

# Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad Mediterránea. Barcelona como ejemplo.

## Sustainable Urban Drainage Systems in the Mediterranean City. Barcelona as an example.

Roberto Soto Fernández

Instituto Municipal de Urbanismo, (IMU). Ayuntamiento de Barcelona.

Email: [rsotof@bcn.catrsotof@gmail.com](mailto:rsotof@bcn.catrsotof@gmail.com)

**Palabras clave:** Barcelona, evolución SUDS, metabolismo urbano, resiliencia, infraestructura verde

### Resumen:

El presente artículo analiza la implantación y desarrollo de los SUDS en Barcelona a través de algunas de las obras realizadas entre el 2005 y 2019 por el Instituto Municipal de Urbanismo (IMU).

Estos Sistemas, materializados en obras de urbanización como la del barrio de Bon Pastor o el nuevo eje verde de Cristóbal de Moura, ponen a prueba modos de entender el metabolismo urbano en lo que atañe al ciclo del agua. El objetivo es no alterar de forma sustancial este ciclo hidrológico natural previo a la construcción de la urbe, a través de métodos sencillos como lo es el de incrementar la superficie vegetada y permeable dentro de los nuevos terrenos a urbanizar y o los existentes a remodelar. Esta forma de reconstruir el ciclo hidrológico, a través de la naturalización del paisaje urbano contribuye, junto con otros muchos beneficios de innegable valor, a crear espacios saludables para sus habitantes y aumentar la calidad del entorno en su sentido más amplio. Si nos parásemos a pensar en los recorridos del agua en la actualidad de nuestras ciudades, se hace difícil entender por qué el agua de lluvia, relativamente limpia en origen, se mezcla con las aguas residuales en los sistemas unitarios, aumentando considerablemente el volumen de aguas contaminadas que se vierten a los medios naturales sin depurar, o por el contrario, interceptándose en la depuradora para despojarse de la contaminación que no contenía en su origen, con los unos enormes costes económicos y energéticos. El problema no reside en que no hayamos conseguido definir según la voluntad los recorridos del agua, sino que la comodidad de lo inmediato y la falta de visión nos han impedido entender que la ciudad, a pesar de ser un artificio, puede respetar el ciclo natural del agua así como otros ciclos naturales.

**Keywords:** Barcelona, SUDS development; urban metabolism, resilience, green infrastructure

### Abstract:

The present article analyses the impact and development of SUDS in Barcelona on the basis of a series of works performed between 2005 and 2018 by the IMU (Municipal Town Planning Institute). These systems, materialized in urbanization works such as Bon Pastor quarter or the new green axis of Cristóbal de Moura, pilot new ways of understanding urban metabolism regarding the water cycle. Their objective is to avoid altering substantially this natural hydrological cycle before to the construction of the city, by means of simple methods like increasing green and permeable surfaces within both the new pieces of land to be urbanized and the existing ones to be remodelled. This way of rebuilding the water cycle through the naturalization of the urban landscape contributes, together with many other benefits of undeniable value, to create spaces which are healthy for their inhabitants and to increase the quality of the environment in its broadest sense. If we stopped to think on present-day water flows in our cities, it is difficult to understand why rain water, which is originally relatively clean, mixes with wastewater in the unitary systems, considerably increasing the amount of polluted water which is discharged into the environment without any previous treatment, or, on the contrary, it reaches the treatment plant to be stripped of the pollution it did not initially contain, with huge economic and energy costs.

The problem does not lay on the fact that we have not managed to define the water flow at our will, but in the comfort that immediacy provides and the lack of vision that has prevented us from understanding that the city, though artificial, can respect the natural water cycles, as well as other natural cycles.

## Introducción

Empecemos analizando el concepto relativamente nuevo de SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) partiendo de la definición de cada uno de sus términos:

**Sistema:** conjunto de elementos que, relacionados ordenadamente entre sí, contribuyen a un determinado objeto.

**Urbano:** parte física o construida de una ciudad.

**Drenaje:** evacuación de líquidos de un determinado lugar.

**Sostenible:** capaz de sostenerse a sí mismo "sin perjudicar el entorno".

Si aglutinamos de nuevo los términos, será algo así como *"conjunto de elementos que relacionados ordenadamente entre sí, tienen como objeto evacuar los líquidos que puedan acumularse en la superficie de la urbe de tal modo que no perjudiquen a esta ni al medio ambiente"*. O en otras palabras, *"conjunto de técnicas que sirven para gestionar las aguas de escorrentía en la superficie urbana sin contaminar el medio ambiente"*.

Es importante destacar la exclusiva vinculación de los SUDS a zonas urbanas e interurbanas conformadas básicamente por el binomio "edificación + espacio de interconexión". Este binomio de lo construido y su conectividad se formalizan físicamente como una piel artificial que irrumpe en los procesos metabólicos naturales del entorno en el que se instala, generando una gran variedad de "problemas". Siendo el ciclo del agua uno de los flujos metabólicos más gravemente afectado por los métodos de gestión convencionales.

En cuanto a la idea de "sostenible", adquiere todo el sentido en aquellos entornos en los que un sistema artificial (la urbe) es susceptible de perjudicar el entorno (ej. la lluvia lava su superficie y colectores, vertiendo los residuos al medio), por tanto lo sostenible sería aplicar los mecanismos adecuados para que esto no se produzca.

No contamina, por el contrario, la lluvia que cae sobre áreas naturales, forestales, agrícolas (dejando de lado los pesticidas) zonas verdes periurbanas, etc. y por tanto, no tiene demasiado sentido hablar de SUDS en estas áreas, aunque sí de los sistemas de drenaje que les son propios y atienden a otros problemas como la erosión, eutrofización, etc.

En relación a las zonas verdes en la ciudad empezamos a hablar de SUDS cuando éstas contribuyen en la gestión de la escorrentía de la cuenca construida, es decir que no solo "no" vierten agua al sistema unitario sino que retienen y gestionan la que aporta el entorno pavimentado y edificado. Que una zona verde en un entorno urbano no vierta agua al unitario, está muy bien, pero no es un SUDS ya que no contribuye a resolver los problemas que genera lo construido.

Si consideramos la ciudad como un organismo vivo (aunque artificial) cuyo metabolismo genera una serie de intercambios de energía y recursos con un entorno natural o semi-natural, veríamos que estos son en su mayoría lineales (extraer, producir, usar, tirar), consumiendo gran cantidad de recursos y vertiendo ingentes cantidades de basura en el entorno.

El hecho de que los sistemas unitarios gestionen aguas residuales y pluviales, implica simultáneamente dos situaciones igualmente negativas, sin entrar a cuantificar lo que hay de una y de otra.

Por una parte, si el sistema estuviese preparado para retener y depurar toda el agua de escorrentía, el coste sería inaceptable debido a la implementación de estructuras hipertrofiadas para contener y depurar estas aguas que en su origen son limpias. Por otra parte, en el caso de que las depuradoras estén diseñadas para gestionar sólo el volumen de aguas residuales en tiempo seco, la escorrentía generada en los períodos de lluvia irá directamente a través de los aliviaderos en forma de vertido contaminante a los medios receptores naturales. En la mayoría de las ciudades se produce una combinación de las dos situaciones pero ninguna de estas es deseable ni económica, ni social, ni medioambientalmente hablando.

La apuesta consiste en revertir este proceso lineal contribuyendo a cerrar el ciclo en lo que podríamos llamar metabolismo urbano circular, o más concretamente, limitando la generación de residuos en un acercamiento a los procesos naturales. En este sentido parece obvia la necesidad de separar las aguas residuales de las pluviales impidiendo que se mezclen.

Algunos de los beneficios directos que aportan los SUDS son:

- Contribuye a la protección de las masas de agua del entorno de la ciudad evitando o reduciendo el volumen de los vertidos al medio receptor durante los episodios de lluvia, al disminuir o suprimir el volumen de agua que entra en la red de alcantarillado y laminar el caudal punta generado.

- Están concebidos para realizar un tratamiento en origen de la elevada concentración de contaminantes que contiene el agua de escorrentía urbana, reteniendo y biodegradando dichos contaminantes en las primeras capas del suelo, evitando así el riesgo de contaminación del acuífero.
- Se obtiene una naturalización del ciclo del agua en las zonas urbanas lo que recupera los procesos naturales del territorio y palia los efectos negativos en el ciclo del agua que resultan de la impermeabilización masiva de las ciudades.
- Además de los beneficios obtenidos en la gestión del ciclo del agua, con la implantación de SUDS en el espacio público formados por superficies vegetadas y zonas verdes se obtienen otros beneficios como son la reducción del efecto “isla de calor” por medio de evapotranspiración, lo que implica ahorro energético, reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejora de la calidad del aire, en definitiva, una mejora de la calidad de vida en las ciudades.

Considero que construir, rehabilitar y transformar la ciudad en un sistema sostenible pasa por la inclusión de los SUDS como “alternativa” para la gestión de las pluviales a los sistemas unitarios para cumplir con los mismos objetivos cuantitativos; además de las ventajas cualitativas.

La construcción de sistemas unitarios está regulada en base a unos objetivos para períodos de retorno establecidos por los organismos competentes; en cambio no es así en los SUDS, ya que no existe ninguna exigencia reglada respecto a los objetivos en la gestión hidráulica, generando discrepancias entre los técnicos en cuanto al margen o utilidad que se les quiera dar. En este punto se corre el riesgo de caer en acciones simbólicas de baja o nula eficacia hidráulica pero que tienen a su favor una apariencia relativamente naturalizada, como es el caso de:

- Los pavimentos permeables (adoquín con junta abierta y/o vegetada, hormigón poroso, etc.) sobre bases impermeables. Eje: Paseo de Sant Joan.
- Los pavimentos de áridos que por su granulometría y compactación se asemejan a un pavimento impermeable, como los pavimentos de “sauló” habituales en casi todos los parques. —Las zonas vegetadas con césped sobre un sustrato convencional de tierra vegetal con tendencia a compactarse por el uso y por tanto a no drenar.
- Zonas vegetadas no ubicadas estratégicamente en el recorrido del agua. Eje: entornos de la Super-illa de San Antoni, etc...

## Antecedentes

En los años 90 en Barcelona se extendió el uso de los pavimentos mixtos, adoquín con junta verde y sus variantes, con una función básicamente estética. Una de las obras más interesantes con este tipo de pavimentos fueron los aparcamientos en el frente marítimo del año 91.

En el 2001 el IMU redactó una propuesta para urbanización de la cobertura de la Ronda de Dalt en el tramo de la c/ Camelias en la que se planteaban los dos cordones de aparcamiento laterales con un pavimento similar al de los aparcamientos del frente marítimo, pero con la intención de que sirvieran para drenar la escorrentía de la calzada y de la acera. Esta opción quedó desestimada debido a los prejuicios que generó el mal funcionamiento de las obras precedentes respecto al mantenimiento y a la accesibilidad.

Alrededor del año 2003 aparecen las primeras obras en España que han servido de fuente de inspiración constructiva, entre las que se encuentran: el parque de Gómeznarro en Madrid, el aparcamiento experimental monitorizado realizado por GITECO en el parque de Las Llamas en Santander, así como los aparcamientos del Palacio de Deportes de la Guía en Gijón.

Lo que diferencia estas obras de las anteriores en Barcelona es su decidida apuesta por la implementación de SUDS. También ha sido pionera la normativa que aprobó el Ayuntamiento de Madrid en 2006 sobre la introducción de pavimentos permeables en todas las nuevas urbanizaciones.

Otros antecedentes más lejanos los encontramos en aquella publicación del libro escrito por el arquitecto César Cort en los años 30, Campos urbanizados y ciudades rurizadas, en el que da una explicación razonada de la conveniencia, tanto económica como medioambiental, de las redes separativas frente a las unitarias en todos los casos, y propone para las separativas que las aguas pluviales discurran hacia las zonas verdes más próximas para su limpieza e infiltración. Esta es una de las primeras descripciones de los “sistemas urbanos de drenaje sostenible”.

En los últimos años se han ejecutado obras muy interesantes (modelos a imitar) entre las que quiero destacar los alrededores del estadio Wanda Metropolitano en Madrid, la c/ Torre Sant Vicent de Benicàssim con el

proyecto CERSUDS y la Reforma de la Avenida de Gasteiz entre otras.

## Desarrollo

El IMU ha tenido claro el objetivo de los SUDS como sustituto del sistema unitario en la gestión de pluviales y ha sido una referencia troncal desde los primeros proyectos redactados en 2005 hasta ahora. Aunque este objetivo no se ha conseguido en todas las obras, éstas han servido como experiencia que aporta conocimiento al resto de intervenciones y estudios. En ningún caso tratamos de reproducir las condiciones originales previas a la urbanización, sino que al margen del estado original, nuestro objetivo es configurar un paisaje urbano naturalizado no solo en apariencia sino sobre todo en su funcionamiento.

Construyendo los elementos necesarios que permiten digerir la escorrentía de una forma sostenible (sin coste energético adicional y con mantenimiento mínimo), contribuyendo a importar menos del exterior para aquellos usos en los que el agua potable no resulte imprescindible cerrando de esta forma el ciclo dentro de la propia urbe.

Tradicionalmente el drenaje de las aguas pluviales en las ciudades se hacía a través de tres formas básicas: el uso del espacio público como cauce abierto, los colectores creados para este fin (ingeniería romana) y el aljibe.

En las diversas obras hemos intentado seguir este esquema: escorrentía-filtro-conducto-aljibe y/o medio receptor. Hacen de filtro aquellos elementos que permiten limpiar el agua de los contaminantes como las zonas ajardinadas, cubiertas vegetadas, pavimentos permeables, arenosos, etc., garantizando una calidad adecuada antes de que siga su curso.

La idea de aljibe se cristaliza de dos formas, una artificial que implica construcciones específicas para esta función y otra natural, que entiende el freático como el gran aljibe, con inmensas ventajas en su economía, puesto que ya estaba antes de que apareciera la ciudad, y basta con infiltrar-recargar-extraer cíclicamente de una forma equilibrada.

Ha costado años para que se entendiera que las zonas ajardinadas urbanas, al igual que las cubiertas vegetadas, tienen entre otras funciones, la de formar parte de la gestión del ciclo del agua, sirviendo de áreas inundables, sumideros, filtros, decantadores, etc.

Esta función adicional e importantísima fomenta que el verde deje de estar casi recluido en parques y plazas, y tienda a expandirse al resto del espacio urbano, especialmente a las calles. La dificultad estriba en integrarlo en estos espacios de manera correcta.

El primer intento de llevar a cabo estas hipótesis se dio en dos proyectos simultáneos del 2005, Torre Baró y el parque de Joan Reventós.

El esquema es similar en los dos: recoger la escorrentía de la calle y los edificios adyacentes a través de una lima-olla en la alineación del arbolado, siendo esta lima-olla un pavimento permeable sobre una zanja de gravas que dirige el agua hacia un aljibe. Lo he llamado intento puesto que la intención era que estas lima-ollas fueran vegetadas, pero no se consiguió, al poner de relieve el primer problema de tipo administrativo que afrontan los SUDS: el difuminar los límites que los diferentes departamentos de una administración municipal tienen en relación con sus ámbitos de actuación-mantenimiento claramente protocolizados.

No es nuevo ver en las ciudades parterres lineales con arbolado; de hecho es bastante común. Lo que sí era nuevo, al menos en Barcelona, es que ese elemento lineal ejerciera varias funciones tan diferentes a la vez, haciendo colisionar los protocolos de mantenimiento existentes al haber una interacción entre el verde, el gris (pavimentación) y el azul (agua). Este escollo impidió llevar a cabo esa primera intención y se optó por una solución en la que el número de agentes implicados se reducía a la banda gris con la construcción de un pavimento y sub-bases permeables.

Una diferencia importante entre estas dos obras está en cómo el entorno ha generado dos soluciones diferentes partiendo del mismo esquema de recogida de agua en superficie. En Torre Baró (figura 1), el sustrato geológico sobre el que se asienta el barrio es rocoso y prácticamente impermeable con lo que el agua, tanto de la calle como de los edificios, se dirige a pequeños depósitos distribuidos a lo largo de la zanja permeable y finalmente, a un aljibe (que aún no se ha llevado a cabo, dejando temporalmente el sistema con una función de laminación). En el parque de Joan Reventós (figura 2), el agua filtrada en la calle es conducida a un parque próximo con un área que hace de estanque de retención y sumidero; las aguas de las cubiertas van a sí mismo dirigidas hacia el parque.

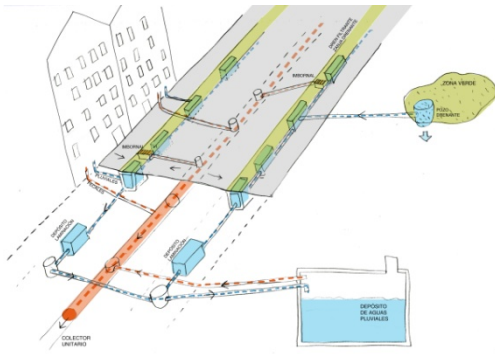


Figura 1. Torre Baró, Esquema de drenaje.

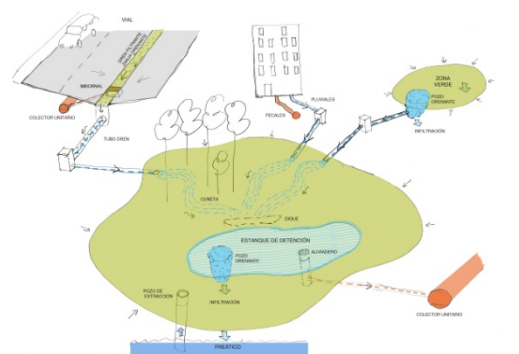


Figura 2. Parque de Joan Reventós, Esquema de drenaje.

Hay que destacar que en la obra de Torre Baró se llevó a cabo una monitorización de la calidad del agua a través de todo el sistema con sus filtros de diferentes capas granulares y geosintéticos que hacen una función de biorretención que ayudan a la biodegradación de hidrocarburos y a la retención de otros contaminantes como metales pesados que proceden fundamentalmente de la calzada. Los resultados de la calidad del agua fueron óptimos (publicados dentro del proyecto CENIT Sostaqua).

Si queremos construir un sistema autónomo y separado del sistema unitario en un clima (como el mediterráneo) con precipitaciones torrenciales (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), lo más eficaz es la construcción de una superficie en la que aparezcan depresiones cuya utilidad es la de retener temporalmente la escorrentía antes de que los filtros puedan digerir el caudal y posteriormente, dirigirlo a los aljibes o donde se considere adecuado dependiendo de la situación.

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 un volumen de inundabilidad temporal sin dañar el espacio público ni interferir en los usos de conexión urbanos, como en el caso de la urbanización del entorno de Can Cortada (figura 3.0 y 3.1).



Figura 3.0. Calle Maternitat de Elna. Áreas verdes inundables



Figura 3.1. Can Marcet. Áreas verdes inundables

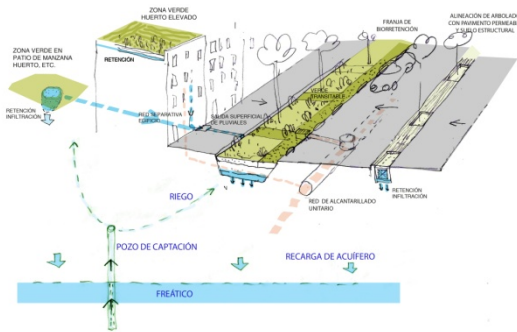
Hay que tener en cuenta que estas áreas temporalmente inundables requieren en la mayoría de los casos, para compensar la intensidad de la lluvia y su captación total, de un volumen subsuperficial inundable que varía en función de la permeabilidad del terreno existente.

Tenemos pues dos volúmenes que han de estar conectados-separados a través de filtros con los que se encuentra el agua en su recorrido, siendo la eficacia de éstos crucial para que llegue a su destino limpia de contaminantes y en la cantidad que habíamos previsto. Para conseguir esta eficacia se han diseñado unos modelos desarrollados en las obras de Bon Pastor (fase E), plaza de las Dones de Nou Barris (Roquetes), plaza de Dolors Piera (en la super-illa del poblenou) y Cristóbal de Moura, entre otras. Esta última, actualmente en construcción y con tramos ya finalizados, es en la que se resuelve este modelo de una manera más eficaz.

Estas obras tienen en común que los filtros están materializados en forma de sumatorio de obstáculos entre los que se encuentran areneros tradicionales, pero registrables, con lo que se reduce al mínimo el mantenimiento (sólo el habitual propio de las zonas ajardinadas, limpieza del pavimento, etc.) y se garantiza al máximo la captación de la escorrentía sin mermas en la eficiencia del sistema a largo plazo.

Las diferentes variaciones de estas soluciones están en función de la ubicación de la obra como, por ejemplo,

en el barrio Bon Pastor (figura 4.0 y 4.1) que sufre una transformación urbanística importante, en la que se hace tabula rasa de las preexistencias, con una gran liberación de suelo como espacio público, esto nos permite aplicar un amplio abanico de sistemas dependiendo del tipo de espacio como podemos observar en el esquema de la figura 4.2 que explica gráficamente los distintos sistemas empleados:



- Cubiertas vegetadas aljibe, en edificios de vivienda pública en proceso de construcción, que retendrían una cantidad significativa de agua, que sería el equivalente al V80 (80% de las lluvias anuales), y el resto iría aliviado hacia los jardines públicos.

- Pavimentos permeables sobre suelos estructurales en las alineaciones del arbolado de las calles, formado por una capa de 20 cm de hormigón permeable in-situ sobre una malla de polietileno que impide que el hormigón rellene los huecos de

las celdas sobre la que se asienta esta malla, las celdas crean un espacio vacío de 5cm de espesor y permiten el almacenamiento del agua antes de pasar al suelo estructural formado por balasto granítico y tierra vegetal, mejorando todo el conjunto la calidad de vida del arbolado al tiempo que aprovechamos las aguas que discurren por las aceras.

- Áreas de biorretención en la lima-olla de la calle Biosca y que gracias a su forma cóncava permite retener la escorrentía en los momentos pico y el consiguiente tratamiento de contaminantes procedentes de calzada a través de la detención y biodegradación de metales pesados e hidrocarburos respectivamente (figura 4.3).

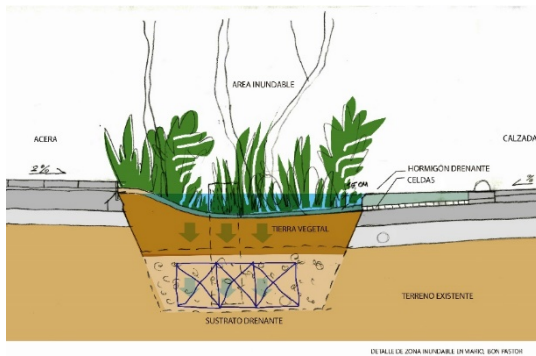


Figura 4.3. Calle Biosca. Detalle constructivo de franja de biorretención.

- Áreas inundables en los espacios interiores de super-manzana a modo de estanques de detención e infiltración, 45cm de desnivel con respecto a la rasante de la calle, a los que desaguan zonas peatonales y los aliviaderos de las cubiertas de edificios. Los pozos de infiltración rellenos de grava, de aproximadamente 3m de profundidad hasta llegar al estrato drenante, la superficie está acabada con 20cm de arena sobre un geosintético que la separa de la capa de gravas inferior. Estos pozos permiten la conexión directa entre la zona inundable exterior con las capas drenantes del subsuelo.

- Construcción de pozo de captación para el aprovechamiento de las aguas freáticas para el riego de las mismas áreas verdes. Permitiendo cerrar el ciclo del agua en el mismo lugar.

Este emplazamiento tiene dos grandes ventajas: una topografía plana casi horizontal y un subsuelo muy permeable, esto ha permitido que con el volumen de inundación superficial en las zonas ajardinadas sea suficiente, reduciendo a la mínima expresión los elementos subterráneos.



Figura 4.1. Bon Pastor, Calle Bellmunt. Estanque de retención.



Figura 4.0. Bon Pastor, Calle Biosca. Franja de biorretención.

Sin embargo, y en el otro extremo, está la intervención en plaza de las Dones de Nou Barris, en la que se han puesto a prueba varias áreas de biorretención con diferentes dimensiones que recogen aguas de escorrentía de calzada y de acera, en una pendiente elevada y cuyo volumen de gestión está calculado para un período de retorno de 10 años. La singularidad de esta intervención es haber resuelto en una de las situaciones más complejas, como es el de una calle relativamente estrecha, con una gran pendiente (superior al 11%) y con un sustrato muy poco permeable, la gestión alternativa de la escorrentía a largo plazo con un mantenimiento prácticamente inexistente (sin los problemas de la colmatación habituales, al haber relegado los geosintéticos a un papel secundario), esto ha exigido más volumen de almacenamiento bajo las zonas ajardinadas para poder cumplir con los mismos parámetros de partida que en el resto de emplazamientos (figura 5.0 , 5.1 y 5.2).



Figura 5.0. Pl. de les dones de Nou Barris. Área de biorretención.



Figura 5.1. Pl. de les dones de Nou Barris. Área de biorretención.

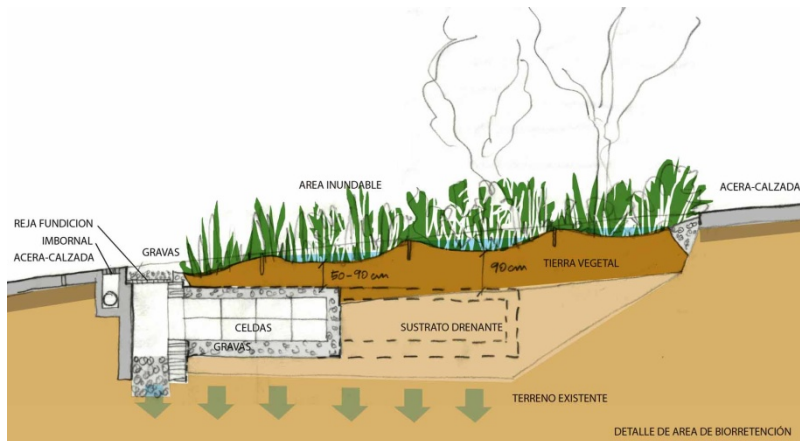
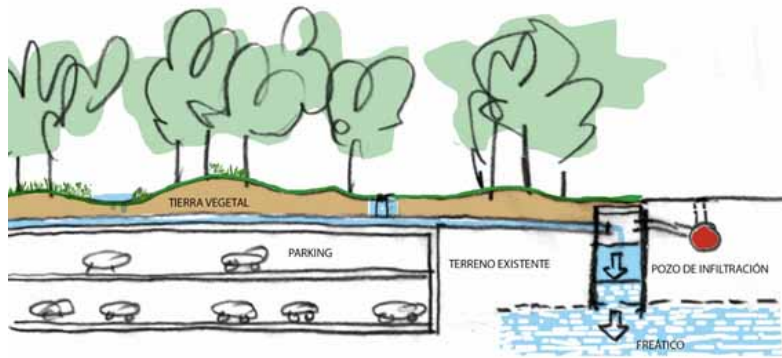


Figura 5.2. Plaza de les dones de Nou Barris. Detalle constructivo de área de biorretención.

En la plaza de Dolors Piera nos encontramos con una intervención que tiene la singularidad de ser una zona verde sobre un edificio de varias plantas destinadas a aparcamiento, aunque el objetivo con respecto al agua es el mismo que en el resto de proyectos descritos. Puesto que no es posible la infiltración in-situ, se compor-

ta exactamente igual que una cubierta verde, reteniendo gran cantidad de agua en los sustratos de tierra vegetal y cuando estos están saturados, por gravedad desaguan a un depósito fuera de los límites del parking y conectado con el freático, tal y como se muestra en el esquema (figura 6).



PLAZA DOLORS PIERA, DETALLE DE CUBIERTA AJARDINADA

Figura 6. Plaza de Dolors Piera. Esquema de drenaje.

Finalmente tenemos la intervención en Cristóbal de Moura y sus calles adyacentes (figura 7), en cuyo emplazamiento se prevé la construcción de un eje verde que unirá el parque central del Poble Nou con el parque del río Besòs y se prevé que tenga continuidad en Sant Adrià y Badalona. Esta obra es especialmente significativa en cuanto a la resolución de los sistemas de drenaje, puesto que condensa y perfecciona las técnicas empleadas en todas las obras anteriores desde el 2005 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 de Barcelona y extrapolables a otras ciudades (figura8), basados en tres principios elementales:

- Cantidad, captación de la máxima cantidad de agua de escorrentía, evitando de esta forma que entre en los sistemas unitarios.
- Calidad, asegurar la depuración del agua sin coste energético, a través de sistemas pasivos.
- Conservación, reducir al mínimo el mantenimiento de tal modo que tienda a ser inexistente.



Figura 7. Sección tipo de Cristóbal de Moura





Figura 8. Imagen de renaturalización de la ciudad

## Conclusiones

En este proceso de naturalización se transforma la ciudad en más habitable y resiliente a través del empleo de infraestructura verde como una forma inteligente e integrada de gestionar nuestro capital natural y, entre otros, mitigar el incremento del riesgo de inundación a través de dispositivos de drenaje que puedan convertirse en estándares, permitiendo aumentar los recursos hídricos dentro de la propia urbe a partir de la recarga de los acuíferos, contribuyendo también a disminuir la cuña salina en los límites costeros como es el caso de Barcelona, al mismo tiempo que se favorece la gestión de las escorrentías en un ciclo cerrado y sostenible. Bon Pastor y Cristóbal de Moura son ejemplos que demuestran que hay otros caminos para el agua de la escorrentía. Al mismo tiempo que son soluciones locales y singularizadas por el entorno, tienen un carácter global y pueden extrapolarse a cualquier zona urbanizada, con cualquier tipo de climatología, con las adaptaciones y dimensionados pertinentes. Es necesario aprender de nuevo la gran importancia y valor indiscutible del agua en las ciudades, y pasar a considerarlo no como un agente atmosférico enemigo, sino como un elemento estructurador de la forma urbana y que contribuye a mejorar la calidad del paisaje y por tanto de vida; y para ello es importante la divulgación de experiencias como estas.

## Referencias

Cort, C. 1941. *Campos urbanizados y ciudades rurizadas*. Madrid

Assis da Costa, F. La ordenación de los flujos indeseables: Barcelona 1849-1917". 2008. *Perspectivas urbanas = Urban perspectives*, 9

Llopart Mascaró, A. Caracterización analítica de las aguas pluviales y gestión de las aguas de tormenta en los sistemas de saneamiento. *Proyecto CENIT Sostaqua*.

Casabella, N. Cogenerative Design Strategies for a sustainable urban metabolism 2015. *UPCYCLE Barcelona*

Soto-Fernández, R. y Perales-Momparler, S. 2018. El camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona. 2018. *Revista EcoHabitar*, 57 (Artieda, Navarra),

Soto-Fernández, R. 2008. Construcción-Rehabilitación de siete casas, 1997-2000 en Solanas, T., *Vivienda y Sostenibilidad en España*. Barcelona: Gustavo Gili.

Figuras. Todas las fotografías y dibujos han sido elaboradas por el autor del texto.