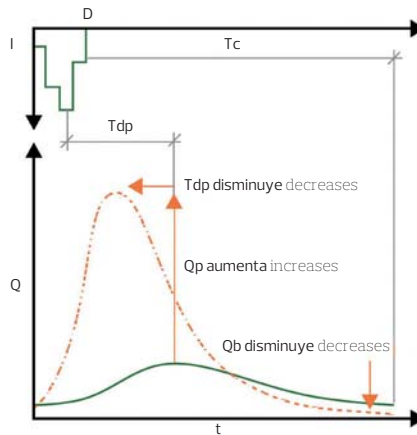


artículo

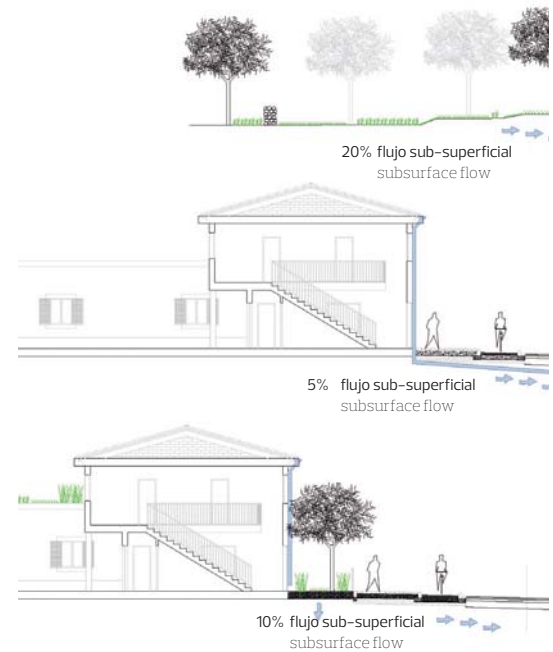
## SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SuDS)

Sara Perales-Momparler  
Ingeniera de caminos, canales y puertos  
Civil engineer, C Eng, MICE  
Gonzalo Valls-Benavides  
Ingeniero de caminos, canales y puertos  
Civil engineer

Hoy tenemos nuevos medios y técnicas para dar otro enfoque al tratamiento del agua de lluvia en la ciudad, integrando la gestión de escorrentías en el paisaje urbano. Los Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) tratan de "imitar" el comportamiento natural de la cuenca antes del proceso urbanizador, reproduciendo en lo posible tanto los caudales y volúmenes naturales como la calidad de sus aguas.



Q caudal en un punto runoff rate at the basin outlet  
I intensidad lluvia rainfall intensity  
t tiempo time  
D duración lluvia neta effective rainfall duration  
Tdp tiempo desfase de la punta time-lag at the tip  
Tc tiempo de concentración time of concentration  
- - - superficie impermeable impermeable surface  
— superficie vegetada vegetated surface



### Imitando la hidrología natural en entornos urbanos: Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS)

Tradicionalmente, la gestión de las aguas de tormenta en entornos urbanos se basa en evacuarlas rápidamente, disminuyendo el riesgo de inundación, mediante el diseño de conducciones subterráneas que "esconden" el agua, desnaturalizan el entorno y aumentan el "paisaje gris". Hoy tenemos nuevos medios y técnicas para dar otro enfoque al tratamiento del agua de lluvia en la ciudad, integrando la gestión de escorrentías en el paisaje urbano: los Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS), con creciente aplicación en todo el mundo. Con ellos, "devolvemos" el agua a la superficie, dejando que conviva con el ciudadano y ayude a mejorar el paisaje urbano que contemplamos diariamente. (Perales, S. y Valls, G., 2008).

### Retos del drenaje urbano

El crecimiento de las zonas impermeables en las ciudades modifica los flujos naturales del ciclo hidrológico, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. La reducción de espacios vegetados reduce en primera instancia la interceptación natural y la evapotranspiración. El aumento de la impermeabilidad redundará en una reducción de la infiltración. Como consecuencia de todo ello se generan volúmenes de escorrentía neta mayor y, además, se aceleran los tiempos de respuesta, por lo que aumenta el

riesgo de inundaciones (Perales, S. y Andrés-Domenech, I., 2008).

Año tras año se producen inundaciones puntuales en el entramado urbano y vertidos de agua no tratada, especialmente desbordamientos de la red unitaria, a las aguas receptoras (arroyos, barrancos, ríos, mares y océanos), afectando a ciudadanos y al medio ambiente. Las inundaciones y la contaminación se pueden reducir actuando sólo con soluciones de ingeniería "dura" o convencionales (colectores más grandes, nuevas canalizaciones de hormigón, grandes depósitos de laminación, grandes estaciones depuradoras,...) o empleando, también, técnicas de drenaje sostenible convenientemente distribuidas por toda la ciudad que, además de contribuir a resolver el problema de las inundaciones, conlleva una importante batería de múltiples beneficios que más adelante se detallan.

Se trata de afrontar las actuaciones urbanas, tanto los nuevos desarrollos como las remodelaciones de la ciudad existente, utilizando nuevos paradigmas, actuando allí donde empieza a gestarse el problema, en los puntos de contacto del agua de lluvia con la ciudad: azoteas, parcelas privadas, jardines, plazas, calles, etc. El principio básico debe ser el de retención descentralizada: infiltrar y retener en origen tanta agua de lluvia como sea posible tanto en los espacios públicos como en los privados.

Sara Perales Momparler

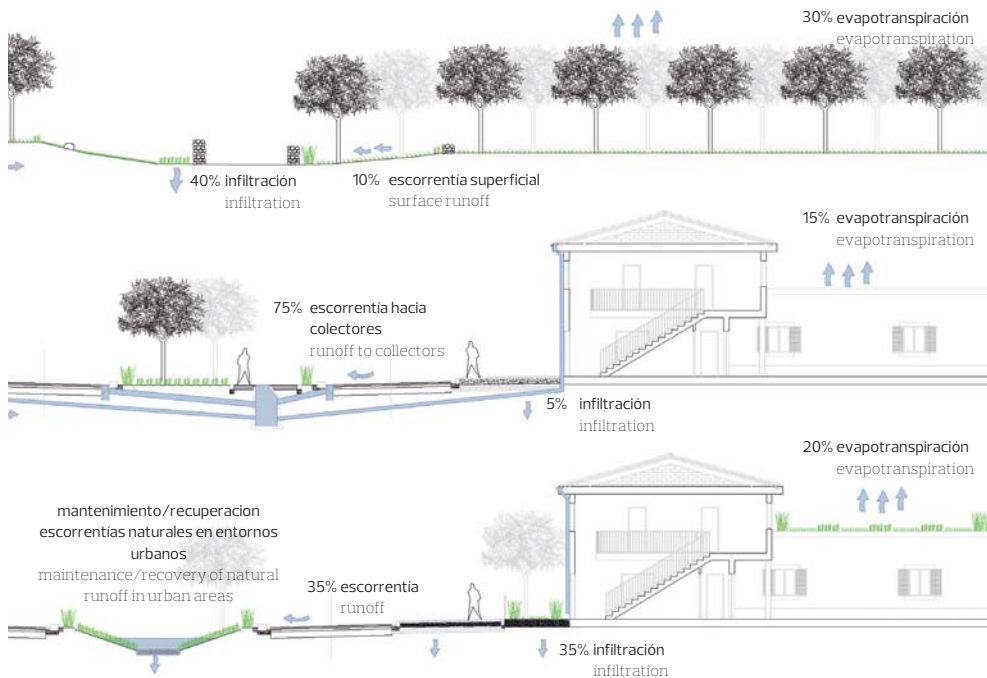
Ingeniera de caminos, canales y puertos. Especialista en SuDS, con más de 10 años ejerciendo en Reino Unido, Nueva Zelanda y España. Al frente de PMEngineering desde 2007.

Civil engineer. Specialist in SuDS, with more than 10 years practicing in the United Kingdom, New Zealand and Spain. Manager of PMEngineering since 2007.  
www.pmengineering.com

Gonzalo Valls-Benavides

Ingeniero de caminos, canales y puertos. Dedicado al urbanismo y la ordenación del territorio, con más de 10 años de experiencia en la materia, 6 de ellos al frente de Planifica.

Civil engineer. Dedicated to urban planning and territorial management, with more than 10 years experience in the field, 6 of them as head of Planifica.  
www.planifica.org



◀ Cambios inducidos por el desarrollo urbano en la transformación lluvia-escorrentía. Changes to rainfall-runoff model as a result of urban development.

◀ Funcionamiento hidrológico de la cuenca; en estado natural, en estado urbanizado convencional con drenaje convencional y en estado urbanizado con filosofía y drenaje sostenible.

Catchment hydrological behaviour; in its natural state, in conventional urbanised state with conventional drainage and urbanised using sustainable drainage philosophy.

Fuente Source: Planifica

article

## SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS (SUDS)

Today we have new tools and techniques which offer an alternative approach to the treatment of rain water in the city, integrating the management of runoff in the urban landscape. Sustainable Drainage Systems (SuDS) try to imitate the natural behavior of the basin before the urbanization process, if possible reproducing natural flows and volumes, and the quality of its waters.

### Imitating natural hydrology in urban environments: Sustainable Drainage Systems (SuDS)

Traditionally, storm water management in urban environments is based on immediate runoff evacuation, decreasing the risk of flooding through the design of underground pipelines that "hide" the water, and denature the environment by increasing the "grey landscape". Today we have new tools and techniques which offer an alternative approach to the treatment of rain water in the city, integrating the management of runoff in the urban landscape: Sustainable Drainage Systems (SuDS), an approach which has been used increasingly worldwide. This approach brings back water to the surface, encouraging an interactive relationship with local residents and helping to improve urban landscape (S. Perales and G. Valls, 2008).

### The challenges of urban drainage

Impermeable areas growth in cities modifies the hydrological cycle natural flow in both qualitative and quantitative terms. A lack of green spaces reduces water natural interception and limits evapotranspiration. An increase of surface imperviousness results in a direct reduction of infiltration. As a result of all this, volumes of runoff are distinctly higher, and in addition, accelerate

response times, thereby increasing the risk of flooding (S.Perales and Andrés - I. Domenech, 2008).

Year after year, occasional urban flooding causes discharges of untreated water, in particular overflows from the unitary network, to receiving waters (streams, ravines, rivers, seas and oceans), affecting local residents and the environment. It is possible to reduce this flooding and its resultant pollution by simply applying conventional or "hard" engineering solutions (larger pipes, new concrete channels, increased end-of-pipe retention volumes, larger waste water treatment plants, etc.) or by using sustainable drainage techniques conveniently located throughout the city. In addition to solving the problem of flooding the second approach provides a number of additional benefits that are described in more detail below.

When it comes to dealing with urban renewal, both through new developments as well as renovation of the existing city, applying sustainable drainage techniques focuses on the use of new paradigms, acting at the root point of the problem, at the points of contact between rain water and the city: rooftops, private plots, gardens, squares, streets, etc. The basic principle should be to decentralise



- 1 bajante de aguas pluviales de cubierta  
rainwater downspout
- 2 canal conductor de agua desde bajante hasta aljibe  
channel conducting water from downspout to rainwater tank
- 3 aljibe de hormigón armado  
rainwater concrete tank
- 4 aprovechamiento de agua de lluvia: riego y limpieza  
rainwater reuse: irrigation and cleaning

## ¿Qué son los Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS)?

Conocidos también como Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS), Sustainable Drainage Systems (SuDS), Best Management Practices (BMPs), Low Impact Developments (LIDs), Water Sensitive Urban Design (WSUD) o Green Infrastructure (Infraestructura Verde), los SuDS son un amplio abanico de soluciones que permiten afrontar el planeamiento, diseño y gestión de aguas pluviales en entornos urbanos dando tanta importancia a los aspectos medioambientales, paisajísticos y sociales como a los hidrológicos e hidráulicos. Su función es evitar, reducir y retrasar el vertido de agua de lluvia a la red de colectores o a los cursos de agua receptores, tratando de imitar el comportamiento de la cuenca en su estado natural, reproduciendo en lo posible tanto los caudales y volúmenes naturales como la calidad de sus aguas.

### Tipología de SuDS

Los diferentes elementos SuDS pueden emplearse aisladamente o combinados entre sí, o entre sí y con elementos de drenaje convencional (imbornales, colectores,...), según las características del entorno y las necesidades particulares pretendidas con la actuación.

El entorno puede ser llano o de topografía

compleja, con suelos permeables o incapaces de infiltrar, secos y con pocas escorrentías o húmedos y con riachuelos, con amplios espacios libres, soleados y calmados o lugares angostos, sombríos y ventosos. La pluviometría puede ser de tipo atlántica (altos promedios anuales a base de lluvias suaves y prolongadas) o de tipo mediterránea (pocas lluvias pero extremadamente intensas); entre las necesidades puede primar la reducción del caudal pico o del volumen de escorrentía, la disminución de contaminantes en medio receptor o la recarga de acuíferos, la obtención de recursos hídricos o la naturalización del paisaje urbano; las especies vegetales a plantar dependerán de la cantidad y tipología de contaminantes a reducir, de la climatología local, del paisaje urbano donde se trabaja, etc.

En definitiva, cada proyecto debe evaluar todos los condicionantes y, en función de los mismos, proponer una solución particularizada e integrada, que determinará cuántos eslabones de la cadena de gestión del drenaje urbano son necesarios, y qué tipos de SuDS son los más adecuados (Dickie, S. et al., 2010). El éxito del proyecto dependerá de los conocimientos, experiencia y habilidad del equipo técnico, que dependiendo de la magnitud del proyecto conviene que sea ampliamente multidisciplinar (arquitectos paisajistas, ingenieros hidráulicos, ingenieros de movilidad y viario, hidrogeólogos,

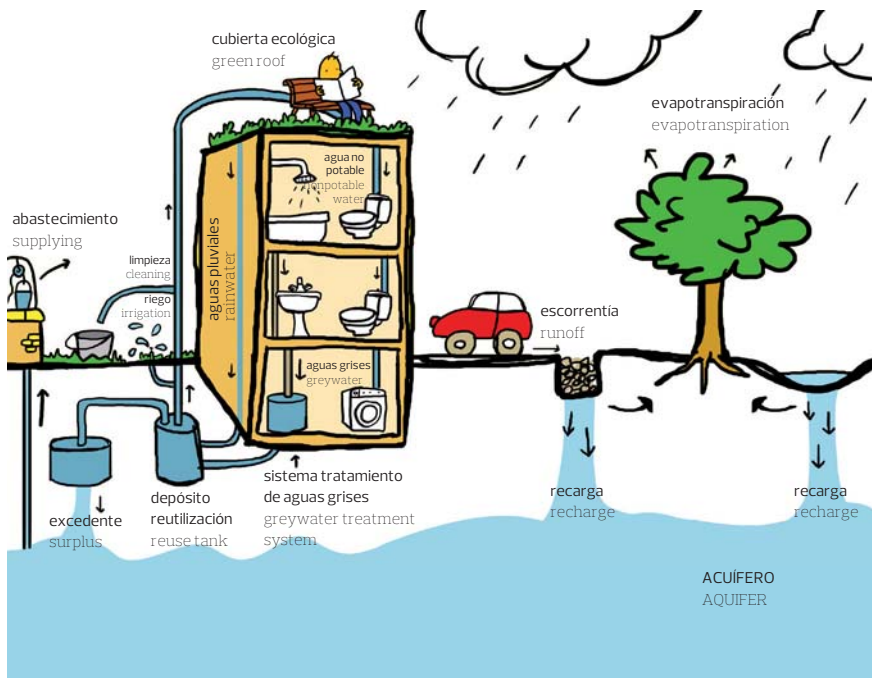
biólogos, urbanistas...). Además, para que el proyecto sea una realidad, también se necesita la intervención decidida del resto de actores de la ciudad (ayuntamiento, concesionarios de servicios públicos, promotores, contratistas, usuarios, propietarios, etc.) (Febles Domènech, M.D. et al., 2009).

Incorporar el concepto de drenaje sostenible en las etapas tempranas del proceso urbanizador (planeamiento municipal o master plan) es clave para realizar un diseño integrado capaz de reducir costes y maximizar los beneficios a largo plazo.

En la cadena de gestión, el primer eslabón es la PREVENCIÓN, tanto de la contaminación (p.ej., barrido frecuente de las superficies) como de la generación de escorrentía (p.ej., minimización de superficies impermeables).

El segundo eslabón es el control en ORIGEN, gestionando la escorrentía allí donde se genera (azoteas, calle, plaza, jardín), reduciendo caudales y volúmenes y procurando un primer tratamiento de calidad, con el empleo de Cubiertas Vegetadas, Aljibes, Superficies y Pavimentos Permeables, Franjas Filtrantes, Pozos y Zanjias de Infiltración, Zonas de Biorretención y Jardines de Lluvia.

El tercero es la gestión en ENTORNO URBANO, a nivel de barrio o urbanización,



Aljibes para riego en el centro polivalente para la Juventud, Benaguasil, Valencia (ESP) (Proyecto AQUAVAL)  
Rainwater tank for irrigation in a multipurpose youth center. Benaguasil. Valencia. (SPN) (AQUAVAL Project)

Integración de la gestión de la escorrentía en el paisaje urbano.  
Integration of runoff management in the urban landscape.



Cadena de gestión de la escorrentía urbana  
Urban runoff management train

retention: to infiltrate and retain at source as much rainwater as possible both in public and private spaces.

### What are Sustainable Drainage Systems (SuDS)?

Also known as Best Management Practices (BMPs), Low Impact Developments (LIDs), Water Sensitive Urban Design (WSUD) or Green Infrastructure (GI), SuDS comprise a wide range of solutions intended to deal with storm water planning, design and management in urban environments with an equal emphasis on the environmental, social and landscape aspects as well as on the hydrological and hydraulic ones. Their function is to prevent, reduce and delay rainwater discharges into the sewer system or other receiving water courses, trying to mimic natural catchment processes, reproducing as close as possible flow rates, volumes and water quality of the natural systems.

### Typology of SuDS

SuDS can be used alone or in combination, as well as in combination with elements of conventional drainage (gullies, pipes, etc.), depending on the characteristics of the environment and the particular requirements of each project.

The site can be of simple or complex

topography, with permeable or impermeable soils; dry areas with little runoff or wet areas with permanent streams; sunny and calm with wide free spaces, or narrow restricted areas with shade and wind. Rainfall can be Atlantic in influence (high annual averages based on light and prolonged rainfall) or Mediterranean (low but extremely intense rainfall events). In terms of priorities it may be that peak flow reduction takes precedence, or runoff volume reduction might be more important; the objective could be the decline of contaminants in the receiving environment or aquifers recharge; or it could be obtaining water resources or the naturalisation of the urban landscape. Plant species to be introduced will depend on the amount and type of pollutants that need to be reduced, on the local climatology and on the nature of the urban landscape.

In the final analysis, each project must evaluate all of its specific requirements and constraints and propose a particular and integrated solution, this in turn will determine how many steps in the SuDS management train are required, and what types of SuDS are the most appropriate (S. Dickie et al., 2010). The success of the project will largely depend on the knowledge, experience and skill

of the technical team, which depending on the magnitude of the project should be widely multidisciplinary (landscape architects, hydraulic engineers, transport and mobility engineers, hydro geologists, biologists, planners). In order for projects to become a reality, the cooperation of other stakeholders at city level (city council, public services providers, developers, contractors, users, owners, etc.) is also essential (M. D. Febles Domenech et al., 2009).

Incorporating the concept of sustainable drainage in the early stages of the development planning process (municipal planning or master plan) is absolutely key when it comes to producing an integrated design capable of reducing costs and maximising the long-term benefits.

In the SuDS management train, the first step is prevention, both of contamination (e.g. frequent sweeping to remove surface dust) and of runoff generation (e.g. minimization of impermeable surfaces).

The second step is source control, managing runoff at or very near its source (roofs, streets, squares, gardens), reducing flow rates, volumes and pollutant load, with the use of Green Roofs, Water Butts, Pervious Pavements, Filter Strips, Soakaways, Infiltration Trenches,



- ▷ Zonas de biorretención en la remodelación de un parking en el condado de San Mateo, California, (USA)  
Bioretention Zone in remodelled car park, San Mateo, California, (USA)
- ▽ Cubierta vegetada en la azotea del colegio Gonzalbes Vera, Xàtiva, Valencia (ESP) (Proyecto AQUAVAL)  
Green roof, Gonzalbes Vera school, Xàtiva, Valencia (SPN) (AQUAVAL Project)
- ▽ Pavimento permeable en zona de estacionamiento de Benaguasil, Valencia (ESP) (Proyecto AQUAVAL)  
Permeable pavement in parking area, Benaguasil, Valencia (SPN) (AQUAVAL Project)



para proseguir con la reducción de caudales, volúmenes y carga contaminante. Los SuDS empleados a este nivel suelen ser: Cunetas Verdes, Drenes Filtrantes, Depósitos de Infiltración y Depósitos de Detención.

El cuarto y último, en caso necesario, es una gestión en CUENCA, con el empleo de Estanques de Retención y Humedales Artificiales.

#### ¿Por qué innovar?

Los SuDS son una magnífica solución a los retos que plantea el drenaje urbano, ya que además de conseguir los dos objetivos principales; control de inundaciones y control de la contaminación de las aguas receptoras (superficiales y subterráneas),





### Bioretention Systems and Rain Gardens.

The third stage is site control, management of water in a local area or site, contributing to reducing flow rates, volumes and pollutant load. SuDS used at this level often are Swales, Filter Drains, Infiltration Basins and Detention Basins.

The fourth and final, if necessary, is regional control, management of runoff from a large site or several sites, typically in Artificial Wetlands and Retention Ponds.

#### **Why Innovate?**

The SuDS are a great solution to the challenges posed by urban drainage, because in addition to achieving the

two main objectives: flood control, and control of pollution in receiving waters (surface and groundwater), they provide multiple collateral benefits, among which include the following (USEPA, 2012):

- Provision of solutions that allow sustainable urban development in areas that otherwise might not be developed due to overloaded sewer systems, sensitive receiving waters or strong permit or approval requirements to mimic natural catchment processes.
- Promotion of groundwater recharge and aquifer recovery.
- Reduced demand for drinking water, by using rainwater for uses that do not require such water quality, such as irrigation.
- Enabling cost reduction on large





aporta múltiples beneficios colaterales, entre los que cabe destacar los siguientes (USEPA, 2012):

- Posibilitan el desarrollo urbano sostenible en áreas donde el sistema de saneamiento existente está sobresaturado, en zonas de cursos de agua sensibles así como en zonas no urbanizadas anteriormente que requieran cumplir niveles previos (estado natural) de generación de escorrentía para obtener permisos o aprobaciones.
- Fomentan la recuperación del nivel freático de las aguas subterráneas.
- Permiten reducir la demanda de agua urbana, promoviendo el aprovechamiento del agua pluvial para aquellos usos que no requieren la calidad del agua potable, como el riego.
- Permiten reducir el coste en grandes infraestructuras de drenaje, conductos más pequeños, estaciones depuradoras que traten menos volumen de agua y con un patrón de calidad más constante, etc.
- Mejoran la calidad del aire al reducir los niveles de niebla tóxica y contaminantes particulados.
- Reducen la contaminación acústica al absorber el ruido del tráfico rodado, ferroviario o aéreo.
- Reducen el efecto "isla de calor" que se produce en las ciudades al deflectar la radiación solar y liberar humedad a la atmósfera;
- Disminuyen el consumo energético, tanto

a nivel de edificio (al reducir la demanda de calefacción y refrigeración gracias a las cubiertas vegetadas), como a nivel municipal y regional (al reducir los volúmenes de agua potable y fecal a depurar y bombear).

- Mejoran la adaptación al Cambio Climático (al aumentar la resiliencia de los sistemas de drenaje para resistir tormentas más intensas), y contribuyen a su mitigación (al reducir emisiones de CO<sub>2</sub>).
- Mejoran el paisaje urbano, además de constituirse en herramientas de educación y comunicación.
- Proporcionan hábitats naturales y zonas recreacionales públicas dentro de las ciudades.
- Generan empleo verde, con la aparición de nuevos productos y servicios, programas de formación y certificación.

### Conclusiones

Los SuDS, que gozan ya de un merecido reconocimiento mundial, bien planteados, diseñados, construidos y mantenidos pueden mitigar muchos de los efectos adversos que la escorrentía urbana provoca en la ciudad y en el medio ambiente, y aportar al mismo tiempo un recurso hídrico apto para ser aprovechado, cumpliendo así con los objetivos fijados por la legislación europea (DMA, 2000/60/CE; Directiva de Evaluación y gestión de las inundaciones, 2007/60/CE) y otras que sean de aplicación.

La implantación de manera generalizada y estandarizada de los SuDS pasa por salvar obstáculos como el desconocimiento y la falta de coordinación entre los organismos y entes implicados, pero hay que hacer un esfuerzo común, ya que de todos es la responsabilidad de luchar por el Desarrollo Sostenible de nuestros pueblos y ciudades.



drainage infrastructures, with the use of smaller conduits and with waste water treatment plants treating reduced and quality more homogenous flows, amongst others.

- Improvement of air quality by reducing smog and particulate pollutants levels.
- Reduction of noise pollution by absorbing the noise of road, rail or air traffic.
- Reduction of the "heat island" effect that occurs in cities by deflecting solar radiation and releasing moisture into the atmosphere.
- Reduction of energy consumption, both at building level (by reducing the demand for heating and cooling through green roofs) and at municipal and regional levels (by reducing volumes of drinking water and sewage to treat and pump).
- Enhancement of adaptation to climate change (by increasing the resilience of drainage systems to withstand more intense storms), and contribute to its mitigation (by reducing CO2 emissions).
- Improvement to the urban landscape, in addition to constitute valuable education and communication tools.
- Provision of natural habitats and public recreational areas within the cities.
- Generation of green employment, with the emergence of new products and services, training and certification programs.

### Conclusions

SuDS, which already enjoy well-deserved worldwide recognition, can, when well set up, designed, constructed and maintained, mitigate many of the adverse effects that urban runoff causes in the city and to the environment, whilst simultaneously contributing to provide water resources, thus complying with the objectives set by European legislation (Water Directive, 2000/60/EC; Directive of evaluation and management of floods, 2007/60/EC) and other applicable pieces of legislation.

In order to achieve a generalised and standardised use of SuDS, obstacles such as lack of knowledge and coordination between the agencies and entities involved in urban development and water management need to be overcome: the successful implementation of SuDS relies on a unified approach, as it is the responsibility of all to fight for the Sustainable Development of our towns and cities.

- ◀ Cuneta Verde entre la Ronda Norte y una nueva urbanización, Xàtiva, Valencia (ESP) (Proyecto AQUAVAL)  
Swale between the northern ring road and a new urban development, Xàtiva, Valencia (SPN) (AQUAVAL Project)
- ◀ Depósito de infiltración de las escorrentías naturales de la ciudad deportiva de Xàtiva, Valencia (ESP) (Proyecto AQUAVAL)  
Infiltration basin for runoff at Xàtiva sports centre, Valencia (SPN) (AQUAVAL Project)
- △ Estanque de retención en Londres (UK)  
Pond, London (UK)