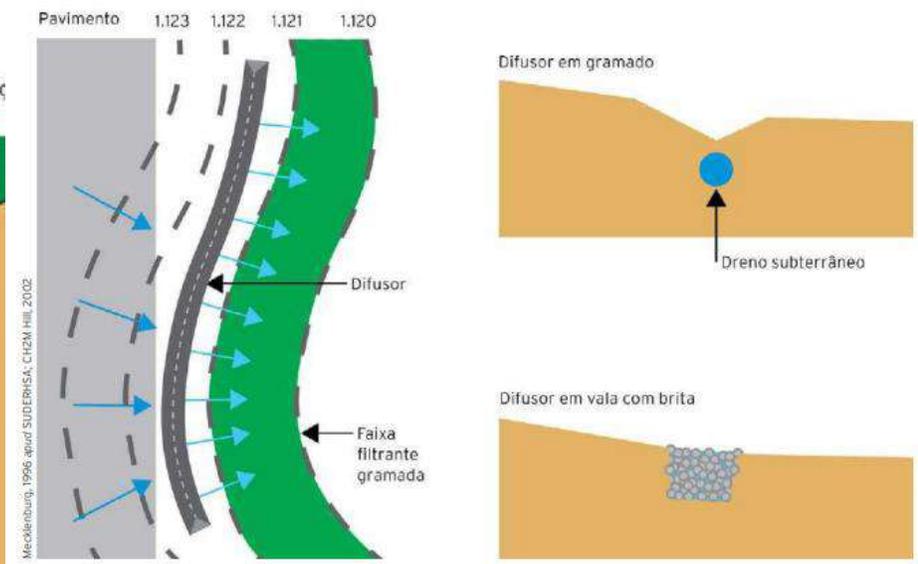


Figura 92 Faixa gramada - detalhes típicos.

SBN no Manejo de Águas Pluviais

ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas y pozos de infiltración son sistemas de drenaje que permiten la captación, filtrado y almacenaje temporal de la escorrentía, para su posterior infiltración al terreno. Esta capacidad de almacenamiento la logran al estar rellenas de un material con un alto porcentaje de huecos. También deben incluir un geotextil superficial que facilite su mantenimiento. Según su forma geométrica se dividen en:

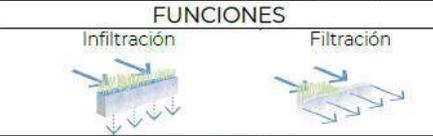
- **Zanjas:** técnicas lineales poco profundas que pueden estar recubiertas de vegetación, grava o arena.
- **Pozos:** perforaciones verticales profundas. Pueden instalarse sin revestir, donde la excavación se rellena de material drenante; o revestidos, donde la estructura del pozo se refuerza mediante ladrillo panal o anillos de hormigón perforados.



Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).

1. Entrada lateral de escorrentía 2. Franja vegetada de pretratamiento 3. Capa de gravas 4. Capa de geotextil 5. Gravos o material drenante sintético 6. Infiltración al terreno

BENEFICIOS		
Control de caudal pico	🔵	🔵
Control del volumen de escorrentía	🔵	🔵
Mitigación de la contaminación	🌿	🌿
Valor ecológico	🌿	🌿
Valor estético	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️



ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,4
Metales	0,4
Hidrocarburos	0,4

POSIBLES LOCALIZACIONES		
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar
Industrial	📍	Terciario
Red de viario	📍	Parques y jardines
Óptimo	📍	Posible
Desaconsejable	🚫	Incompatible

Características principales
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Permiten reducir de forma significativa el volumen de escorrentía, infiltrándolo al terreno y mejorando la recarga de los acuíferos. ▶ Aunque tienen cierta capacidad de filtración, el correcto diseño ha de asegurar que la carga de contaminantes no sea excesiva, de forma que se evite la contaminación de los acuíferos. ▶ Son sistemas versátiles que permiten ser colocados en una gran variedad de ubicaciones. Las zanjas suelen colocarse junto a elementos lineales como caminos o viales. ▶ En general, son fáciles de construir y operar, con un bajo coste de construcción y mantenimiento. ▶ Para evitar la colmatación se recomienda colocar una capa superficial de 20 cm de gravas y un geotextil de sacrificio que se pueda limpiar y reemplazar si es necesario. ▶ No se recomienda su ubicación en zonas muy cercanas a árboles y plantaciones, ya que la intrusión de raíces puede afectar negativamente al sistema.



Zanja de infiltración en Alcalá de Guadaíra (Sevilla)

Criterios de Diseño
<p>En cuanto a la geometría, la pendiente de las zanjas no debe exceder el 3%, siendo mejor cuanto más horizontal. Si la pendiente es mayor se pueden colocar barreras transversales para aumentar el volumen de almacenamiento. Las zanjas habitualmente cuentan con un ancho mínimo de 0,30 m por razones constructivas. En el caso de los pozos el diámetro suele variar entre 1 y 3 m; en cuanto a la profundidad, los pozos revestidos pueden llegar hasta los 4 m, y los no revestidos suelen estar entre 1 y 2 m. Para proteger la estructura puede incluirse un bordillo perimetral.</p> <p>La entrada de escorrentía se debe de hacer de forma controlada y, en los casos en los que se espere un flujo abundante, pueden incluirse elementos de disipación de energía. En el caso de los pozos, se puede considerar incluir una rejilla que impida la entrada de elementos gruesos y sedimentos al sistema. De forma complementaria, aquellos sistemas que se encuentren en zonas con tráfico y sin protección superficial, pueden contar con bordillos perimetrales que los protejan. El almacenamiento temporal se puede hacer con gravas con un índice de huecos del 30% o con estructuras de polipropileno con un 90%.</p> <p>La infiltración al terreno se puede considerar si la permeabilidad es mayor de 10⁻⁶ m/s y si el nivel freático se encuentra 1 m por debajo de la zona de depósito. No debe considerarse la infiltración en suelos inestables o en suelos contaminados. Adicionalmente, se debe asegurar un rebose a la red de alcantarillado para eventos de gran magnitud. En el caso de las zanjas, puede incluirse un tubo dren que facilite la distribución de la escorrentía a lo largo del sistema. En cuanto a la vegetación, esta puede ser útil como franja de pretratamiento, y puede contribuir a evitar la colmatación del sistema. Sin embargo, si la vegetación es arbórea o arbustiva con abundantes raíces, estas pueden reducir el rendimiento del sistema.</p>

Mantenimiento			
Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Superficie	Inspección de la superficie de infiltración: en busca de sedimentación excesiva o zonas colmatadas. Limpieza en su caso.	Encharcamiento prolongado tras un evento de lluvia.	Anual
	Comprobar que el vaciado de la zanja o el pozo puede producirse en 48 horas.	Encharcamiento prolongado tras un evento de lluvia.	Anual
	Retirada y sustitución de los primeros 20 cm de gravas y del geotextil superficial.	Encharcamiento y drenaje lento.	Decenal
Entrada y salida	Inspección periódica de los pozos, rejillas, elementos de rebose, dispositivos de pretratamiento y elementos de entrada de agua. Limpieza y retirada de sedimentos.	Obstrucción de las entradas, aparición de charcos o desbordamiento.	Mensual
	Inspección de los elementos de entrada de agua en busca de carcavas. Mejora de la protección en los puntos de entrada de agua, si fuese necesario.	Erosión localizada excesiva.	Anual
Otros	Inspección técnica en busca de daños en las estructuras de entrada y salida, u otros elementos de la zanja o el pozo. Comprobación de la integridad del geotextil, especialmente si hay árboles cercanos. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias.	Anual / A demanda

SBN no Manejo de Águas Pluviais

Humedales artificiales y estanques

Son lagunas artificiales que, a través de fitorremediación mediante plantas hidrófilas, permiten la mejora de la calidad de las aguas. Presentan una lámina de agua permanente, que varía al recibir aportaciones de zonas impermeables, proporcionando un volumen de laminación. También cuentan con estructuras de rebose que permiten la evacuación controlada de las aguas si se excede su nivel de servicio. En general, son medidas que permiten la gestión de grandes volúmenes de escorrentía, que pueden proceder de distintos puntos de la cuenca.

Los humedales son más someros y se utilizan generalmente para la mejora de la calidad de las aguas. Por otro lado, los estanques presentan profundidades mayores y suelen emplearse para controlar grandes volúmenes de escorrentía.

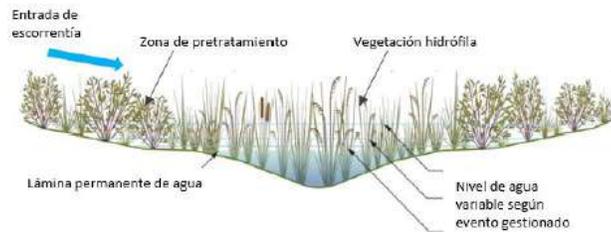


Figura 17. Esquema de un humedal artificial. Fuente: Adaptado de New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management (2021).



SBN no Manejo de Águas Pluviais

HUMEDALES ARTIFICIALES Y ESTANQUES

Los humedales artificiales y los estanques son masas de agua artificiales creadas para mejorar la calidad de las escorrentías y reducir su volumen. Están formados por una lámina de agua permanente, que sirve como soporte para la biodiversidad, y un volumen variable que permite almacenar temporalmente las escorrentías.

La principal diferencia entre los humedales y los estanques es que la función principal de los primeros es la mejora de la calidad del agua, mientras que en los segundos el objetivo es controlar grandes volúmenes de escorrentía y reducir el caudal pico.

Tanto los humedales como los estanques presentan vegetación acuática y perimetral como forma de tratamiento. Esta vegetación facilita la sedimentación, filtra los nutrientes y contaminantes y favorece la oxidación.

CARACTERÍSTICAS			
Control de caudal pico	🔵	🟡	⚪
Control del volumen de escorrentía	🔵	⚪	⚪
Mitigación de la contaminación	🟢	🟢	🟢
Valor ecológico	🟢	🟢	🟢
Valor estético	⚙️	⚙️	⚙️
Multifuncionalidad de la actuación	⚙️	⚙️	⚙️

FUNCIONES	
Tratamiento	Detención

ÍNDICE DE MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES	
Sólidos en suspensión totales	0,8 – 0,7
Metales	0,8 – 0,7
Hidrocarburos	0,8 – 0,5

POSIBLES LOCALIZACIONES			
Centros históricos protegidos	📍	Ensanche	📍
Edificación Abierta	📍	Unifamiliar	📍
Industrial	📍	Terciario	📍
Red de viario	📍	Parques y jardines	📍
Óptimo	🟢	Posible	🟡
Desaconsejable	🔴	Incompatible	⚪



- Fuente: City of Mont Belvieu, Texas (2017)
1. Entrada de escorrentía mediante tubería
 2. Pendientes laterales suaves para facilitar el acceso
 3. Entrada de escorrentía superficial por los laterales
 4. Franja vegetada como pretratamiento
 5. Lámina de agua permanente
 6. Estructura de rebosa

Características principales	
▶	Poseen una gran capacidad de eliminación de contaminantes en las escorrentías (humedales) y de reducción de caudal pico (estanques).
▶	Pueden gestionar eventos de distintas magnitudes, gracias a su lámina de agua variable.
▶	Se recomienda su utilización en cuencas grandes, con espacio abundante para su implementación.
▶	Pueden albergar especies vegetales y crear hábitats, mejorando la biodiversidad de forma muy significativa.
▶	Presentan importantes beneficios sociales y paisajísticos. Aumentan el valor de la propiedad, favorecen el turismo y fomentan las actividades educativas.
▶	Se debe asegurar una fuente de agua para el mantenimiento de la lámina permanente durante los periodos secos.
▶	La colmatación puede reducir la efectividad de sistema por lo que se recomienda instalar SUDS que favorezcan la sedimentación antes de la entrada.



Estanque en el parque inundable la Marja de Alicante. Fuente: Ayuntamiento de Alicante.

Criterios de Diseño	
La ubicación para estanques y humedales ha de ser una zona llana, estable e impermeable. Pueden ser depresiones naturales o excavadas, pero nunca masas de aguas naturales existentes. En los terrenos permeables o con riesgo de contaminación se ha de colocar una geomembrana impermeable. Los estanques son recomendables en cuencas de entre 2 y 4 ha de área impermeable y los humedales de 4 a 10 ha. Se debe tener en cuenta el uso público del espacio, potenciando la naturalización, con bordes blandos y ondulados. Han de estar correctamente señalizados, prohibiendo el baño y estableciendo las zonas de agua temporal y permanente.	
La profundidad recomendada para la lámina permanente será como mínimo de 1,20 m de profundidad. Para evitar el estancamiento de las aguas, en humedales con profundidades mayores a 1,5 m se ha de establecer un sistema de recirculación. También pueden crearse cámaras de menos de 0,60 m de profundidad que aumenten la capacidad de tratamiento al favorecer los procesos biológicos. Así mismo, se potenciará la residencia del agua aumentando la distancia entre la entrada y la salida. Para ello se establecerá una ratio longitud-ancho de 3:1 como mínimo, pudiendo crear diferentes vasos o cámaras conectados a través de bermas o taludes.	
La entrada de escorrentía se puede hacer desde los laterales, protegidos por disipadores de energía para evitar erosión y lavado, o a través de un conducto. Los taludes de entrada para estanques tendrán un pendiente 3H:1V y pueden incluir escolleras y plantas. Para mejorar la calidad de la escorrentía se puede añadir una cámara de pretratamiento en la entrada del humedal o del estanque. La salida de la escorrentía se realizará de forma controlada mediante conductos de pequeño diámetro o una válvula de vórtice. Además, deben incluirse elementos de rebosa a la red para los eventos de magnitud superior al de diseño.	

Mantenimiento			
Elemento de observación	Actividad a realizar	Indicador de necesidad de mantenimiento	Frecuencia habitual
Vegetación	Eliminación de la vegetación no deseada.	Presencia abundante de vegetación no deseada.	Mensual
	Recorte de plantas acuáticas y de vegetación de la orilla.	Crecimiento no uniforme de la vegetación.	Anual
	Reposición de la vegetación tras la eliminación de sedimentos.	Pérdida de biodiversidad tras eliminación de sedimentos.	Quinquenal
Superficie	Retirada de hojas, basuras y flotantes.	Acumulación de hojas, basuras y sedimentos en la superficie del agua.	Mensual
	Evaluación de la sedimentación y desarrollo de una rutina de mantenimiento adaptada.	Acumulación excesiva de sedimentos.	Mensual
	Análisis de las aguas en busca de contaminantes.	Pérdida de biodiversidad.	Mensual
Entrada y salida	Eliminación de sedimentos si el volumen permanente se reduce un 20%.	Falta de capacidad y desbordamiento frecuente.	25-50 años
	Inspección periódica y retirada de sedimentos de los elementos de rebosa y entrada.	Obstrucción de las entradas, aparición de charcos o desbordamiento.	Mensual
Otros	Limpieza de la cámara de pretratamiento y eliminación de sedimentos.	Obstrucción de la cámara de pretratamiento, aparición de charcos o desbordamiento.	Trienal
	Aireación en caso de eutrofización.	Proliferación de algas y aumento de la turbidez.	Trienal
	Inspección técnica en busca de daños en las estructuras de entrada y salida, dispositivos de tratamiento u otros elementos del humedal. Reparación en su caso.	Inspeccionar tras eventos extraordinarios de lluvias.	A demanda



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

AS ÁGUAS CONECTAM E O SANEAMENTO TRANSFORMA

Obrigada

Maria Elisa Leite Costa
maria.costa@ana.gov.br

