

CONAMA

**AGUA Y CIUDAD
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE
SOSTENIBLE**

**Grupo de trabajo ST-10
Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018
Fundación Conama**



RUMBO

20.30.



CONAMA 2018

26
NOV

29
NOV

PALACIO MUNICIPAL
DE CONGRESOS, MADRID

WWW.CONAMA2018.ORG

ENTIDAD ORGANIZADORA: Fundación Conama

PARTICIPANTES

Coordinadores

- Eduardo Perero von Hove. Área técnica. Fundación Conama
- Laura Ronquillo. Área técnica. Fundación Conama

Relatores

- Carolina Gonzalez Vives. Directora. Hidra Design
- Ignacio Andrés Doménech. Profesor. Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) Universitat Politècnica de València.
- Laura Ronquillo. Área técnica. Fundación Conama
- Lucía Soriano Martínez. Junta / Profesora asociada. Fundación nueva cultura del agua / Universidad de Zaragoza
- Manuel de Pazos Liaño. Jefe de departamento. D.G. del Espacio Público, Obras e Infraestructuras. Ayuntamiento de Madrid
- Roberto Soto Fernández. Arquitecto, Dirección de proyectos y obras. Instituto Municipal de Urbanismo. Ayuntamiento de Barcelona.
- Sara Perales Momparler. Consejera Delegada. GreenBlueManagement SLU
- Soledad Checa Sánchez. Jefa de Servicio de la Oficina Azul. D.G. del Espacio Público, Obras e Infraestructuras. Ayuntamiento de Madrid

Comité técnico

- Antonio Sánchez Zaplana. Jefe de innovación y tecnología. Aguas municipalizadas de Alicante, E.M.
- Carolina Gonzalez Vives. Directora. Hidra Design
- Eduardo Perero von Hove. Área técnica. Fundación Conama
- Ignacio Andrés Doménech. Profesor. Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) Universitat Politècnica de València.
- Javier Lucio de la Torre. Técnico. UGT Madrid
- Joaquín Suárez López. Prof. Titular Universidad. Investigador del GEAMA. Tecnologías M.A. Universidad de Coruña
- Laura Ronquillo. Área técnica. Fundación Conama
- Lucía Soriano Martínez. Junta / Profesora asociada. Fundación nueva cultura del agua /

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Universidad de Zaragoza

- Luís Martín Martínez. Director. Hidrología Sostenible
- Manuel de Pazos Liaño. Jefe de departamento. D.G. del Espacio Público, Obras e Infraestructuras. Ayuntamiento de Madrid
- Pedro Juan Moreno Sánchez. Ingeniero de caminos, canales y puertos del estado. Dirección general del Agua, Ministerio para la Transición Ecológica
- Pedro Lasa Gallurralde. Fundador. Sistemas Urbanos Drenaje Sostenible S.L.
- Pere Malgrat Bregolat. Director de Drenaje Urbano y Resiliencia. Aquatec - SUEZ Advanced Solutions
- Pere Morant i Montés. Vocal Delegación Com. Valenciana. Colegio de Geógrafos
- Roberto Soto Fernández. Arquitecto, Dirección de proyectos y obras. Instituto Municipal de Urbanismo. Ayuntamiento de Barcelona.
- Sara Perales Momparler. Consejera Delegada Directora general. GreenBlueManagement SLU
- Soledad Checa Sánchez. Jefa de Servicio de la Oficina Azul. D.G. del Espacio Público, Obras e Infraestructuras. Ayuntamiento de Madrid

Índice

1. Antecedentes	3
1.1. Objetivos del comité del ST	3
2. Introducción	4
1.2. ¿Cómo gestionamos el agua en nuestras ciudades?	4
1.3. El porqué del cambio de paradigma	5
3. Qué son los SUDS?	6
4. Experiencias internacionales	7
5. La situación en España	9
1.4. Experiencias nacionales	11
5.1.1. Madrid	11
5.1.2. Barcelona	13
5.1.3. Benaguasil, Valencia	16
5.1.4. Vitoria-Gasteiz	16
5.1.5. Santander	17
1.5. Retos en España para la implementación de SUDS	18
6. Conclusiones	19
7. Bibliografía	20

1. ANTECEDENTES

El Congreso Nacional de Medio Ambiente (Conama) se ha constituido como espacio de trabajo y de debate sobre los principales y más importantes retos del desarrollo sostenible. A través de sus numerosos comités y grupos de trabajo, equipos multidisciplinares de profesionales, procedentes de distintas entidades, ya sean de las administraciones públicas en todos sus niveles, empresas privadas, asociaciones y colegios profesionales, universidades, centros de investigación, sindicatos, entidades ecologistas, asociaciones sociales, consumidores, etc., trabajan de forma colaborativa para poner de manifiesto las necesidades de las principales políticas.

Uno de los ejes fundamentales de actividades de Conama, ha sido el agua. En este eje se sitúan todas aquellas actividades relacionadas con los recursos hídricos, gestión y gobernanza sobre el agua. Dentro del eje de renovación urbana, en las últimas ediciones se ha prestado especial atención a las infraestructuras verdes en el contexto urbano.

Derivado de este interés identificado, se ha constituido en el marco de Conama 2018 (www.conama2018.org) el comité de la Sesión Técnica ST-10 “Agua y ciudad: Sistemas de drenaje urbano sostenible” compuesto por profesionales procedentes de distintas entidades, administraciones públicas, empresas privadas, universidades, etc. que pueden observarse en el listado adjunto al presente documento. El comité de esta sesión ha visto la necesidad de acotar el tema tratado en dos aspectos: la **gestión del agua pluvial** dentro de la ciudad y los **sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)**.

Como resultado de las reuniones realizadas por el comité, de sus trabajos realizados como profesionales del sector y del debate que surge de la celebración del Conama 2018 se ha elaborado el presente documento de trabajo, que reúne las conclusiones obtenidas hasta el momento, con la intención de ofrecer un documento divulgativo que permita introducirse en el diseño urbano y la gestión del agua, mediante los sistemas urbanos de drenaje sostenible.

1.1. Objetivos del comité del ST

EL OBJETIVO PRINCIPAL DEL COMITÉ ST-10 PARA ELABORAR ESTE DOCUMENTO, ES PODER **DIVULGAR** CON UN DOCUMENTO SENCILLO, QUÉ SON LOS **SUDS** Y CÓMO PUEDEN INCORPORARSE EN LA **GESTIÓN DE AGUA PLUVIAL** Y EN EL **DISEÑO URBANO** DE NUESTRAS CIUDADES.

Los objetivos complementarios son:

- Recopilar la información de distintas entidades y profesionales, muchos de ellos integrantes del comité.
- Que el documento sea práctico y apto para el público general, con la posibilidad de ampliar la información tanto como se desee (especializando la información referenciada) mediante enlaces y bibliografía.

2. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento urbano de las últimas décadas ha derivado en un aumento excesivo de las superficies impermeabilizadas sobre el suelo original, fenómeno que contribuye a interrumpir el ciclo natural del agua, hasta el punto de que en zonas de urbanización consolidada el 90% de las precipitaciones pueden transformarse en escorrentía superficial, incrementando los caudales punta debidos a la lluvia, incluso para precipitaciones de corta duración y baja intensidad. Este problema se ve incrementado por la modificación en los patrones de las precipitaciones, tanto medias como extremas, asociadas al cambio climático.

En este marco, hay que considerar tres problemas importantes relacionados con la gestión del agua en nuestras ciudades: los riesgos de inundación, la contaminación difusa y la falta de servicio al ciudadano.

1.2. ¿Cómo gestionamos el agua en nuestras ciudades?

Los sistemas de drenaje de la mayor parte de las ciudades tratan de gestionar la totalidad del agua de lluvia conduciéndolas hasta los puntos bajos de las cuencas; parte de estos flujos ingresa en las estaciones de depuración de agua residuales (EDAR), con la consecuente ineficiencia de estas instalaciones. Sin embargo, en épocas de lluvias intensas, la red de sumideros no es capaz de captar todo el volumen de aguas de escorrentía superficial contaminada, la cual acaba afectando a zonas naturales con vertidos difusos de hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes peligrosos. Además, ante el ingente volumen de agua de lluvia captado y mezclado con las aguas residuales, imposible de tratar en numerosas ocasiones, los colectores, los tanques de tormenta, las estaciones de bombeo e incluso las propias EDAR se ven obligadas a producir alivios o descargas de los sistemas unitarios directamente al medio natural.

En contraste con el enfoque convencional, la gestión sostenible de las aguas pluviales pretende reducir la cantidad de superficies impermeables, gestionando las aguas pluviales en origen, ayudando así a minimizar los impactos del proceso urbanizador en la hidrología local.

Los principales problemas que emergen en los sistemas convencionales de drenaje pueden resumirse en los siguientes (Philip, 2011): descargas de sistemas unitarios (DSU); contaminación difusa; costes de la gestión centralizada; desperdicio de un recurso potencialmente aprovechable; incremento de caudales aguas abajo. Además, los efectos del cambio climático podrían producir impactos adicionales en los próximos años, causados fundamentalmente por períodos más frecuentes de lluvias intensas.

Para resolver estos problemas, el drenaje urbano debe avanzar hacia enfoques más flexibles y adaptables (Willems y Arnbjerg-Nielsen, 2013). Transitar hacia un enfoque más sostenible puede resolver estos problemas y explotar los numerosos beneficios que las aguas pluviales pueden suponer para la ciudad. Así, los SUDS están concebidos tanto para gestionar los riesgos

derivados de la escorrentía urbana (cantidad y calidad) como para contribuir a la mejora ambiental y paisajística de la ciudad. Los objetivos de SUDS son, por lo tanto, minimizar los impactos del desarrollo urbano sobre la cantidad y calidad de las aguas pluviales, toda vez que se maximizan las oportunidades de servicios para el ciudadano y la biodiversidad urbana.

1.3. El porqué del cambio de paradigma

Las infraestructuras del siglo XX, monofuncionales, centralizadas y de gran escala han proporcionado solución parcial a la convivencia de los núcleos urbanos con este volumen cambiante del agua de lluvia, regulando los cauces fluviales en cabecera y evacuando a la mayor velocidad posible la lluvia local, para obtener un espacio urbano estable y seco.

Esta forma de gestionar, además de los problemas antes mencionados, desperdicia un caudal valioso, sobre todo en paisajes secos como la geografía peninsular. La conciencia de la cantidad de agua que discurre bajo rasante en las ciudades tiene un potencial transformador enorme sobre la calidad del espacio urbano y su conexión con el paisaje próximo.

La condición distribuida de la lluvia y sus campos decrecientes de energía química y potencial, marcan con total claridad el interés de soluciones de gestión, no centralizadas sino igualmente DISTRIBUIDAS en la totalidad del territorio urbanizado, INTEGRADAS con espacios públicos y edificación, aprovechando la operatividad de su PAISAJE NATURAL, sobre todo vegetación. Esto permite captar el agua con la máxima calidad y con la mayor cota altimétrica, lo que facilita su aprovechamiento y permite reducir la presión sobre el saneamiento tradicional.

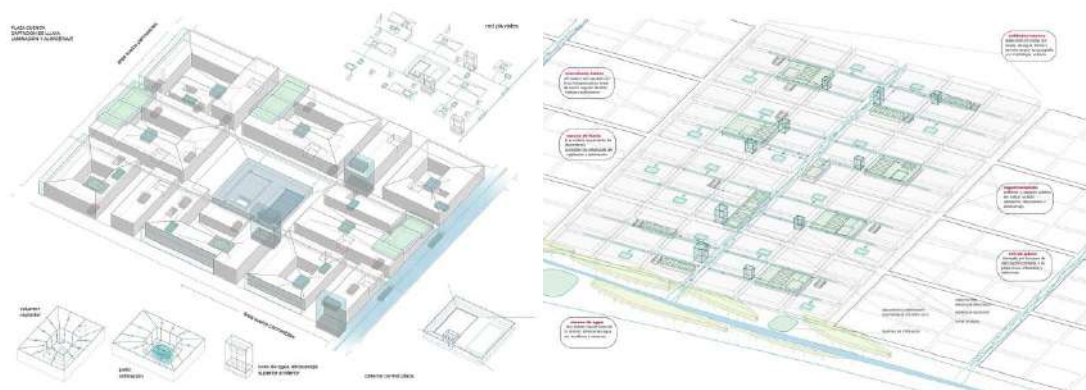


Ilustración 1: Izquierda-Esquema de funcionamiento de una supermanzana donde se recupera toda el agua de lluvia con buena calidad. Derecha-Bulevar azul que regula caudales de un grupo de supermanzanas.

El avance de la ecología urbana, de la tecnología de modelización y de las soluciones constructivas abren alternativas mejores para la gestión. El análisis del soporte geológico y del caserío edificado, permite identificar escalas, jerarquías y soluciones a implementar, transformando en su totalidad el funcionamiento hidráulico de la ciudad, de forma que todos los espacios tengan competencias infraestructurales, según su suelo, forma y localización. Las cuencas locales con las líneas de vaguada como red vertebradora vuelven a cobrar operatividad como bulevares azules de baja energía. Los espacios centrales como las plazas

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

integran cisternas de laminación y filtrado. Áreas más amplias como parques se encargan de la gestión de volúmenes más grandes.

Esta nueva red, abierta, permeable, fomenta la infiltración donde es posible, nutre la vegetación urbana y su red de espacios naturales y facilita procesos como la refrigeración evaporativa en verano, con máxima eficiencia en una gran parte de la geografía nacional para optimizar el confort térmico de nuestros espacios públicos. Además al acercar al ciudadano la gestión de un recurso tan escaso, hace visible sus procesos y contribuye de forma esencial a la renaturalización de la ciudad.

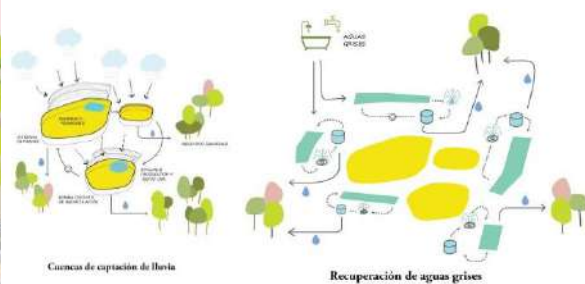


Ilustración 2: Proyecto de plaza cisterna para San Blas, Madrid y esquemas de captación, filtrado y refrigeración evaporativa.

3. QUÉ SON LOS SUDS?

Los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)** son técnicas de gestión de aguas pluviales y planeamiento urbano que persiguen reproducir y/o restituir los procesos hidrológicos previos al desarrollo urbanístico (infiltración, filtración, almacenamiento, laminación, evapotranspiración), integrando estratégicamente elementos de control de escorrentía en el paisaje urbano.

Los SUDS buscan reproducir el comportamiento de la cuenca en su estado natural, contribuyendo a reforzar los principios de gobernanza emanados de la legislación española y europea: mejora del estado de las masas de agua; protección frente a inundaciones y sequías; adaptación y mitigación (sumideros de CO₂) al impacto del cambio climático; reducción del consumo energético en el ciclo urbano del agua (aprovechamiento de pluviales, menor volumen de agua a plantas de tratamiento, menos bombeos, etc.); provisión de servicios ecosistémicos, la conectividad y la restauración ecológicas para la conservación de la biodiversidad, reforzando los valores del agua y de los espacios verdes.

Los SUDS forman parte de las infraestructuras verdes urbanas y son perfectamente compatibles con los sistemas tradicionales de gestión de aguas pluviales urbanas, con los que se consigue disminuir las escorrentías que acaban siendo recibidas en colectores, tanques de tormenta o EDAR, además de reducir los arrastres de sólidos, y, en última instancia, vertidas a los medios receptores sin un tratamiento adecuado. Así, los SUDS se alinean con los tres ejes básicos de la sostenibilidad:

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

- **Economía:** control y gestión eficiente de la cantidad de escorrentías urbanas, reduciendo la producción de escorrentía y dotando así de una mayor resiliencia a los sistemas convencionales existentes.
- **Medio ambiente:** control, gestión y recuperación de la calidad del agua de lluvia, haciendo frente a la contaminación difusa
- **Sociedad:** valoración y potenciación del paisaje urbano con la puesta en valor de los beneficios añadidos para el propio ciudadano y para la biodiversidad en el ecosistema urbano.

Así, los SUDS constituyen un gran recurso educativo para sensibilizar sobre las buenas prácticas en el uso del agua y las alternativas técnicas para mejorar su gestión.

Bajo la denominación SUDS, encontramos infraestructuras como cubiertas vegetadas, aljibes, alcorques de infiltración, pavimentos permeables, pozos, zanjas y depósitos de infiltración, parterres inundables, drenes filtrantes, cunetas vegetadas, franjas filtrantes, filtros de arena, balsas de detención y/o infiltración, estanques o humedales artificiales.

¿Quieres ampliar la información?

- [Beneficios de los sistemas urbanos de drenaje sostenible \(SUDS\)](#)
- [Beneficios de los SUDS](#)
- [Sustainable drainage](#) (inglés)

4. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Los SUDS en el panorama internacional cuentan con una trayectoria de casi 50 años en los países en los que se originaron.

Los **Estados Unidos** legislan por primera vez en la materia en 1972 ("[Clean Water Act](#)" y "[National Pollution Discharge Elimination System](#)"), lo que genera un interés creciente en las allí denominadas "[Best Management Practices](#)" (BMP). Son múltiples las formas de referirse a este otro modo de gestionar el drenaje urbano: "[Low Impact Development](#)" (LID), "[Water Sensitive Urban Design](#)" (WSUD) o "[Sustainable Drainage Systems](#)" (SuDS). En cualquier caso, todas ellas van de la mano de las nuevas tendencias marcadas por la infraestructura verde.

Existen numerosas experiencias de implantación de SUDS a nivel internacional que ponen de manifiesto cómo grandes urbes están afrontando los nuevos retos del drenaje urbano en este marco y están creando la tendencia para el futuro. Un ejemplo indiscutible de éxito en la implantación de los SUDS es la ciudad de Nueva York que ha puesto en marcha proyectos y programas relacionados con la infraestructura verde, convirtiéndose en líder mundial en esta disciplina.

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

En 2010 se publica el “[NYC Green Infrastructure Plan](#)” que define una estrategia basada en infraestructura verde para la consecución de los objetivos previamente definidos: reducir el volumen de vertidos al medio, gestionar la lluvia en origen mediante SUDS y potenciar los beneficios añadidos para promover la sostenibilidad de la ciudad.



Ilustración 3: Ejemplo de infraestructura verde de New Jersey, EEUU. Fuente: Kandyce Perry, *New Jersey Future*. <http://njbikeped.org/wp-content/uploads/Green-Streets.pdf>

La ciudad de Philadelphia representa también un buen ejemplo de integración de la infraestructura verde en los procesos de planificación urbana. De manera análoga a la experiencia de Nueva York, Philadelphia desarrolló el plan “[Green City, Clean Waters](#)” con la misión de que cada dólar invertido maximizara el beneficio retornado al ciudadano y al medio ambiente, más allá de la mera reducción de los vertidos al medio receptor.

Otras grandes urbes que han apostado firmemente por la gestión de sus escorrentías mediante técnicas SUDS son Washington DC, San Francisco, Londres, París, Melbourne o grandes aglomeraciones chinas como Wuhan que han adoptado recientemente las estrategias denominadas “[ciudad esponja](#)”.

¿Quieres ampliar la información?

- [What is Water Sensitive Urban Design \(WSUD\)?](#) (Inglés)
- [NYC Green Infrastructure Plan. A sustainable strategy for clean waterways](#) (Inglés)
- [Green City Clean Waters. The City of Philadelphia’s Program for Combined Sewer Overflow Control](#) (Inglés)
- [Green City, Clean Waters: Philadelphia's Green Stormwater Infrastructure Program](#) (Inglés, Vídeo)
- [Living Melbourne, Living Victoria](#) (Inglés, Vídeo)
- [China construirá ciudades-esponja para combatir inundaciones](#)
- [Transforming a city: Urban Water Innovation. Kunshan, China](#) (Inglés, Vídeo)

5. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

En la década de los 90, cuando el esfuerzo por reducir el impacto a los medios receptores de las aguas provenientes de redes de saneamiento se centraba en la construcción de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), ya se puso de relevancia la problemática de la contaminación vertida en tiempo de lluvia por las descargas de los sistemas (unitarios en general) de alcantarillado (DSU). Se empieza entonces a resaltar la importancia de controlar la producción de escorrentía en ámbitos urbanos mediante técnicas que restituyan mecanismos hidrológicos mermados por la urbanización.

Con el paso de los años, se ha avanzado en la incorporación de la gestión sostenible del agua de lluvia en el planeamiento urbano, pero el empleo de SUDS, que aterrizó en España hace ahora algo más de diez años (aparte de algunas actuaciones muy puntuales en la Villa Olímpica de Barcelona), sigue encontrando una fuerte contestación, muchas veces infundada, tanto de técnicos como también de Administraciones (Andrés-Doménech, 2017). En (Castro-Fresno et al., 2013) puede leerse un relato de las primeras experiencias SUDS en España.



Ilustración 4: SUDS en Madrid, Santander y Barcelona

Actualmente, el empleo de SUDS es todavía marginal, aunque con soluciones multifuncionales cada vez más integradas en el paisaje urbano, como es el caso de la urbanización de Bon Pastor en Barcelona (Soto-Fernández y Perales-Momparler, 2017). Asimismo, cabe destacar la introducción de SUDS en obras emblemáticas, como el empleo de pavimento de hormigón poroso en los aparcamientos del Estadio Wanda Metropolitano del Atlético de Madrid.

La gestión de aguas pluviales ha dado enormes pasos desde sus comienzos y es indudable que hoy tiene ante sí una oportunidad única para avanzar en sostenibilidad, resiliencia y generación de mejores condiciones de vida para los ciudadanos. Para ello, la gestión de escorrentías debe convertirse en un punto fundamental en el proceso de planificación urbana

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

y la implicación inteligente de todos los actores involucrados condicionará en buena medida el éxito de la transición (Perales-Momparler y Andrés-Doménech, 2016). A ello debe contribuir la legislación estatal, como se ha hecho con la entrada en vigor del [Real Decreto 638/2016](#), que en su artículo 126 ter.7, obliga a introducir SUDS en nuevos desarrollos urbanos.

Así, superadas en buena medida las barreras tecnológicas, comienza a existir un consenso entre los profesionales del sector en el potencial que ofrecen los SUDS para mejorar la gestión de las escorrentías urbanas. Foros técnicos como los desarrollados en torno a las jornadas RedSUDS ponen de manifiesto el creciente interés y fomentan el intercambio de experiencias. Los esfuerzos realizados en las últimas décadas en el desarrollo de líneas de investigación, monitorización de infraestructuras y desarrollo de formación especializada deben continuar para asentar el cambio de paradigma.

Sin embargo, los grandes retos actuales para la plena incorporación de los SUDS en la gestión ordinaria del drenaje urbano los encontramos en el plano de la gobernanza. El desarrollo de legislación y normativas necesita un impulso desde la Administración Central, para desarrollar un paraguas normativo común bajo el cual las Administraciones Locales puedan particularizar sus criterios de diseño. Sólo de este modo se logrará tener el respaldo jurídico del que hoy gozan los sistemas convencionales de drenaje, ampliamente sancionados por su larga trayectoria.



Ilustración 2: Acciones de difusión de los SUDS de Benaguasil y reunión del grupo de trabajo regional (Fuente: GreenBlueManagement e IIAMA-UPV).

1.4. Experiencias nacionales

5.1.1. Madrid

La zona verde de la **Nueva Sede del BBVA**, de aproximadamente 12.400 m², construida en 2014, cuenta con áreas permeables casi en toda su planta: tierra vegetal en las zonas ajardinadas, paseos de grava y pavimentos de adoquín permeable en el acceso peatonal principal a las oficinas corporativas del BBVA. Su sistema de drenaje lo compone, principalmente, drenes filtrantes conectados a depósitos enterrados de infiltración con cajas reticulares; y, de existir, el rebose vierte a la red de alcantarillado municipal. El agua que no pueda infiltrarse por la zona del pavimento permeable discurre por celdas reticulares, que dirigen la escorrentía hacia dichos depósitos de infiltración. En base a la modelización numérica del comportamiento del sistema de drenaje para un año tipo, se estima que la incorporación de SUDS para la gestión de las aguas de lluvia supone una reducción del 83 % en el volumen anual que es vertido al sistema de saneamiento, respecto de la opción convencional de captar y dirigir rápidamente la escorrentía generada hacia los colectores (Perales-Momparler et al., 2016a).



Ilustración 5: Zona verde de la Nueva Sede del BBVA (Madrid). Fuente: Perales-Momparler et al., 2016a.

En el cruce de **C/ Alfonso XIII – C/ Paraguay** existen dos zonas verdes, ejecutadas en 2016, que incluyen SUDS: un parque de 2.050 m² y un huerto urbano de 2.900 m². El objetivo de ambos proyectos era potenciar la retención e infiltración en origen y que únicamente los eventos extremos se dirigiesen al sistema de alcantarillado municipal. Además, destacan por su labor educativa, pues cuentan con carteles informativos que describen el sistema de drenaje y las tipologías de SUDS utilizadas (Perales-Momparler et al., 2016a).

En el **Parque**, la escorrentía del pavimento de tránsito se dirige a unos jardines de lluvia conectados entre sí (que incluyen además pequeños pozos de infiltración en su base). Cuando se excede la capacidad de los jardines, la escorrentía se conduce a una zona de infiltración-detención final con mayor volumen de almacenamiento. La zona de juegos tiene un dren filtrante enterrado bajo la superficie de arena que dirige la escorrentía hacia esta zona de infiltración-detención final (Perales-Momparler et al., 2016a).

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE



Ilustración 6: Parque en el cruce C/ Alfonso XIII – C/ Paraguay. Fuente: Perales-Momparler et al., 2016a.

La red de pluviales del **Huerto urbano** está compuesta por tres ramales. El primero consiste en jardines de lluvia conectados entre sí por drenes. El segundo ramal lo conforman drenes filtrantes conectados con drenes en serie, que discurren perimetralmente al huerto. La zona sur es gestionada con un dren filtrante. El último ramal son varios jardines de lluvia que cuentan con infiltración y están conectados por una cuneta vegetada (Perales-Momparler et al., 2016a).



Ilustración 7: Huerto urbano en el cruce C/ Alfonso XIII – C/ Paraguay. Fuente: Perales-Momparler et al., 2016a.

De forma análoga al proyecto de la Nueva Sede del BBVA, la modelación numérica estima que para un año tipo la reducción de volúmenes anuales es del 92% al incluir SUDS (Perales-Momparler et al., 2016a).

El proyecto de urbanización exterior a los accesos al **Estadio del Atlético de Madrid**, de 2017, ha contado con técnicas SUDS, al utilizar pavimentos permeables y depósitos de detención enterrados. En las playas de aparcamiento, el depósito lo constituye la propia sub-base granular sobre la que se asienta el hormigón permeable de las plazas de aparcamiento. En cambio, en el tramo de vial frente al estadio, el agua filtrada por el pavimento permeable a base de adoquines es dirigida a unas alineaciones de cajas reticulares que conducen y laminan la escorrentía hasta los puntos de conexión con el sistema de alcantarillado del ámbito.

La aplicación de SUDS permitió reducir, de manera global, un 69 % los caudales pico para la tormenta de diseño (periodo de retorno 10 años y duración de 15 min, considerando una intensidad de 60,2 mm/h) frente a un esquema convencional (pavimento impermeable con imbornal a colector).



Ilustración 8: Pavimento permeable en el Estadio del Atlético del Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.

En el parque de La Atalayuela (Madrid) se han incluido técnicas de drenaje sostenible para gestionar las aguas pluviales, mediante pavimento permeable, zanja de infiltración y jardín de lluvia.



Ilustración 9: Parque de la Atalayuela, Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.

5.1.2. Barcelona

Entre el 2005 y la actualidad, el Instituto Municipal de Urbanismo de Barcelona (IMU, BAGURSA) viene desarrollando a través de determinadas obras la implementación de SUDS en el espacio público con un objetivo que ha sido claro y una constante hasta ahora: gestionar la escorrentía de forma alternativa y autónoma a los sistemas unitarios, utilizando sus mismos parámetros de partida, considerando una lluvia de diseño de periodo de retorno $T = 10$ años, de 60 minutos de duración, intensidad pico de 212,45 mm/h y volumen de precipitación total de 59 mm.

Desde el Ayuntamiento, se ha hecho hincapié en la resolución de este problema especialmente en la tipología que presenta más dificultades y al mismo tiempo es la más común, “la calle tipo”, con sus aceras, calzada y el aporte de las cubiertas de los edificios.



Ilustración 10: Propuesta de transformación urbana (Barcelona). Fuente: Roberto Soto F.

En las zonas verdes este problema es sustancialmente más sencillo y por tanto no se consideran estas áreas en sí mismas como objeto de estudio, sino como parte de un conjunto urbano más amplio en el que la escorrentía de las áreas impermeables (edificios, aceras, calzadas) pasa a través de estas zonas verdes que tienen principalmente una función de retención y depuración de contaminantes.

La gestión de estas precipitaciones torrenciales lleva a pensar en la casi inevitable construcción de una superficie en la que aparecen depresiones cuya utilidad es la de retener temporalmente la escorrentía antes de digerirla y posteriormente, dirigirla a donde se considere adecuado dependiendo de la situación (infiltración, aljibe, etc.).

Una de las pocas maneras de construir fácil y económicamente estas depresiones es a través de las zonas vegetadas que, al no ser transitadas, permiten cierta flexibilidad en su forma, posibilitando crear un volumen de almacenamiento temporal sin dañar el espacio público ni interferir en los usos de conexión urbanos.

Algunas de las obras que ejemplifican estos parámetros son:

- Urbanización del entorno de Can Cortada



Ilustración 11: Can Cortada (Barcelona). Fuente: Roberto Soto F.

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

- Urbanización del barrio de Bon Pastor cuya intervención se explica en un artículo publicado en la Revista EcoHabitar nº 57, "el camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona".



Ilustración 12: Bon Pastor (Barcelona). Fuente: Roberto Soto F.

- Plaza de las Dones de Nou Barris, Roquetas. Más información en: <https://www.construction21.org/espana/articulos/es/regeneracion-urbana-en-el-barrio-les-roquetas-barcelona.html>



Ilustración 13: Calle Nou Barris (Barcelona). Fuente: Roberto Soto F.

Las diferentes intervenciones desde el 2005 se han ido perfeccionando hasta llegar a la definición de modelos probados que sirven de base en la redacción de planes y estudios técnicos sobre los SUDS y que son replicables en el resto de la ciudad y extrapolables a otras ciudades.

Una de las últimas obras, la urbanización de Cristóbal de Moura, actualmente en ejecución, condensa y ejemplifica el conocimiento y experiencia adquiridos en los últimos 13 años.

5.1.3. Benaguasil, Valencia

El municipio de **Benaguasil (Valencia)**, con 11.000 habitantes, es todo un ejemplo por hacer frente a la impermeabilización del suelo con estrategias SUDS. Entre 2010 y 2015, se construyeron y monitorizaron cinco SUDS: jardines de lluvia en el polígono industrial “Les Eres” y en el parque Costa Ermita; un aljibe en el centro juvenil; y una cubierta vegetada y un aljibe en el centro social. Su monitorización ha permitido verificar que los SUDS tienen beneficios tanto en calidad como en cantidad, reduciendo así los problemas en el núcleo urbano en tiempos de lluvia. Esta enriquecedora experiencia fue galardonada con el Premio Ciudad Sostenible 2015 (Ballester-Olmos y Anguís et al., 2015; Perales-Momparler et al., 2016b; Peris García & Perales-Momparler, 2016).



Ilustración 14: SUDS en Benaguasil (Valencia). Fuente: GreenBlueManagement.

5.1.4. Vitoria-Gasteiz

El reconocimiento que **Vitoria-Gasteiz (Álava)** obtuvo como European Green Capital 2012 por parte de la Comisión Europea, tras décadas de plasmar su compromiso ambiental en políticas urbanísticas y de gestión del territorio, supuso un aliciente para la presentación, en 2014, de una propuesta de un Sistema de Infraestructura Verde Urbana, donde se integran técnicas

AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

SUDS como depósitos de infiltración y jardines de lluvia, entre otros. Entre las actuaciones ya realizadas en el entorno urbano, cabe resaltar la remodelación de la Avenida Gasteiz, donde se ha aumentado la superficie permeable, potenciado la infiltración y retención en origen y aprovechado el agua para riego, utilizando técnicas como pavimentos permeables y cunetas vegetadas (Centro de Estudios Ambientales, 2014; Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2017).



Ilustración 15: SUDS en Vitoria-Gasteiz. Fuente: Ayto. de Vitoria-Gasteiz (2017).

5.1.5. Santander

En **Santander (Cantabria)** se rehabilitó, en 2008, el parque urbano de Las Llamas apostando por principios de diseño sostenibles. El parque de 300.000 m² cuenta con un humedal artificial, un estanque y un aparcamiento permeable experimental, donde se han monitorizado durante 5 años diferentes tipologías: asfalto y hormigón poroso, césped reforzado con celdas de

hormigón y de polipropileno y adoquines permeables, así como varios geotextiles (Andrés-Valeri et al., 2016).



Ilustración 16: SUDS en Santander. Fuente: Andrés-Valeri et al. (2016).

1.5. Retos en España para la implementación de SUDS

- Aprobación de normativa específica de obligado cumplimiento que dé soporte jurídico a las iniciativas relacionadas con la gestión sostenible de la lluvia
- Dotar de financiación suficiente a los proyectos, argumentando con análisis económicos sólidos la rentabilidad de estas operaciones, cuantificando los problemas que solucionan y los beneficios que aportan, en calidad del paisaje, adaptación y mitigación del cambio climático y mejoras en el bienestar de los habitantes
- Mejora de la coordinación intersectorial e intercompetencial, para facilitar el cambio y la toma de decisiones, integrando la gestión de las aguas de lluvia en los entornos urbanos en las estrategias y programas estatales de gestión del riesgo de inundación
- Desarrollo de una cultura de la ecología urbana: la ciudad es más eficiente si cuenta con los procesos naturales de su territorio soporte, los integra y se adapta a ellos. Involucrar tanto a organizaciones como a la sociedad, que al hacer visibles los procesos, recupera la conciencia del valor enorme del agua, como elemento esencial y escaso de nuestro paisaje
- Formación de profesionales para el diseño, ejecución, mantenimiento y evaluación de SUDS e incorporación en todas las escalas del planeamiento y del proyecto urbano.
- Creación de una plataforma on line para intercambio de experiencias y conocimiento sobre la materia.

- Monitorización y evaluación, mediante análisis multicriterio (económico, ambiental y social) el valor o impacto de la aplicación de SUDS frente a la construcción de redes de drenaje convencionales.

6. CONCLUSIONES

La Dirección General del Agua, en el cuarto trimestre del 2017, organizó una ronda de reuniones para conocer de primera mano las inquietudes, experiencia y expectativas de los diferentes interlocutores sobre el drenaje urbano y la posibilidad de elaborar una Guía de Buenas Prácticas sobre drenaje urbano sostenible. En el transcurso de las mismas se concluyó acerca de las siguientes necesidades:

- Que se desarrolle una Guía que establezca un lenguaje común, y que enfoque la temática desde los aspectos generales a los más particulares, de modo que sea comprensible tanto para los técnicos como para la ciudadanía y los responsables políticos. Debe prestar especial atención a los aspectos de mejora de calidad de las aguas y al mantenimiento de los sistemas de drenaje sostenible.
- La elaboración de una ordenanza tipo de gestión de aguas pluviales, que incluya y fomente el empleo del drenaje urbano sostenible, y ayude a impulsar el cambio de paradigma, especialmente en los municipios pequeños (con menos recursos técnicos).
- Que se cree un marco global para la gestión de las aguas pluviales urbanas, en el que el drenaje urbano sostenible sea una solución más entre las posibles. Para ello, se cree necesario establecer objetivos de cantidad y calidad en los puntos de vertido, y dejar a los municipios que en sus Planes Directores (u otros documentos de planificación) que establezcan cuáles son las mejores prácticas en cada caso para alcanzarlos.
- El fomento de la monitorización de los sistemas de drenaje urbano sostenible existentes y futuros, para mostrar al sector la efectividad de los mismos y aprender de las experiencias realizadas.
- La difusión de estos sistemas mediante programas formativos y la concienciación a la ciudadanía mediante programas divulgativos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andrés-Doménech I. (2017). **Una apuesta decidida por el drenaje urbano sostenible. Agua y medio ambiente.** El Economista (46), 20-21.
- [2] Andrés-Doménech, I., Perales-Momparler S. (2016). **Un cambio de paradigma en la gestión del drenaje urbano.** iAgua Magazine 11, 107.
- [3] Andrés-Valeri VC, Marchioni M, Sañudo-Fontaneda LA et al (2016) **Laboratory assessment of the infiltration capacity reduction in clogged porous mixture surfaces.** Sustainability 8(8):751. doi:10.3390/su8080751
- [4] Ballester-Olmos y Anguís, J.F., Peris-García, P.P., Soto-Fernández, R., Andrés-Doménech, I., Escuder Bueno, I. (2015). **El Agua en Benaguasil. Un viaje en el tiempo.** Ayuntamiento de Benaguasil. Depósito legal: V-1817-2015
- [5] Birtles, P., Dahlenburg, J. (2012). **All roads lead to WSUD: exploring the biodiversity, human health and social benefits of WSUD.**
- [6] Castro-Fresno, Daniel & Andrés-Valeri, Valerio & Sañudo-Fontaneda, Luis & Rodriguez-Hernandez, Jorge. (2013). **Sustainable Drainage Practices in Spain, Specially Focused on Pervious Pavements.** Water. 5. 67-93. 10.3390/w5010067.
- [7] Gonzalez Vives, C. (2012). **VISUALIZING URBAN HYDROLOGY. The design of a wet surface.** MASCONTEXT: VISIBILITY. pp. 114 - 121. 01/2012. ISSN 2332-5046.
- [8] Gonzalez Vives, C. (2014). **Arquitectura antidesertización: fluidez, biodiversidad, hidrofilia y permeabilidad.** Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid
- [9] Gonzalez Vives, C. (2014). **Espacios del agua en el territorio urbanizado. Los Angeles, California.** REVISTA EUROPEA DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA. pp. 63 - 78. 01/2014. ISSN 2340-9851.
- [10] Gonzalez Vives, C. (2016). **Dehydrated architecture.** IVERY REVIEW, Columbia University Press. N16
- [11] Hatt, B. E., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., & Taylor, S. L. (2004). **The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams.** Environmental Management, 34(1), 112 - 124. DOI: 10.1007/s00267-004-0221-8
- [12] Morales-Torres, A., Perales-Momparler, S., Jefferies, C., Andrés-Doménech, I. (2015). **Report on stormwater management. Improvement of energy efficiency in the water cycle by the use of innovative storm water management in smart Mediterranean cities.**
- [13] Perales Momparler S., Andrés I. (2016). **Retos para la integración de los sistemas de drenaje sostenible en los procesos de planificación vigentes.** IX Congreso Ibérico de

Gestión y Planificación del Agua. 61-78.

- [14] Perales-Momparler et al., 2016b;
- [15] Perales-Momparler S., Andrés-Doménech I., Andreu J., Escuder-Bueno I. (2015). **A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city.** Journal of Cleaner Production, 109 (16) 174-189, ISSN 0959-6526, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.039>.
- [16] Perales-Momparler, S., de Pazos Liaño, M., Morales-Torres, A. (2016). **Casos prácticos de aplicación de los Sistemas de Drenaje Sostenible en la ciudad de Madrid.** Congreso de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- [17] Peris-García, P.P., Perales-Momparler, S. (2016). **La apuesta por la infraestructura verde urbana para la gestión de pluviales tiene premio.** Comunicación técnica del Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA 2016: La respuesta es verde, 28 nov-2 dic, Madrid, España.
- [18] Philip, R. (2011 b). Module 4. **Stormwater- Exploring the options. SWITCH Training Kit. Integrated urban water management in the city of the future.** [Online] SWITCH Project. ICLEI European Secretariat GmbH.
- [19] Soriano, L. (2016). **Instrumentos económicos para la gestión integral de las aguas de lluvia en España. Estudio de caso: Consideraciones para la aplicación de una tasa de lluvia en la ciudad de Zaragoza.** Comunicación técnica del Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA 2016.
- [20] Soriano, L., Moreno, L., Lassalle, M. (2018). **La Infraestructura verde como recurso educativo: La experiencia de las Escuelas de Lluvia en el municipio de Catarroja (Valencia).** X Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, 6 - 8 Septiembre 2018, Coimbra.
- [21] Soto-Fernández, R., Perales-Momparler, S. (2017). **El camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona.** V Jornadas de Ingeniería del Agua. 24-26 de Octubre. A Coruña
- [22] Willems, P. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2013). **Climate change as a driver for urban drainage paradigm change.** Water 21. International Water Association, Feb, pp. 23-24.

CONAMA

Monte Esquinza 28 - 3º derecha
28010 Madrid (España)

T +34 91 310 73 50

conama@conama.org
www.conama.org